



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

LUIK 2

Rapport testsite 4

Brecht

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: feb 2021

INHOUD

- 1 Inleiding
- 2 Beschrijving van het studiegebied
 - 2.1 Ligging en perimeter
 - 2.2 Topografie en hydrografie
 - 2.3 Geologie
 - 2.4 Hydrogeologie en hydrostratigrafie
 - 2.5 Grondwaterstroming
 - 2.6 MAP meetpunt
- 3 Veldwerk
 - 3.1 Installatie peilbuizen
 - 3.2 Wateranalysen
- 4 Toepassing van het BFN model : deel onverzadigde zone
 - 4.1 Inleiding
 - 4.2 Werkwijze
 - 4.2.1 Studiegebied
 - 4.2.2 Twee simulatieperiodes
 - 4.2.3 Toekennen van modelparameters
 - 4.2.3.1 Databanken
 - 4.2.3.2 Bodembedekking
 - 4.2.3.3 Bodemorganische stof
 - 4.2.3.4 Bodemtextuur
 - 4.2.3.5 Teelten en nateelten
 - 4.2.3.6 Dierlijke bemesting
 - 4.2.3.7 Minerale bemesting
 - 4.2.3.8 Stikstofdepositie
 - 4.2.3.9 Weersgegevens
 - 4.3 Resultaten
 - 4.3.1 Gesimuleerde uitspoeling in het stroomgebied Brecht
 - 4.3.2 Nitraatconcentratie voor de verschillende bodembedekkingen
 - 4.3.3 Gesimuleerde bemesting, nitraatresidu en nitraatconcentratie op akkerland en weiland
 - 4.3.4 Validatie nitraatresidu
 - 4.4 Besluit
- 5 Toepassing van het BFN model : deel verzadigde zone
 - 5.1 Modelinvoer
 - 5.2 Modelresultaten
- 6 Synthese en conclusies

LIJST DER FIGUREN

- Fig 2.1 Ligging van de testsite Brecht
- Fig 2.2 Topografie en hydrografie van de testsite Brecht
- Fig 2.3 Waterpoel waaruit de Heidebeek ontspringt
- Fig 2.4 Begin van de Heidebeek aan de zuidkant van de veldweg
- Fig 2.5 Evolutie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt van de testsite Brecht
- Fig 2.6 Gemiddelde seizoenale fluctuatie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Brecht
- Fig 2.7 Maandgemiddelden van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Brecht
- Fig 3.1 Ligging van de 5 geïnstalleerde peilbuizen in testsite Brecht
- Fig 3.2 Nitraat en ijzergehalten in de grondwatermonsters van de testsite Brecht
- Fig 3.3 Nitraat en bicarbonaatehalten in de grondwatermonsters van de testsite Brecht
- Fig 4.1: Stroomgebied Brecht
- Fig 4.2: Overzicht van de modelinvoer
- Fig 4.3 Verdeling van de bodembedekking voor het stroomgebied Brecht
- Fig 4.4: Verdeling van het bodemorganische stofgehalte (in g BOS g-1 droge bodem) voor het stroomgebied Brecht
- Fig 4.5 Verdeling van de bodemtextuur voor het stroomgebied Brecht
- Fig 4.6 Verdeling van de teelten voor de periode 1998-2017 in het stroomgebied Brecht
- Fig 4.7 Dierlijke mestsoort gesimuleerd voor 2012 in het stroomgebied Brecht
- Fig 4.8 Evolutie van de dierlijke N-productie per diersoort per ha landbouwgrond in de regio Brecht
- Fig 4.9 Evolutie van de gemiddelde minerale N-bemesting per ha landbouwgrond in België
- Fig 4.10 Gesimuleerde teelt en nateelt, waterpercolatie, stikstofuitspoeling en nitraatconcentratie in 2013. De cijfers die hier weergegeven worden zijn gegenereerd op basis van simulaties en kunnen niet eenduidig worden toegewezen aan landbouwpercelen omwille van de berekeningswijze
- Fig. 4.11 Gesimuleerde jaarlijkse stikstofuitspoeling, waterpercolatie en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor het hele stroomgebied
- Fig. 4.12: Langjarig gemiddelde grondwatervoeding voor Vlaanderen in functie van de bodemtextuur. Verticale balken geven de standaardafwijking weer
- Fig. 4.13 Gemiddelde, minimum en maximum voor de jaarlijkse gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie per bodembedekkingstype over de volledige periode (1968-2017). Ook het gemiddelde voor de periode 2007-2017, met 100% implementatie van de bemestingsnorm, is weergegeven
- Fig. 4.14 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland
- Fig 4.15 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland
- Fig. 4.16 Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland
- Fig 4.17: Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland
- Fig 4.18 Gemeten versus gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)

Fig 4.19 Verloop en lineaire trend van het jaarlijks gemiddelde van de gemeten en gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)

Fig 5.1 Grondwateraanvulling (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone

Fig 5.2 Nitraatconcentratie in het bodemperkolaat (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone

Fig 5.3 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Brecht (1968-2017)

Fig 5.4 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Brecht (vanaf 1999)

LIJST DER TABELLEN

Tabel 3.1 Coördinaten en diepte van de peilbuizen in de testsite Brecht

Tabel 3.2 Opgemeten nitraat en-, ijzer- en bicarbonaatgehalten in de eerste meetcampagne in testsite Brecht

Tabel 3.3 Resultaten van de grondwateranalyses (ronde 1)

Tabel 4.1: Bodembedekking voor en na herleiding tot 7 klassen in het grid en het overeenkomstige rotatietype

Tabel 4.2 : Bodemparameters per textuurklasse

Tabel 4.3: Bodemvochtparameters per textuurklasse (REW = snel beschikbaar water voor verdamping, VC = veldcapaciteit, VP = verwelkingspunt, SAT = verzadiging)

Tabel 5.1 Maandelijksse wegingsfactoren in het model van de testsite Brecht

1 Inleiding

Dit rapport is een onderdeel van de verslaggeving van luik 2 van het project “Nitraatrijke bronnen: invloed van grondwater op oppervlaktewaterkwaliteit”. Het bevat de rapportering van de testsite “Brecht”, de vierde van tien testsites die geselecteerd werden in het kader van het project. Het bevat de beschrijving en karakterisering van de testsite en de resultaten van de toepassing van de ontwikkelde methodologie en modellering met het ontwikkelde BFN model.

De methodologie en het ontwikkelde model dienen om de toevoer van nitraten via het grondwater naar oppervlaktewaters te kwantificeren. Bij vergelijking van de modelresultaten met meetgegevens moet steeds in beschouwing worden genomen dat de meetwaarden ook beïnvloedt zijn door oppervlakkige afvoer (“run off”), soms in sterke mate, en dat dit proces niet in de model is opgenomen. Dit was conform de projectopdracht ook niet vereist. Oppervlakkige afvoer is een proces dat op dagelijkse basis dient gekwantificeerd te worden en waarvan de invloed ook van dag tot dag variabel is. Het kan de oorzaak zijn dat sommige metingen sterk afwijkende waarden hebben en outliers vormen in de meetreeksen. Het BFN model werkt niet op dagelijkse basis omdat dit niet nodig is voor de doelstelling waarvoor het ontwikkeld is. Men kan niet verwachten dat een model waarin dit proces niet op een adequate wijze ingebouwd is tot een zeer goede overeenstemming met de meetreeksen zou leiden. Het heeft ook weinig zin de huidige modellen te proberen te optimaliseren als een belangrijk proces niet kan worden opgenomen.

Het verslag werd ingedeeld in de volgende hoofdstukken:

Hoofdstuk 2 : beschrijving van het studiegebied

Hoofdstuk 3 : beschrijving van het uitgevoerde veldwerk en metingen

Hoofdstuk 4 : toepassing van het BFN model : deel onverzadigde zone

Hoofdstuk 5 : toepassing van het BFN model : deel verzadigde zone

Hoofdstuk 6 : synthese en conclusies

Het laatste hoofdstuk geeft een kort overzicht van de testsite.

2 Beschrijving van het studiegebied

2.1 Ligging en perimeter

De testsite ligt in de Antwerpse Kempen in de gemeente Brecht. De site omvat het afstroomgebied van MAP meetpunt 190145, op de Heidebeek (fig 2.1).

2.2 Topografie en hydrografie

Topografie (fig 2.2)

De testsite ligt op de zuidflank van een cuesta die gevormd wordt door de onderliggende Formatie van de Kempen, en lokaal die oploopt tot ruim +30 m TAW. De zuidhelling vormt daarbij het cuestafront, de steilste van de twee toegangshellingen. De topografie daalt van van +30 op de kam tot ca +23 nabij het MAP meetpunt, dat de uitlaat van het afstromingsgebied vormt en op ca 1800 m afstand ligt. De gemiddelde hellingsgraad bedraagt dus ongeveer 4 m per kilometer. De cuesta loopt nabij de testsite hoofdzakelijk noordwest-zuidoost en vormt de waterscheidingskam tussen het Maasbekken in het noorden en het Scheldebekken in het zuiden. De voet van het cuestafront ligt op de zuidgrens van het voorkomen van de Formatie van de Kempen.

De noordzijde vormt de cuestavlake en heeft een veel kleinere helling.

Hydrografie (fig 2.3)

De waterlopen in en rond de testsite beginnen iets onder de top van de cuesta, tussen peil +28 en +30, en volgen dan de helling van het cuestafront, waardoor ze ongeveer evenwijdig lopen. De topologie van het waterlopenstelsel op het cuestafront is dus niet dendritisch : pas onderaan de cuestahelling vloeien de waterlopen samen.

De Heidebeek begint ten zuiden van een veldweg die van de St Job baan in de richting van het Marbelen ven loopt. De aanwezigheid van dit ven en enkele andere kleinere vennen nabij de top van de cuesta wijst op het voorkomen van een ondiep kleisubstraat. Langs de noordzijde van de veldweg ligt een waterplas die via een duiker afwatert in de Heidebeek. Deze waterplas ontvangt op zijn beurt water vanuit grachten die langsheen de noordzijde van de veldweg lopen.

2.3 Geologie

In het kader van de problematiek van dit project zijn enkel de ondiepe geologische lagen van belang.

Bovenaan werd een dunne dekzandbedekking voor : deze is niet meer dan enkele meter dik, en kan lokaal, zoals in het noorden van de testsite dichtbij de waterscheidingskam tussen Maas- en Scheldebekken, zelfs minder dan een meter dik zijn. De dekzanden zijn van Holocene ouderdom.

Onder de dekzanden komt de Formatie van de Kempen voor. Dit is een lithologisch zeer heterogeen pakket van ongeveer een 30 dik, waarin een afwisseling van zanden en kleilagen voorkomt. Het lithologisch facies varieert van goed doorlatende middelmatige zanden tot compacte kleilagen. Ook de dikte van deze lagen is sterk variërend : van centimeters dunne laagjes tot metersdikke pakketten. Ook de laterale spatiale correlatieafstand is eerder klein : de lagen hebben meestal maar een beperkte laterale uitbreiding.

Onder de Formatie van de Kempen komt de Formatie van Merksplas voor. Deze bestaat uit goed doorlatende zanden. De Formatie van Merksplas dagzoomt in het zuiden van de testsite, ten zuiden van de voet van het cuestafront. De voet van het cuestafront ligt aan de zuidgrens van het voorkomen van de Formatie van de Kempen.

Onder de Formatie van Merksplas komt een dik pakket van Neogene afzettingen voor. De basis van dit pakket wordt gevormd door de Boomse Klei (Formatie van Rupel). De lagen daaronder zijn niet van betekenis voor dit project.

