



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

Project nitraatrijke bronnen
Deelverslag LUIK 3
Valorisatie van de methode

Opdrachtgever
VLM

Leiding:

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

Studie en verslag:

M. Van Camp
J. De Waele

Dossiernummer: TGO 17/02

Datum: april 2021

INHOUD

- 1 Inleiding
- 2 Doelstellingen en opzet van de studie
- 3 Vergelijking van de resultaten van de modellering van de verschillende testsites
 - 3.1 Inleiding
 - 3.1.1 Onverzadigde zone
 - 3.1.2 Verzadigde zone
 - 3.2 Vergelijking van de modellen van de 10 testgebieden
- 4 Instrument nitraatrijke bronnen
- 5 Instrument voor praktijk
- 6 Synthese studie nitraatrijke bronnen
 - 6.1 Inleiding
 - 6.2 Conclusies uit de vergelijking van de case-studies
 - 6.3 Mogelijke acties

LIJST DER FIGUREN

Fig 2.1 Ligging van de 10 stroomgebieden die dienden als testcases

Fig 3.1 Gemiddelde jaarlijkse neerslag en berekende netto-neerslag voor 10 stroomgebieden voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).

Fig 3.2 Gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse bemestingsdruk op akkerland en weiland voor 10 stroomgebieden. Gemiddelden zijn weergegeven voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).

Fig 3.3 Gemiddeld gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober op akkerland en weiland voor 10 stroomgebieden. Gemiddelden zijn weergegeven voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).

Fig 3.4: Gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse waterpercolatie (exclusief waterlichamen en verharde oppervlakken) en nitraatconcentratie op een diepte van 90 cm voor 10 stroomgebieden. Gemiddelden zijn weergegeven voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).

Fig 4.1 Berekende gemiddelde verblijftijden van grondwater in heuvels

Fig 4.2 Berekende responstijden voor beheersmaatregelen in functie van de ouderdomsverdeling van het grondwater

Fig 4.3 Gebruik van een winter- en zomerindex om MAP meetpunten te classificeren

Fig 5.1 Resultaten voor en verschil in de gesimuleerde jaarlijkse N-opname, waterpercolatie, N-uitspoeling, netto N-mineralisatie, gewogen gemiddelde nitraatconcentratie en opbrengst van het vers vermarktbaar deel van de hoofdteelt voor de originele simulatie en de simulatie met aanvullende maatregelen zonder bijstellen van de bemestingsdosis (scenario 1).

Fig 5.2 Langjarige gemiddelden (1998-2017) op akkerland voor gesimuleerde jaarlijkse nitraatresidu op 15 oktober, N-uitspoeling, waterpercolatie, gewogen gemiddelde nitraatconcentratie, N-opname, netto N-mineralisatie en opbrengst van het vers vermarktbaar deel van de hoofdteelt voor de originele simulatie en de simulatie met aanvullende maatregelen zonder en met bijstellen van de bemestingsdosis (resp. scenario 1 en 2).

Fig 5.3 Langjarige gemiddelden (2007-2017) op akkerland voor gesimuleerde jaarlijkse nitraatresidu op 15 oktober, N-uitspoeling, waterpercolatie, gewogen gemiddelde nitraatconcentratie, N-opname, netto N-mineralisatie en opbrengst van het vers vermarktbaar deel van de hoofdteelt voor de originele simulatie en de simulatie met aanvullende maatregelen zonder en met bijstellen van de bemestingsdosis (resp. scenario 1 en 2).

Fig 5.4 Langjarige gemiddelden (1998-2017 en 2007-2017) voor het volledige stroomgebied van de Luikbeek voor de gesimuleerde jaarlijkse N-uitspoeling, waterpercolatie en gewogen gemiddelde nitraatconcentratie voor de originele simulatie en de simulatie met aanvullende maatregelen zonder en met bijstellen van de bemestingsdosis (resp. scenario 1 en 2).

Fig 6.1 Ligging van de 10 stroomgebieden die dienden als testcases

Fig 6.2 : Overzicht van de belangrijkste input en output voor de simulaties in de onverzadigde zone.

Fig 6.3 Evolutie van de gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie in het bodempercolaat op stroomgebiedsniveau, weergegeven per tijdsperiode van 10 tot 5 jaar.

Fig 6.4 Vergelijking van de seizoensale variatie aan de MAP meetpunten van de testsites Luikbeek (Staden) en Wortegem-Petegem

Fig 6.5 Berekende responstijden voor beheersmaatregelen in functie van de ouderdomsverdeling van het grondwater

Fig 6.6 Classificatie van de testsites op basis van de winter- en zomerindex van de mediaan nitraatconcentraties aan het MAP meetpunt

LIJST DER TABELLEN

- Tabel 3.1 Overheersende bodemtextuur en aandeel van het bodemgebruik in de 10 stroomgebieden
- Tabel 3.2 Overzicht van de belangrijkste parameters in het model van de verzadigde zone van de testsites
- Tabel 4.1 Gemiddelde nitraatconcentratie in het bodemperkolaat binnen het afstroomgebied zoals berekend met het model van de onverzadigde zone
- Tabel 6.1 : Evolutie van de gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie in het bodempercolaat op stroomgebiedsniveau, weergegeven per tijdsperiode van 10 tot 5 jaar

1 Inleiding

Dit rapport is een onderdeel van de verslaggeving van luik 3 van het project "Nitraatrijke bronnen: invloed van grondwater op oppervlaktewaterkwaliteit".

Dit verslag bevat enkel de onderdelen van luik 3 die betrekking hebben op de valorisatie van de methodiek en de conclusies die uit het project kunnen getrokken worden. Andere onderdelen van luik 3 worden in aparte deelrapporten behandeld, zoals het instrument op kaartniveau en het instrument op modelniveau.

Dit verslag is ingedeeld in de volgende hoofdstukken:

Hoofdstuk 2 : Bevat de doelstelling en de opzet van de studie

Hoofdstuk 3 : Bevat een vergelijking van het modelleren van de 10 testsites

Hoofdstuk 4 : Bevat de conclusies die uit de modellering van de testsites kunnen getrokken worden.

Hoofdstuk 5 : Bevat de resultaten van het modelleren van een maatregel in de testsite Luikbeek.

Hoofdstuk 6 : Bevat de belangrijkste resultaten en conclusies van de studie nog eens opgelijst.

Een meer uitgebreide synthese van de studie is opgenomen in een apart document.

2 Doelstellingen en opzet van de studie

Dit onderzoek heeft als doel om wetenschappelijk gefundeerde inzichten te verwerven in de wijze waarop de kwaliteit en kwantiteit van het freatisch (bovenste) grondwater, de kwaliteit van het oppervlaktewater kunnen beïnvloeden, zowel op niveau van specifieke gebieden, de afstroomzones van MAP meetpunten oppervlaktewater, als op een groter meer regionaal schaalniveau. Dit onderzoek focust zich zowel op het gedetailleerd in kaart brengen van de problematiek van nitraatrijk grondwater, waarbij in een aantal cases de voeding van het oppervlaktewater door nitraatrijk of nitraatarm grondwater in detail worden bestudeerd, als op de inzichten die hieruit volgen voor grotere gebieden. Hierdoor kan een betere beoordeling van nutriëntenverliezen gebeuren en na evaluatie mogelijke bijsturing van beleidsmaatregelen uitgewerkt worden.

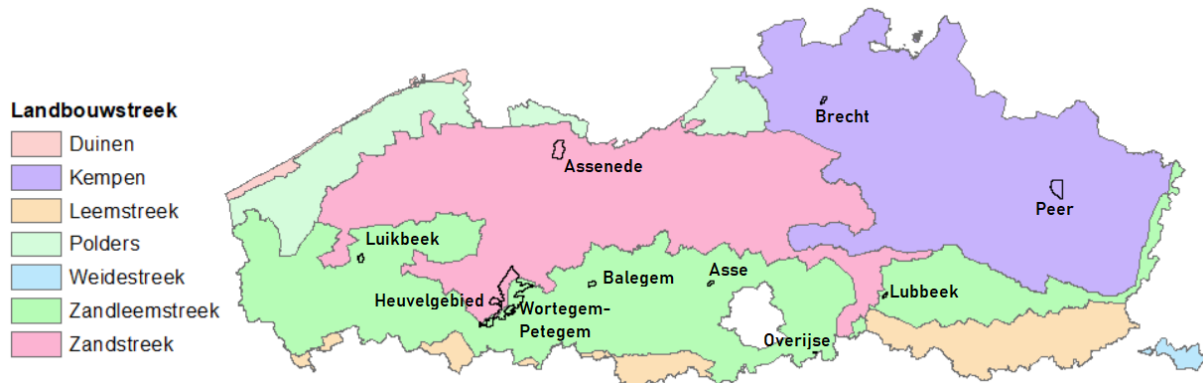
Er werden 10 cases onderzocht in verschillende landbouwgebieden (zie fig 2.1). De meeste cases zijn afstroomzones van MAP-meetpunten oppervlaktewater met overschrijdingen van de 50mg NO₃/l-norm. Tevens lagen de meeste cases in heuvelgebied.

Tijdens het onderzoek werden data op het terrein verzameld en er werden modellen gebruikt en ontwikkeld die kunnen gebruikt worden voor verdere berekeningen.

Belangrijke parameters in de analyse van de cases zijn oa: de afbakening van het stroomgebied, de seizoenale dynamiek van de nitraatconcentraties in het MAP-meetpunt, de fractie van het water in het MAP-meetpunt dat komt van drainage, de fractie in het MAP-meetpunt van het grondwater dat komt uit de geoxideerde zone, de mediane reistijd van het grondwater en het belang van oppervlakkige afvoer (runoff). De 10 cases werden gedetailleerd onderzocht. Van elke testsite is een apart deelrapport opgesteld als onderdeel van luik 2 van het project. In elke deelrapport wordt uitvoerig beschreven:

- Een beschrijving van het gebied, inclusief de geologische en hydrogeologische opbouw.
- Het uitgevoerde veldwerk en laboratoriumanalyses.
- Een systeemanalyse van de processen die de nitraatverspreiding naar het MAP meetpunt controleren
- Een modellering van het MAP meetpunt waarbij de evolutie van het nitraatgehalte tijdens een 50 jaar durende periode (1968-2017) werd gesimuleerd en vergeleken met de MAP meetgegevens die sinds ca 2000 beschikbaar zijn.

Fig 2.1 Ligging van de 10 stroomgebieden die dienden als testcases



3 Vergelijking van de resultaten van de modellering van de verschillende testsites

3.1 Inleiding

3.1.1 Onverzadigde zone

Inleiding

De resultaten van de simulaties voor de 10 stroomgebieden worden hier met elkaar vergeleken om een verklaring te vinden voor de gesimuleerde verschillen. De stroomgebieden worden eerst gekarakteriseerd, nadien worden de simulatieresultaten grafisch weergegeven en vervolgens wordt per stroomgebied een korte analyse gemaakt van de resultaten t.o.v. die van de andere stroomgebieden, met aandacht voor het karakter van het stroomgebied. Op basis van deze verschillende analyses wordt uiteindelijk een algemene conclusie geformuleerd.

Karakterisering van de 10 stroomgebieden

De 10 stroomgebieden liggen verspreid over Vlaanderen in 3 landbouwstreken: de Zandstreek, de Zandleemstreek en de Kempen (fig 2.1). Het stroomgebied Wortegem-Petegem valt volledig binnen het stroomgebied van het Heuvelgebied.

Hoewel er geen simulaties werden uitgevoerd voor stroomgebieden in de Leemstreek of de Polders, zijn er van de 10 stroomgebieden 3 uit de Zandleemstreek waar leem de meest voorkomende bodemtextuur is: Asse, Balegem en Overijse (tabel 3.1). In het stroomgebied Assenede, Brecht en Peer bestaat de bodem voornamelijk uit zand en in het stroomgebied Heuvelgebied, Lubbeek, Luikbeek en Wortegem-Petegem is dat licht zandleem of zandleem. Het gemiddeld bodemorganische stofgehalte is het laagst voor Wortegem-Petegem (2,37%) en het hoogste voor Overijse (3,02%). In Overijse vinden we trouwens het laagste aandeel akkerland (17%) terug, met het hoogste aandeel akkerland in de Luikbeek (70%). Het aandeel weiland ligt tussen 11% in de Luikbeek en 36% in Assenede. Het aandeel braakliggende gronden is overal klein en maximum 1%. Tuinen en parken nemen 0% (Brecht) tot 12% (Overijse) van de stroomgebieden in. Nog in Overijse is het aandeel bos het hoogst (36%) terwijl dit het laagst is in de Luikbeek en Wortegem-Petegem (2%). Het bodemgebruik van de stroomgebieden wordt verder ingenomen door infrastructuur en waterlichamen voor 0 (Brecht) tot 12% (Assenede) van de oppervlakte.

Tabel 3.1 Overheersende bodemtextuur, bodemorganische stofgehalte (2017) en aandeel van het bodemgebruik (2012) in de 10 stroomgebieden

| Stroomgebied | Overheersende bodemtextuur | Gemiddeld BOS (%) | Aandeel bodemgebruik (%) | | | | | |
|--------------|----------------------------|-------------------|--------------------------|---------|-------|-----------|-----|------------------|
| | | | akkerland | weiland | braak | tuin&park | bos | infrastr. &water |
| Asse | Leem (93%) | 2,44 | 51 | 18 | 1 | 10 | 14 | 6 |
| Assenede | Zand (81%) | 2,62 | 43 | 36 | 0 | 5 | 4 | 12 |
| Balegem | Leem (95%) | 2,58 | 58 | 14 | 0 | 9 | 12 | 7 |
| Brecht | Zand (100%) | 2,93 | 49 | 30 | 0 | 0 | 21 | 0 |
| Heuvelgebied | Zandleem (60%) | 2,57 | 54 | 20 | 1 | 9 | 7 | 9 |
| Lubbeek | Zandleem (84%) | 2,55 | 52 | 22 | 1 | 5 | 15 | 5 |
| Luikbeek | Licht zandleem (53%) | 2,50 | 70 | 11 | 0 | 8 | 2 | 9 |
| Overijse | Leem (86%) | 3,02 | 17 | 27 | 0 | 12 | 36 | 8 |
| Peer | Zand (64%) | 2,84 | 44 | 29 | 0 | 4 | 19 | 4 |
| Wor-Petegem | Zandleem (97%) | 2,37 | 69 | 22 | 0 | 4 | 2 | 3 |

Op weerkundig vlak zijn er tussen de 10 stroomgebieden slechts minimale verschillen in de jaarlijkse gemiddelde dagelijkse temperatuur ($< 0,5$ °C), maar er zijn wel belangrijke verschillen in de jaarlijkse neerslag en de netto-neerslag, zijnde de neerslag verminderd met de potentiële evapotranspiratie (fig 3.1). Zowel de neerslag als de netto-neerslag zijn duidelijk groter voor Brecht en in de meer recente periode ook iets groter voor Assenede. Lagere waarden werden in de meer recente periode vastgesteld voor Lubbeek en Overijse. Opvallend is dat de netto-neerslag in sommige stroomgebieden recent gedaald is terwijl in andere stroomgebieden het tegenovergestelde gebeurd is. Merk wel op dat het hier om jaarlijkse gemiddelden gaat en dat deze berekening van de netto-neerslag maar een ruwe benadering is van de werkelijke waterpercolatie, die beter wordt ingeschat door de modelsimulaties op dagelijkse basis. Uiteindelijk is het de hoeveelheid (netto) neerslag in het winterhalfjaar die de nitraatuitspoeling zal beïnvloeden.

Simulatieresultaten voor 10 stroomgebieden

In fig 3.2 worden voor akkerland en weiland de gemiddelde jaarlijkse dierlijke, minerale en totale N-bemesting weergegeven voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).

In fig 3.3 wordt voor akkerland en weiland het gemiddeld nitraatresidu op 15 oktober weergegeven voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).

In fig 3.4 wordt voor de volledige stroomgebieden (exclusief waterlichamen en verharde oppervlakken) de gemiddelde jaarlijkse waterpercolatie en nitraatconcentratie in het percolaat op een diepte van 90 cm weergegeven voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).

3.1.2 Verzadigde zone

Enkele belangrijke parameters die in de modellen van de verschillende sites gebruikt werden zijn opgenomen in tabel 3.2 en worden verder besproken bij de synthese van elke testsite.

Tabel 3.2 Overzicht van de belangrijkste parameters in het model van de verzadigde zone van de testsites

| Nr testsite | testsite | FR_DRN | FR_OX | TT50 (jaar) | Runoff |
|-------------|--------------------------|--------|-------|-------------|--------|
| 1 | Luikbeek(Staden) | 0.25 | 0.025 | 3 | |
| 2 | Wortegem-Petegem | 0.00 | 0.70 | 20 | x |
| 3 | Balegem | 0.50 | 0.30 | 13.5 | |
| 4 | Brecht | 0.30 | 0.20 | 1 | |
| 5 | Overijse | 0.20 | 0.35 | 10 | |
| 6 | Peer | 0.00 | 0.275 | 16.87 | x |
| 7 | Lubbeek | 0.75 | 0.50 | 10 | x |
| 8 | Asse | 0.80 | 0.90 | 5 | |
| 9 | Assenede | 0.75 | 0.40 | 3 | |
| 10 | Plankbeek (heuvelgebied) | 0.50 | 0.20 | 27.2 | |

3.2 Vergelijking van de modellen van de 10 testgebieden

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de modellering van de verzadigde zone van de 10 testsites.

Testsite 1: de Luikbeek (Staden)

Model onverzadigde zone

De historische bemestingsdruk in het stroomgebied van de Luikbeek is hoog (fig 3.2) en veel hoger dan in de andere stroomgebieden met zandleem als meest voorkomende bodemtextuur (Heuvelgebied, Lubbeek en Wortegem-Petegem). Het nitraatresidu is erg hoog t.o.v. alle andere stroomgebieden, zeker uitgemiddeld over de volledige simulatieperiode maar ook nog na implementatie van de bemestingsnormen in 2007. Het hogere recente nitraatresidu is op akkerland wellicht het resultaat van het lage aandeel wintergranen en het grote aandeel aardappelen en groenten. Deze teelten laten hogere residuen achter en laten door de latere oogstdatum geen goede ontwikkeling van een vanggewas toe. Merk wel op dat uit de validatie bleek dat de aardappelen in dit stroomgebied in werkelijkheid vroeger geoogst werden dan werd aangenomen in de simulaties. Op weiland is het hogere recente nitraatresidu mogelijks het gevolg van de lagere groeiparameters voor grasland (deze werden pas aangepast na de validatie van de resultaten voor de Luikbeek, dat als eerste stroomgebied werd gesimuleerd), maar het kan ook zijn dat het relatief grotere aandeel minerale mest (op percelen bemest met varkensmest, zonder derogatie) hierin een rol speelt.

De jaarlijkse waterpercolatie is in het stroomgebied van de Luikbeek eerder gemiddeld in vergelijking met alle andere stroomgebieden (fig 3.4). De gemiddelde nitraatconcentratie is zowel over de volledige periode als in het recente verleden erg hoog t.o.v. die van de andere stroomgebieden. Dit in de eerste plaats door toedoen van de hogere residuen op akkerland en weiland, versterkt door het grote aandeel akkerland en de beperkte verdunning door het relatief kleine aandeel aan bos

Model verzadigde zone

In deze testsite wordt de laatste 5 jaar nog een gemiddelde concentratie in het bodempercolaat berekend van 235 mg nitraat/l. Het MAP meetpunt vertoont een sterke seizoensaliteit waarbij de concentraties in de zomer zeer laag worden wanneer de drains in het gebied stilvallen. Dat wijst er op dat de grondwaterinstroming, die ook in de zomer doorgaat, zeer weinig nitraat bevat. Dit grondwater passeert grotendeels door de reductiezone, de top van de reductiezone ligt vrij ondiep. Door modelkalibratie werd bepaald dat ongeveer 25% van de jaarlijkse grondwateraanvulling via de drains wordt afgevoerd. Om de lage concentraties in de zomer te bekomen, moet 95.5% door de reductiezone passeren. Alleen het quartair dek is hier geoxideerd en wanneer de grondwaterstanden in de zomer laag staan, komt bijna al het instromend grondwater vanuit de reductiezone. De drains zijn hier enkel in de wintermaanden actief, de maandelijkse verdelingscoëfficiënten werden daarom in de zomermaanden op nul gezet. De coëfficiëntswaarden in de zomer werden ruw geschat, oplopend bij het begin van de winter, aflopen op het einde van de winter. Het zou zeker mogelijk moeten zijn deze coëfficiënten nauwkeuriger te bepalen door de winterpieken beter te kalibreren. Maar in de eerste plaats zouden debietsgegevens en nitraatconcentraties van de drains nodig zijn om het model te perfectioneren. Omdat de oxidatielaag hier dun is en er weinig water door stroomt, is de reistijd van het grondwater eigenlijk niet erg belangrijk. Met het grondwaterstromingsmodel werd een mediaan reistijd van ca 3 jaar bepaald. Het dieper gereduceerd grondwater komt uit langere stroombanen, maar de ouderdom van die water speelt geen enkele rol.

Testsite 2: Wortegem-Petegem

Model onverzadigde zone

De historische bemestingsdruk in Wortegem-Petegem is eerder gemiddeld (fig 3.2) en vergelijkbaar met enkele van de andere stroomgebieden met zandleem als meest voorkomende bodemtextuur (Lubbeek en het Heuvelgebied), maar lager dan in het stroomgebied van de Luikbeek. Dit vertaalt zich ook in een eerder gemiddeld gesimuleerd nitraatresidu over de volledige simulatieperiode. Ook recent zijn de nitraatresiduen eerder gemiddeld tot laag, wat wellicht te maken heeft met het grote areaal aan wintergranen in Wortegem-Petegem (22%), die een relatief laag nitraatresidu achterlaten en door de vroege oogst een goede ontwikkeling van het vanggewas toelaten.

De jaarlijkse waterpercolatie is in Wortegem-Petegem eerder gemiddeld in vergelijking met alle andere stroomgebieden (fig 3.4). Ook de gemiddelde nitraatconcentratie is zowel over de volledige periode als in het recente verleden eerder gemiddeld t.o.v. die van andere stroomgebieden.

Model verzadigde zone

Deze testsite ligt in heuvelgebied en de grondwatertoestroming komt vanuit de omringende heuvelflanken toegestroomd. In het MAP meetpunt liggen de zomer nitraatgehalten hoger dan de winterwaarden. In de winter speelt, door de meer uitgesproken topografie, ook oppervlakkige afstroom een rol. Daarom werd runoff in rekening gebracht, als een fractie van de maandelijkse regenval. De maandelijkse runoff fracties (van de regenval) variëren tussen 20% in de winter tot 1% in de zomer, met een graduele overgang in de tussenseizoenen. Deze waarden werden ruwweg door kalibratie bepaald van de winterconcentraties. Debietsmetingen op de beek zijn immers niet bestaande. De laatste 5 jaar werd er nog een gemiddelde nitraatconcentratie (over het hele afstroomgebied) van 129 mg nitraat/l berekend, voor de laatste 10 jaar was dat 155 mg nitraat/l. In de 5 peilbuizen werden in de helft van de gevallen nitraatconcentraties gevonden van ongeveer 100 mg nitraat/l, maar in de andere helft bleek het nitraat totaal verdwenen te zijn door reductie door organisch materiaal. Dat moet dan lokaal en ondiep gebeuren, in de riparische zone in de beekvallei. Daarom werd in de modelsimulatie de FR_RIP parameter, die aangeeft welke fractie van het nitraat in de riparische zone wordt gereduceerd, op 0.50 gezet. De omringende heuvels die bestaan uit "leperiaanzand" (Formatie van Tielt) zijn grotendeels geoxideerd en bevatten daardoor nitraatrijk water. Het was daarom te verwachten dat de FR_OX parameter eerder hoog moet zijn. Een waarde van 0.70 voor FR_OX fractioneringsparameter werd door modelkalibratie bepaald, wat betekent dat bijna driekwart van de heuvels zou geoxideerd zijn. Omdat de geoxideerde zone in de heuvels zeer dik is, speelt de grondwaterreistijd hier wel een belangrijke rol. Voor deze testsite werd de mediaan ouderdom afgeleid uit stroomlijnen met het grondwaterstromingsmodel en bedraagt deze (afgerond) 20 jaar. MeerEenzelfde waarde kan benaderend verkregen worden door het verzadigd deel van de heuvel te delen door de gemiddelde grondwateraanvulling. Dan bekomt men de gemiddelde verblijftijd van de grondwater in de heuvel en dit kan omgerekend worden naar de mediaan ouderdom (mediaan = $0.69 \times$ gemiddelde). Er worden in het model van deze testsite met geen drains rekening gehouden. Vermits de probleemconcentraties zich hier in de zomer voordoen en de grondwaterreistijden lang zijn, is er hier op korte termijn geen significante verbetering van de situatie te verwachten.

Testsite 3 Balegem

Model onverzadigde zone

De historische bemestingsdruk in Balegem is gemiddeld (fig 3.2) en iets hoger dan in de meeste andere stroomgebieden uit de Zandleemstreek (Asse, Lubbeek, Overijse, Wortegem-Petegem), maar lager dan in het stroomgebied van de Luikbeek. Dit vertaalt zich ook in een eerder gemiddeld gesimuleerd nitraatresidu over de volledige simulatieperiode. Meer recent (2007-2017) is het gesimuleerd nitraatresidu in Balegem relatief gezien eerder laag op akkerland en zeer laag op weiland.

De jaarlijkse waterpercolatie in Balegem is over de volledige periode eerder laag in vergelijking met alle andere stroomgebieden (fig 3.4) en is voor de periode 2007-2017 eerder gemiddeld. De gemiddelde nitraatconcentratie is zowel over de volledige periode als in het recente verleden eerder gemiddeld t.o.v. de andere stroomgebieden. Over de volledige periode is de nitraatconcentratie duidelijk hoger dan in Asse, een

erg vergelijkbaar stroomgebied met uitzondering van een iets lagere historische bemestingsdruk. Meer recent, bij vergelijkbare bemestingsdruk, zijn de nitraatconcentraties in Balegem en Asse vergelijkbaar.

Model verzadigde zone

Met MAP meetpunt ligt ten noorden van een heuvelrij die uit geoxideerde Ledi-Paniseliaanafzettingen bestaat, op een plaats waar deze laag uitwigt op een onderliggende minder doorlatende kleilaag. Daardoor treedt er kwel van dieper grondwater op dat verder zuidwaarts geïnfiltreerdgeïnfiltreerd is en lang onderweg is geweest. De reistijd van dit ouder grondwater werd op basis van de hydraulische gradiënt en een representatieve waarde van de doorlatendheid geschat op een mediaanwaarde van 13.5 jaar (TT50 is 13.5). Het MAP meetpunt toont hoge zomerconcentraties met scherpe pieken. Deze weerspiegelen de concentratie in het dieper opwellend grondwater vanuit de Ledi-Paniseliaan aquifer. In de 5 peilbuizen wordt enkel in de meest zuidelijke hoge nitraatgehalten vastgesteld. Wat aantoont dat de nitraattoevoer vanuit het zuiden komt, en niet lokaal vanuit de omgeving. Specifiek werd bij het veldbezoek waargenomen dat er een enkel heel moerassig perceel is waar er veel grondwater opwelt in een reeks poeltjes die overlopen in de beek. Het dieper grondwater wordt vooral in de winter gemengd met meer nitraatarm water en een deel oppervlakkige afvoer. Om de lagere concentraties in de winterperiode te bekomen dient er in de winter een aanzienlijke bijmenging op te treden met gereduceerd water. Dit wordt in het model bekomen door een combinatie van twee componenten: een seizoenale instroom in de winter van nitraatvrij water, mogelijk komt dit uit lokale stromingssystemen waarin nitraatreductie optreedt, misschien in de riparische zone van de beek, ten belopen van 50% van de jaarlijkse grondwateraanvulling (de FR_DRN parameter is 0.50) en een fractionering van het dieper grondwater waarbij toch nog 70% vanuit de reductiezone komt.

Door de lange reistijd van het grondwater vanuit het zuiden en het feit dat de piekwaarden in de zomer bereikt worden wanneer er geen verdunning meer optreedt door lokaal gedenitrificeerd water, zal deze testsite een trage respons hebben op beheersmaatregelen, en is er wellicht op korte tijd geen aanzienlijke verbetering te verwachten.

Testsite 4 Brecht

Model onverzadigde zone

De historische bemestingsdruk in Brecht is hoog (fig 3.2) en iets hoger dan voor andere stroomgebieden met een zandige bodemtextuur (Assenede en Peer). Dit vertaalt zich ook in een eerder hoog gesimuleerd nitraatresidu over de volledige simulatieperiode. Meer recent (2007-2017) is de bemestingsdruk op akkerland in Brecht iets hoger dan in de andere stroomgebieden door het grote aandeel tijdelijk grasland, dat meer bemest mag worden. Dit leidt niet tot een hoger nitraatresidu, want dit is in 2007-2017 eerder gemiddeld op akkerland. Op weiland is het nitraatresidu in 2007-2017 iets hoger dan gemiddeld.

De jaarlijkse waterpercolatie is in Brecht het grootst in vergelijking met alle andere stroomgebieden (fig 3.4), wat overeenkomt met de hogere berekende jaarlijkse netto-neerslag (fig 3.1). De gemiddelde nitraatconcentratie is over de volledige periode

eerder hoog t.o.v. die van andere stroomgebieden en vergelijkbaar aan die in Assenede en Peer, de twee andere stroomgebieden met zand als voornaamste bodemtextuur. Meer recent, bij vergelijkbare bemestingsdruk, is de nitraatconcentratie in Brecht iets lager dan in Assenede en Peer door de grotere waterpercolatie (verdunding).

Model verzadigde zone

Deze testsite is uitzonderlijk omdat de freatische laag in de zomer volledig droogvalt. In het model werden daarom de zomerwaarden van de maandelijkse verdelingscoëfficiënten op nul gezet. Enkel in de winter vindt er dus grondwaterinstroming plaats. In de zomer zakt de watertafel in het onderliggende kleicomplex waar er nitraatreductie optreedt. Nabij gelegen VMM peilbuizen in de top van dit complex tonen verhoogde ijzergehalten. Het geoxideerd grondwater dat naar de beek vloeit kan dus niet ouder dan 1 jaar zijn. Dit werd als de mediaan ouderdom gebruik. Een kleinere TT50 waarde heeft weinig zin omdat het model met jaarlijkse tijdstappen werkt. In het najaar komen piekconcentraties voor, met soms heel sterke overschrijdingen van de 50 mg nitraat/l norm, omdat de drooggevallen freatische laag dan op korte tijd volledig uitgespoeld wordt. De berekende concentraties in het bodem percolaat liggen de laatste 5 jaar, en ook 10 jaar, dicht tegen de 150 mg nitraat/l. De najaarspieken kunnen met het model bekomen worden door 30% van de jaarlijkse grondwateraanvulling via drains aan te voeren, als geoxideerd water, de overige 70% als baseflow waarvan 20% geoxideerd is. Dat betekent dat $30+70 \times 0.20=44\%$ van de waterinstroom in de beek geoxideerd water moet zijn. Het model is ontworpen voor normale situaties waarin er het jaar rond effectief grondwaterstroming optreedt. Het fysisch systeem in de testsite Brecht voldoet in feite niet aan deze voorwaarde. Daardoor is moeilijk de opgemeten pieken precies te berekenen. Maar het model kan wel vrij goed de waargenomen dalende trend in het concentratieverloop aan het MAP meetpunt reproduceren. Nabij de bron van de beek bevindt zich ook een waterpoel die overloopt in de beek. In deze poel monden ook enkele sloten uit. Het is ook onduidelijk wat de rol van deze poel is wanneer de stroming terug op gang komt.

Testsite 5 Overijse

Model onverzadigde zone

De historische bemestingsdruk in Overijse is de laagste van alle stroomgebieden (fig 3.2). Dit vertaalt zich ook in een het laagste gesimuleerd nitraatresidu over de volledige simulatieperiode. Meer recent (2007-2017) is de bemestingsdruk vergelijkbaar voor alle stroomgebieden en is het gesimuleerd nitraatresidu in Overijse relatief gezien eerder hoog op akkerland en eerder gemiddeld op weiland. Het hogere residu op akkerland in de recente jaren is vermoedelijk het gevolg van minder vroeg optredende uitspoeling (dus minder uitspoeling voor 15 oktober) door de zwaardere bodemtextuur en de lagere gemiddelde waterpercolatie in dit stroomgebied (fig 3.3).

De jaarlijkse waterpercolatie is in Overijse over de volledige periode eerder gemiddeld in vergelijking met alle andere stroomgebieden (fig 3.4) en is voor de periode 2007-2017 opvallend veel lager. Deze daling in de percolatie werd ook vastgesteld in het nabijgelegen Lubbeek en is het gevolg van de lokale weersomstandigheden (fig 3.4).

De gemiddelde nitraatconcentratie voor het volledige stroomgebied is zowel voor de volledige periode als voor het recente verleden de laagste van alle stroomgebieden en dus ook lager dan in Asse en Balegem, de twee andere stroomgebieden met leem als voornaamste bodemtextuur. Naast de lagere historische bemestingsdruk is de belangrijkste verklaring hiervoor de simulatie van nitraatarm uitspoelend water op de erg grote oppervlakte aan bos, tuinen en parken in Overijse (samen 48%). Dit weegt duidelijk op tegen de minder grote verdunning door lagere hoeveelheden percolerend water.

Model verzadigde zone

Het nitraatverloop aan het MAP meetpunt wordt grotendeels bepaald door water dat vanuit een vijver wordt aangevoerd. De vijver zelf wordt gevoed door een drainbuis die in de naburige heuvelflank is aangelegd, maar waarvan niet geweten is hoe lang en diep de buis eigenlijk is. De buis levert nitraatrijk water aan. Het water is afkomstig uit de heuvel die uit geoxideerde "Brusseliaan" zanden (Formatie van Brussel) bestaat. Door de grote doorlatendheid kan de watertafel in deze Brusseliaanheuvelds zeer diep staan onder de hoogste punten, met langere percolatie tijden door de onverzadigde zone, maar de drainbuis bevindt zich wel in de voet van de heuvel op een plaats waar er vroeger een natuurlijk bronnetje moet geweest zijn. De reistijden van het grondwater naar de drainbuis zijn moeilijk in te schatten, vooral omdat niets geweten is over de buis zelf. De drainbuis werd in het model als een drain ingebouwd met een tijdsvertraging van 8 jaar. Deze waarde werd bepaald door het meerjaarlijks gemiddelde van het MAP meetpunt en de model reeks te fitten. Het MAP meetpunt heeft een beperkte seizoenaliteit met wat lagere zomer- en winterwaarden, maar hogere voorjaars en najaarsconcentraties. De concentraties flirten met de 50 mg nitraat/l norm, waardoor er regelmatig overschrijdingen gebeuren, maar anderzijds ook geregeld lagere concentraties worden vastgesteld. Deze worden veroorzaakt door verdunning met regenwater in de vijver. Alleen in november ligt de mediaanconcentratie boven de 50 mg nitraat/l. De berekende nitraatconcentratie in het bodempercolaat ligt de laatste 10 jaar rond de 90 mg nitraat/l. De peilbuizen die rond de vijver geplaatst werden om de nitraatvrucht van het grondwater naar de vijver toe te begroten tonen sterke seizoenale verschillen, blijkbaar wisselen de redoxcondities met het seizoen. De quartaire sedimenten rond de vijver zijn blijkbaar wel gereduceerd en dan nitraatarm, maar wanneer het vijverpeil stijgt infiltreert er nitraatrijk vijverwater naar de omgeving. De netto instroming zal eerder nitraatarm water zijn. Daarom werd de FR_OX parameter op 0.35 genomen, ongeveer een derde van de instroming in de vijver zou dan uit nitraatrijk water bestaan, het overige deel uit nitraatarm water. En uit de drainbuis komt 20% van de grondwatervoeding binnen de afstroomzone. De watertoevoer in de vijver zou dus uit $20+80*0.35=48\%$ bestaan uit nitraatrijk water, ongeveer de helft dus. Vermits de concentratie in het bodempercolaat al minstens 10 jaar rond de 90 mg nitraat/l ligt, liggen de mediaan maandconcentraties net onder de 50 mg nitraat/l grens. De testsite Overijse is sterk beïnvloed door het functioneren van de vijver. De vijver wordt in de zomer ook gebruikt voor het besproeien van de omgevende grasperken, waardoor er nitraatrijk water infiltreert. De stromingssituatie komt hier niet overeen met een natuurlijk werkend waterlopenstelsel. Ook is eigenlijk niets geweten over de buis die de bron is van de nitraatproblematiek van dit MAP meetpunt.

Testsite 6 Peer

Model onverzadigde zone

De historische bemestingsdruk in Peer is eerder hoog (fig 3.2) en situeert zich tussen die van de andere stroomgebieden met zand als meest voorkomende bodemtextuur (Assenede en Brecht). Dit vertaalt zich ook in een relatief hoog gesimuleerd nitraatresidu over de volledige simulatieperiode. Meer recent, met implementatie van de bemestingsnorm vanaf 2007, is het nitraatresidu op akkerland eerder gemiddeld en op weiland eerder hoog.

De jaarlijkse waterpercolatie is in Peer eerder hoog in vergelijking met alle andere stroomgebieden (fig 3.4). Ook de gemiddelde nitraatconcentratie is eerder hoog t.o.v. die van andere stroomgebieden, zowel over de volledige periode als meer recent, en voor de volledige periode vergelijkbaar aan die in Assenede en Brecht, twee andere stroomgebieden met zand als voornaamste bodemtextuur. Meer recent ligt de gemiddelde nitraatconcentratie in Peer iets hoger dan in Assenede en zeker hoger dan in Brecht, wat het gevolg is van de verschillen in netto-neerslag en waterpercolatie.

Model verzadigde zone

De testsite Peer, gelegen op het Kempisch plateau, ligt in een gebied met een dikke oxidatielaag. Zowel de zandige deklaag, de terrasafzettingen als de Formatie van Kasterlee zijn hier geoxideerd, met als resultaat dat deze hele laag gevuld is met sterk nitraathoudend grondwater, vaak met hoge concentraties (> 100 mg nitraat/l) zoals kan vastgesteld worden in de VMM peilbuizen in de omgeving. Daardoor vertoont het MAP meetpunt meestal hoge waarden boven de 50 mg nitraat/l. Lage concentraties hebben te maken met verdunning na regenperioden. Verrassend is wel dat die hoge nitraatconcentraties niet werden aangetroffen in de vijf peilbuizen die vlak naast de beek werden geïnstalleerd. Daarin werd, zeker in het stroomafwaarts deel, ijzerrijk gereduceerd water gevonden. Dit moet dieper kwelwater zijn dat vanuit de onderliggende Neogene afzettingen komt. Dit water wordt in het VMM meetnet niet gevonden omdat de peilputten daar nooit in de riparische zone van de beken liggen. Dit dieper kwelwater zou toch een belangrijke bijdrage in de waterbalans vormen. De berekende nitraatconcentraties, het areaal gemiddelde over het afstroomgebied, ligt de laatste 10 jaar rond de 190 mg nitraat/l, terwijl de hoogste opgemeten waarden aan het MAP meetpunt tussen de 50 en 100 mg nitraat/l liggen, tijdens de piekmaanden. In het model moest instroom vanuit de oxidatiezone tot 27.5% beperkt worden om de pieken op de juiste concentratie te krijgen. In het MAP meetpunt wordt sinds 2007 een dalende trend waargenomen. Deze wordt ook door het model gereproduceerd. De sporadische lagere concentraties werden in het model bekomen door runoff in rekening te brengen, met een maximale afvoer van 25% in de winter en 2% in de zomer. Vermits er zandbodems voorkomen met een hoge infiltratiecapaciteit treedt er weinig afstroming over het landoppervlak zelf op. Maar in de ondiepe ondergrond komen wel zgn cliplagen voor, dit zijn verharde laagjes die sterk gecompacteerd zijn en verticaal doorsijpelen limiteren. Regenwater kan dan boven die cliplagen lateraal naar de beken afgevoerd worden door de zandige toplaag en in natte maanden voor verdunning zorgen.

Testsite 7 Lubbeek

Model onverzadigde zone

De historische bemestingsdruk in Lubbeek is eerder laag (fig 3.2) maar nog enigszins vergelijkbaar met enkele van de andere stroomgebieden met zandleem als meest voorkomende bodemtextuur (Heuvelgebied en Wortegem-Petegem), maar veel lager dan in het stroomgebied van de Luikbeek. Ondanks de lagere bemestingsdruk vinden we een eerder gemiddeld gesimuleerd nitraatresidu over de volledige simulatieperiode. Voor 2007-2017, wanneer de bemestingsdruk vergelijkbaar is voor alle stroomgebieden, is het nitraatresidu eerder hoog op akkerland en gemiddeld op weiland. De algemeen hogere residuen in dit stroomgebied zijn vermoedelijk het gevolg van minder vroeg optredende uitspoeling (dus minder uitspoeling voor 15 oktober) door de lagere gemiddelde waterpercolatie (fig 3.4), die in de eerste plaats het gevolg is van een lagere netto-neerslag (fig 3.1), maar ook deels te verklaren valt door de aanwezigheid van kleibodems.