2.4 Hydrogeologie en hydrostratigrafie

De freatische laag bevindt zich in de bovenste dekzanden en is maximaal enkele meters dik. In het noordelijk deel, op de top van de cuesta, is de bedekking erg dun, soms minder dan een meter.

Het substraat van de freatische laag, de Formatie van de Kempen, kan niet beschouwd worden als een zuivere slechtdoorlatende laag omdat er ook veel zandige intercalaties in voorkomen. De laterale uitbreiding van deze zandige lagen is niet continue over grote afstanden, maar ze kunnen wel zorgen dat er een wegsijpeling van ondiep water door de formatie kan plaatsvinden.

De onderliggende Formatie van Merksplas vormt een diepere aquifer. Ten zuiden van de voet van de cuesta komt de Formatie van de Kempen niet meer voor en liggen de dekzanden rechtsreeks op de Formatie van Merksplas.

2.5 Grondwaterstroming

De grondwaterstroming in de freatische laag volgt de algemene topografie en loopt dus van noordoost naar zuidwest. Vermits ook waterlopen, zoals de Heidebeek, de richting van de oplopende topografie volgen, lopen de grondwaterstroomlijnen grotendeels evenwijdig met de Heidebeek.

Een belangrijke karakteristiek van de freatische laag is dat deze seizoenaal, gedurende de zomermaanden droogvalt. Doordat de onderliggende Formatie van de Kempen geen compacte kleilaag is maar een heterogeen complex met ook talloze zandige intercalaties, zakt de watertafel in de zomer tot onder de top van de formatie, waardoor de bovenliggende dekzanden volledig droogvallen en er dus geen ondiepe grondwaterstroming meer voorkomt. Dit betekent ook dat er geen laterale afvoer naar de Heidebeek of zijgrachten kan gebeuren, die overigens ook droog staan. Eventueel

kan er na regenperioden zeer tijdelijke oppervlakkige afstroom in de Heibeek gebeuren, maar deze is dan niet continue.

In enkele nabij gelegen peilbuizen van het VMM meetnet 8 is duidelijk vast te stellen dat de watertafel in de zomermaanden tot onder de basis van de dekzanden zakt. Onder de cuestas staat het watertafel in de onderliggende Formatie van Merksplas ook dieper dan de watertafel in de freatische laag: er treedt dus altijd neerwaartse stroming op.

2.6 MAP meetpunt

De nitraat meetreeks van het MAP meetpunt vormt een discontinue reeks omdat de Heidebeek seizoensaal droogvalt in de zomermaanden. In die periode kan uiteraard geen bemonstering uitgevoerd worden (fig 2.5). Op de grafiek zijn de meetpunten wel verbonden al kan er in de zomer enkel maanden tussen opeenvolgende meetcampagnes liggen. De range van opgemeten waarden is zeer groot. Soms worden hoge waarden gevonden, vroeger tot boven 150 mg/l, maar er komen ook meetwaarden van minder dan 50 mg/l voor. Sinds 2013 liggen de waarden wat lager. Wordt een lineaire fitting toegepast op de meetreeks, dan is een dalende trend zichtbaar.

Een fitting van de meetreeks met een cyclische functie is in dit geval niet zinvol omdat er tijdens de zomerperiode een hiaat in de datapunten voorkomt. Het plotten van de meetwaarden in functie van de fractionele tijd in het jaar (fig 2.6) toont toch de een seizoenaliteit: na de zomerperiode waarin geen grondwaterstroming optreedt, liggen de concentraties eerst tussen 50 en 100 mg/l, maar vanaf november komen hoge piekconcentraties voor. Op dat moment is de watertafel voldoende gestegen om stroming in de freatische laag mogelijk te maken, en komt er terug afvoer via baseflow naar de Heidebeek op gang. Op dat moment wordt de freatische laag letterlijk uitgespoeld, wat de hoge waarden verklaart. Vanaf januari komen zeer hoge waarden minder voor, veel metingen liggen tussen 50 en 100 mg/l, maar er komen ook meer lage waarden voor. Misschien zijn deze lagere waarden gekoppeld aan meer runoff bijdragen na regendagen.

De maandelijkse statistische karakteristieken worden gegeven in de vorm van mediaanwaarden en kwartielen. Er is gekozen voor de mediaanwaarde van de nitraatconcentratie per maand i.p.v. het rekenkundig gemiddelde om de invloed van outliers en extreme waarden te beperken. Een grafische voorstelling (fig 2.7) in de vorm van een boxplot geeft voor elke maand in de vorm van een rechthoek de 25% en 75% kwartielwaarden weer (resp basis en top van de rechthoek). De mediaanwaarde is apart aangegeven met een rood symbool, de mediaanwaarde is er als label bijgezet. Boven elke rechthoek zijn de laagste en hoogste meetwaarde aangeduid met een verticale lijn.

Op de figuur is duidelijk te zien dat na de droge zomerperiode de mediaanwaarden stelselmatig stijgen tot in december. Dan wordt een mediaanconcentratie van meer dan 80 mg/l bereikt (nl 81.9). Na december is het meeste nitraat uitgespoeld naar de beek en beginnen de mediaanconcentraties terug te dalen. In maart en april ligt de

mediaanconcentratie onder de 50 mg/l. Vanaf mei staat de Heidebeek meestal terug droog.

Fig 2.1 Ligging van de testsite Brecht

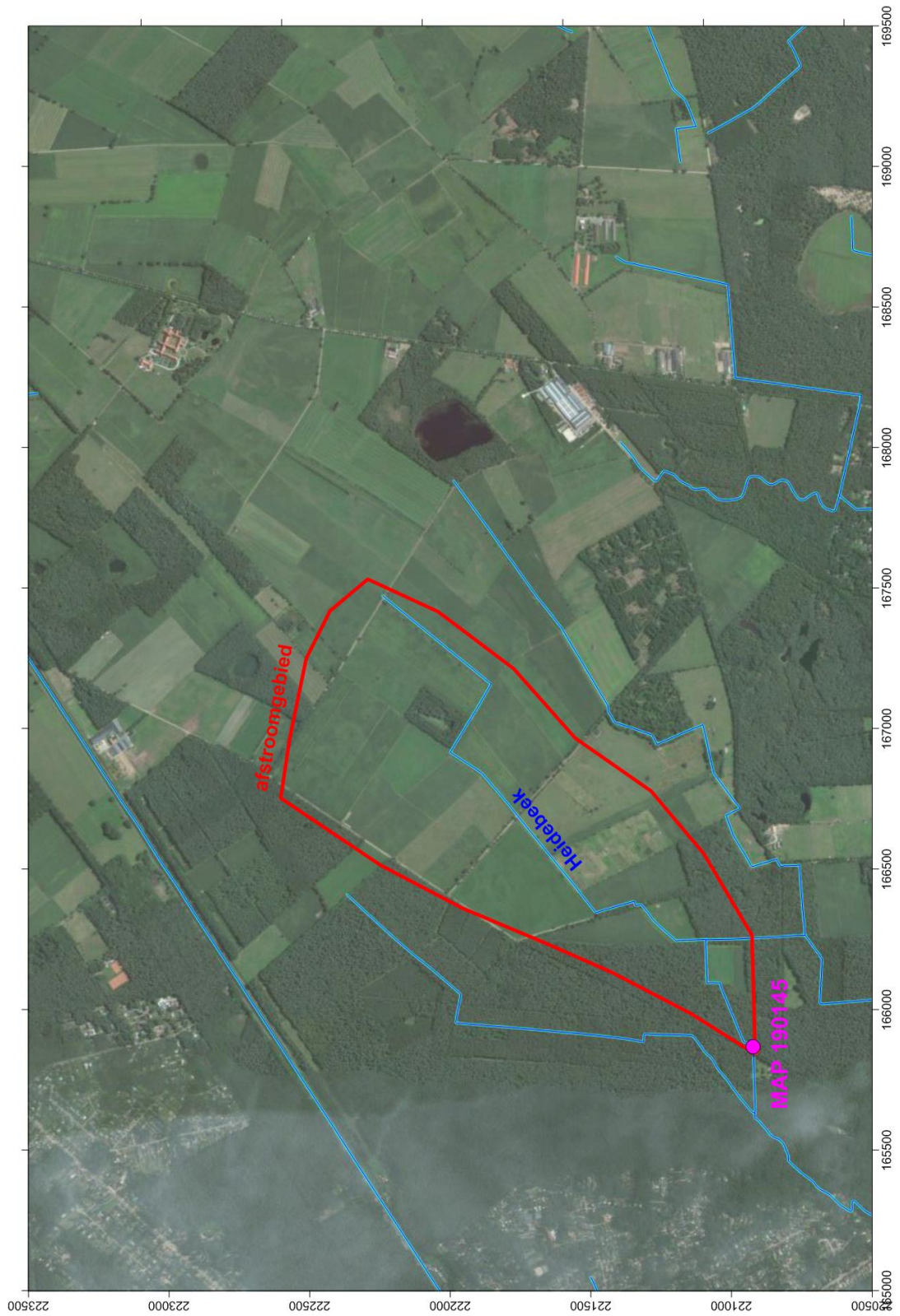


Fig 2.2 Topografie en hydrografie van de testsite Brecht

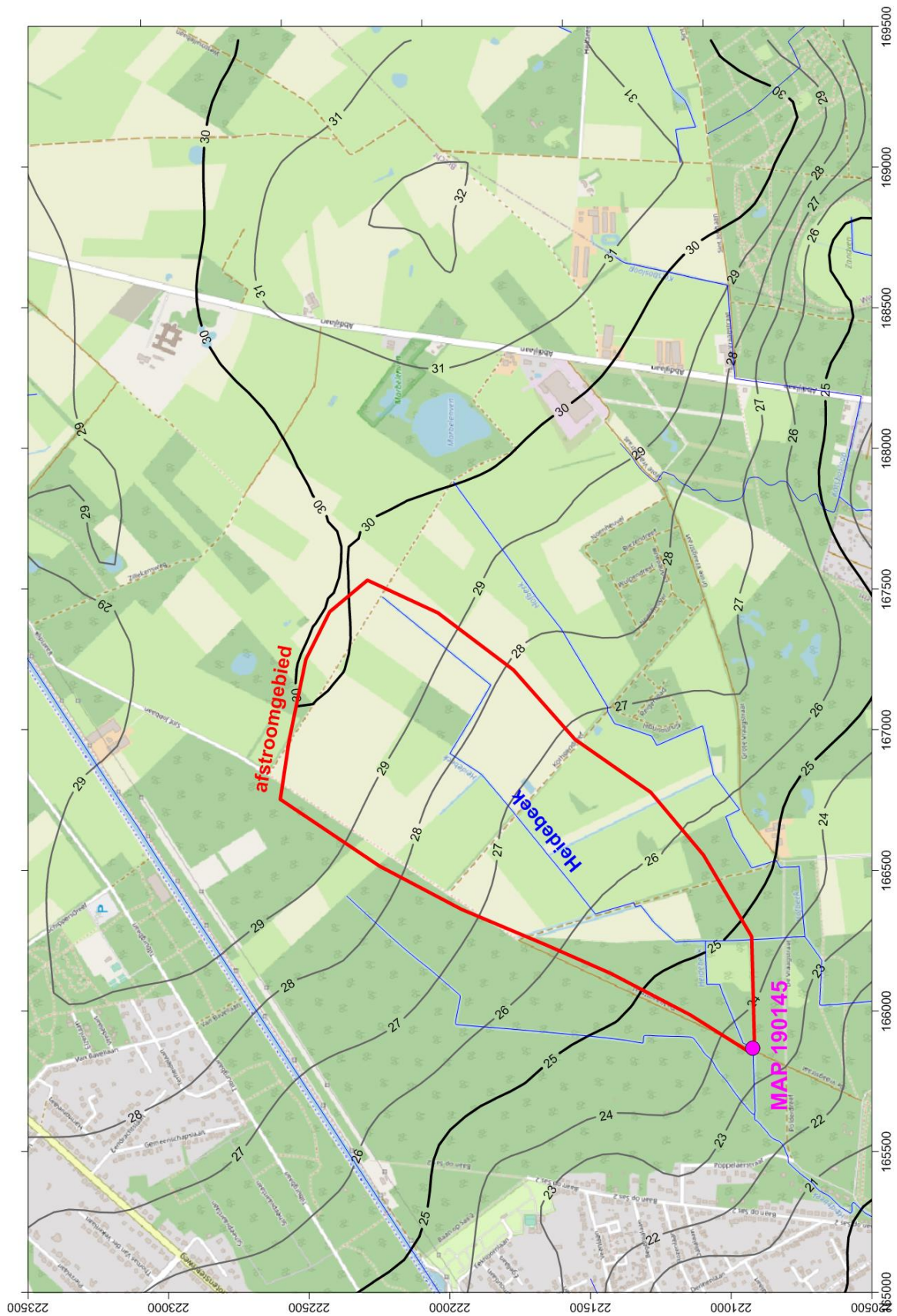


Fig 2.3 Waterpoel waaruit de Heidebeek ontspringt



Fig 2.4 Begin van de Heidebeek aan de zuidkant van de veldweg



Fig 2.5 Evolutie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt van de testsite Brecht