De gemiddelde nitraatconcentratie is over de volledige periode eerder gemiddeld en meer recent eerder hoog t.o.v. die van andere stroomgebieden, opnieuw als gevolg van een kleinere verdunning door lagere hoeveelheden percolerend water.

Model verzadigde zone

Het MAP meetpunt van testsite Lubbeek ligt in een klein beekvalleitje dat zich ontwikkeld heeft tussen heuvels die zijn opgebouwd uit Neogeensedimenten. Het substraat bestaat uit de kleilaag van de Boomse klei (Formatie van Rupel) waardoor in de as van de vallei het substraat ondiep voorkomt. Het meetpunt vertoont een grote seizoenale variatie in nitraatconcentraties met hoge zomerwaarden en lagere winterconcentraties. Overschrijdingen van de 50 mg nitraat/l norm vinden uitsluitend in de zomer plaats. De hoge concentraties in de zomer worden veroorzaakt door de grondwater instroming, maar worden in de winter verdund, de topografie is hier belangrijk en zorgt voor afstroming van regenwater in de winter. Het Diestiaanzand in de omgevende heuvels is blijkbaar geoxideerd, toch zeker in het bovenste deel, en bevat nitraatrijk water. Dat blijkt ook uit de analyses van VMM peilputten in de omgeving van het afstroomgebied. De berekende nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedroeg de laatste 5 jaar nog gemiddeld 145 mg nitraat/l, de laatste 10 jaar zelfs 183 mg nitraat/l. Dergelijke hoge concentraties werden in de 5 peilbuizen die geplaatst werden niet aangetroffen. De gehalten verschilden trouwens sterk in de twee meetronden, maar waren nooit hoger dan 50 mg nitraat/l. Tijdens de eerste meetronde werden slechts lage gehalten gevonden. Op het veld kan vastgesteld worden dat in deze testsite preferentiële stroombanen grote rol spelen: op sommige plaatsen langs de valleiflanken kwelt nitraatwater op uit de grond, accumuleert in lokale poeltjes en stroomt dan in de beek. De nitraatvracht komt wellicht uit deze bronnetjes. Maar het is onmogelijk op basis van een éénmalig veldbezoek de relatieve bijdrage van deze nitraatrijke bronnetjes en van de nitraatarme diffuse ondiepe grondwaterinstroming in te schatten. Ook de reistijd van het grondwater naar de bronnetjes vanuit de heuvel is moeilijk precies te begroten, maar op basis van de verzadigde dikte in de heuvel en een gemiddelde grondwateraanvulling moet de gemiddelde verblijftijd in de orde van minstens 10 jaar zijn. Al is het mogelijk dat transport doorheen preferentiële stroombanen anders verloopt. De

fractioneringsparameters werden bepaald door model kalibratie. Het bronwater, dat afkomstig moet zijn vanuit de heuvels, komt voor de helft uit de oxidatiezone bovenaan in de heuvels en de andere helft uit het dieper gereduceerd deel van de heuvels (FR_OX is 0.50). De verdunning in de winter komt deels vanuit het ondiepe grondwater dat nitraatarm is, het wordt wellicht lokaal gereduceerd, de ijzergehalten zijn verhoogd, en deels door runoff in regenrijke perioden. Dat werd ook zo in het model opgenomen. Het model reproduceert de seizoenvariatie, maar de sporadisch heel lage concentraties zijn gekoppeld aan regendagen en de bijhorende sterke verdunning en kunnen nooit door een model dat met maandelijkse stappen werkt worden gesimuleerd.

Testsite 8 Asse

Model onverzadigde zone

De historische bemestingsdruk in Asse is eerder laag (fig 3.2) en vergelijkbaar met de meeste van de andere stroomgebieden in de Zandleemstreek (Balegem, Lubbeek, Overijse, Wortegem-Petegem), behalve dan voor het stroomgebied van de Luikbeek, waar die veel hoger is. Dit vertaalt zich voor Asse ook in een relatief laag nitraatresidu (fig 3.3). In dit stroomgebied wordt een opvallend grotere hoeveelheid minerale mest op weiland gesimuleerd, aangezien het hoge fosforgehalte in paardenmest daar de beperkende factor is.

De jaarlijkse waterpercolatie in Asse is eerder gemiddeld in vergelijking met alle andere stroomgebieden (fig 3.4) en is, met name voor 2007-2017, iets groter dan in Overijse, ook een stroomgebied met leem als bodemtextuur. Dit is het gevolg van de verschillen in de netto-neerslag (fig 3.1). De gemiddelde nitraatconcentratie is zowel over de volledige periode als in het recente verleden kleiner dan in de meeste andere stroomgebieden; enkel in Overijse is de situatie beter, wellicht door de grotere bebossingsgraad daar en de beperkte uitspoeling onder bos.

Model verzadigde zone

De testsite Asse is net zoals de testsite Lubbeek in een beekvalleitje tussen heuvels gelegen. De beekvallei heeft zich ontwikkeld in een kleisubstraat bestaande uit de Formatie van Maldegem (Bartoonklei). Het stroomopwaarts deel van valleitje ligt bovenop het kleisubstraat, en ontvangt in zijn bovenloop water vanuit de Formatie van St Huibrechts Herne die boven de klei ligt. Het middenstuk van de beek ligt in de klei zelf en ontvangt weinig grondwaterinstroming, maar het stroomafwaarts deel nabij het MAP meetpunt is doorheen het kleisubstraat ingesneden en bevindt zich in de onderliggende Formatie van Lede. De opbouw is dus complex. De Lediaan sedimenten zijn geoxideerd en bevatten nitraatrijk grondwater. Dit water stroomt via bronnetjes in de beek, maar het wordt aangevoerd via preferentiële stroombanen. Op korte afstand van dergelijke bronnetjes is er nauwelijks grondwater te vinden. De instroom is dus niet uniform diffuus maar geconcentreerd en puntsgewijs. De berekende nitraatconcentratie in het bodempercolaat in het afstroomgebied bedroeg gemiddeld 99 mg nitraat/l in de laatste 5 jaar en 114 mg nitraat/l in de laatste 10 jaar. Maar dergelijk hoge concentraties waren nooit vastgesteld in de 5 geplaatste peilbuizen : nooit werd er meer dan 50 mg nitraat/l gemeten. De diffuse grondwaterinstroming is dus eerder nitraatarm. Hoge ijzergehalten werden niet

gevonden, maar de bicarbonaatgehalten waren wel hoger in de nitraatarme waters. Dicht bij de beek treedt dus blijkbaar nitraatreductie op door organisch materiaal. De instroom van nitraat moet dus vooral vanuit de bronnetjes komen die gevoed worden door Lediaan water in het stroomafwaarts deel en vanuit de Formatie van st Huibrechts Herne in het stroomopwaarts deel. Het nitraatrijk water wordt in de wintermaanden dan verdund door meer oppervlakkige afvoer in regenrijke maanden en een hogere diffuse instroom van nitraatarm water door de rijzende watertafel. Het MAP meetpunt vertoont daardoor een grote seizoenaliteit met hoge zomerconcentraties. Overschrijdingen vinden uitsluitend in de zomer plaats maar zijn de laatste 10 jaar eerder zeldzaam. In het model wordt een constante instroom van nitraatrijk water vanuit de bronnetjes in rekening gebracht die 20% van de totale grondwateraanvulling bedraagt terwijl de rest via ondiepe nitraatarme instroom plaatsvindt, in de wintermaanden driemaal meer dan in de zomermaanden (FR_DRN is 0.80 en FR_OX is 0.90). Het model reproduceert de seizoenaliteit vrij goed met scherpe zomerpieken.

Testsite 9 Assenede

Model onverzadigde zone

De historische bemestingsdruk in Assenede is eerder hoog (fig 3.2) maar lager dan die van de andere stroomgebieden met zand als meest voorkomende bodemtextuur (Brecht en Peer). Het nitraatresidu is eerder gemiddeld t.o.v. alle andere stroomgebieden, zowel over de volledige simulatieperiode als na implementatie van de bemestingsnorm in 2007.

De jaarlijkse waterpercolatie is in Assenede eerder hoog in vergelijking met alle andere stroomgebieden (fig 3.4), net zoals voor de andere zandige stroomgebieden. Ook de gemiddelde nitraatconcentratie is, gezien over de volledige periode, eerder hoog t.o.v. die van andere stroomgebieden en vergelijkbaar aan die in Brecht en Peer. Meer recent is de gemiddelde nitraatconcentratie in Assenede eerder gemiddeld.

Model verzadigde zone

Deze testsite bevindt zich in de Vlaamse Vallei waar de ondergrond uit ca 20 m overwegend zandig materiaal bestaat, maar de reductiezone wel vrij ondiep zit, op niet meer dan enkele meters diepte. Het MAP meetpunt toont hier een zeer sterke seizoenaliteit met overschrijdingen in de winter en zeer lage waarden in de zomer, steevast minder dan 10 mg nitraat/l. Het grootste stromingssysteem brengt grondwater vanuit het zuiden, vanop de stuifzandrug van Maldegem-Stekene naar het noorden waar het opwelt en door de beek wordt weggedraineerd. Dit water passeert door het diepere deel van de freatische laag en is gereduceerd, dus nitraatarm. Deze stroming vindt het jaar rond plaats. In de winterperiode, wanneer de grondwateraanvulling plaatsvindt, stijgt de watertafel en ontstaan lokale ondiepe stromingssystemen waarvan het water afkomstig is uit het bovenste deel van het reservoir, uit de oxidatiezone en dus nitraatrijk is. Voor de nitraatconcentratie in het bodem percolaat wordt de laatste 5 jaar een gemiddelde van 151 mg nitraat/l. De winterpieken aan het MAP meetpunt lagen vroeger boven de 50 mg nitraat/l, maar zakten de laatste jaren tot ca 30 mg nitraat/l. Omdat de diepe grondwateraanvoer vooral nitraatarm grondwater is speelt de leeftijd weinig rol en werd deze diepe instroom als drains met gereduceerd water in het model opgenomen. De bijdrage is

constant in de tijd, er zit weinig seizoeneffect op omdat de grootte van deze stroom bepaald wordt door het stijghoogteverschil tussen de zuidelijke stuifzandrug en de noordelijke polders. De instroom van het ondiepe grondwater gebeurt als baseflow met een mediaan reistijd van slechts 3 jaar, de lokale stroomsystemen zijn kleinschalig en hebben een korte doorlooptijd. Door modelkalibratie werden de fractioneringsparameters bepaald : 75% van de instroom in de beek komt vanuit het diepe grondwater (FR_DRN is 0.75), de overige 25% vanuit het lokale ondiepe grondwater, maar bijna uitsluitend in de winter. Het model reproduceert zowel de seizoenschommelingen als de dalende trend sinds ca 2005 zeer goed.

Testsite 10 Heuvelgebied (van Kruishoutem naar Wortegem-Petegem)

Model onverzadigde zone

De historische bemestingsdruk in het Heuvelgebied is eerder gemiddeld (fig 3.2) en iets hoger dan in enkele van de andere stroomgebieden met zandleem als meest voorkomende bodemtextuur (Lubbeek en Wortegem-Petegem, dat deel uitmaakt van het Heuvelgebied), maar veel lager dan in het stroomgebied van de Luikbeek. Het nitraatresidu is eerder gemiddeld t.o.v. alle andere stroomgebieden, zowel over de volledige simulatieperiode als na implementatie van de bemestingsnorm in 2007.

De jaarlijkse waterpercolatie is in het Heuvelgebied eerder gemiddeld in vergelijking met alle andere stroomgebieden (fig 3.4). Ook de gemiddelde nitraatconcentratie is zowel over de volledige periode als in het recente verleden eerder gemiddeld t.o.v. die van andere stroomgebieden en specifiek voor zandleembodems vergelijkbaar aan die in stroomgebieden Lubbeek en Wortegem-Petegem, maar lager dan in de Luikbeek.

Model verzadigde zone

De Plankbeek in Kruishoutem werd geselecteerd uit een hele reeks van MAP meetpunten die langs de heuvelrug van Kruishoutem naar Wortegem-Petegem gelegen zijn. Metingen en vergelijkingen van de beken die langs de heuvelrug liggen toont dat vooral de beken aan de oostzijde hoge nitraatgehalten hebben. Daarvan is de Plankbeek als een typisch voorbeeld genomen. De heuvelrug zelf bestaat uit "Ieperiaanzand" (Formatie van Tielt) dat rust op het kleisubstraat van de Formatie van Kortrijk ("Ieperse Klei"). Het hoogste punt van de heuvelkam ligt tot 40 m boven het kleisubstraat, de watervoerende laag bovenop de klei is dus aanzienlijk dik en de doorspoeltijd, de tijd nodig om al het grondwater in de heuvelrug te verversen door recent neerslagwater ligt rond de 30 jaar. Met een grondwaterstromingsmodel en stroomlijnprogramma werd een mediaan reistijd bepaald van 27.2 jaar: het is een voorbeeld van een afstroomgebied dat een zeer trage responstijd zal hebben op oppervlaktemaatregelen. De berekende nitraatconcentratie in het bodem percolaat bedroeg de laatste 5 jaar gemiddeld 143 mg nitraat/l, de laatste 10 jaar 169 mg nitraat/l. In de jaren 1990 kwamen veel hogere concentraties voor die vaak tussen de 500 en 1000 mg nitraat/l lagen. Gezien de lange doorstroomtijd in de heuvelrug kunnen ook deze oude piekconcentraties nog altijd deels in de heuvel aanwezig zijn. Het MAP meetpunt vertoont een seizoentaliteit met lage zomerwaarden en hogere winterwaarden, hoewel er veel variatie voorkomt. Overschrijdingen gebeuren in de winter, maar niet meer de laatste 10 jaar. Mediaanconcentraties liggen in de winter ongeveer dubbel zo hoog als in de zomer. Drains vormen een belangrijke instroom in

de beek en leveren nitratrijk water. Maar omdat er ruim 20 drains actief zijn, hangt de nitratiinstroom grotendeels af van het exact functioneren en concentratie van elke drain afzonderlijk. Het grondwater dat via de drains wordt afgevoerd moet een combinatie zijn van water dat in de omgeving van de drains zelf geïnfiltreerd zijn en is niet zo oud, en water dat vanuit de heuvelkam komt toegestroomd. In het model wordt de helft van de wateraanvoer via diffuse baseflow in rekening gebracht, de andere helft via drains (FR_DRN is 0.50). Van de diffuse grondwaterinstroom komt 20% uit de oxidatiezone in de top van de heuvel. Het model reproduceert de seizoenschommelingen maar in sommige zomers liggen de gemeten nitraatgehalten lager. Momenteel is er te weinig geweten over het precies functioneren van de drains die in dit testgebied een cruciale rol hebben.

Fig 3.1 Gemiddelde jaarlijkse neerslag en berekende netto-neerslag voor 10 stroomgebieden voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).

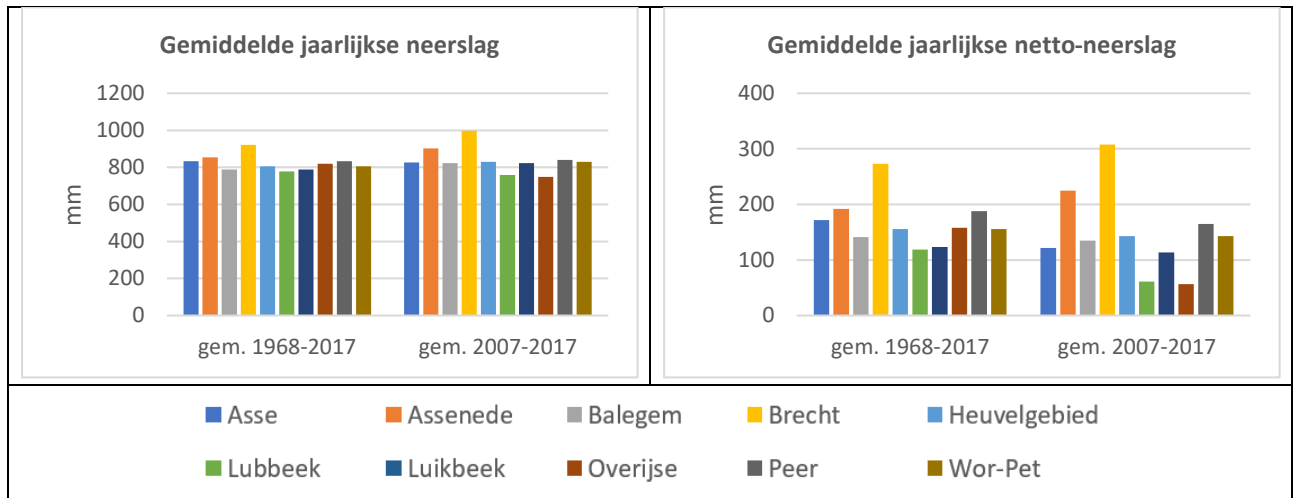


Fig 3.2 Gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse bemestingsdruk op akkerland en weiland voor 10 stroomgebieden. Gemiddelden voor totale N zijn weergegeven voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).

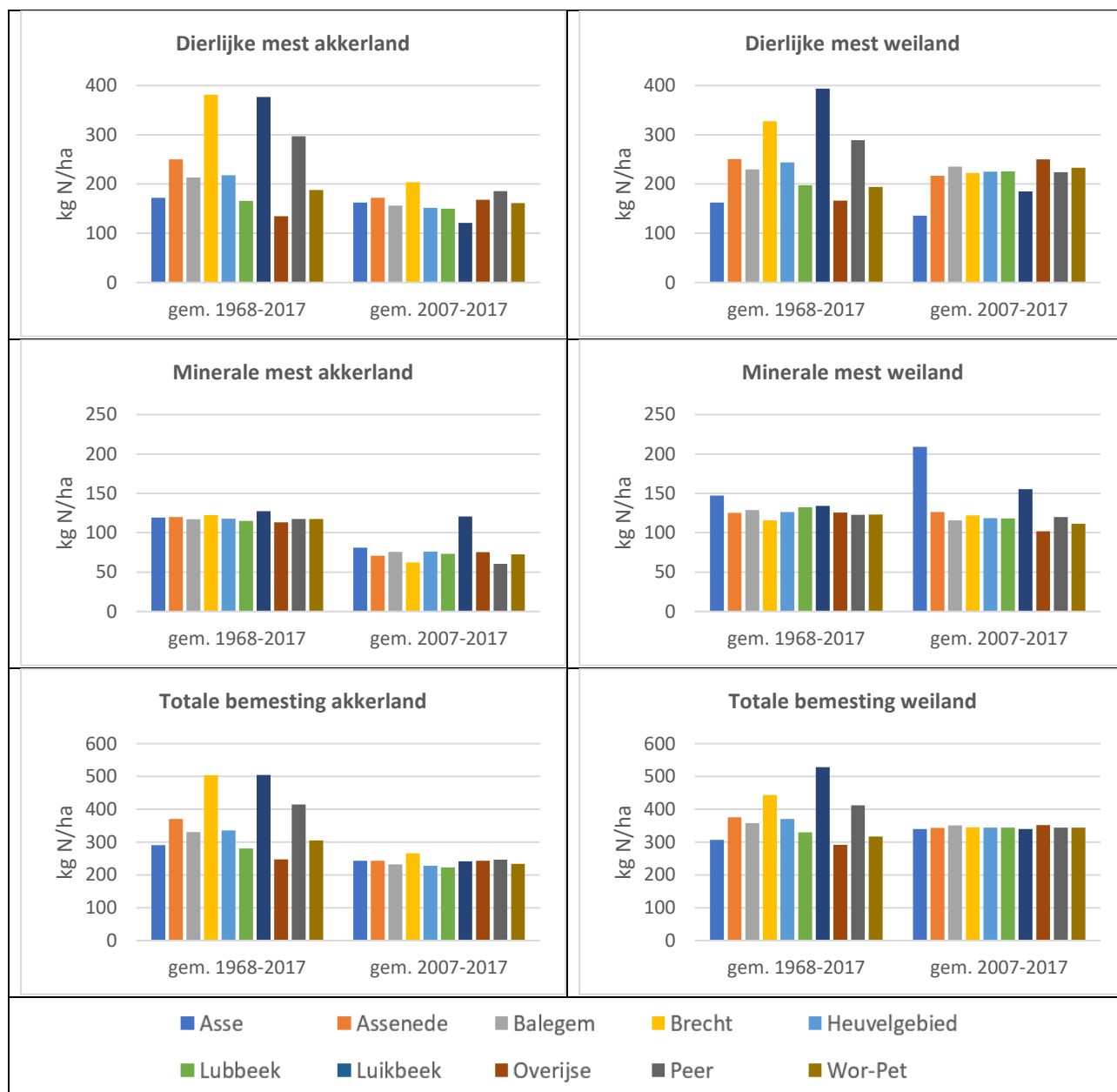


Fig 3.3 Gemiddeld gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober op akkerland en weiland voor 10 stroomgebieden. Gemiddelden zijn weergegeven voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).