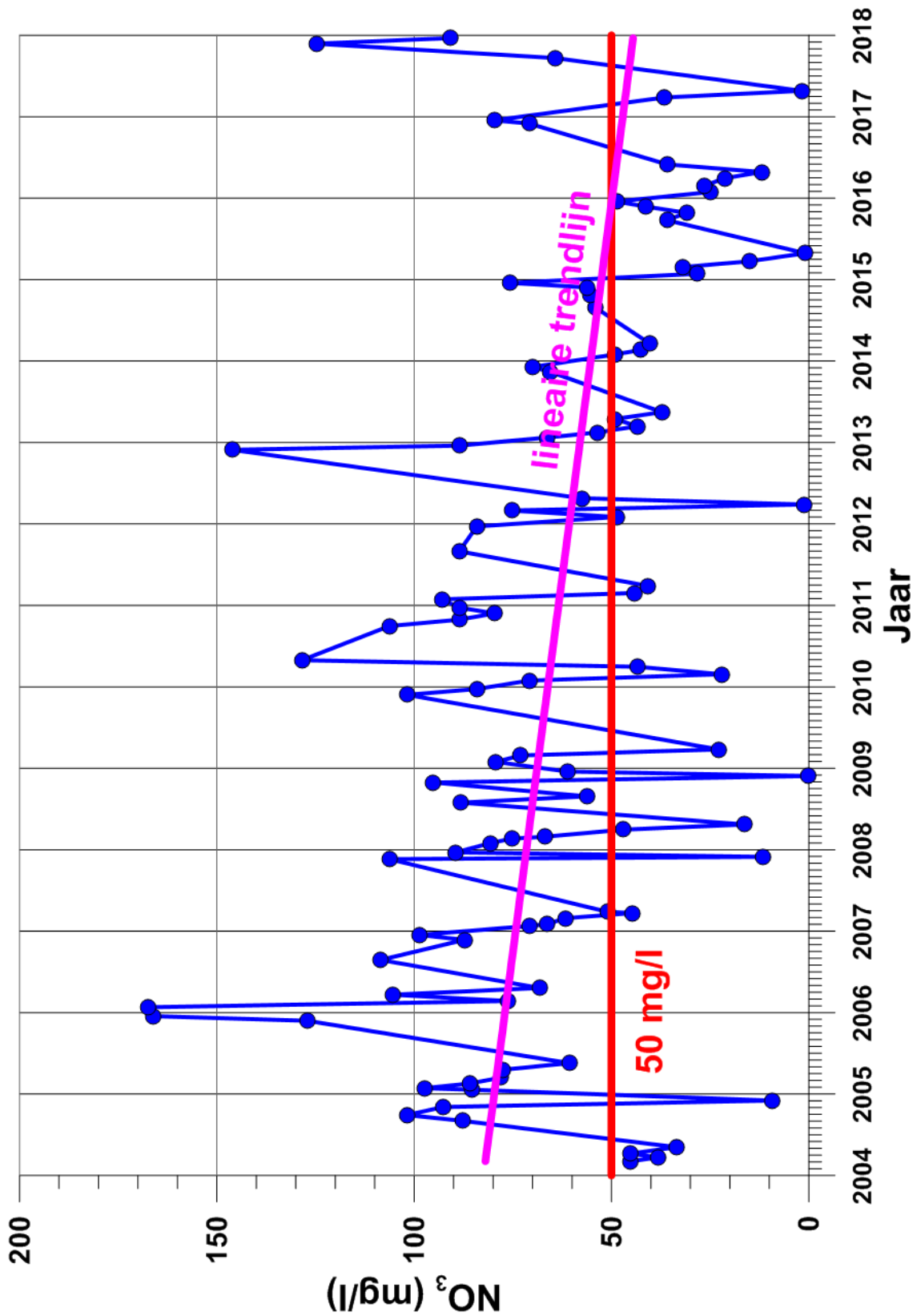


Fig 2.6 Gemiddelde seizoens fluctuatie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Brecht

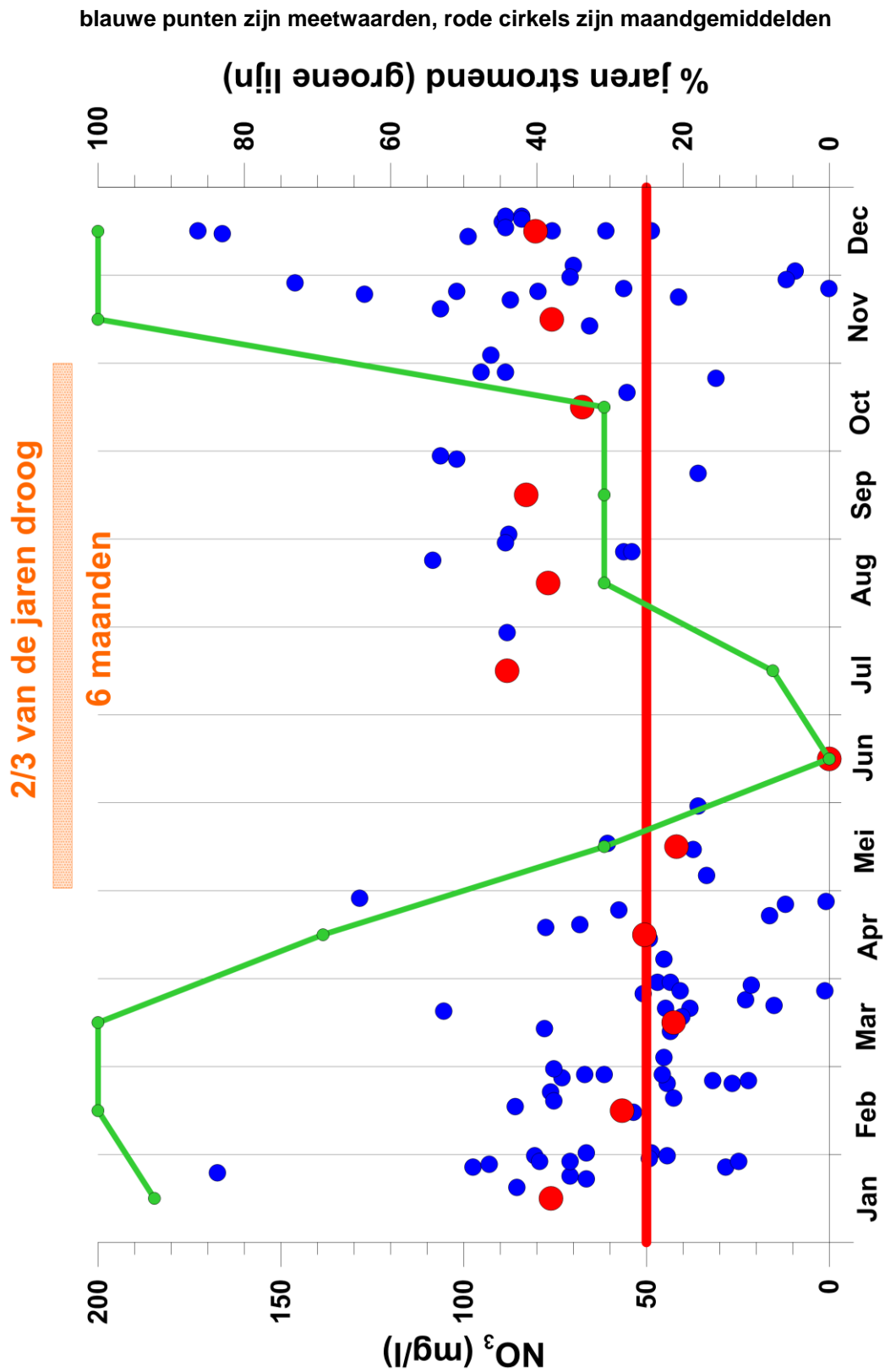
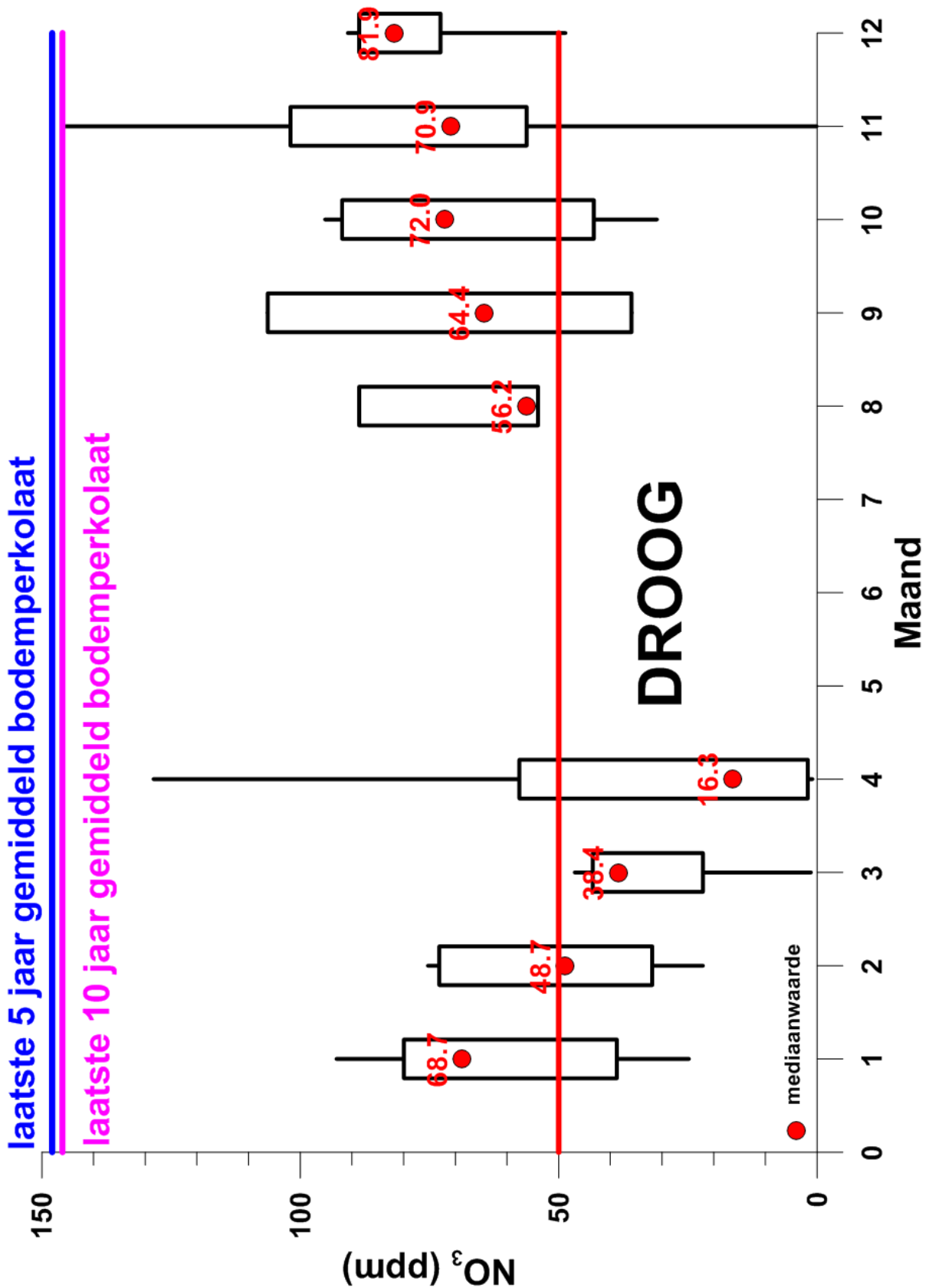