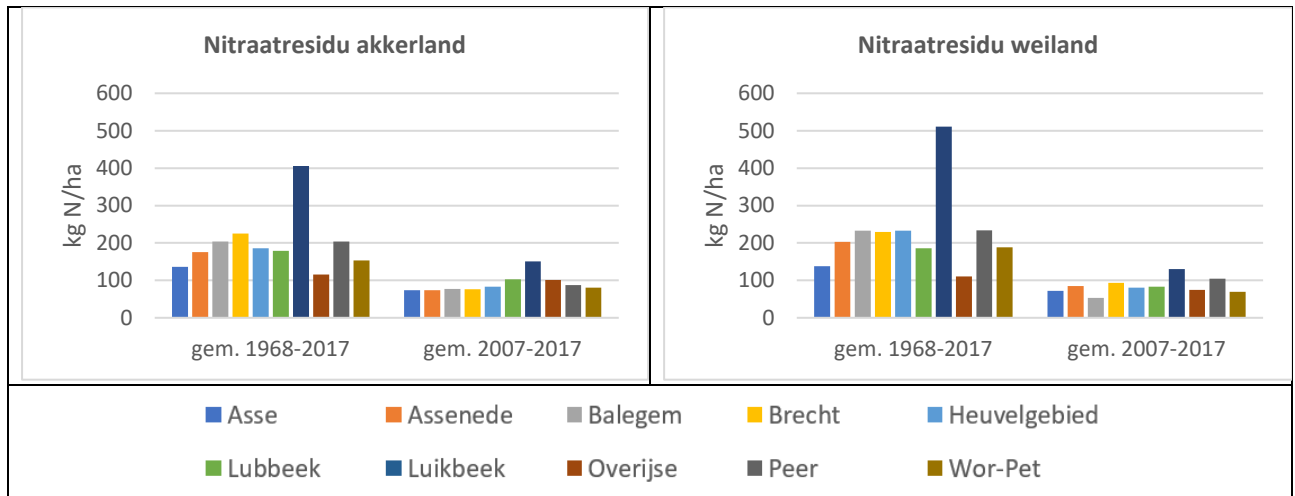
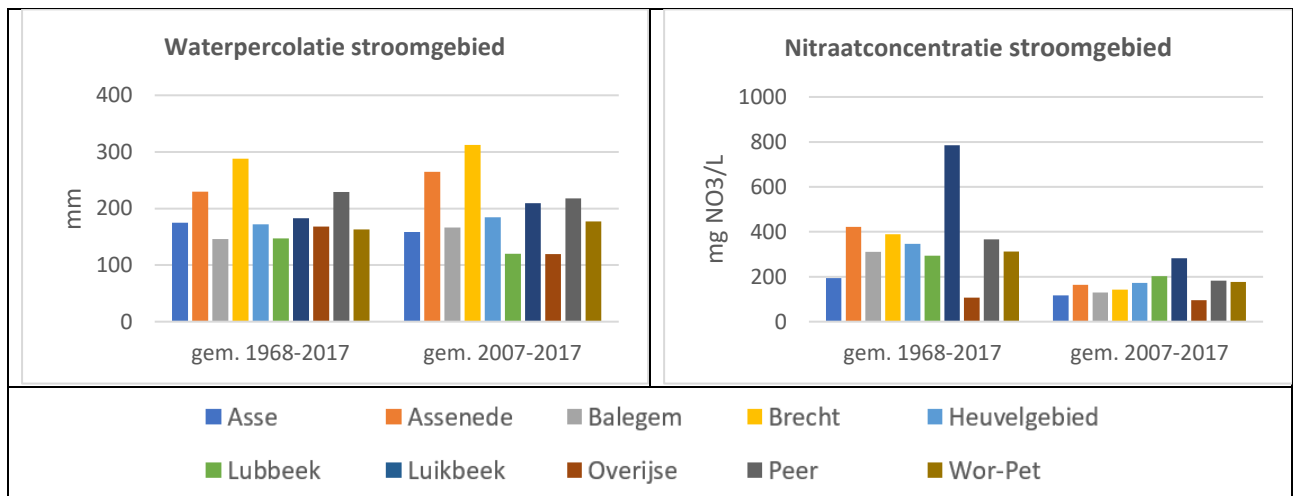


Fig 3.4: Gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse waterpercolatie (exclusief waterlichamen en verharde oppervlakken) en nitraatconcentratie op een diepte van 90 cm voor 10 stroomgebieden. Gemiddelden zijn weergegeven voor de volledige simulatieperiode (1968-2017) en voor de periode met 100% implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017).



4 Instrument nitraatrijke bronnen

Volgens het bestek wordt onder dit instrument verstaan:

“Vanuit de resultaten van het onderzoek kunnen er globale conclusies getrokken worden over het voorkomen van nitraatrijke bronnen en de wetenschappelijke onderbouwing van de instroom van nitraatrijk (of nitraatarm) bronwater in oppervlaktewatermeetpunten. In zijn offerte geeft de inschrijver aan welk type conclusies in dit rapportje kunnen gezet worden. De opdrachtgever verwacht minimaal informatie over intrekgebieden en reistijden, evenals een reflectie over het voortgangspotentieel van de meetpunten die door het CVBB als “beïnvloed door nitraatrijke bronnen” werden geïdentificeerd.”

4.1 Conclusies uit het modelleren van de onverzadigde zone

Conclusie 1

De langjarig gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelende water op een diepte van 90 cm ligt voor de periode 1968-2017 tussen 107 (Overijse) en 786 mg nitraat/l (Luikbeek) en voor de periode 2007-2017 tussen 96 (Overijse) en 282 mg nitraat/l (Luikbeek). De afname door implementatie van de bemestingsnormen is groter in stroomgebieden waar de concentraties hoger waren.

Conclusie 2

De hoeveelheid percolerend water hangt af van de lokale weersomstandigheden en bepaalt ook de start van de uitspoeling en de nitraatconcentratie. Hierdoor kan tevens het nitraatresidu beïnvloed worden: de nitraatuitspoeling start in natte jaren bv. later (na 15 oktober) op niet-zandige bodems waar bovendien ook minder neerslag valt (regio Oost-Brabant).

Conclusie 3

Historisch bepaalt de dierlijke bemestingsdruk in het stroomgebied de grootte van de nitraatresiduen op akkerland en weiland en daarmee ook de nitraatuitspoeling.

Conclusie 4

Recent, na implementatie van de bemestingsnormen (2007-2017) hangen de nitraatresiduen op akkerland af van de samenstelling van het (na)teeltareaal binnen het stroomgebied: we zien nog steeds hoge residuen in de Luikbeek, waar veel aardappelen en groenten worden geteeld. In Wortegem-Petegem, waar veel wintergranen worden geteeld, liggen de residuen veel lager. Een verschuiving binnen het teeltareaal naar minder nitraatgevoelige teelten kan leiden tot een gunstig effect op de nitraatconcentratie in het stroomgebied.

Conclusie 5

Verdunning op niveau van het stroomgebied door een groter aandeel bos en tuinen en parken is aangetoond in Overijse. Het dient hierbij wel gezegd dat de simulaties uitgingen van lage hoeveelheden nitraatuitspoeling onder bos en tuinen en parken, wat slechts in beperkte mate gevalideerd werd op basis van literatuur en eigen metingen. Meer bos kan leiden tot een minder uitgesproken negatief effect door bemesting op de nitraatconcentratie in het stroomgebied en zorgen voor een win-win situatie voor natuur en landbouw.

4.2 Conclusies uit het modelleren van de verzadigde zone

Vergelijking van de systeemanalyse en de modellering van de verschillende testsites toont de belangrijkste invloedsfactoren op het voorkomen van hoge nitraatconcentraties aan de bestudeerde MAP meetpunten. In volgorde van belangrijkheid:

Factor 1: De gemiddelde nitraatconcentratie van het bodempercolaat binnen het afstroomgebied

De resultaten van het model van de onverzadigde zone tonen aan dat de areale gemiddelden voor de nitraatconcentratie in het bodempercolaat in de laatste 5 en 10 jaar (tabel 4.1) meestal 2 tot bijna 5 maal hoger liggen dan de 50 mg nitraat/l doelstelling. De range gedurende de laatste 5 jaar (2013-2017) bedraagt 86 tot 235 mg nitraat/l, de laatste 10 jaar (2008-2017) van 92 tot 260 mg nitraat/l. Er rekening mee houdende dat grondwater van verschillende ouderdommen in de freatische laag gemengd worden, betekent dit dat zonder natuurlijke attenuatie het eigenlijk onmogelijk is om onder de 50 mg nitraat/l te komen.

Tabel 4.1 Gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat binnen het afstroomgebied zoals berekend met het model van de onverzadigde zone

| Nr testsite | testsite | Laatste 5 jaar 2013-2017 | Laatste 10 jaar 2008-2017 |
|--------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 | Luikbeek(Staden) | 235 | 260 |
| 2 | Wortegem-Petegem | 129 | 155 |
| 3 | Balegem | 96 | 117 |
| 4 | Brecht | 148 | 146 |
| 5 | Overijse | 86 | 92 |
| 6 | Peer | 192 | 189 |
| 7 | Lubbeek | 145 | 183 |
| 8 | Asse | 99 | 114 |
| 9 | Assenede | 151 | 165 |
| 10 | Plankbeek (heuvelgebied) | 143 | 169 |

Factor 2: De aanwezigheid van drains en de mate waarin ze ondiep percolatiewater afvoeren

Drains capteren water dicht onder de watertafel wat voor gevolg heeft dat het bijna steeds water uit de oxidatielaag betreft met hoge nitraatgehalten. Waar de reductiezone ondiep voorkomt kan er via opwaartse kwel naar de drains wat bijmenging van dieper gereduceerd water optreden, dat dan voor een beperkte verdunning zorgt en de nitraatconcentraties iets verlaagt. Nitraatmetingen op drainwater geven vaak waarden van minimum 100 mg nitraat/l. De aanwezigheid van drains dient uit veldverkenning afgeleid worden, er bestaat geen kaartinstrument of database van de ligging van alle drains in Vlaanderen.

Wanneer drains de belangrijkste nitraatinput leveren, tonen de MAP meetpunten oppervlaktewater meestal een grote seizoensaliteit met hoge winterwaarden die vrij abrupt kunnen oplopen (bij het begin van de winterperiode) of afnemen (op het einde van de winterperiode). Voorbeelden zijn de testsites Luikbeek (Staden) en Assenede.

Factor 3: De dikte van de oxidatiezone en de relatieve bijdrage van grondwater vanuit de oxidatiezone

Dit wordt bepaald door de hydrogeologische opbouw, de doorlatendheid van de afzettingen en het gehalte aan reactief materiaal in de sedimenten. De hydrogeologische zoneringskaart (HHZ) kan als leidinstrument gebruikt worden. In het kaartinstrument wordt het voorkomen van deze lagen op kaart voorgesteld.

Factor 4: Grondwater reistijden

Reistijden van het grondwater zijn enkel belangrijk wanneer er een belangrijke instroming vanuit de oxidatiezone optreedt. Dit is meestal het geval bij MAP meetpunten oppervlaktewater die een sterk seizoenaal patroon met hoge zomerwaarden hebben of waarbij het jaar rond hoge nitraatconcentraties voorkomen.

Vlakke gebieden

In vlakke gebieden met een dendritrisch waterlopenstelsel, dat is wanneer de topologie van de hydrografie een boomstructuur heeft, volgt het grondwater een exponentiële distributie. Deze kan gekenmerkt worden door een enkele parameter die kan afgeleid worden uit de gemiddelde of mediaan reistijd. Deze kan op 3 wijzen worden benaderd:

Methode 1

In de uitzonderlijke gevallen dat een grondwaterstromingsmodel beschikbaar is kunnen stroomlijnen worden getraceerd waaraan reistijden zijn gekoppeld. Uit de stroomlijnen die stroomopwaarts van het MAP meetpunt in de waterloop eindigen kunnen de reistijden bekomen worden vanaf het infiltratiepunt tot de beek. Met deze reistijden kan een CDF curve worden opgesteld en deze kan dan gefit worden met de theoretische exponentiële distributie. Deze methode is tijdrovend en omslachtig, maar zonder twijfel het meest accuraat.

Methode 2

Een simpele benadering van de gemiddelde verblijftijd kan bekomen worden door de gemiddelde dikte van de oxidatiezone te delen door de gemiddelde grondwateraanvulling. Van de gemiddelde grondwateraanvulling bestaan kaarten (in de vorm van een spatiaal grid), berekend met het WETSPASS model. De dikte van de oxidatiezone in een afstroomgebied moet afgeleid worden uit de geologische en lithologische opbouw en de resultaten van wateranalyses. Daar kan best ook gezocht worden naar gegevens buiten het afstroomgebied, maar uiteraard wel in de omgeving. Deze informatie is raadpleegbaar via het DOV portaal. Best is een conceptueel model op te stellen in de vorm van een schematisch profiel waarin de redoxstatus aangeduid wordt in functie van de lagenopbouw en lithologie van de ondergrond. Door de dikte van de oxidatielaag (in m) te delen door de gemiddelde jaarlijkse aanvulling (in m/jaar), bekomt men de gemiddelde verblijftijd (in jaar). Deze kan omgerekend worden naar een mediaan reistijd door te delen door 0.69. Het model gebruikt deze mediaan reistijd om de reistijd distributie te definiëren.

Deze methode is de simpelste en snelste, maar ook de minst nauwkeurige omdat de aanname van een exponentiële distributie impliciet is.

Methode 3

Deze methode ligt qua accuraatheid tussen de vorige methoden in, maar vereist het gebruik van een GIS programma. Met GIS functionaliteit kan een regelmatig grid van punten worden gegenereerd, en de afstand van elke punt tot de waterloop worden berekend. Dat is dan de cartesische afstand (in recht lijn). Stroomlijnen volgen uiteraard geen lineair verloop, maar een curvilineair tracé, maar met een geschatte omrekeningsfactor kunnen de lineaire afstanden worden omgerekend naar benaderende stroomlijn lengte. De topografie in de vorm van het DHM grid kan gebruikt worden om de gemiddelde topografische helling binnen het gebied te berekenen. Deze wordt gebruikt als benadering van de hydraulische gradiënt. Met een representatieve waarde van de hydraulische doorlatendheid van de oxidatiezone en de gemiddelde topografische gradiënt kan de gemiddelde grondwaterstromingssnelheid worden berekend. Deze kan worden gebruikt om de stroomlijn lengten te herrekenen naar reistijden. Van deze reistijden kan dan een CDF curve worden opgesteld en gefit met het theoretisch exponentieel model.

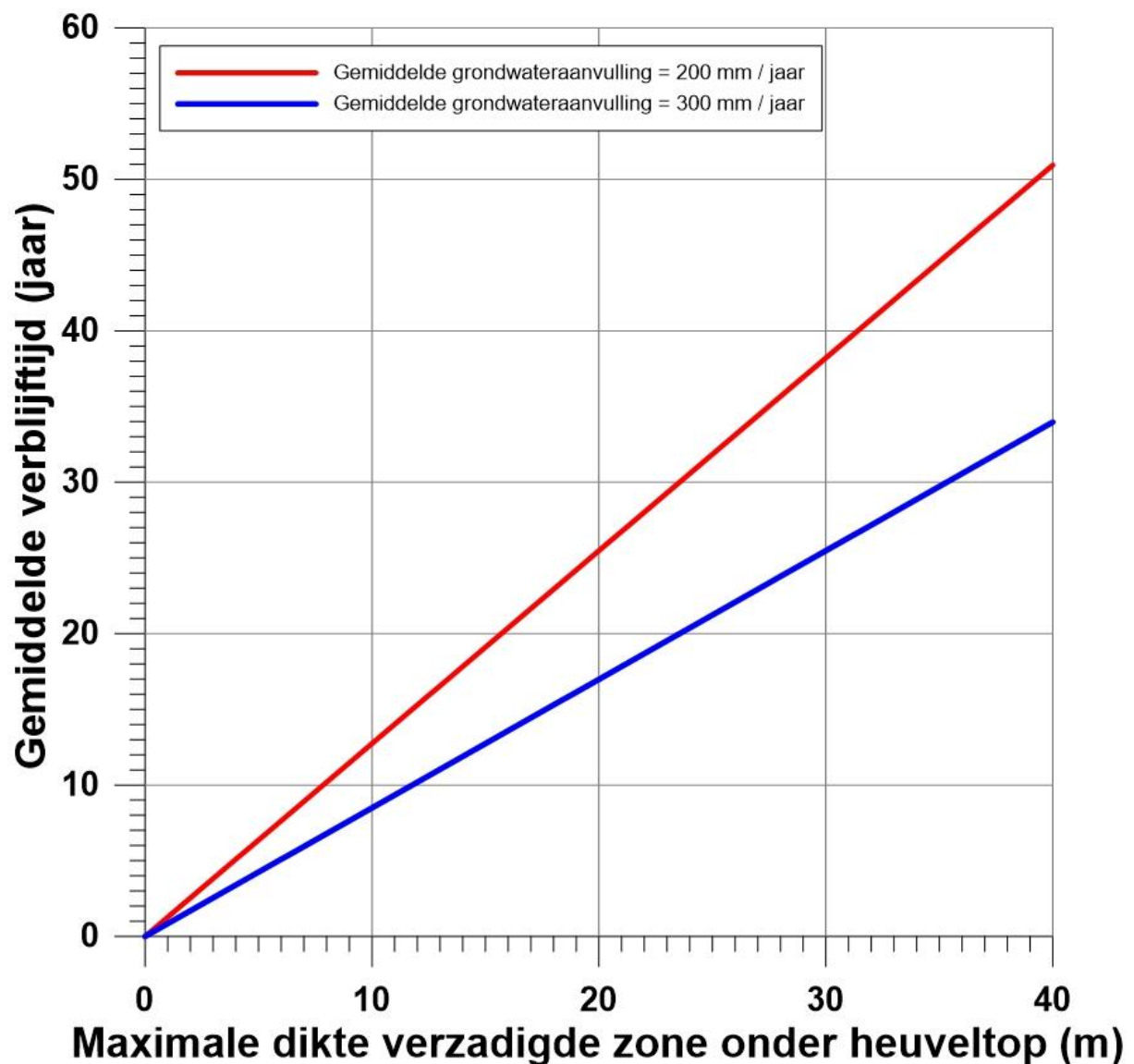
Heuvelgebieden

In heuvelgebieden waar in de heuvels zandige afzettingen voorkomen die rusten op een kleisubstraat, komen dikke freatische lagen voor die onder de hoogste punten van de heuvels tot enkele tientallen meters dik kunnen zijn. Verblijftijden van grondwater in dergelijke heuvels kunnen groot zijn omdat ze een groot volume grondwater bevatten dat volledig moet ververs worden door een grondwateraanvulling die in een groot deel van Vlaanderen tussen de 200 en 300 mm per jaar bedraagt. Uiteraard neemt de dikte van de freatische laag af naar de randen van de heuvel. Men kan richtinggevend waarden van gemiddelde verblijftijden in heuvels berekenen door de topografie te benaderen met een goniometrische sinusfunctie, waarbij dus de hellingsgraad van de heuvel geleidelijk toeneemt en nabij de top terug afvlakt, en met een porositeit van 40% te verrekenen. Men bekomt dan de verblijftijden in functie van de maximale verzadigde dikte voor grondwater aanvullingen van resp 200 en 300 mm/jaar. Tusseliggende waarden kunnen geïnterpoleerd worden (fig 4.6). Deze

figuur kan als leidraad gebruikt worden om gemiddelde reistijden van grondwater vanuit heuvels te schatten.

Als de zandige afzettingen in de heuvels goed doorlatend zijn, kan de watertafel diep staan en kunnen percolatietijden tussen het bodemprofiel en de watertafel significant worden tot jaren. Maar in dat geval is de verzadigde dikte veel kleiner en dus neemt de verblijftijd in de verzadigde zone af. Dit komt b.v. voor in, de heuvels die uit "Brusseliaan" zanden (Formatie van Brussel) zijn opgebouwd en waar de watertafel soms tientallen meters diep kan staan onder de top van de heuvelkam.

Fig 4.1 Berekende gemiddelde verblijftijden van grondwater in heuvels



Plateaugebieden

Op het Kempisch plateau, waarop het MAP meetpunt in Peer gelegen is, komt geen dendritisch waterlopenstelsel voor. Hier stromen de waterlopen volgens de helling van het plateau, dat is grotendeels van zuid naar noord. Hierdoor kan grondwater tussen de beken door over grote afstanden doorstromen vooraleer de stroomlijnen een waterloop aansnijden. De stroomlijnen die getraceerd zijn met het grondwaterstromingsmodel tonen dit zeer duidelijk. Reistijden kunnen hier dus oplopen wat in combinatie met een dikke oxidatiezone voor een constante instroom met een significante fractie oud water zorgt. In geen enkel seizoen dalen de nitraatconcentraties hier sterk, enkel na regenperioden treedt er verdunning op. Ouderdommen van het grondwater kunnen hier op sommige plaatsen en diepten oplopen tot enkele tientallen jaren. Er stroomt uiteraard ook jonger grondwater door het freatisch reservoir, maar het oude grondwater kan heel hoge nitraatgehalten hebben (tot bv ca 200 mg nitraat/l).

Preferentiële stroombanen

In enkele testsites, zoals Lubbeek en Asse, zijn duidelijk bronnetjes aanwezig dichtbij de waterloop die nitraatrijk grondwater aanleveren. Maar handboringen vlak naast dergelijke bronnetjes toonden dat zelfs op korte afstand nauwelijks grondwater werd aangetroffen. Dat bewijst dat daar het grondwater via uitgespoelde stroombanen wordt aangevoerd die zich in de loop der tijd hebben ontwikkeld in een minder doorlatende omgeving. Het precies tracé en de lengte van die stroombanen is niet gekend en kunnen ook niet uitgezocht worden door b.v. boringen te doen omdat ze zeer beperkt van breedte zijn. Over de grondwaterstromingssnelheid in dergelijke uitgespoelde stroombanen is het ook gissen als de geometrie ervan niet bekend is. Op basis van visuele waarneming van het stroomdebiet is wel duidelijk dat deze bronnen een belangrijke contributie hebben in de nitraatbalans van het MAP meetpunt. Indien ze enkel ontwikkeld zijn in de directe omgeving van de beek, b.v. in de alluviale afzettingen die dichtbij de beek voorkomen, zal de ouderdom van het grondwater nog vooral bepaald worden door het transport in de watervoerende laag waaruit het water komt.

Begrenzing van het afstroomgebied

De begrenzing van het afstroomgebied kan benaderend gebeuren op basis van de topografie, b.v. afgelijnd uit het DHM Vlaanderen. Hoewel er algoritmen bestaan om automatisch stroomgebieden af te leiden op basis van hoogtegrids, verdient het toch aanbeveling het resultaat van deze geautomatiseerde procedures zorgvuldig en kritisch te evalueren. Alternatief kan de aflijning gewoon manueel gebeuren op de hoogtekaart en nadien gedigitaliseerd worden. De buitengrens van het afstroomgebied volgt de topografische scheidingskammen, behalve in de buurt van het MAP meetpunt waar ze (geschatte) stroomlijnen volgen die aan het MAP meetpunt aankomen en ongeveer de topografische gradiënt volgen die meestal haaks loopt op de richting van de vallei.

MAP meetpunten in meer complexe hydrogeologische settings

Bij de 10 testsites waren er 2 gevallen waarvan de hydrogeologische situatie ofwel afwijkend (site Overijse) , ofwel meer complex (site Brecht) is:

- In testsite Overijse wordt het MAP meetpunt volledig gecontroleerd door een kunstmatig aangelegde vijver die voor recreatieve doeleinden dient. Het MAP meetpunt heeft daardoor constant hoge concentraties die enkel wat verdund worden door regenval op de vijver.
- In de testsite Brecht is de freatische laag slechts tijdelijk. Ze valt in de zomer volledig droog. De hoge piekconcentraties die na de zomer worden opgemeten zijn gerelateerd aan het jaarlijks droogvallen van de laag.

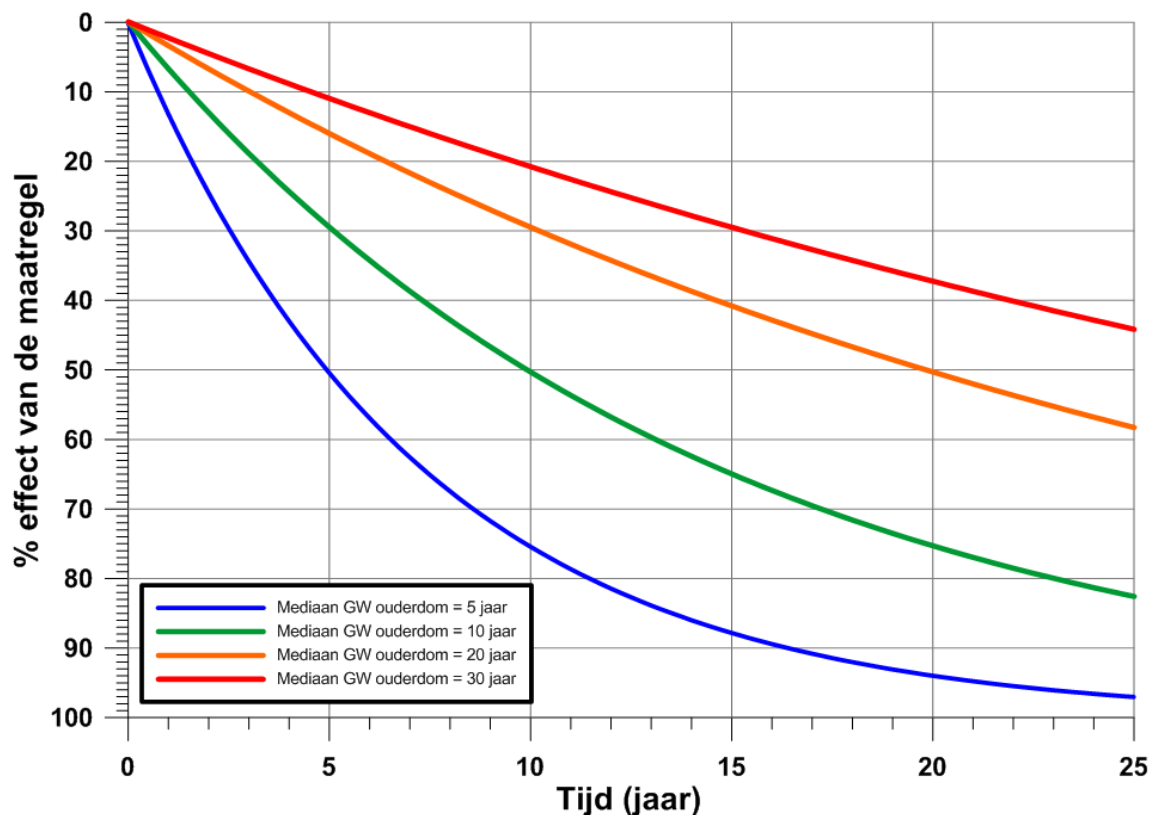
Responstijden op maatregelen aan het oppervlak

In de gevallen waarin de grondwaterinstroming de belangrijkste nitraatbron vormen, kunnen lange doorlooptijden in oxidatiezones de respons op maatregelen gevoelig doen toenemen. Omdat het instromend grondwater een mengsel is van een heel gamma aan ouderdommen zal het effect van een maatregel zich ook maar geleidelijk manifesteren. Op basis van een exponentiële distributie van grondwater ouderdommen en een stepfunctie (de maatregel gaat onmiddellijk in), kan de respons op het nitraatgehalte van het instromend grondwater berekend worden (fig 4.2. MAP meetpunten die in valleien liggen waarvan de instroom afkomstig is uit heuvels met geoxideerde sedimenten hebben hoge reistijden en ouderdommen van het grondwater, meestal liggen die in de orde van minstens 20 tot wel 40 jaar (mediaanwaarden). Door die langzame verandering zal het effect van beperkte maatregelen, die bv het nitraatgehalte met slechts 10 of 20% verminderen, weinig opvallen tussen de interjaarlijkse variatie die optreedt door de wisselende meteorologische omstandigheden.

MAP meetpunten waar de nitraatbron vooral water uit drains is, hebben veel kortere responstijden, omdat het drain water recent geïnfiltreerd water is. Maatregelen zullen hier zeker binnen de paar jaar een merkbaar effect hebben, maar vermits het drainwater vooral uit de oxidatiezone komt, liggen de nitraatgehalten dicht tegen die van het bodem percolaat. De berekeningen hebben getoond dat het gemiddeld nitraatgehalte in bodempercolaat nog een factor van 2 tot 5 boven de 50 mg nitraat/l norm ligt. Met die concentraties uit de drains is het ook met de huidige bemestingsnormen quasi onmogelijk om onder de 50 mg nitraat/l te zakken, als er geen grote bijmenging optreedt van gereduceerd, nitraatvrij dieper grondwater.

Maar de evolutie van het MAP meetpunt in de Luikbeeksite toont wel dat de winterpieken de laatste 10 jaar veel lager liggen dan in de voorgaande periode, wat op een duidelijke verbetering wijst. Al blijven de winterpieken nog steeds boven de 50 mg nitraat/l.

Fig 4.2 Berekende responstijden voor beheersmaatregelen in functie van de ouderdomsverdeling van het grondwater



“Nitraatrijke” bronnen

Dit project heeft uitgewezen dat nitraatinstroming via geoxideerd water dat vanuit geoxideerde lagen de beken voedt de belangrijkste bron is van hoge nitraatgehalten aan sommige MAP meetpunten. Deze instroom kan soms diffuus gebeuren, en dan weinig opvallen, of via bronnetjes naast de beek waarbij dan het water via uitgespoelde stroombanen wordt aangevoerd.

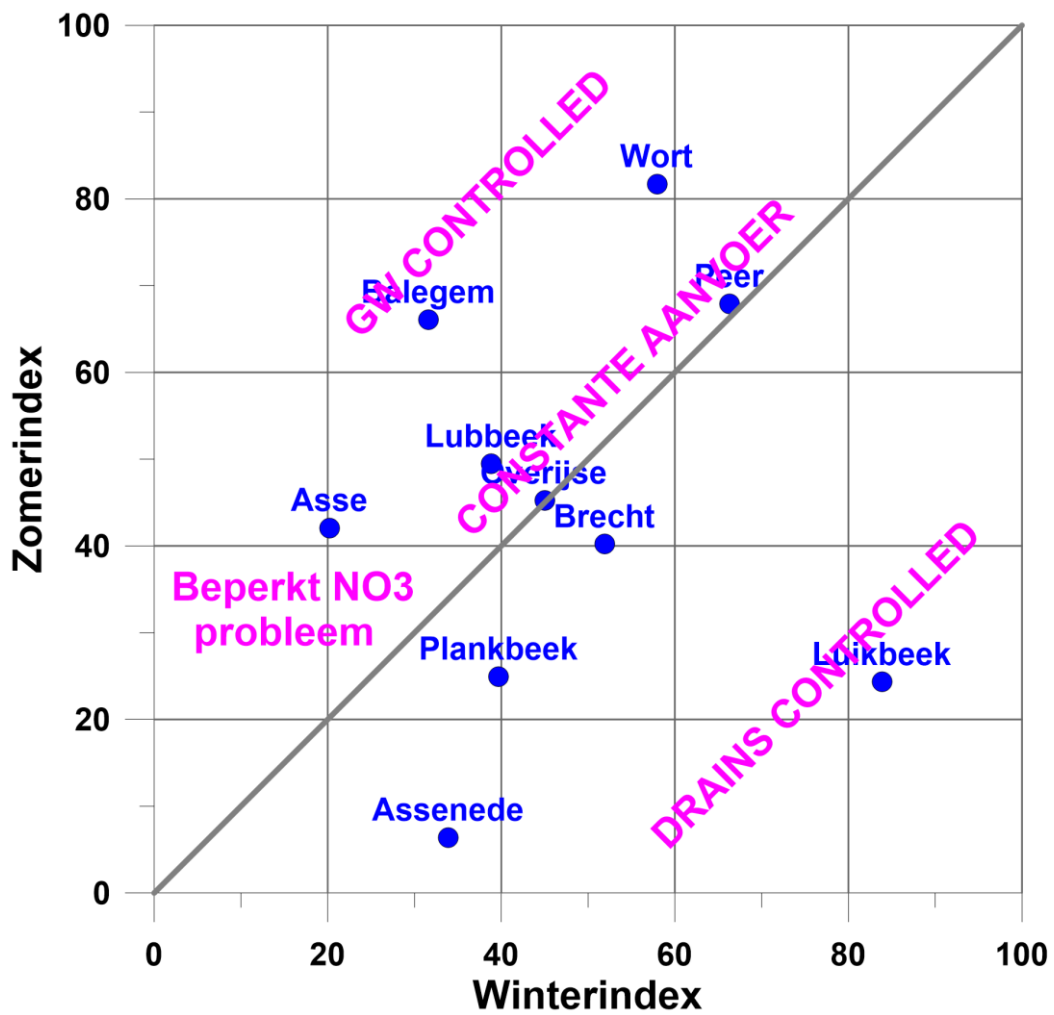
Het CVBB heeft de MAP meetpunten waarvoor ze de aanwezigheid van dergelijke bronnetjes of andere tekenen van grondwaterinstroming herkenden, in detail bestudeerd. Daarbij worden stroomopwaarts van het MAP meetpunt in de beek talloze “deelmeetpunten” opgemeten, waarbij het nitraatgehalte wordt bepaald. Dit is zeker heel nuttige informatie die vaak toelaat de instroom van sterk nitraathoudend water te lokaliseren (als de concentraties stijgen) of net de instroom van gereduceerd nitraatvrij water (als de concentraties dalen). Deze benadering is zeker een meerwaarde in het onderzoek van probleem MAP meetpunten.

Maar er zijn ook gevallen waar dit niet zo is. In de Luikbeek (Staden) b.v., komt het nitraatprobleem van instroom vanuit drains, niet vanuit het grondwater.

Het heeft zin de MAP meetpunten te klasseren in groepen die aanduiden hoe de aanvoer van nitraten gebeurt op basis van de seizoens fluctuatie aan het MAP meetpunt. Dit kan gebeuren a.h.v. de maandelijkse mediaanwaarden van de

nitraatconcentraties en een daaruit berekende winter- en zomerindex. Daarbij is de winterindex het gemiddelde van de mediaanconcentraties in de wintermaanden Januari, Februari en Maart en de zomerindex het gemiddelde van de zomermaanden Juli, Augustus en September. Een MAP meetpunt kan dan geplot worden op de grafiek van fig 4.3 en vergeleken worden met de 10 testsites.

Fig 4.3 Gebruik van een winter- en zomerindex om MAP meetpunten te classificeren



5 Instrument voor de praktijk: effect van vanggewassen

5.1 Inleiding

Voor het stroomgebied van de Luikbeek werden bijkomende simulaties uitgevoerd waarin het areaal vanggewassen fors werd uitgebreid, met als doel het effect van deze praktijkmaatregel na te gaan op de nitraatuitspoeling. Uitbreiding van het areaal vanggewassen is relevant omwille van de haalbaarheid, maar ook omdat het inzaaien van vanggewassen een van de belangrijke aandachtspunten is in MAP6.

5.2 Werkwijze

Op basis van eigen inzichten en adviezen aangereikt door Inagro werden de volgende maatregelen geïmplementeerd:

- Er werden middelvroeg aardappelrassen gesimuleerd die midden augustus geroid werden en begin september gevolgd werden door de inzaai van een willekeurig vanggewas.
- Op percelen met 2 teelten groenten werden alle tweede teelten vervangen door een nateelt. Als nateelt werd specifiek voor gras gekozen, opdat de oogst van dit gras het financieel verlies van de tweede teelt groenten deels zou kunnen compenseren. Er werd geen bemesting gesimuleerd op het gras, en de bemesting op de eerste teelt groenten werd gesimuleerd zoals de bemestingsnormen voorschrijven.
- Na snijmaïs werd als vanggewas steeds gras gesimuleerd omwille van de gangbare praktijk op rundveebedrijven waarbij gras en maïs elkaar afwisselen binnen de rotatie. Bij een laat ingezaaide volgteelt (zoals maïs) kan het gras in het voorjaar worden geoogst. Op percelen van rundveehouders waar gras gevolgd werd door maïs werd steeds derogatie gesimuleerd.
- Na alle overige hoofdteelten werd steeds een willekeurig vanggewas gesimuleerd, uitgezonderd in een van de volgende situaties:
 - o indien de modelparameters voor de hoofdteelt niet beschikbaar zijn (gemiddeld 5,2% van het landbouwareaal in de Luikbeek);
 - o indien er binnen de 40 dagen na de oogst van de hoofdteelt een wintergraan werd ingezaaid (gemiddeld 1% van het landbouwareaal in de Luikbeek).
- Er werd geen bemesting gesimuleerd op de vanggewassen en ze werden telkens ingewerkt een 3-tal weken voor inzaai van de volgende teelt.

Deze maatregelen werden enkel voor de periode 1997-2017 gesimuleerd, aangezien voor die jaren teeltgegevens op perceelniveau beschikbaar zijn. Merk op dat verschillen tussen beide simulaties in de eerste 10 jaren (1997-2006) in beperkte mate het gevolg kunnen zijn van verschillen in de specifieke groenteteelt: de teelt groenten werd in die periode immers nog niet gepreciseerd in de VLM-databank, maar werd in de simulaties toegewezen op basis van groenteteelten die in de periode 2007-2017 geregistreerd werden op het perceel.

Net als in de originele simulaties werd de bemestingsdosis vanaf 2007 gelijkgesteld aan de bemestingsnorm en werd tussen 1996 en 2007 een graduele afname gesimuleerd van het bemestingsoverschot, zijnde het verschil tussen de jaarlijkse

mestproductie en de bemestingsnorm. In eerste instantie (Scenario 1) werden de maatregelen geïmplementeerd zonder aanpassing van de bemestingsdosis, met uitzondering van de aanpassingen op percelen waar de tweede groenteteelt wegviel en op de bijkomende derogatiepercelen. In tweede instantie (Scenario 2) werden de maatregelen geïmplementeerd met aanpassing van de bemestingsdosis op basis van de gesimuleerde N-vrijstelling uit de vanggewassen.

5.3 Resultaten en bespreking

Fig 5.1 geeft de jaarlijkse resultaten weer voor de simulatie van het originele scenario en van scenario 1 en 2 en eveneens het netto-effect van de geïmplementeerde maatregelen. Het gaat telkens om jaarlijkse gemiddelden, zij het enkel voor het areaal akkerland in de Luikbeek, aangezien enkel op akkerland vanggewassen gesimuleerd werden. In fig 5.2 worden de langjarige gemiddelden van de simulaties weergegeven voor de periode 1998-2017, dus exclusief 1997 aangezien dit een overgangsjaar is (er worden wel vanggewassen ingezaaid maar niet ingewerkt).

De toename van het areaal vanggewassen in scenario 1 leidt tot een stijging van de langjarig gemiddelde N-opname met gemiddeld 71 kg N ha^{-1} of 29% (fig 5.2). De eigenlijke N-opname door vanggewassen ligt echter nog iets hoger omwille van een aantal redenen: (1) in scenario 1 is op een aantal percelen de N-opname van de tweede teelt groenten weggefallen, (2) in de originele simulatie werden reeds vanggewassen gesimuleerd en (3) ook in scenario 1 wordt op een beperkt aantal percelen geen vanggewas gesimuleerd.

Er zijn weliswaar grote fluctuaties in de extra N-opname van jaar tot jaar, die grotendeels toegeschreven kunnen worden aan de weersomstandigheden, maar er is geen sprake van een sterk uitgesproken trend (fig 5.1). Naast de toename in de N-opname is er ook meer transpiratie waardoor er minder water percoleert naar de ondergrond: gemiddeld neemt de waterpercolatie op 90 cm af met 45 mm of 19% (fig 5.2). Ook hier is geen sprake van een trend (fig 5.1).

De gesimuleerde maatregelen in scenario 1 leiden tot een daling van de langjarig gemiddelde nitraatuitspoeling met 42 kg N ha^{-1} ofwel 17% (fig 5.2). In de eerste jaren schommelt deze afname rond 80 kg N ha^{-1} , maar naarmate de tijd vordert wordt het effect steeds kleiner en in de laatste jaren bedraagt de afname gemiddeld nog 30 kg N ha^{-1} (fig 5.1). Deze trend is het gevolg van twee factoren: ten eerste resulteert de verminderde waterpercolatie (in absolute cijfers) in een grotere daling van de nitraatuitspoeling naarmate het nitraatresidu groter is. Omwille van de progressieve implementatie van de bemestingsnormen, neemt het residu af in de tijd en wordt het effect van de verminderde percolatie op de uitspoeling dus kleiner. Ten tweede komt een deel van de door het vanggewas opgenomen N terug in de bodem terecht. Een deel daarvan wordt traag vrijgesteld en is dus vergelijkbaar met de mineralisatie uit bodemorganische stof. Door op bijna elk perceel jaar na jaar een vanggewas in te werken, stijgt de netto N-mineralisatie tot er na verloop van tijd een nieuw evenwicht ontstaat. Aangezien de bemestingsdosis hiervoor niet werd bijgesteld in de simulaties, zorgt deze toename in de netto N-mineralisatie voor een toename in de nitraatuitspoeling, waardoor ook het effect van de vanggewassen op de uitspoeling afneemt in de tijd.