Fig 2.7 Maandgemiddelden van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Brecht



3 Veldwerk

3.1 Installatie peilbuizen

In februari 2018 werd een veldbezoek georganiseerd onder leiding van een CVBB medewerker waarbij ook enkele lokale landbouwers aanwezig waren. Er werden 5 peilbuislocaties vastgelegd, die gespreid zijn langsheen de bron van de Heidelberg in het noorden en het MAP meetpunt in het zuiden. Daarbij werd in detail gekeken naar de plaats waar de Heidelberg ontspringt. Volgens CVBB metingen ligt het nitraatgehalte in de beek vanaf de bron hoog. De bron ligt dicht bij de waterscheiding tussen Scheldebekken (in het zuiden) en Maasbekken (in het noorden). De beek ontspringt door een overvloei, via een duiker, vanuit een waterpoel die op zijn beurt via twee dwarssloten water ontvangt (in natte perioden) die langsheen de landpercelen stromen die pal op de waterscheiding gelegen zijn.

Na het verkennend veldbezoek werden 5 peilbuizen geplaatst op 8 februari 2018 (fig 3.1). De coördinaten van de putten en hun diepten zijn opgenomen in tabel 3.1. Alle peilbuizen bestaan uit een PVC buis met een diameter van 63 mm en zijn onderaan voorzien van een filterelement van 1 m lengte.

Tabel 3.1 Coördinaten en diepte van de peilbuizen in de testsite Brecht

| Peilbuis | Lambert-X | Lambert-Y | Diepte(m) |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| PB1 | 167218 | 222401 | 2.53 |
| PB2 | 166703 | 221767 | 3.29 |
| PB3 | 166357 | 221451 | 2.53 |
| PB4 | 166247 | 221114 | 2.34 |
| PB5 | 165870 | 220928 | 2.81 |

3.2 Grondwateranalysen

In februari 2018 werden tijdens een eerste meetronde watermonsters genomen. Op het einde van de zomer van 2018 konden de peilbuizen geen tweede maal bemonsterd worden omdat de freatische laag volledig droog stond. Tijdens de monsternamen werd ook de waterdiepte opgemeten, maar de peilbuizen zijn niet gewaterpast zodat de diepten niet kunnen omgerekend worden naar stijghoogten. Op alle watermonsters werden alle belangrijke kationen en anionen bepaald, wat toeliet de ionenbalans van de waters te controleren. De resultaten van de wateranalysen zijn opgenomen in tabel 3.1 (nitraat, ijzer en bicarbonaatgehalte) en tabel 3.2.

Uit de wateranalyses kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- In slechts één enkele peilbuis is een overschrijding van de 50 mg/l norm vastgesteld, in pb3. Het nitraatgehalte is hier zeer hoog, meer dan 300 mg/l.
- In slechts één enkele peilbuis werd enkele mg/l ijzer gevonden, wat op reducerende condities wijst (fig 3.2). Toch werd in dit monster ca 12 mg/l nitraat bepaald, het water in de peilbuis is wellicht een mengsel van geoxideerd en gereduceerd grondwater. Deze peilbuis is de meest stroomopwaartse peilbuis.
- In de andere 4 peilbuizen lag het ijzergehalte vrij constant rond de 0.3 mg/l. Deze 4 peilbuizen hebben geoxideerd water.
- Met uitzondering van pb3 is het nitraatgehalte omgekeerd proportioneel met met bicarbonaatgehalte (fig 3.3). Het lijkt dat in deze 4 peilbuizen zich nitraatreductie heeft voorgedaan door oxidatie van organisch materiaal.
- Dit proces heeft zich blijkbaar niet in de omgeving van pb3 voorgedaan : dat is wellicht de reden dat het nitraatgehalte hier bijzonder hoog is.

Tabel 3.2 Opgemeten nitraat en-, ijzer- en bicarbonaatgehalten in de eerste meetcampagne in testsite Brecht

| peilbuis | ronde | pH | Nitraat (mg/l) | IJzer (mg/l) | Bicarbonaat (mg/l) |
|----------|-------|------|----------------|--------------|--------------------|
| Pb1 | 1 | 6.07 | 12.07 | 3.64 | 95.77 |
| Pb2 | 1 | 6.75 | 4.14 | 0.32 | 344.65 |
| Pb3 | 1 | 6.85 | 310.52 | 0.30 | 139.08 |
| Pb4 | 1 | 4.64 | 24.82 | 0.29 | 9.15 |
| Pb5 | 1 | 4.88 | 31.79 | 0.25 | 11.59 |

Tabel 3.3 Resultaten van de grondwateranalyses (ronde 1)

| peilbuis | meetronde | PH | COND | Na+(ppm) | K+(ppm) | Ca2+(ppm) | Mg2+(ppm) | Fe2+/Fe3+(ppm) | Mn2+(ppm) |
|----------|-----------|-----------|----------|------------|-----------|-----------|------------|----------------|-----------|
| PB1 | 1 | 6.07 | 1034 | 89.6 | 11.68 | 70.6 | 15 | 3.640 | 0.428 |
| PB2 | 1 | 6.75 | 885 | 45.1 | 6.12 | 104.95 | 18 | 0.315 | 0.227 |
| PB3 | 1 | 6.85 | 1351 | 116.8 | 18.12 | 90.05 | 30.2 | 0.304 | 0.183 |
| PB4 | 1 | 4.64 | 445 | 40.44 | 17.74 | 16.9 | 9.5 | 0.288 | 0.162 |
| PB5 | 1 | 4.88 | 1860 | 213.3 | 18.6 | 77.3 | 17.55 | 0.249 | 0.133 |
| peilbuis | meetronde | NH4+(ppm) | Cl-(ppm) | SO42-(ppm) | NO3-(ppm) | NO2-(ppm) | HCO3-(ppm) | PO42-(ppm) | TDS(ppm) |
| PB1 | 1 | 0 | 165.57 | 122.18 | 12.07 | 0.47 | 95.77 | 0.00 | 587.01 |
| PB2 | 1 | 0 | 64.17 | 92.17 | 4.15 | 0.22 | 344.65 | 0.00 | 680.07 |
| PB3 | 1 | 0 | 48.56 | 42.37 | 310.52 | 197.77 | 139.08 | 0.00 | 993.96 |
| PB4 | 1 | 0 | 55.47 | 71.89 | 24.82 | 6.27 | 9.15 | 0.00 | 252.63 |
| PB5 | 1 | 0 | 421.95 | 119.50 | 31.79 | 0.30 | 11.59 | 0.00 | 912.27 |

Fig 3.1 Ligging van de 5 geïnstalleerde peilbuizen in testsite Brecht

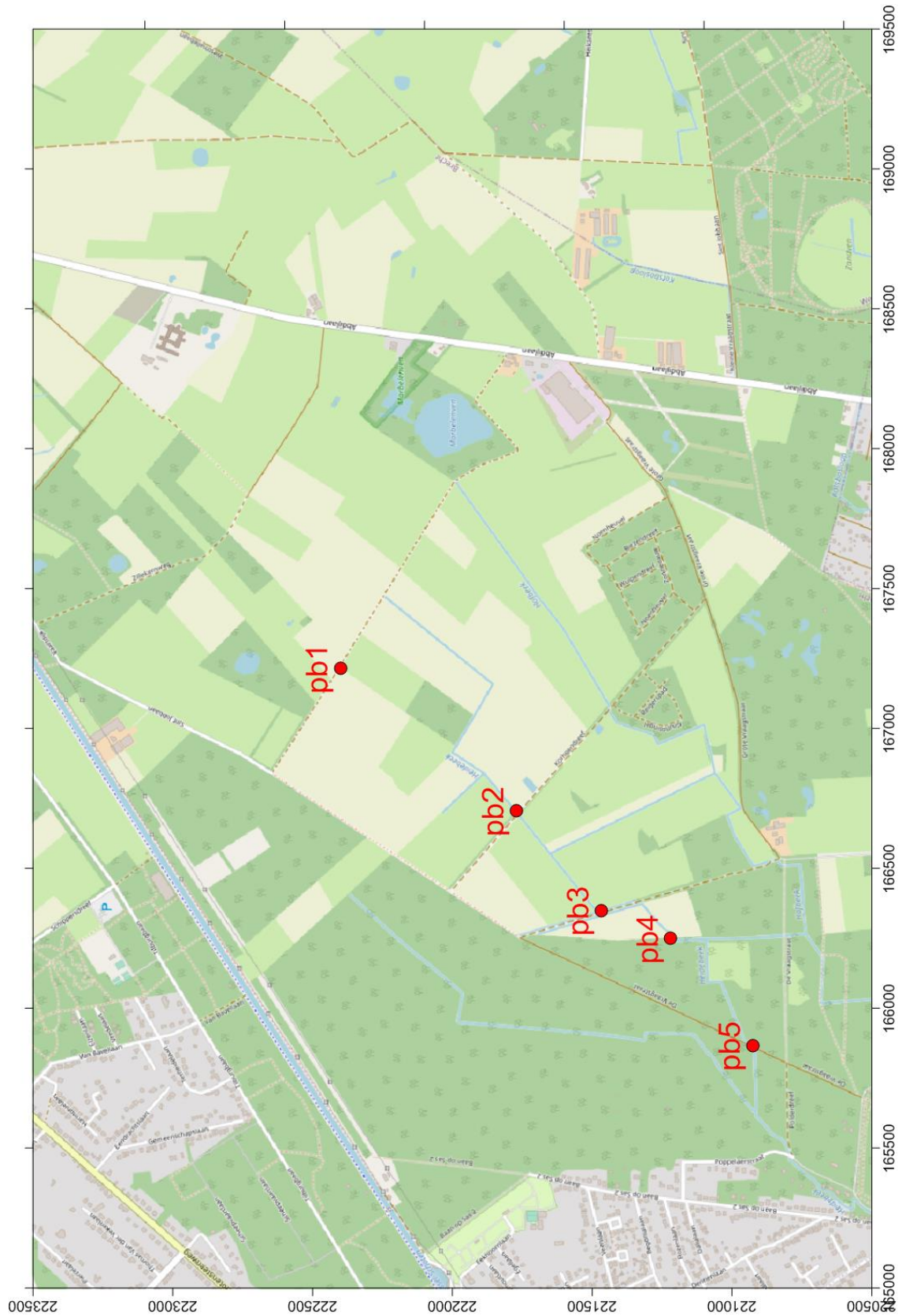


Fig 3.2 Nitraat en ijzergehalten in de grondwatermonsters van de testsite Brecht

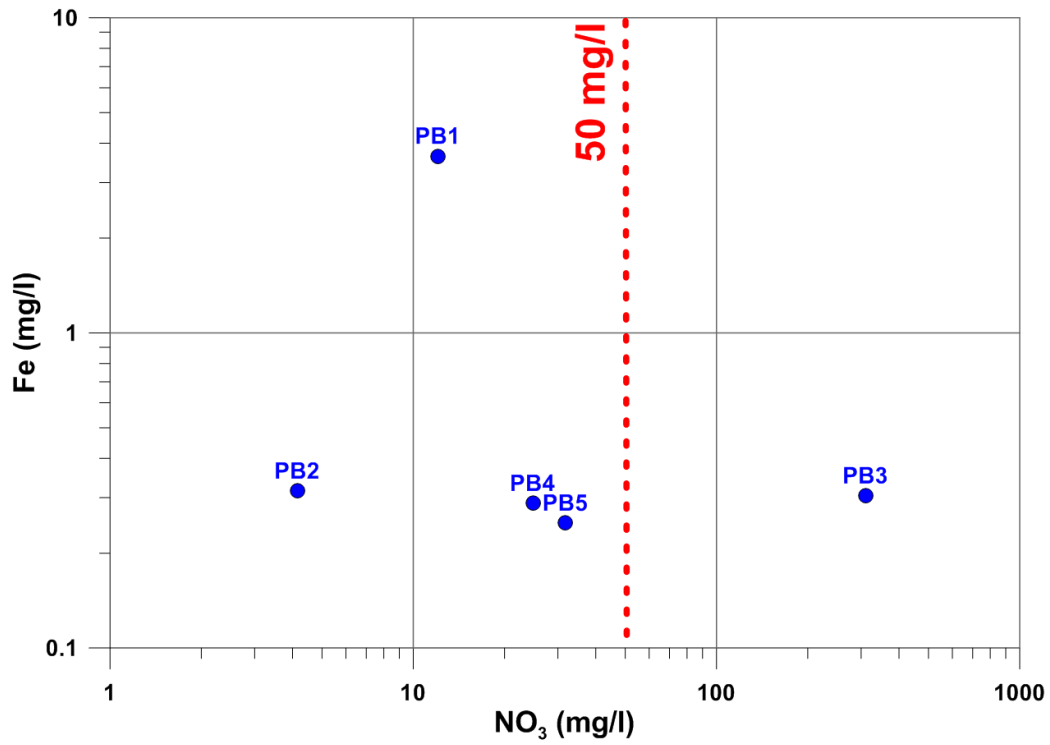
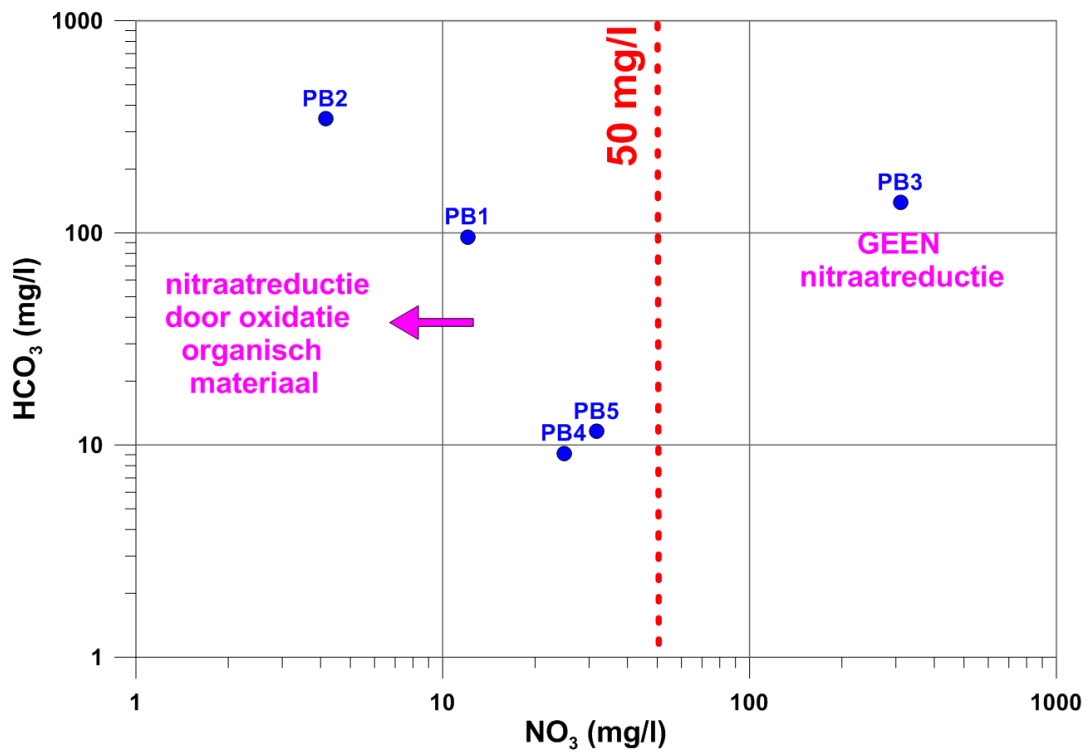


Fig 3.3 Nitraat en bicarbonaategehalten in de grondwatermonsters van de testsite Brecht



4 Toepassing van het BFN model : deel onverzadigde zone

4.1 Inleiding

Het natuurlijk aquatisch ecosysteem kan ernstig verstoord worden door hoge nitraatconcentraties in het oppervlaktewater. Deze hoge nitraatconcentraties kunnen veroorzaakt worden door nitraatrijk grondwater, zowel instromend uit echte bronnetjes als onder disperse vorm langsheen de beken. Door de soms lange reistijden van dit grondwater kan de oorsprong van de nitraatverontreiniging zich tot tientallen jaren terug in de tijd situeren.

In dit eerste onderdeel, dat enkel de onverzadigde zone beslaat, werden simulaties uitgevoerd over een periode van 50 jaar (1968-2017), met als doel een inschatting te maken van de historische jaarlijkse aanvoer van nitraten naar het grondwater. De simulaties van de N-dynamiek werden uitgevoerd met het EU-rotate_N model met een ruimtelijke resolutie van 50 bij 50 meter. Het model werd over de gehele periode gevoed met gegevens over de bodem, teelt, bemesting, stikstofdepositie en weer. Op basis van dagelijkse simulatieresultaten konden de jaarlijkse water- en nitraatflux berekend worden op een diepte van 90 cm.

De gegenereerde gegevens werden uiteindelijk ingevoerd in het grondwatermodel, dat verder wordt toegelicht in het tweede onderdeel betreffende de verzadigde zone. Omwille van de ondiepe grondwatertafel in Brecht werd aangenomen dat de jaarlijkse fluxen op 90 cm zonder verdere vertraging het grondwater bereiken.

4.2 Werkwijze

4.2.1 Studiegebied

Het stroomgebied in Brecht werd afgebakend op basis van de resultaten van het grondwatermodel (Fig. 4.1). Het afgebakende gebied is ongeveer 147 ha groot. Het stroomgebied werd ingedeeld in een grid bestaande uit 587 cellen van 50 meter bij 50 meter. Voor elk van de cellen werd een aparte simulatie uitgevoerd.

4.2.2 Twee simulatieperiodes

Het EU-rotate_N model kan maximaal 30 opeenvolgende jaren simuleren. Er werden daarom 2 rotaties van 30 jaar gesimuleerd: van 1965 t.e.m. 1994 en van 1988 t.e.m. 2017. Er is een overlap van enkele jaren aangezien het model een opwarmperiode vereist voor initialisatie van de parameters voor bodemorganische stof. Ook daarom werd maar betrouwbare output gegenereerd vanaf het jaar 1968 t.e.m. het jaar 2017.

4.2.3 Toekennen van modelparameters

4.2.3.1 Databanken

Het model werd gevoed met verschillende parameters (). Elke cel binnen het stroomgebied werd gekarakteriseerd a.d.h.v. de bodembedekking, de bodemtextuur en het bodemorganische stofgehalte. Hiervoor

werden gegevens geëxtraheerd uit respectievelijk de bodembedekkingskaart (opname 2012, uitgegeven door AGIV op 4 februari 2016), de bodemkaart (versie 2.0, uitgegeven door DOV op 20 juni 2016 en de kaart 'Soil Organic Carbon Stock Maps for Belgium' (opname 2017, uitgegeven door DOV op 15 januari 2018). Vervolgens werden aan de gridcellen op jaarlijkse basis teelten, nateelten, bemestingsvormen en bemestingshoeveelheden toegewezen, waarbij gebruik gemaakt werd van recente gegevens die ter beschikking werden gesteld door de VLM en oudere gegevens van Statbel. De gemiddelde stikstofdepositie werd berekend op basis van cijfers van de VMM en toegepast over het hele stroomgebied. Het KMI verschaftte specifiek voor de regio Brecht dagelijkse weersgegevens voor de periode 1965-2017.

4.2.3.2 Bodembedekking

Bodembedekkingsklassen werden samengenomen en herleid tot 7 klassen (Tabel 4.1). Op basis van de bodembedekking werd eveneens bepaald welk type rotatie per gridcel werd uitgevoerd. Het grid werd over de bodembedekkingskaart gelegd en elke gridcel kreeg de bodembedekking toegewezen die de grootste oppervlakte van de cel innam.

Het stroomgebied Brecht bestaat voor 49% uit akkerland en 30% weiland (Fig. 4.3). Er is ook een groot aandeel bos (21%) en minder dan 1% wordt ingenomen door tuinen en parken. In het stroomgebied werd geen oppervlakte toegewezen aan infrastructuur of braakliggende gronden.

Tabel 4.1: Bodembedekking voor en na herleiding tot 7 klassen in het grid en het overeenkomstige rotatietype

| Bodembedekking BBK | Bodembedekking na herleiding (grid) | Type rotatie |
|--|--|--|
| Akker | akkerland | jaarlijkse teelt + nateelt met jaarlijkse dierlijke en minerale bemesting |
| Bomen Bomen (WBN) Bomen (WTZ) | bos | meerjarige teelt zonder bemesting waarbij waarden voor percolatie en uitspoeling worden nagestreefd voor bos zoals uit de literatuur |
| Overig Onafgedekt | braak | geen teelt, geen bemesting |
| Gebouwen Autowegen Spoorwegen Overig Afgedekt | infrastructuur | simulatie zonder percolatie en uitspoeling |
| Gras, Struiken Gras, Struiken (WBN) Gras, Struiken (WBZ) | tuin+park | meerjarige grasteelt met beperkte jaarlijkse minerale bemesting en 5 maaibeurten per jaar |
| Water | water | simulatie zonder percolatie en uitspoeling |
| Gras, Struiken (Lbgebrperc) | weiland | blijvend grasland = meerjarige grasteelt met jaarlijkse dierlijke en minerale bemesting en 5 maaibeurten per jaar |

4.2.3.3 Bodemorganische stof

Het bodemorganisch koolstofgehalte werd eveneens volgens het principe van de grootste oppervlakte toegewezen aan elke gridcel. De kaart vertoont echter plekken waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn. Gridcellen die daarmee overlappen kregen waarden toegewezen die m.b.v. interpolatie berekend werden, waardoor weliswaar ook cellen met infrastructuur als bodembedekking een waarde toegewezen kregen. Het bodemorganisch koolstofgehalte werd nadien omwille van de modelinvoer omgezet in het bodemorganische stofgehalte door dit te vermenigvuldigen met een factor 2. Het aandeel koolstof in de bodemorganische stof werd in het model dan ook gepreciseerd als 50%. Het bodemorganische stofgehalte in Brecht is in grote mate bepaald door de bodembedekking (Fig. 4.4 en Fig 4.5): op akkerland en weiland ligt dit meestal tussen 2 en 3% en onder bos tussen 3 en 5%.