Het effect van de maatregelen in scenario 1 op de nitraatconcentratie is de resultante van het effect op de nitraatuitspoeling en de waterpercolatie: de implementatie van de maatregelen leidt daardoor zelfs tot een stijging van de gewogen gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie met 15 mg nitraat/l of 3% (fig 5.2). Merk op dat we voor het overgangsjaar 1997 wel een sterke daling van de nitraatconcentratie (-128 mg nitraat/l) simuleren omdat 1997 het eerste jaar is waarvoor de maatregelen werden geïmplementeerd en het vanggewas dus wel N opneemt maar nog niet bijdraagt aan de mineralisatie. Bovendien wordt ook de transpiratie enkel in het najaar gesimuleerd, waardoor het wegvallen van de verdunning door de verminderde waterpercolatie ook beperkt is voor het jaar 1997. Dit toont aan dat simulaties op korte termijn tot onvolledige conclusies kunnen leiden.

Het effect van de maatregelen in scenario 1 op de opbrengst van de hoofdteelt lijkt algemeen eerder negatief: de gemiddelde jaarlijkse opbrengst van het vers vermarktbaar deel van alle gewassen (enkel hoofdteelten of eerste teelt groenten) daalt met 3,9% van 39 ton naar 37 ton ha⁻¹ (fig 5.2). Op jaarlijkse basis zijn er zowel toenames als afnames van de opbrengst (fig 5.1). Toenames zijn wellicht het gevolg van de grotere bodemvruchtbaarheid, terwijl afnames vermoedelijk het gevolg zijn van meer droogtestress door toedoen van de extra transpiratie, wat in andere studies reeds werd aangetoond door opbrengstmetingen in het veld (bv. in de studie A_Propeau).

Door de circulatie van opgenomen N die vrijgesteld wordt uit de vanggewassen en de verminderde waterpercolatie neemt de uitspoeling niet voldoende af om te kunnen resulteren in een daling van de nitraatconcentratie. Om na te gaan wat het effect zou zijn van de maatregel rekening houdend met de vrijstelling uit het vanggewas, werd een tweede simulatie (scenario 2) uitgevoerd met dezelfde maatregelen, maar mét aanpassing van de bemestingsdosis. Hierbij werd de aan het gewas toegediende dosis minerale N elk jaar verminderd met 30 kg N ha⁻¹, als benadering voor het opneembaar deel van de gemiddelde extra N-mineralisatie (41 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹) gesimuleerd voor de periode 1998-2017.

Het verlagen van de bemestingsdosis heeft een duidelijk gunstig effect op de nitraatuitspoeling op akkerland (fig 5.1 en fig 5.2): t.o.v. de originele simulaties daalt de gemiddelde uitspoeling met 68 kg N ha⁻¹ of 27%, zodat er nu wel sprake is van een daling van de jaarlijkse gemiddelde nitraatconcentratie met 46 mg nitraat/l of 10%. De opbrengst van de hoofdteelt ligt 4,3% lager dan voor de originele simulatie en daalt maar heel licht t.o.v. scenario 1, wat aantoont dat de verminderde bemesting slechts een heel beperkte opbrengstderving met zich meebrengt. Dit omdat de opbrengstderving voornamelijk het gevolg is van frequenter optredende droogtestress wanneer de hoofdteelt wordt voorafgegaan door vanggewassen.

Om ook de effecten van scenario 1 en scenario 2 te kunnen beoordelen tijdens de periode waarbij de bemestingsnormen ten volle geïmplementeerd worden in de simulaties, werden de langjarige gemiddelden nogmaals berekend, maar enkel voor de laatste 11 jaar (2007-2017). Bemerkt hierbij dat de simulaties van beide scenario's niet werden aangepast en de implementatie van de maatregel dus nog steeds start in 1997 (fig 5.3). Voor scenario 1 simuleren we nog steeds een toename van de gemiddelde nitraatconcentratie met 8 mg nitraat/l. Voor deze periode is er – door jarenlange opbouw van het bodemorganische stofgehalte – zelfs een lichte toename van het nitraatresidu op 15 oktober, ondanks de extra opname door vanggewassen.

Voor scenario 2 daalt het nitraatresidu wel, is er een sterkere afname van de N-uitspoeling en bedraagt de afname van de nitraatconcentratie 49 mg nitraat/l of 16%. Ook met implementatie van scenario 2 is de gesimuleerde gemiddelde nitraatconcentratie op akkerland echter nog steeds hoog (257 mg nitraat/l), mede door de verminderde hoeveelheden percolerend water, maar ook omwille van het specifieke teeltareaal in de Luikbeek (veel groenten en aardappelen), die typisch hoge nitraatresiduen achterlaten in het veld.

De impact van de gesimuleerde maatregelen op de waterkwaliteit van het hele stroomgebied (exclusief water en verharde oppervlakken) is iets kleiner dan enkel voor akkerland, gezien geen maatregelen werden gesimuleerd op weiland, en er ook niets veranderde aan de nitraatuitspoeling op percelen met bos of tuinen en parken. Door het grote aandeel was de impact op de nitraatconcentratie in het uitspoelende water op een diepte van 90 cm voor scenario 2 echter nog steeds aanzienlijk voor beide periodes (43 mg nitraat/l), overeenstemmend met een daling van 10% en 15% voor respectievelijk de periode 1998-2017 en 2007-2017 (fig 5.4).

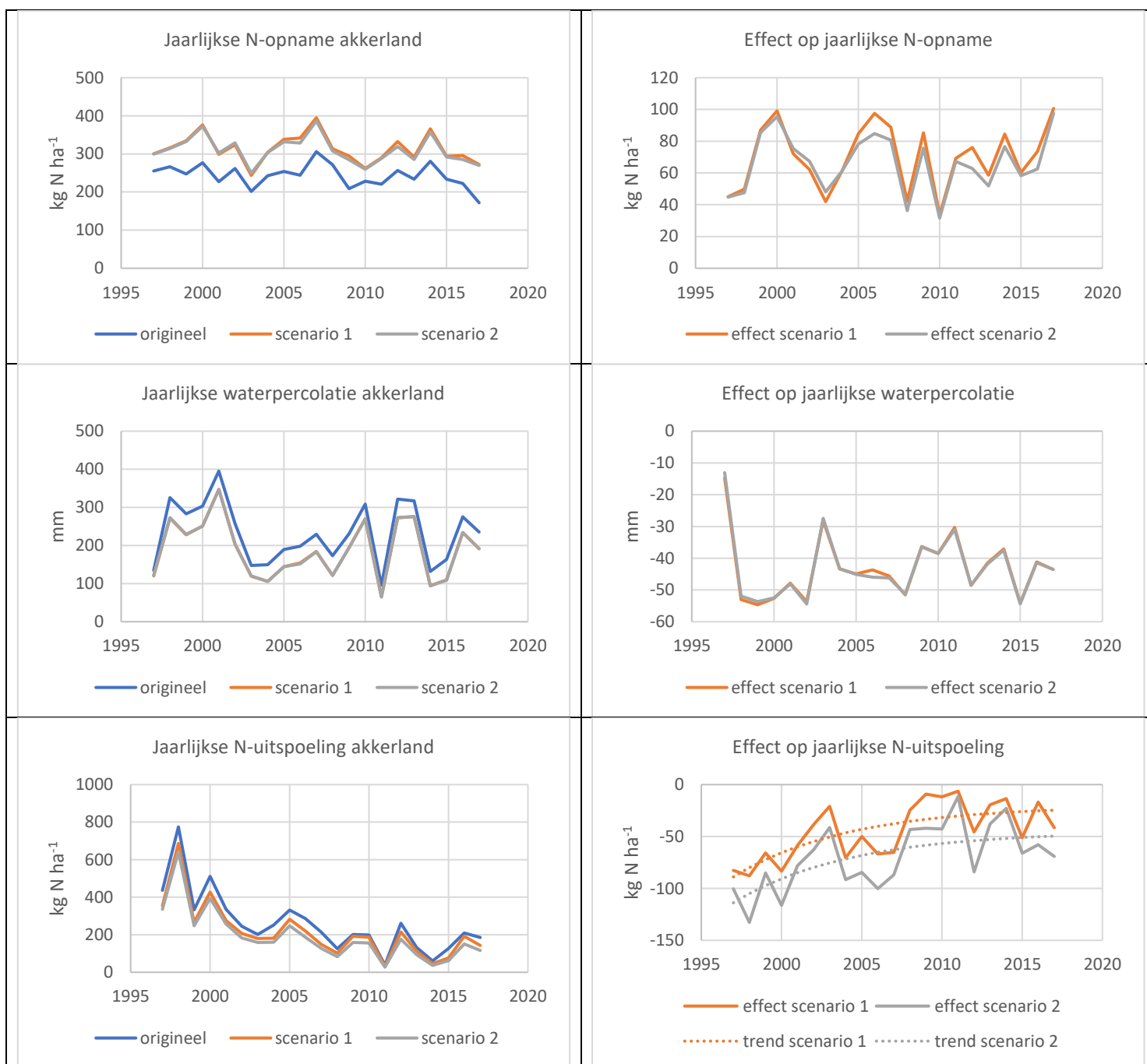
5.4 Besluit

De resultaten voor de simulaties met bijkomende maatregelen op akkerland waren in eerste instantie enigszins onverwacht, omdat de toename van het areaal vanggewassen niet resulteerde in een daling van de nitraatconcentratie in het uitspoelende water op een diepte van 90 cm. Door een combinatie van de extra transpiratie en de extra N-mineralisatie uit de vanggewassen en een onaangepaste bemesting nam de uitspoeling niet voldoende af om te resulteren in een daling van de nitraatconcentratie. Deze bevindingen waren contrasterend met eerdere studies waarin het effect van vanggewassen slechts op korte termijn (één winterseizoen) werd gesimuleerd, waardoor de bijkomende N-vrijstelling op lange termijn niet in rekening werd gebracht. Een tweede simulatie waarbij de bemesting op akkerland werd verminderd met 30 kg N ha⁻¹ gaf wel de verwachte resultaten: in het stroomgebied van de Luikbeek daalde de langjarig gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelende water met 43 mg nitraat/l, overeenstemmend met een afname van 10% en 15% voor respectievelijk de periode 1998-2017 en 2007-2017. Hieruit blijkt dat deze extra maatregelen interessant blijven, ondanks de reeds gedane inspanningen in de meer recente periode (2007-2017), hoewel voor die periode ook met maatregelen de nitraatconcentratie op 90 cm nog steeds erg hoog ligt in dit stroomgebied (240 mg nitraat/l). De keerzijde van de implementatie van deze maatregel is dat de langjarig gemiddelde opbrengst van de hoofdteelten met 4% daalt door frequenter optredende droogtestress.

De belangrijkste conclusie is echter dat de implementatie van vanggewassen moet samengaan met een aangepast bemestingsadvies. Zoniet heeft deze maatregel enkel een impact op de nitraatvrucht maar niet op de nitraatconcentratie. De noodzakelijke vermindering in de bemestingsdosis kunnen we gelijkstellen aan de N-vrijstelling uit de vanggewassen tijdens het groeiseizoen. Op langere termijn zal deze vrijstelling stijgen doordat percelen jaar na jaar een extra aanvoer krijgen van recalcitrante organische stof, waaruit eerder traag N wordt vrijgesteld. Uiteindelijk zal zich een nieuw evenwicht instellen waarbij de vrijstelling min of meer constant blijft. Met name in de overgangperiode – de eerste 20 jaar na implementatie van de maatregel – lijkt het aangewezen dat het bodemorganische stofgehalte van de bodem toch minstens éénmaal om de vijf jaar bepaald wordt, om de vrijstelling daaruit voldoende goed te

kunnen inschatten. Daarnaast moet er rekening gehouden worden met de snellere vrijstelling op korte termijn door de N-opbrengst van het vanggewas te beoordelen. Hiervoor zijn in de literatuur reeds cijfers en tabellen beschikbaar. Indien deze logica onvoldoende wordt opgenomen in het bemestingsadvies, dienen aangepaste bemestingsnormen geformuleerd te worden om de positieve impact van deze maatregelen op de waterkwaliteit te garanderen.

Fig 5.1: Resultaten voor en verschil in de gesimuleerde jaarlijkse N-opname, waterpercolatie, N-uitspoeling, netto N-mineralisatie, gewogen gemiddelde nitraatconcentratie en opbrengst van het vers vermarktbaar deel van de hoofdteelt voor de originele simulatie en de simulatie met aanvullende maatregelen zonder en met bijstellen van de bemestingsdosis (resp. scenario 1 en 2).



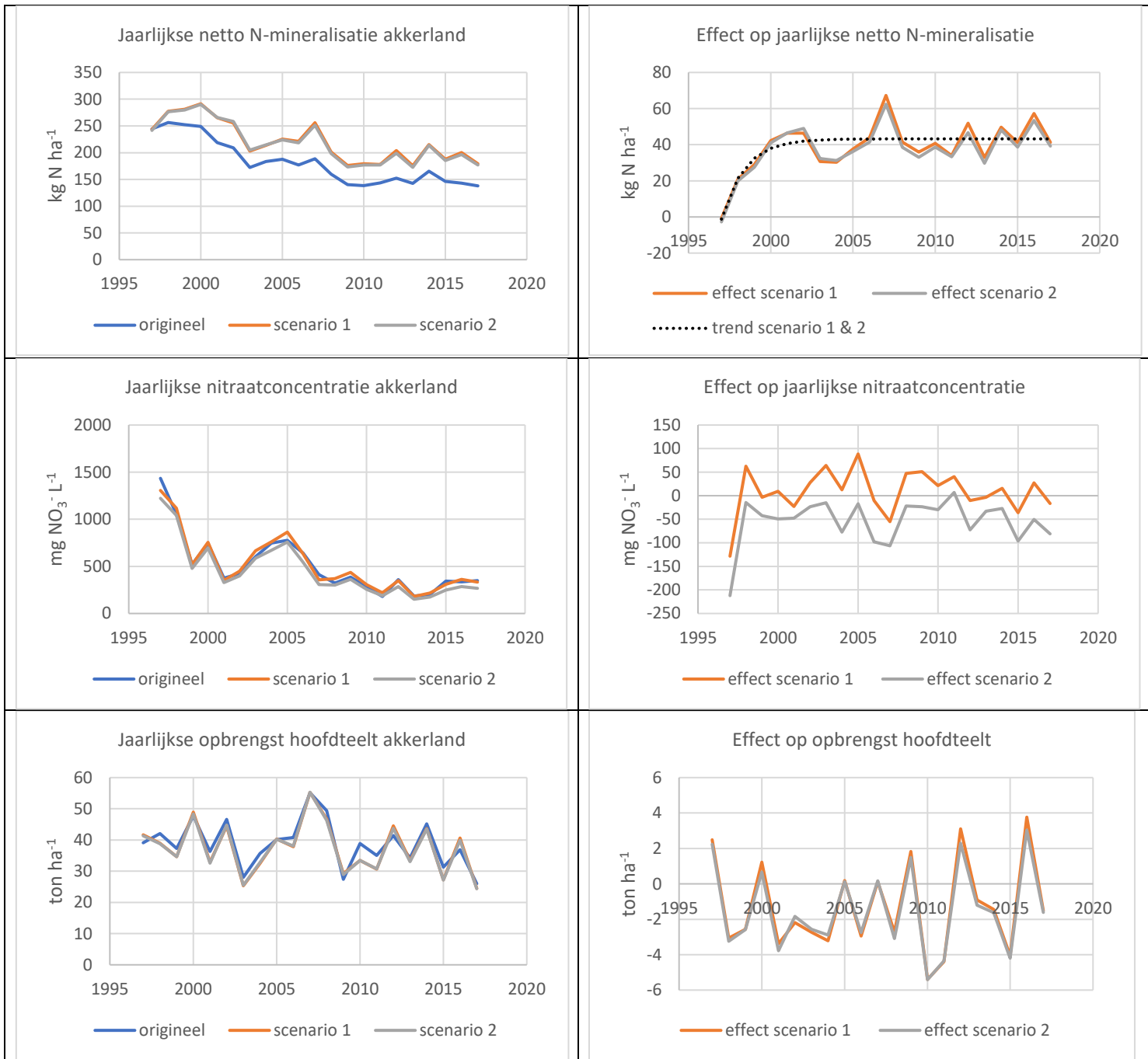


Fig 5.2 Langjarige gemiddelden (1998-2017) op akkerland voor gesimuleerde jaarlijkse nitraatresidu op 15 oktober, N-uitspoeling, waterpercolatie, gewogen gemiddelde nitraatconcentratie, N-opname, netto N-mineralisatie en opbrengst van het vers vermarktbaar deel van de hoofdteelt voor de originele simulatie en de simulatie met aanvullende maatregelen zonder en met bijstellen van de bemestingsdosis (resp. scenario 1 en 2).

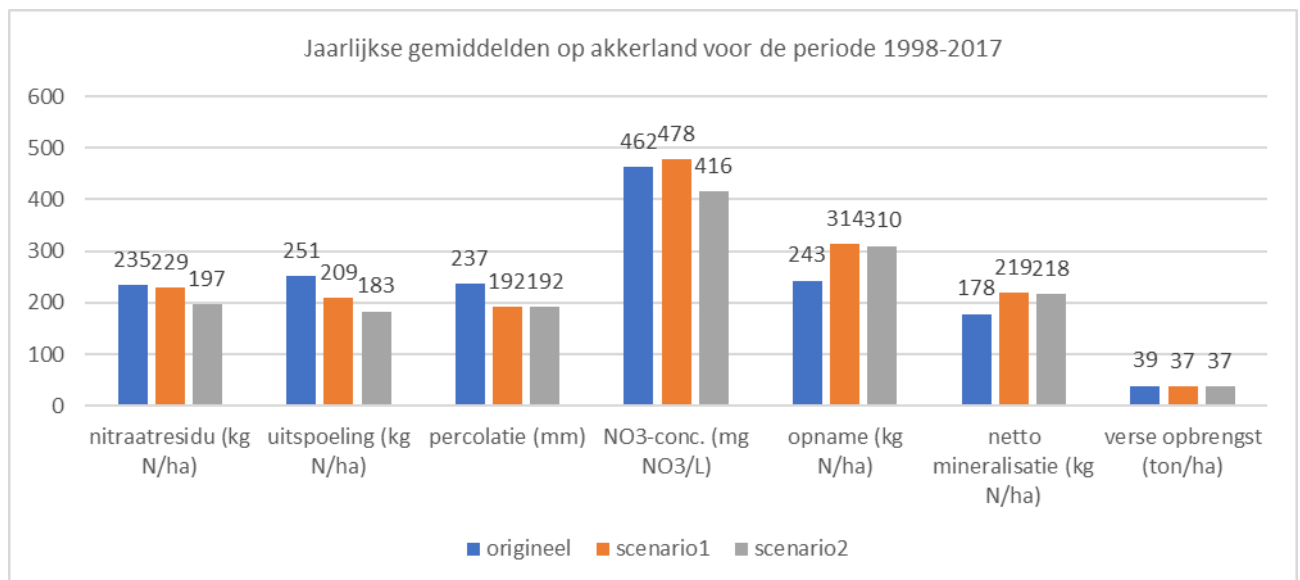


Fig 5.3 Langjarige gemiddelden (2007-2017) op akkerland voor gesimuleerde jaarlijkse nitraatresidu op 15 oktober, N-uitspoeling, waterpercolatie, gewogen gemiddelde nitraatconcentratie, N-opname, netto N-mineralisatie en opbrengst van het vers vermarktbaar deel van de hoofdteelt voor de originele simulatie en de simulatie met aanvullende maatregelen zonder en met bijstellen van de bemestingsdosis (resp. scenario 1 en 2).