4.2.3.4 Bodemtextuur

Ook de bodemtextuur werd volgens het principe van de grootste oppervlakte toegewezen aan elke gridcel. De bodemtextuur van het stroomgebied Brecht bestaat bijna uitsluitend uit zand (Fig 4.5).

Voor elke bodemtextuurklasse werden waarden toegekend aan de verschillende parameters die nodig zijn als modelinput (Tabel). Per textuurklasse werden gemiddelde zand, klei- en leemfracties gebruikt. De pH-H₂O werd eerder neutraal ingeschat, aangezien verondersteld wordt dat landbouwers hun percelen regelmatig bekalken. Hoe dan ook heeft de waarde van de pH in de eerder neutrale zone slechts een beperkte invloed op de nitraatuitspoeling. Voor de bulkdensiteit werden de waarden overgenomen die gehanteerd worden in het Compendium voor bemonsterings- en analysemethodes, zij het dat voor de toplaag aan alle textuurklassen een waarde van 1450 kg m⁻³ werd toegekend. Tot slot werden ook de bodemvochtparameters ingeschat (Tabel) op basis van de door Weynants aangepaste pedotransferfuncties van Vereecken (Weynants, 2009).

Tabel 4.2 : Bodemparameters per textuurklasse

| Textuurklasse | zand | leem | klei | pH-H ₂ O | bulkdensiteit (kg/m ³) | | |
|--------------------|------|------|------|---------------------|------------------------------------|----------|----------|
| | m% | m% | m% | | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm |
| Zand (Z) | 91 | 5 | 4 | 6.5 | 1450 | 1500 | 1500 |
| Lemig zand (S) | 75 | 16 | 9 | 6.5 | 1450 | 1500 | 1500 |
| Licht zandleem (P) | 59 | 35 | 6 | 6.5 | 1450 | 1500 | 1500 |
| Zandleem (L) | 33 | 58 | 10 | 6.5 | 1450 | 1500 | 1500 |
| Leem (A) | 8 | 79 | 13 | 6.5 | 1450 | 1500 | 1500 |
| Klei (E) | 41 | 27 | 32 | 7.5 | 1450 | 1500 | 1500 |
| Zware klei (U) | 33 | 8 | 60 | 7.5 | 1450 | 1500 | 1500 |

Tabel 4.3: Bodemvochtparameters per textuurklasse (REW = snel beschikbaar water voor verdamping, VC = veldcapaciteit, VP = verwelkingspunt, SAT = verzadiging)

| Textuurklasse | 0-30 cm | | | | | 30-90 cm | | | |
|--------------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|
| | REW mm | VC vol% | VP vol% | SAT vol% | PBW vol% | VC vol% | VP vol% | SAT vol% | PBW vol% |
| Zand (Z) | 6.849 | 0.171 | 0.050 | 0.404 | 0.121 | 0.167 | 0.049 | 0.396 | 0.118 |
| Lemig zand (S) | 7.922 | 0.223 | 0.085 | 0.410 | 0.138 | 0.219 | 0.083 | 0.402 | 0.136 |
| Licht zandleem (P) | 8.168 | 0.234 | 0.091 | 0.407 | 0.143 | 0.229 | 0.089 | 0.399 | 0.140 |
| Zandleem (L) | 8.949 | 0.272 | 0.118 | 0.412 | 0.154 | 0.267 | 0.115 | 0.404 | 0.152 |
| Leem (A) | 9.480 | 0.292 | 0.123 | 0.416 | 0.169 | 0.286 | 0.121 | 0.408 | 0.165 |
| Klei (E) | 9.814 | 0.347 | 0.213 | 0.440 | 0.134 | 0.341 | 0.209 | 0.432 | 0.132 |
| Zware klei (U) | 10.492 | 0.431 | 0.336 | 0.477 | 0.095 | 0.423 | 0.330 | 0.469 | 0.093 |

4.2.3.5 Teelten en nateelten

Voor gridcellen met bodembedekkingsklasse 'akkerland' werd jaarlijks een teelt en nateelt bepaald. De werkwijze hiervoor is afhankelijk van de simulatieperiode.

Simulatieperiode 1988-2017

Voor de periode 1998-2017 werd het grid over de teeltkaarten gelegd en werd volgens het principe van de grootste oppervlakte aan elke gridcel jaarlijks een teelt toegewezen. Op dezelfde wijze werd jaarlijks een nateelt (inclusief vanggewassen) aan het grid toegewezen.

De teeltgegevens die gekend zijn voor de periode 1998-2017 tonen aan dat de voedergewassen maïs en gras de meest voorkomende teelten zijn op landbouwpercelen in Brecht (

Fig). Alle door het model gekende teelten in het stroomgebied werden gesimuleerd, waarbij sommige teelten vervangen werden door vergelijkbare teelten (bv. triticale door wintertarwe). Enkel voor asperge konden geen modelparameters bepaald worden. Voor deze teelt op akkerland werd, net als voor 'niet-gekende' en 'andere' teelten, een éénjarige braak zonder bemesting gesimuleerd. Er is in dat geval geen simulatie van de opname, noch van de transpiratie, maar wel van de uitspoeling van minerale N vrijgesteld uit bodemorganische stof en uit de oogstresten van een mogelijke teelt van het voorafgaande jaar.

De precisie van de door de VLM verzamelde teeltgegevens neemt weliswaar toe in de tijd. Zo werd tijdens t.e.m. 2007 nog geen opsplitsing gemaakt tussen verschillende soorten groenten. Voor gridcellen met de waarde 'groenten' in die periode werd daarom willekeurig een groenteteelt toegekend die in de periode nadien (2008-2017) op hetzelfde perceel geregistreerd werd. Daarbij werd ook rekening gehouden met de frequentie van voorkomen van die groenteteelt. Indien in de periode 2008-2017 geen groente werd geteeld op het perceel, werd willekeurig een teelt gekozen uit de lijst van de in het stroomgebied geregistreerde groenten. Ook de nateelten en met name de groenbemesters zijn niet altijd precies omschreven. Indien er 'groenbemester' staat wordt er willekeurig een groenbemester gekozen uit een lijst van groenbemesters.

Voor de periode 1988-1996 zijn er op perceelsniveau geen gegevens beschikbaar over de teelten en de nateelten en voor 1997 is deze informatie in Brecht slechts voor een deel van de percelen beschikbaar. Er werd daarom elk jaar willekeurig een teelt toegekend die in de periode nadien (1998-2017) op hetzelfde perceel geteeld werd. Daarbij werd ook rekening gehouden met de frequentie van voorkomen van die teelt. Voor de nateelt werd ervan uitgegaan dat voor ingang van het Mestdecreet (dus tot en met 1990) enkel groenbemesters werden geteeld na granen, en dit op 10% van de percelen met granen. Er werd willekeurig een groenbemester gekozen uit een lijst van groenbemesters. Voor de jaren 1991-1997 werd dit percentage voor percelen met granen verhoogd naar 50% en werd er bovendien op 25% van de percelen met snijmaïs een nateelt gras gesimuleerd. Daarnaast werd in de hele periode 1965-1997 een tweede teelt groenten gesimuleerd op 50% van de percelen met een mogelijke eerste teelt groenten.

Simulatieperiode 1965-1994

Voor deze periode zijn geen gegevens beschikbaar op perceelsniveau. Voor de recentere jaren 1980-1994 zijn cijfers beschikbaar over de indeling van het landbouwareaal per gemeente (Statbel). De verschillende teelten werden op jaarlijkse basis overeenkomstig hun aandeel voor de gemeente Brecht willekeurig verdeeld over de gridcellen met bodembedekking 'akkerland'. Voor de teeltcategorie 'groenten' werd willekeurig een groente toegewezen uit een lijst van groenten.

Voor de oudere jaren 1965-1979 zijn geen gegevens beschikbaar op gemeenteniveau, maar wel op niveau van de landbouwstreken (Statbel). Voor Brecht werden cijfers voor de Kempen aangewend. Hierbij werd uitgegaan van de laatst gekende teeltverdeling op gemeenteniveau (jaar 1980) en werd het aandeel van elke teelt terug in de tijd gewijzigd overeenkomstig de evolutie in de Kempen (met

interpolatie per 5 jaar). De verdeling van de teelten over de gridcellen gebeurde opnieuw willekeurig.

4.2.3.6 Dierlijke bemesting

Voor gridcellen met bodembedekkingsklasse 'akkerland' en 'weiland' werd jaarlijks de toediening van dierlijke mest gesimuleerd. Er werd in de meeste gevallen jaarlijks één dosis dierlijke mest toegediend. Enkel voor percelen waarop twee groenteteelten na elkaar worden gesimuleerd, werd de bemesting opgedeeld in twee dosissen, één voorafgaand aan elke teelt. Op groenbemesters werd geen bemesting gesimuleerd. De gevolgde werkwijze voor het berekenen van de dierlijke bemestingsdosis is opnieuw afhankelijk van het jaartal.

Periode 2007-2017

Er werd verondersteld dat de teelt- en textuurspecifieke bemestingsnormen volledig werden gevolgd. Daarbij werd uitgegaan van een maximale invulling van de dierlijke bemestingsnorm, waarbij rekening werd gehouden met de bemestingsnormen voor zowel stikstof als fosfor.

Voor de simulatie van de dierlijke bemesting werd eveneens de mestsoort bepaald, waarbij een keuze gemaakt wordt tussen rundermengmest, varkensmengmest, vaste paardenmest en vaste kippenmest. Aan alle percelen van een landbouwbedrijf werd de mestsoort toegewezen die op het bedrijf het grootste aandeel in de totale productie aan dierlijke N innam. Deze cijfers zijn beschikbaar voor de periode 2007-2017 (VLM). In het stroomgebied Brecht komen voornamelijk runderen voor, maar ook paarden en varkens (Fig. 4.7). Merk op dat niet aan alle cellen een mestsoort kon worden toegewezen door interpolatie: vaak was dit op bospercelen, aan cellen akkerland en weiland waarop de mestsoort ontbrak werd uiteindelijk willekeurig een mestsoort toegewezen, rekening houdend met het relatieve voorkomen van de verschillende mestsoorten in het gebied.

Periode 1965-1995

Voor de jaren voorafgaand aan de ingang van het Mestdecreet (1991) en ook tijdens de eerste fase van het mestactieplan (MAP1, 1991-1995) werd aangenomen dat de geproduceerde dierlijke mest volledig afgezet werd op eigen grond of gronden in de onmiddellijke omgeving van het bedrijf. De jaarlijkse gemiddelde dosis dierlijke N werd dan ook berekend overeenkomstig de berekende uitscheiding op basis van de dieren aantallen, waarbij gebruik gemaakt werd van de oudste richtwaarden voor de mestproductie en mestsamenstelling (VLM). Cijfers over dieren aantallen zijn beschikbaar op gemeentelijk niveau voor de jaren 1980-1995 en op niveau van de landbouwstroken voor de jaren 1965-1980 (Statbel). Er werd, net als voor de teelten, uitgegaan van de laatst gekende dieren aantallen op gemeentelijk niveau (jaar 1980), die vervolgens terug in de tijd gewijzigd werden overeenkomstig de evolutie in de Kempen (**Error! Reference source not found.**).

Voor de bepaling van de mestsoort werd vertrokken vanuit de oudste gekende situatie (2007) en werd de mestsoort behouden of veranderd volgens probabiliteiten

overeenstemmend met jaarlijkse regionale veranderingen in het aandeel van de verschillende mestsoorten (**Error! Reference source not found.**).

Aangezien ook voor ingang van het mestdecreet al rekening gehouden werd met de stikstofvraag van het gewas, werd de gemiddelde bemestingsdosis per teelt vermenigvuldigd met een factor. Deze teeltfactor werd bepaald door simulaties uit te voeren over een periode van 10 jaar en de gesimuleerde maximale stikstofopname van elke teelt te delen door de gemiddelde maximale stikstofopname van alle teelten. De teeltfactor werd jaarlijks herschaald door de voorwaarde op te leggen dat de gewogen gemiddelde teeltfactor over het hele stroomgebied elk jaar gelijk moet zijn aan 1. Op die manier werd verzekerd dat de bemestingsdruk in het stroomgebied werd gerespecteerd.

Periode 1996-2006

Voor deze overgangperiode werd aangenomen dat de norm nog steeds overschreden werd, zij het in steeds mindere mate door het stijgend aantal mesttransporten en de toename in mestverwerking. Daarom werd jaar na jaar het verschil berekend tussen enerzijds de dierlijke N berekend uit de gemeentelijke dierenaantallen en anderzijds de bemestingsnorm. Dit verschil werd vermenigvuldigd met een met de tijd groter wordende afnamefactor en opgeteld bij de bemestingsnorm zodat er een lineaire afname van de bemesting werd gesimuleerd, tot in 2007 de bemestingsnorm werd gerespecteerd.

4.2.3.7 Minerale bemesting

Op gridcellen met bodembedekkingsklasse 'akkerland' en 'weiland' werd naast een dierlijke bemesting ook jaarlijks de toediening van een dosis kunstmest gesimuleerd, onder de vorm van ammoniumnitraat. Net als voor de dierlijke mest werd deze eenmalig toegediend, maar werd die opgedeeld in twee dosissen wanneer twee groenteteelten na elkaar werden gesimuleerd.

De berekening van de minerale bemestingsdosis is opnieuw afhankelijk van het jaartal.

Periode 2007-2017

Er werd verondersteld dat de teelt- en textuurspecifieke bemestingsnormen volledig werden gevolgd. De minerale N-dosis werd berekend uit het verschil van de totale N-bemestingsnorm en de berekende dierlijke N-dosis. Vanaf 2015 werd het systeem van de werkzame N gehanteerd.

Periode 1965-2006

Voor deze periode werd noodzakelijkerwijs gewerkt met nationale gemiddelden (Statbel en EMAV), aangezien er geen cijfers beschikbaar zijn op regionaal of gemeentelijk niveau. Tussen 1985 en 1990 ontbraken gegevens en werden de cijfers geïnterpoleerd (Fig.).

4.2.3.8 Stikstofdepositie

Voor de N-depositie in Brecht werden gegevens verkregen van het VLOPS-model van de VMM. Aangezien het model niet toelaat om jaarlijkse cijfers in te voeren, werd over de tweede simulatieperiode (1988-2017) een gemiddelde N-depositie berekend en toegepast. Deze bedroeg in Brecht 42 kg N ha⁻¹ per jaar. Aangezien voor de eerste simulatieperiode (1965-1994) geen cijfers over depositie beschikbaar zijn, werd aangenomen dat de N-depositie vergelijkbaar was in de eerste en de tweede simulatieperiode. Gedurende de eerste periode werd immers een stijging van de N-depositie verondersteld, terwijl in de tweede periode de depositie afnam door specifieke maatregelen.

4.2.3.9 Weersgegevens

Specifiek voor Brecht werden ruimtelijk geïnterpoleerde gegevens door het KMI ter beschikking gesteld voor de periode 1965-2017:

- minimale, maximale en gemiddelde dagelijkse temperatuur
- dagelijkse hoeveelheid neerslag
- dagelijkse gemiddelde windsnelheid
- dagelijkse potentiële evapotranspiratie

4.3 Resultaten

4.3.1 Gesimuleerde uitspoeling in het stroomgebied Brecht

Zowel de nitraatuitspoeling als de waterpercolatie werd op dagelijkse basis gesimuleerd op een diepte van 90 cm en geaccumuleerd tot jaarlijkse cijfers, waarmee ook de gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie in het percolerend water berekend werd. De ter illustratie weergegeven resultaten voor uitspoeling in

Fig zijn deze voor 2013, een jaar met een hoeveelheid aan percolerend water (313 mm) net boven het langjarig gemiddelde voor Brecht (288 mm).

Voor 2013 bleek de percolatie niet zo variabel en beperkt afhankelijk van de teelt in dat jaar: zo lag die algemeen tussen 300 en 400 mm en was die iets kleiner op percelen met de teeltcombinatie gras-mais-gras/snijrogge (250-300 mm). De hoeveelheid uitgespoelde nitraatstikstof in 2013 werd grotendeels bepaald door de teelt en nateelt van 2013, en slechts in mindere mate door de teelt en nateelt van 2012, aangezien de uitspoeling op deze zandbodems in beide winters (2012-2013 en 2013-2014) door de overvloedige regenval grotendeels voor de jaarwisseling plaats greep. Opvallend zijn o.a. de algemeen hogere uitspoeling op weiland en de verminderde nitraatuitspoeling na broccoli indien gevolgd door een tweede teelt Chinese kool. Ondanks de soms grote hoeveelheden stikstof die uitspoelen, blijft de nitraatconcentratie nog enigszins beperkt omwille van de relatief sterke verdunning. Onder bos, tuinen en parken werden lagere hoeveelheden nitraatuitspoeling en nitraatconcentraties gesimuleerd.

De jaarlijkse waterpercolatie op 90 cm over het hele stroomgebied fluctueert sterk en is gemiddeld 288 mm (Fig.). Dit gemiddelde is vergelijkbaar met het langjarig gemiddelde gesimuleerd door het model Wetspass (Batelaan et al., 2006) voor zandbodems in Vlaanderen (Fig.).

De gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie over het hele stroomgebied vertoont net als de waterpercolatie een erg grillig verloop, met waarden tussen 103 en 1200 mg NO₃ L⁻¹ (Fig.). Er is sprake van een opwaartse trend tot midden de jaren '80, gevolgd door een gestage afname tot een concentratie wordt bereikt die schommelt tussen ongeveer 100 en 200 mg NO₃ L⁻¹ in de meest recente jaren. Pieken in de nitraatconcentratie treden vooral op aan het einde van drogere periodes. Tijdens drogere periodes (bv. 1972) spoelt slechts een beperkte hoeveelheid nitraat uit. Eenmaal het – ook al is het beperkt – terug iets natter wordt (bv. 1973) spoelen op zandbodems de tijdens de drogere periode geaccumuleerde hoeveelheden nitraat snel uit, waardoor de concentratie ook hoog ligt. Het grillige verloop van de nitraatconcentratie wordt bovendien geaccentueerd doordat de gemiddelde concentratie per kalenderjaar werd berekend: in een droog najaar zullen de nitraten immers pas grotendeels uitspoelen na 1 januari, waardoor er naast kalenderjaren met één periode van intense uitspoeling in het najaar ook kalenderjaren zijn zonder sterke uitspoeling en kalenderjaren met twee periodes van intense uitspoeling, in het voorjaar en in het najaar.

4.3.2 Nitraatconcentratie voor de verschillende bodembedekkingen

De jaarlijkse gemiddelde nitraatconcentratie is in het stroomgebied Brecht het hoogst voor weiland en slechts iets lager voor akkerland, veel lager voor tuinen en parken en het laagste voor bos (Fig.). De nitraatconcentratie is sinds de volledige implementatie van de bemestingsnormen in 2007 duidelijk afgenomen, maar is voor akkerland en weiland nog steeds groter dan 50 mg NO₃ L⁻¹.

4.3.3 Gesimuleerde bemesting, nitraatresidu en nitraatconcentratie op akkerland en weiland

De gesimuleerde bemestingsdruk op akkerland vertoont behoorlijk grote veranderingen doorheen de tijd (

Fig.): er is een snelle toename tot het jaar 1990 en vervolgens een nog snellere afname tot in 2007, wanneer de bemestingsnormen ten volle geïmplementeerd worden, een evenwicht bereikt wordt. De nitraatconcentratie volgt dezelfde trend en vertoont een maximum van 1489 mg NO₃ L⁻¹ in 1990 en een minimum van 117 mg NO₃ L⁻¹ in 2011.

De gesimuleerde bemestingsdruk volgt hetzelfde verloop op weiland, met een piek in 1991 (

Fig). De maximale concentratie van $1890 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ wordt bereikt in 1974, de minimale concentratie van $86 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ in 2007.

Het gesimuleerde nitraatresidu wordt telkens voor 15 oktober weergegeven, zowel op akkerland (Fig.) als op weiland (Fig). De gesimuleerde nitraatconcentratie en het nitraatresidu gaan hand in hand, zij het dat de respons van de nitraatconcentratie op het nitraatresidu soms één jaar later komt wanneer de uitspoeling plaats vindt in het begin van het daaropvolgende kalenderjaar. Op akkerland en weiland wordt op 15 oktober een gemiddeld nitraatresidu gesimuleerd van respectievelijk 225 en 229 kg N ha⁻¹ over de volledige simulatieperiode. Bij implementatie van de bemestingsnormen in 2007-2017 is dat gemiddeld nog 76 en 93 kg N ha⁻¹. Er werd in Brecht een maximaal nitraatresidu gesimuleerd van respectievelijk 538 en 547 kg N ha⁻¹. Zowel op akkerland als op weiland schommelen de laagste nitraatresiduen op 15 oktober tussen 50 en 100 kg N ha⁻¹, terwijl de overeenkomstige gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentraties rond de $100 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ liggen.

4.3.4 Validatie nitraatresidu

De validatie van de modelresultaten werd uitgevoerd a.d.h.v. de door de VLM op jaarlijkse basis (2007-2017) in het stroomgebied gemeten nitraatresiduen tussen 1 oktober en 15 november. De gemeten nitraatresiduen werden vergeleken met de gesimuleerde waarden op 15 oktober, maar een puntsgewijze validatie was niet aan de orde. Het EU-Rotate_N model is gebruikt in eerdere studies waarbij telkens bleek dat indien de bodemeigenschappen van een specifiek perceel gekend en gekalibreerd zijn, de aan- en afvoer van nutriënten effectief gemeten worden en er precies geweten is welke handelingen wanneer zijn uitgevoerd op het perceel, de simulaties zeer nauw aansluiten bij metingen. In deze studie bevinden we ons echter in een totaal andere situatie. De simulaties gebeuren op basis van gegevens uit databanken (textuur, bodemorganische stof), die niet op perceelniveau verzameld zijn, maar op schaal van het stroomgebied wel betrouwbaar zijn. De simulaties zijn daardoor niet altijd even accuraat op perceelniveau, maar de gemiddelde output van de verschillende simulaties is op jaarlijkse basis wel relevant voor het stroomgebied. In deze validatie wordt daarom enkel nagegaan of de nitraatresidumetingen al dan niet systematisch onderschat of overschat werden door de modelresultaten. De gemiddelde fout (= simulatie - meting) bedraagt hier 53 kg N ha^{-1} en toont aan dat in Brecht de gemeten nitraatresiduen door de simulatie algemeen sterk overschat werden (Fig). De trendanalyse van het nitraatresidu doorheen de tijd (Fig) bevestigt dat er sprake is van een systematische overschatting. De gefitte lineaire trend is bovendien eerder dalend voor de gesimuleerde nitraatresiduen en eerder stijgend voor de gemeten nitraatresiduen.