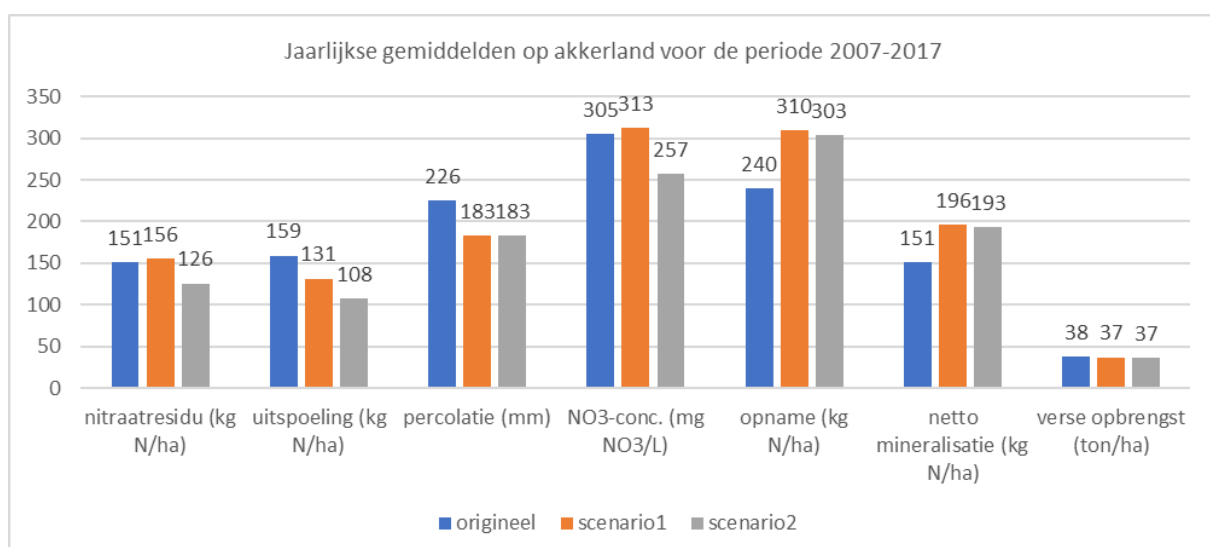
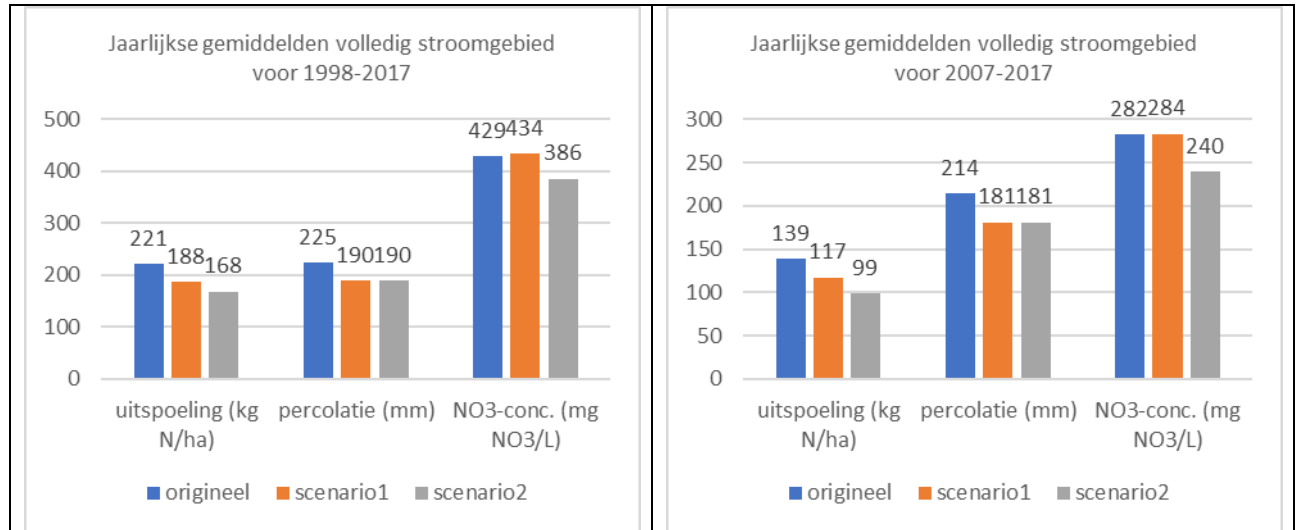


Fig 5.4 Langjarige gemiddelden (1998-2017 en 2007-2017) voor het volledige stroomgebied van de Luikbeek voor de gesimuleerde jaarlijkse N-uitspoeling, waterpercolatie en gewogen gemiddelde nitraatconcentratie voor de originele simulatie en de simulatie met aanvullende maatregelen zonder en met bijstellen van de bemestingsdosis (resp. scenario 1 en 2).



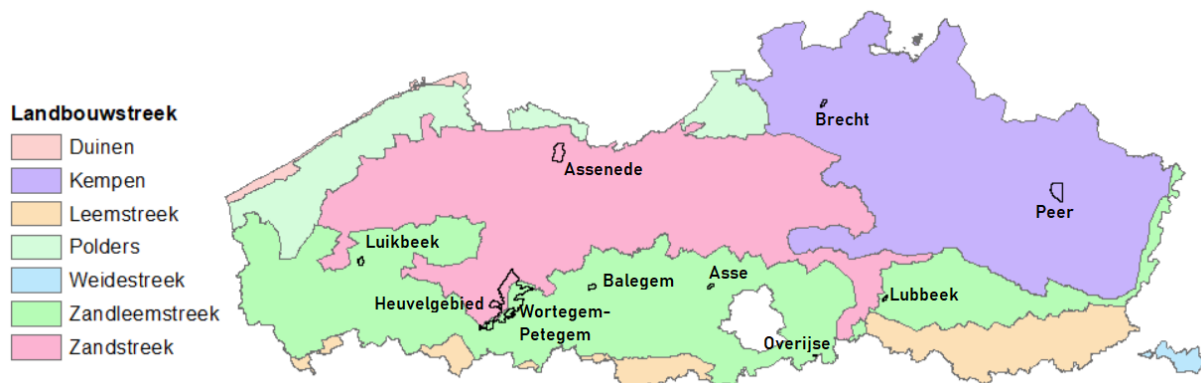
6 Synthese studie nitraatrijke bronnen

6.1 Inleiding

Dit onderzoek heeft als doel om wetenschappelijk gefundeerde inzichten te verwerven in de wijze waarop de kwaliteit en kwantiteit van het freatisch (bovenste) grondwater, de kwaliteit van het oppervlaktewater kunnen beïnvloeden, zowel op niveau van specifieke gebieden, de afstroomzones van MAP meetpunten oppervlaktewater, als op een groter meer regionaal schaalniveau. Dit onderzoek focust zich zowel op het gedetailleerd in kaart brengen van de problematiek van nitraatrijk grondwater, waarbij in een aantal cases de voeding van het oppervlaktewater door nitraatrijk of nitraatarm grondwater in detail worden bestudeerd, als op de inzichten die hieruit volgen voor grotere gebieden. Hierdoor kan een betere beoordeling van nutriëntenverliezen gebeuren en na evaluatie mogelijke bijsturing van beleidsmaatregelen uitgewerkt worden.

Er werden 10 cases onderzocht gelegen in de Zandstreek, de Zandleemstreek en de Kempen (zie fig 6.1). Enkele van de stroomgebieden in de Zandleemstreek hadden bovendien overwegend leem als bodemtextuur. De meeste cases waren afstroomzones van MAP-meetpunten oppervlaktewater met overschrijdingen van de 50 mg NO₃/l-norm. Tevens lagen de meeste cases in heuvelgebied.

Fig 6.1 Ligging van de 10 stroomgebieden die dienden als testcases

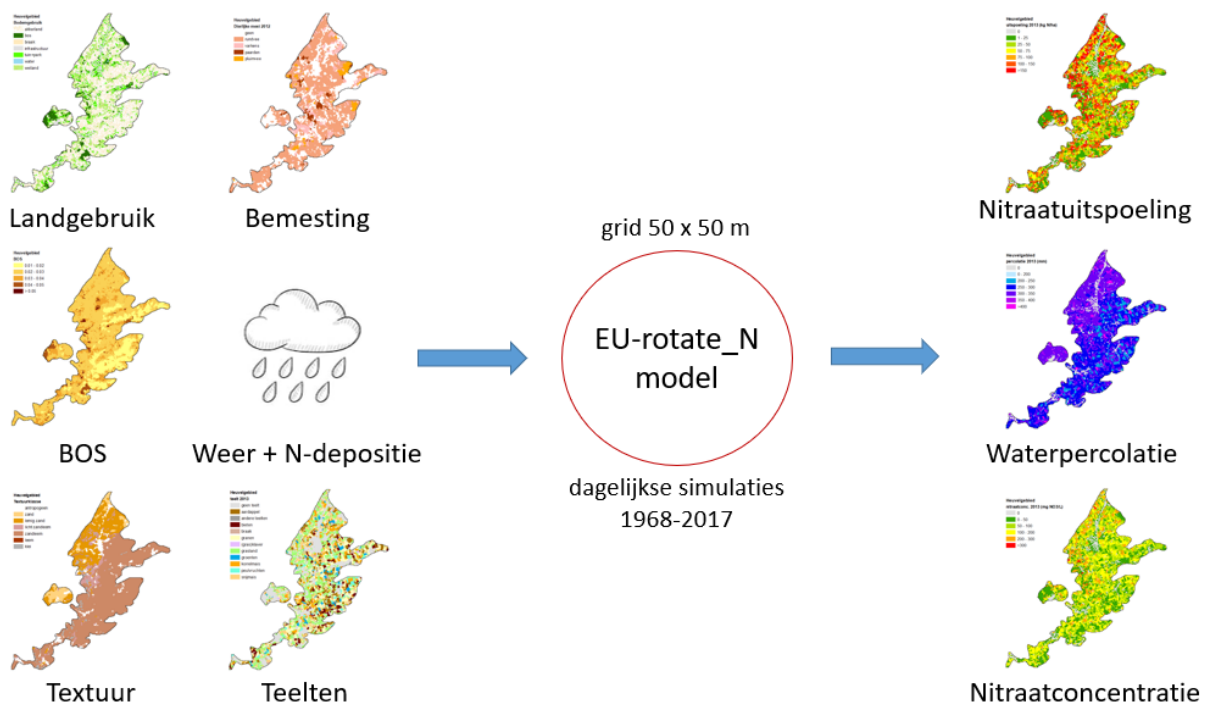


Tijdens het onderzoek werden data op het terrein verzameld en er werden modellen gebruikt en ontwikkeld die kunnen gebruikt worden voor verdere berekeningen.

Grondwater wordt gevoed door regenwater dat percoleert doorheen de bodem. Nitraten ontstaan door mineralisatie van organisch materiaal of zijn afkomstig uit meststoffen. Omwille van hun negatieve lading (NO₃⁻) lossen ze op in het bodemwater en spoelen met name in de winter mee uit naar het grondwater. In een eerste onderdeel van deze studie werd daarom het ontstaan van de nitraatproblematiek in de onverzadigde zone (bodem boven het grondwater) gesimuleerd. Omwille van de soms lange reistijden van grondwater werden er simulaties uitgevoerd over een periode van 50 jaar (1968-2017). Elk stroomgebied werd ingedeeld in een grid met cellen van 50 x 50 m. Per gridcel werden a.d.h.v. het model EU-rotate_N de belangrijkste N-processen in de bodem en in het gewas op dagelijkse basis gesimuleerd. Dagelijkse weersgegevens werden verkregen van het KMI. Cijfers voor de N-depositie werden bekomen van de VMM. De bodem werd gekarakteriseerd op basis van de bodemtextuur en het BOS-gehalte en andere parameters werden afgeleid m.b.v.

pedotransferfuncties. Er werden jaarlijkse gegevens verzameld over de bemesting en de teelten. De teeltgeschiedenis van elk perceel is gekend vanaf 1997. Voor de periode voor 1997 worden de teelten willekeurig verdeeld over het grid, rekening houdend met de statistische gegevens op niveau van de gemeente (vanaf 1980) en de landbouwstreek (voor 1980). Voor de bemesting werd er vanaf 2007 van uitgegaan dat de textuur- en teeltspecifieke bemestingsnormen volledig ingevuld werden. In de periode voor 1996 werd uitgegaan van de mestproductie op basis van de dierenaantallen op niveau van de gemeente (vanaf 1980) en de landbouwstreek (voor 1980). Daarbij werd de mest verdeeld over de teelten volgens een aan de N-opname gerelateerde teelfactor. Er werd een overgangperiode voorzien (1996-2006) waarin een lineaire afname (export van mest) of toename (import van mest) werd verondersteld van het verschil tussen de mestproductie en de bemestingsnorm.

Fig 6.2 : Overzicht van de belangrijkste input en output voor de simulaties in de onverzadigde zone.



Op basis van het landgebruik werd vervolgens met het model EU-rotate_N per gridcel een simulatie uitgevoerd voor akkerland (rotatie), weiland (blijvend grasland), permanent braakliggende terreinen, bos en tuinen of parken. Voor verharde oppervlakken of wateroppervlakken werd geen uitspoeling verondersteld. De dagelijkse nitraatuitspoeling en de waterpercolatie op een diepte van 90 cm werden herleid tot jaarlijkse waarden om te dienen als input voor het grondwatermodel. Voor stroomgebieden met diepere grondwatertafels werd de reistijd van de nitraatflux tot aan de grondwatertafel berekend met het model Hydrus-1D. Validaties aan de hand van nitraatresidumetingen wezen uit dat het model over het algemeen betrouwbare resultaten genereert op stroomgebiedsniveau.

Uit de nitraatconcentraties in het bodempercolaat van alle percelen binnen het afstroomgebied van een MAP meetpunt wordt het areaal gemiddelde berekend dat evolueert in functie van de tijd, jaar per jaar. Deze tijdsreeks dient als invoer voor een model van de verzadigde zone dat het mogelijk nitraattransport via het grondwater naar de waterlopen berekent. Het water dat aan een MAP meetpunt wordt gemeten is immers een mix van alle grondwater dat stroomopwaarts van het MAP meetpunt in de beek instroomt. Het model van de verzadigde zone deelt de toestroom van grondwater in volgens drie verschillende aanvoerroutes :

Ondiep grondwater dat door drains wordt afgevoerd : dit grondwater wordt net onder de watertafel gecapteerd en wordt snel naar de waterloop wordt getransporteerd. Dit bovenste grondwater komt qua samenstelling het best overeen met het bodempercolaat.

Ondiep grondwater dat niet door drains wordt opgevangen kan in het bovenste deel van het grondwaterreservoir naar de beek toe stromen. In dit deel van de ondergrond komt geen reactief materiaal voor zoals organisch materiaal en/of pyriet en nitraat kan zich ongehinderd verspreiden. Deze laag vormt de oxidatiezone. De reistijden van het grondwater kunnen oplopen afhankelijk van de dikte van de oxidatiezone en de afstand naar de waterloop die moet overbrugd worden. Deze reistijden kunnen meerdere jaren tot zelfs decennia bedragen. Het grondwater in deze laag bestaat uit een mengsel van verschillende ouderdommen, van jong tot oud, maar waarbij het aandeel afneemt naarmate de ouderdom toeneemt. Het model houdt daarmee rekening door een exponentieel distributiemodel voor de grondwater ouderdommen toe te passen.

Dieper grondwater dat door de reductiezone stroomt : in het dieper deel van het grondwaterreservoir kan nitraatreductie optreden omdat er in de sedimenten reactief materiaal voorkomt zoals organisch materiaal en/of pyriet (ijzersulfide). Door dit reductieproces zal quasi al het nitraat uit dit deel van het grondwater verwijderd worden. De reistijd en ouderdom van dit dieper grondwater kan groot zijn maar speelt totaal geen rol omdat er geen nitraat meer in zit.

De opsplitsing in de drie toestromen gebeurt m.b.v. partitioneringscoëfficiënten. Seizoenale variaties worden gesimuleerd door het gebruik van maandelijks te definiëren verdelingscoëfficiënten. De jaarlijkse hoeveelheid bodempercolaat en de nitraatconcentratie worden bekomen uit het model van de onverzadigde zone. Het model geeft dan de nitraatconcentratie aan het MAP meetpunt in functie van de tijd.

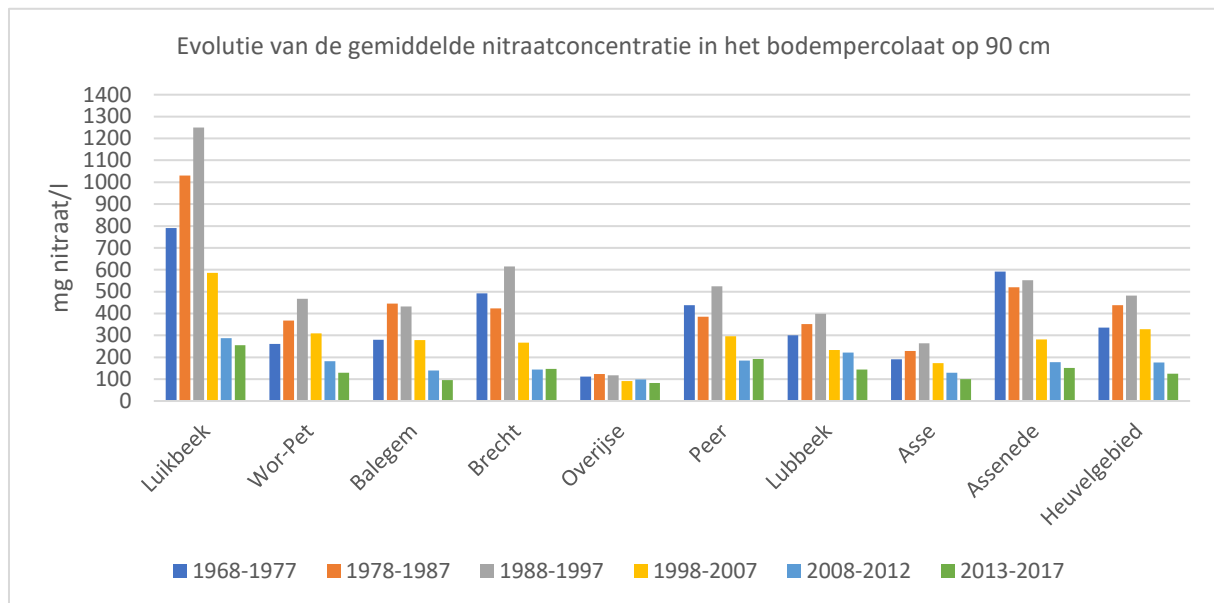
6.2 Conclusies uit de vergelijking van de case-studies

Een vergelijking van de systeemanalyse en de modellering van de verschillende testsites toont de vier belangrijkste invloedsfactoren die de hoge nitraatconcentraties aan de bestudeerde MAP meetpunten verklaren. In volgorde van belangrijkheid zijn deze factoren:

Factor 1 gemiddelde nitraatconcentratie in bodempercolaat

De gewogen gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat op een diepte van 90 cm werd berekend voor alle testgebieden (Fig 6.3). De gemiddelde waarden gedurende de laatste 5 en 10 jaar staan in tabel 6.1.

Fig 6.3 Evolutie van de gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie in het bodempercolaat op stroomgebiedsniveau, weergegeven per tijdsperiode van 10 tot 5 jaar.



In de meeste gebieden neemt de concentratie initieel toe als gevolg van de groeiende veestapel, om vervolgens terug te dalen, als gevolg van de graduele implementatie van de bemestingsnormen in de simulaties. **In alle gebieden ligt de nitraatconcentratie in het uitgespoelde water uit de bodem ook recent, na implementatie van de maatregelen, hoger dan 50 mg nitraat/l.** De range gedurende de laatste 5 jaar (2013-2017) bedraagt 86 tot 235 mg nitraat/l en de laatste 10 jaar (2008-2017) van 92 tot 260 mg nitraat/l (tabel 6.1).

Tabel 6.1 : Evolutie van de gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie in het bodempercolaat op stroomgebiedsniveau, weergegeven per tijdsperiode van 10 tot 5 jaar

| Nr testsite | testsite | Laatste 5 jaar 2013-2017 | Laatste 10 jaar 2008-2017 |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | Luikbeek(Staden) | 235 | 260 |
| 2 | Wortegem-Petegem | 129 | 155 |
| 3 | Balegem | 96 | 117 |
| 4 | Brecht | 148 | 146 |
| 5 | Overijse | 86 | 92 |
| 6 | Peer | 192 | 189 |
| 7 | Lubbeek | 145 | 183 |
| 8 | Asse | 99 | 114 |
| 9 | Assenede | 151 | 165 |
| 10 | Plankbeek (heuvelgebied) | 143 | 169 |

De nitraatconcentratie in het bodempercolaat wordt sterk beïnvloed door volgende parameters: het landgebruik, de intensiteit van de bemesting, het aandeel van de verschillende teelten in het landbouwareaal, de weersomstandigheden en in mindere mate de bodemtextuur en het gehalte organische stof:

- **De mestdruk bepaalt historisch de hoogte van de nitraatresidu's, de nitraatuitspoeling en de nitraatconcentraties op akkerland en weiland (blijvend grasland). Bij een correcte toepassing van de bemestingsnormen zijn vooral de teelten binnen het stroomgebied de doorslaggevende factor.** Zo zijn de nitraatconcentraties in het afstroomgebied van de Luikbeek, waar veel aardappelen en groenten worden geteeld, veel hoger dan in Wortegem-Petegem, waar veel wintergranen (al dan niet gevolgd door vanggewassen) worden geteeld.
- **Nut van bemestingsnormen:** Voor de volledige periode 1968-2017 lag de langjarige gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat tussen 107 (Overijse) en 786 mg nitraat/l (Luikbeek). Voor de periode 2007-2017, waar de maximale bemestingsnormen in het model werden toegepast op perceelniveau, en waarin de bemestingsnormen meer en meer afgestemd werden op de gewasbehoeften, tussen 96 (Overijse) en 282 mg nitraat/l (Luikbeek). De afname in de loop van de tijd door implementatie van de bemestingsnormen is sterker in gebieden waar de initiële concentraties hoger lagen.
- **De lokale weersomstandigheden bepalen mee de nitraatconcentratie en de snelheid van uitspoelen:** in een aantal stroomgebieden in het noorden van Vlaanderen is de verdunning groter door een grotere netto-neerslag (neerslag min potentiële evapotranspiratie), terwijl drogere weersomstandigheden in het zuidoosten van Vlaanderen kunnen leiden tot hogere nitraatconcentraties, met name op bodems met een lichtere textuur. Ook het gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober kan enigszins worden beïnvloed door elkaar versterkende verschillen in textuur en neerslag: de uitspoeling kan vroeger starten bij een nattere nazomer op lichtere bodems.
- **Verdunning op niveau van het stroomgebied door een groter aandeel bos en tuinen en parken** is aangetoond. Met name in het stroomgebied Overijse draagt dit sterk bij tot de gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat, die de laagste is van alle onderzochte stroomgebieden.
- Het effect van de overheersende bodemtextuur van het stroomgebied op de nitraatconcentratie in het bodempercolaat is minder uitgesproken, mede ook door de interactie met de verschillende weersomstandigheden (zandige bodems liggen meer in het noorden van Vlaanderen). Er spoelt algemeen meer nitraat uit in stroomgebieden met een lichtere bodemtextuur maar er is ook meer verdunning door een grotere waterpercolatie. Het effect van veranderingen in de weersomstandigheden is minder groot in stroomgebieden met een lemige bodemtextuur, omdat de grootte van de nitraatflux meer proportioneel mee verandert.

Factor 2: De aanwezigheid van kunstmatige drainage en de mate waarin ze ondiep percolatiewater afvoeren

Drains capteren water dicht onder de watertafel wat voor gevolg heeft dat het bijna steeds water uit de oxidatielaag (waar nitraat niet afgebroken wordt) betreft met hoge nitraatgehalten. Waar de reductiezone (waar nitraat wordt afgebroken) ondiep voorkomt kan er via opwaartse kwel naar de drains wat bijmenging van dieper

gereduceerd water optreden, wat voor een beperkte verdunning zorgt en de nitraatconcentraties iets verlaagt. Nitraatmetingen op drainwater geven vaak waarden van boven de 100 mg nitraat/l. De aanwezigheid van drains kan enkel uit veldverkenning afgeleid worden. Er bestaan immers geen kaarten of databases met de ligging van alle drains in Vlaanderen. In veel afstroomgebieden waar drains de belangrijkste nitraatinput leveren, tonen de MAP meetpunten oppervlaktewater meestal een grote seizoensaliteit met hoge winterwaarden die vrij abrupt kunnen oplopen (bij het begin van de winterperiode) of afnemen (op het einde van de winterperiode). Voorbeelden zijn de testsites Luikbeek (Staden) en Assenede.

Er is nood aan extra gegevens over drainage: Drainagebuizen zijn vaak niet bekend, en er is nood aan metingen van nitraatconcentraties aan drainagebuizen om de impact van drainage op de oppervlaktewaterkwaliteit beter te kunnen nagaan in gebieden met veel kunstmatige drainage

Factor 3: De dikte van de oxidatiezone en de relatieve bijdrage van grondwater vanuit de oxidatiezone

De dikte van de oxidatielaag, en de relatieve bijdragen van grondwater vanuit de oxidatiezone wordt bepaald door de hydrogeologische opbouw en de doorlatendheid van de afzettingen. De hydrogeologische zoneringskaart (HHZ) kan als leidinstrument gebruikt worden. In het kaartinstrument wordt het voorkomen van deze lagen op kaart voorgesteld. De bijdrage van het grondwater uit de oxidatielaag kan variëren van heel gering, niet meer dan enkele percenten zoals in de testsite Luikbeek, tot substantieel, meer dan de helft, zoals in de testsite Peer op het Kempisch plateau.

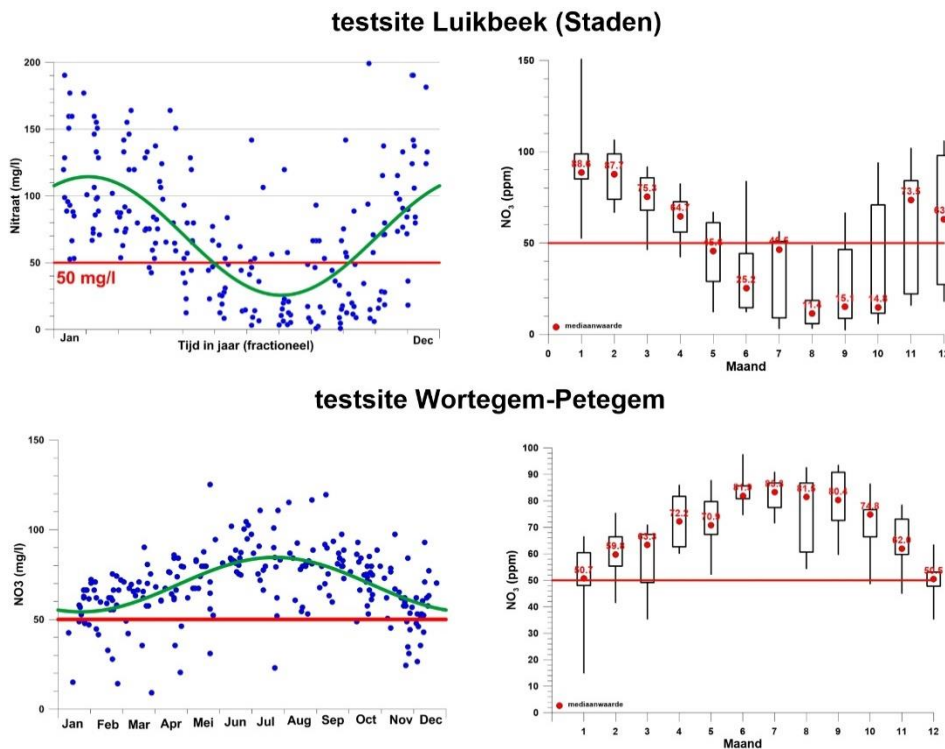
Om te bepalen wanneer er een belangrijke instroom is vanuit de oxidatiezone, kan er gekeken worden naar de seizoenfluctuaties van de MAP-meetpunten (zie fig 6.4)

Het is dus zinvol om de MAP-meetpunten oppervlaktewater te classificeren aan de hand van de seizoenfluctuatie (fig 6.4)

- MAP-meetpunten met wintermaximum zijn meestal sterk beïnvloed door drains (voorbeeld: Luikbeek), of door droogte in de zomer (wegvallen baseflow)
- MAP-meetpunten met zomermaximum; aanvoer van nitraat via grondwater uit de oxidatiezone. In de winter wordt dit verdund met runoff water (voorbeeld: Wortegem-Petegem)
- MAP-meetpunten met een geringe seizoensaliteit. Constante instroom van grondwater zonder veel verdunning in de winter
- MAP-meetpunten met meer complexe stromingssituaties. In het MAP-meetnet in Brecht valt de freatische laag in de zomer compleet droog. In het najaar wordt heel de bodem uitgespoeld waardoor piekconcentraties optreden. Het MAP meetpunt in Overijse wordt sterk gevoed door een drainagebuis die grondwater direct naar het MAP-meetpunt laat stromen. Deze specifieke MAP-meetpunten leveren dus weinig info over invloed van de landbouw op oppervlaktewater.

-

Fig 6.4 Vergelijking van de seizoenale variatie aan de MAP meetpunten van de testsites Luikbeek (Staden) en Wortegem-Petegem



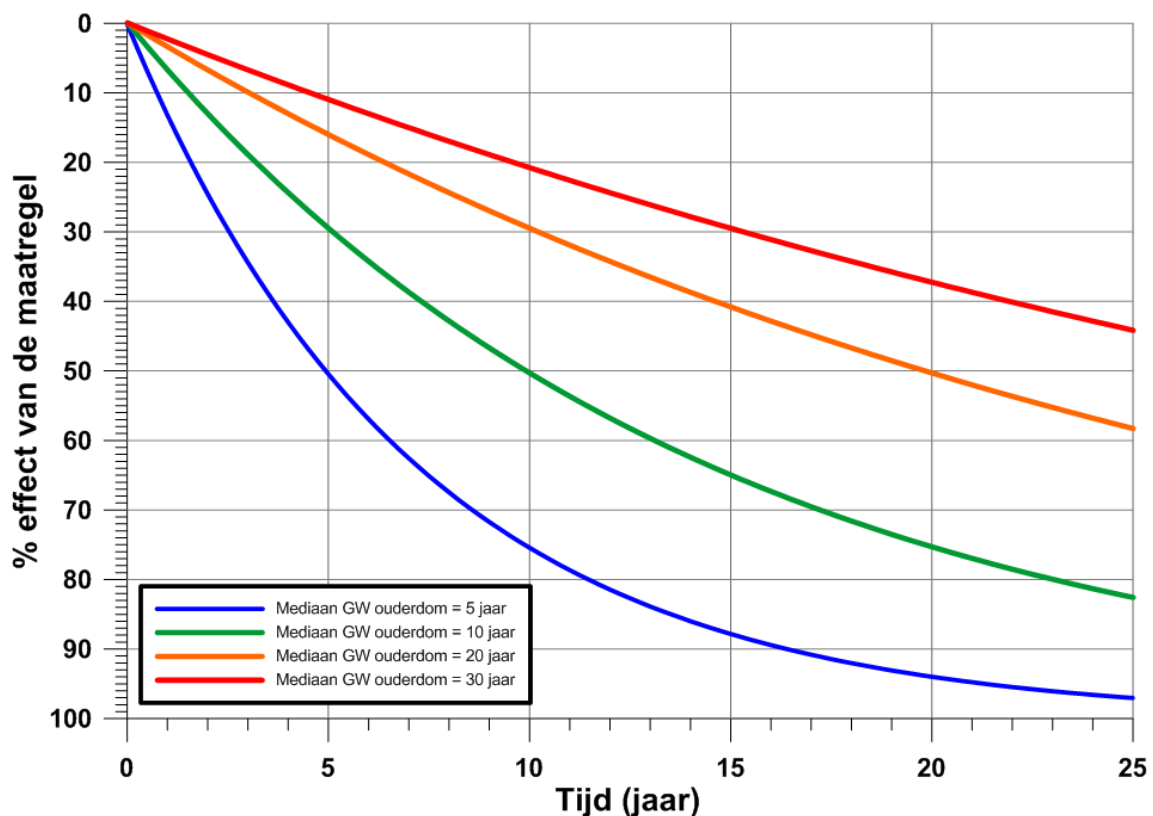
Factor 4: Grondwater reistijden

Reistijden van het grondwater zijn enkel belangrijk wanneer er een belangrijke instroming vanuit de oxidatiezone optreedt. De ouderdom van nitraatvrij grondwater is immers totaal niet relevant. De reistijd van grondwater hangt af van de lengte van de stroombanen die het volgt en de snelheid waarmee het grondwater stroomt. Hoe meer doorlatend de sedimenten zijn, hoe sneller het grondwater zal stromen. Grondwater ouderdommen kunnen niet op een eenvoudige wijze rechtstreeks gemeten worden. Ze kunnen afgeleid worden uit berekeningen met een grondwaterstromingsmodel, maar dit is een omslachtige methode. In dit project zijn van drie testsites een grondwatermodel opgesteld en werd de ouderdom en de reistijd van het grondwater berekend. Het grondwater dat naar een beek toestroomt bestaat uit een mengsel van jonger water, dat dichtbij de beek is geïnfiltreerd, en ouder grondwater, dat van verder komt. Het aandeel grondwater met een bepaalde ouderdom daalt met toenemende leeftijd. Deze verdeling en de maximale ouderdommen hangen af van de testsite en de hydrogeologische situatie. Een simpele indicator is de mediaanleeftijd, dat is de ouderdom waarbij de helft van het grondwater jonger is en de andere helft ouder is. Dit geeft direct weer of er veel ouder grondwater naar het MAP meetpunt toestroomt en dat heeft gevolgen voor de responstijden van maatregelen. Is de mediaanouderdom laag, b.v. slechts enkele jaren, dan is een effect van de maatregelen binnen 5 tot 10 jaar te verwachten, maar bedraagt de mediaanleeftijd 20 jaar of meer dan kan zelfs de komende decennia nog geen grote verbetering verwacht worden (fig 6.5). Enkel naar de leeftijd van het water de oxidatiezone moet gekeken worden. In de Luikbeek testsite is de oxidatielaag dun, niet meer dan enkele meter en werd de mediaanleeftijd van het

grondwater in de oxidatielaag begroot op 3 jaar. In de testsite Peer op het Kempisch plateau ligt de mediaanleeftijd tussen de 15 en 20 jaar en zou dus op korte tijd geen effect van maatregelen kunnen verwacht worden. De grootste reistijden komen voor bij MAP meetpunten oppervlaktewater in heuvelgebieden. Het toestromend grondwater komt daar vooral van in de heuvels en die zijn voor een groot deel opgebouwd uit geoxideerde tertiaire zandlagen (Formatie van Tielt, Formatie Lede, Formatie van Brussel, Formatie van Diest) die nitraatrijk water bevatten. Mediaan reistijden lopen hier op tot meer dan 20 jaar. Door de mengeling van grondwater van verschillende ouderdom zal het effect van maatregelen zich ook niet plots manifesteren, maar zeer geleidelijk verlopen.

De studie geeft enkele methodes om deze reistijden te bepalen in verschillende types van gebieden (verwijzen naar deel van het rapport waar dit aan bod komt zonder de methodes hier uit te leggen).

Fig 6.5 Berekende responstijden voor beheersmaatregelen in functie van de ouderdomsverdeling van het grondwater



6.3 Mogelijke acties

FACTOR 1 Hoe de gemiddelde nitraatpercolatie in het stroomgebied verlagen?

Hierboven werd aangegeven dat de nitraatconcentratie in het uitgespoelde water uit de bodem in alle gebieden hoog ligt. Er rekening mee houdende dat grondwater van verschillende ouderdommen in de freatische (bovenste) grondwaterlaag gemengd worden, betekent dit dat de nitraatconcentratie in het percolaat te hoog is om zonder natuurlijke afbraak (attenuatie) onder de 50 mg nitraat/l te komen.

De gemiddelde nitraatpercolatie in het stroomgebied kunnen we wel verlagen door de nitraatinput uit de landbouw te verlagen.

Er zijn heel wat manieren om de nitraatpercolatie uit de landbouw te beïnvloeden en te verminderen. Zo kan door oordeelkundige bemesting, volgens de 4J' (juiste dosis, juiste tijdstip, juiste mestsoort en juiste aanwendingstechniek) het nitraatresidu verminderd worden.

In het project werd er een doorrekening gedaan van een 1 maatregel: de inzaai van vanggewassen op alle percelen. Vanggewassen nemen in het najaar stikstof op die in de bodem is achtergebleven, en kunnen zo voorkomen dat deze stikstof in de winter met het percolatiewater mee zal uitspoelen. Het vanggewas zet in het voorjaar de opgenomen stikstof terug vrij en de volgteelt kan deze dan opnemen.

Uit een simulatie in het stroomgebied van de Luikbeek blijkt dat de toepassing van vanggewassen zonder aanpassing van bemesting van de volgteelt enkel een effect heeft op de nitraatvrucht die uitspoelt. Het zorgt niet voor de vermindering van de nitraatconcentratie in het bodempercolaat. Het vanggewas zorgt immers ook voor extra transpiratie waardoor er minder vocht zal percoleren, en door de extra vrijzetting van stikstof (mineralisatie) uit het vanggewas in het voorjaar neemt de uitspoeling niet voldoende af om een dalende gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat te verkrijgen.

Als de bemesting van de volgteelt wel wordt aangepast, waarbij de bemestingsdosis verminderd wordt met de vrijzetting van stikstof door het vanggewas, zal de nitraatconcentratie in het percolatiewater, wel verminderen. In de simulatie in het stroomgebied van de Luikbeek deed de inzaai van een vanggewas met aangepaste bemesting van de volgteelt de nitraatconcentratie in het bodempercolaat met 43 mg nitraat/l dalen, oftewel met 10 en 15% voor respectievelijk de periode 1998-2017 en 2007-2017. Dit toont aan dat in andere stroomgebieden, waar de concentraties reeds lager liggen, vergelijkbare maatregelen kunnen leiden tot relatief gezien sterkere dalingen. De resulterende gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat voor 2007-2017 blijft in het stroomgebied van de Luikbeek met 240 mg nitraat per liter wel nog steeds hoog.

→ Het inzaaien van een vanggewas moet samengaan met een aangepaste bemesting van de volgteelt die rekening houdt met de stikstofvrijzetting van het vanggewas in het voorjaar.

FACTOREN 2-4 drainages, de dikte van de oxidatie zone en de reistijden van het grondwater

Factoren 2 tot 4 kunnen we in mindere mate (drainages) of niet (dikte oxidatiezone en reistijden) beïnvloeden, maar zeggen iets over de responstijden op maatregelen aan het oppervlak (factor 1). Responstijden zullen variëren van slechts enkele jaren voor MAP meetpunten die vooral door drains worden beïnvloed, tot decennia voor MAP meetpunten die in heuvelgebieden zoals b.v. de Vlaamse Ardennen liggen. Om 90% van het effect van een genomen maatregel te kunnen detecteren aan het MAP meetpunt, moet er ongeveer driemaal de mediaanleeftijd van het grondwater gewacht worden. Dus als de mediaanleeftijd 5 jaar bedraagt, zal pas na 15 jaar het effect grotendeels gerealiseerd zijn. Voor de testsite Peer b.v. werd een mediaanleeftijd van ruim 15 jaar bepaald, hier kan het 40 tot 50 jaar duren voor een

maatregel ten volle het MAP meetpunt zal verbeteren. In de heuvelgebieden zal men eveneens nog decennia moeten wachten op een merkbare verbetering.

MAP-meetpunten die in valleien liggen waarvan de instroom afkomstig is uit heuvels met geoxideerde sedimenten hebben hoge reistijden en de ouderdom van het grondwater, ligt meestal in de orde van 20 tot 40 jaar. **Door die langzame verandering zijn de responstijden hoog en zal het effect van beperkte maatregelen**, die bv het nitraatgehalte met slechts 10 of 20% verminderen, **weinig opvallen** tussen de interjaarlijkse variatie die optreedt door de wisselende meteorologische omstandigheden. Deze MAP meetpunten hebben vaak een sterk seizoenaal patroon met hoge zomerwaarden of vertonen het jaar rond hoge nitraatconcentraties.

MAP meetpunten waar de nitraatbron vooral water uit drains vertonen vaak een seizoenaal patroon met hoge winterwaarden en, **hebben veel kortere responstijden**, omdat het drainwater recent geïnfiltreerd water is. **Maatregelen zullen hier zeker binnen de paar jaar een merkbaar effect hebben**, maar vermits het drainwater vooral uit de oxidatiezone komt, liggen de nitraatgehalten dicht tegen die van het bodempercolaat. De berekeningen hebben getoond dat het gemiddeld nitraatgehalte in bodempercolaat nog een factor van 2 tot 5 boven de 50 mg nitraat/l ligt. De concentratie in het oppervlaktewater kan enkel onder de 50 mg nitraat/l zakken als

- er grote bijmenging optreedt van ander water (gereduceerd, nitraatvrij dieper grondwater of van runoff);
- en als de nitraatconcentratie in het bodempercolaat drastisch zakt door maatregelen te nemen op niveau van de nitraatinput door de landbouw. Alleen dit laatste hebben we in de hand.

Om een idee te krijgen welke MAP-meetpunten vooral gevoed worden door geoxideerd grondwater (met lange responstijden) of door draingewater (met korte responstijden) kan men de MAP-meetpunten indelen a.h.v. de maandelijkse mediaanwaarden van de nitraatconcentraties en een daaruit berekende winter- en zomerindex (fig 6.6). Met de gemeten nitraatgehalten aan het MAP meetpunt kunnen voor elke maand de mediaanconcentraties berekend worden, b.v. voor de laatste 5 of 10 jaar. Een winterindex is dan het gemiddelde van de wintermaanden, de zomerindex van de zomerwaarden.

Fig 6.6 Classificatie van de testsites op basis van de winter- en zomerindex van de mediaan nitraatconcentraties aan het MAP meetpunt