4.4 Besluit

Het stroomgebied Brecht bestaat grotendeels uit zandbodems en wordt gekarakteriseerd door zowel landbouwgebruik (akkerbouw en veeteelt) als niet-landbouwgebruik (met name bos). De historische bemestingsdruk is er eerder hoog t.o.v. andere stroomgebieden. De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het percolerend water op een diepte van 90 cm bedraagt $389 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ voor de periode 1968-2017. Dit is relatief hoog, niet alleen als gevolg van

de bemestingsdruk maar ook door de snelle en intense uitspoeling doorheen de zandige bodemtextuur. Door het grote aandeel bos wordt de gemiddelde concentratie echter nog enigszins gereduceerd. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van $143 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ gesimuleerd.

Fig. 4.1: Stroomgebied Brecht

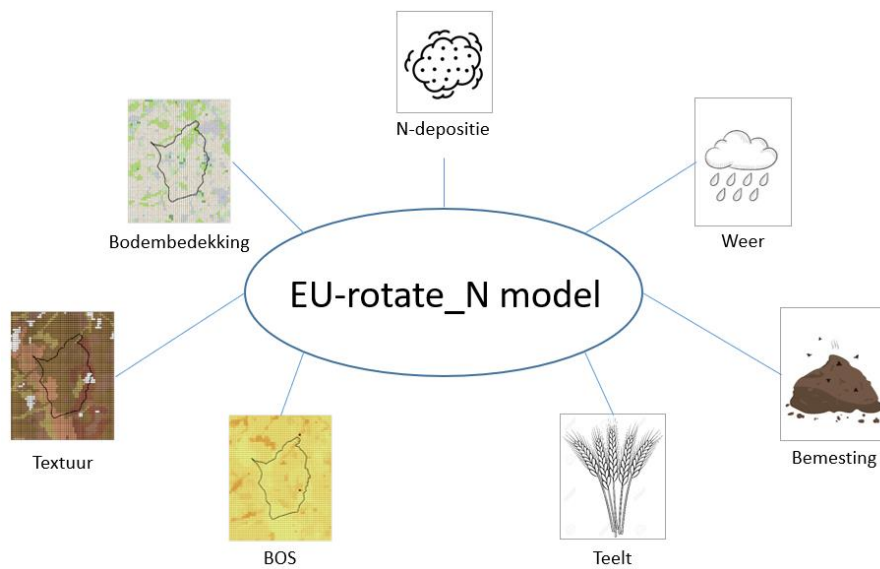


Fig. 4.3 Verdeling van de bodembedekking voor het stroomgebied Brecht

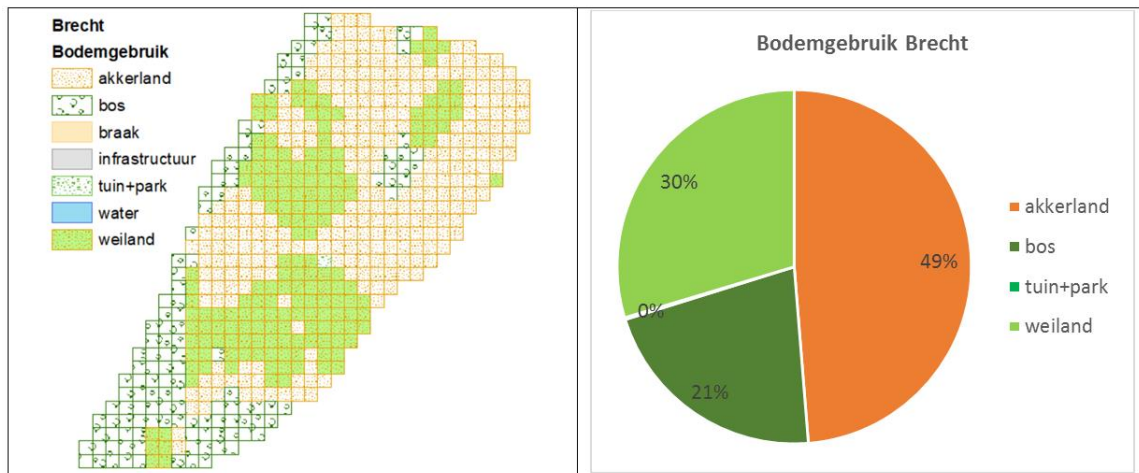


Fig. 4.4: Verdeling van het bodemorganische stofgehalte (in g BOS g⁻¹ droge bodem) voor het stroomgebied Brecht

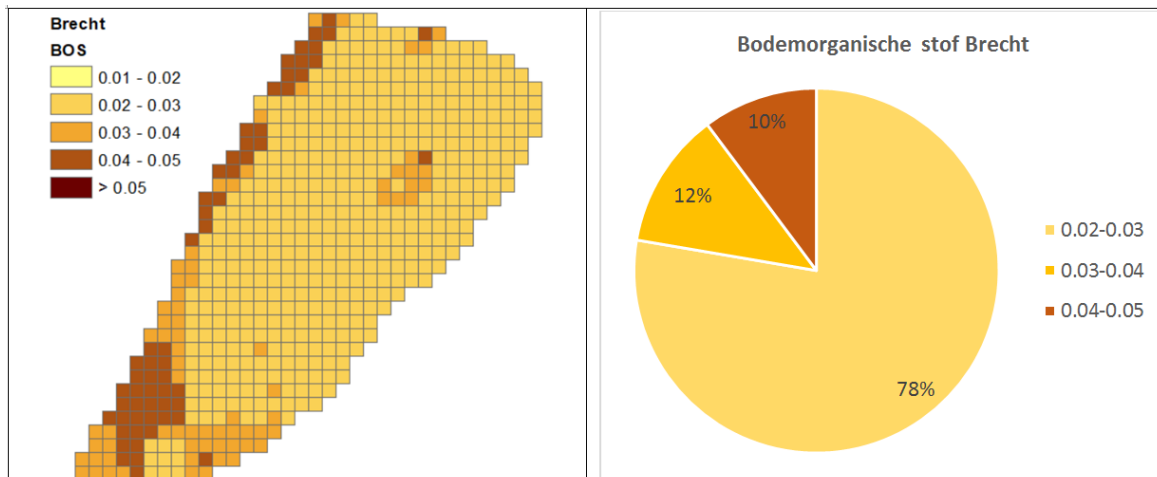


Fig 4.5 Verdeling van de bodemtextuur voor het stroomgebied Brecht

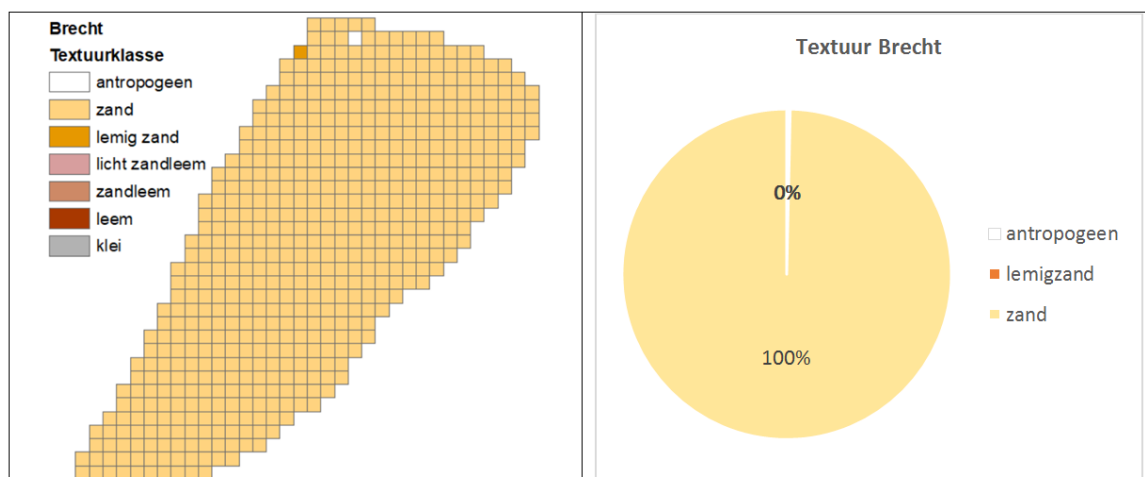


Fig 4.6 Verdeling van de teelten voor de periode 1998-2017 in het stroomgebied Brecht

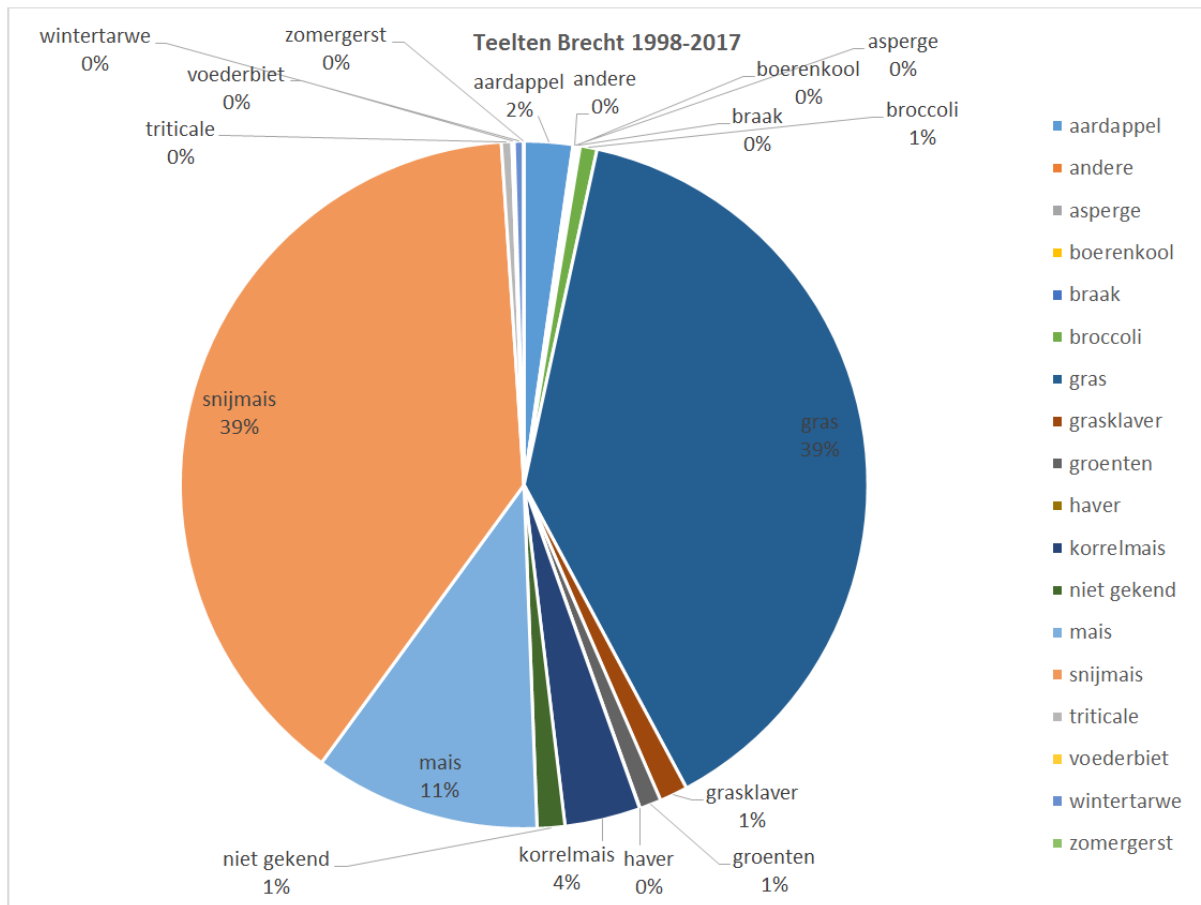


Fig. 4.7 Dierlijke mestsoort gesimuleerd voor 2012 in het stroomgebied Brecht

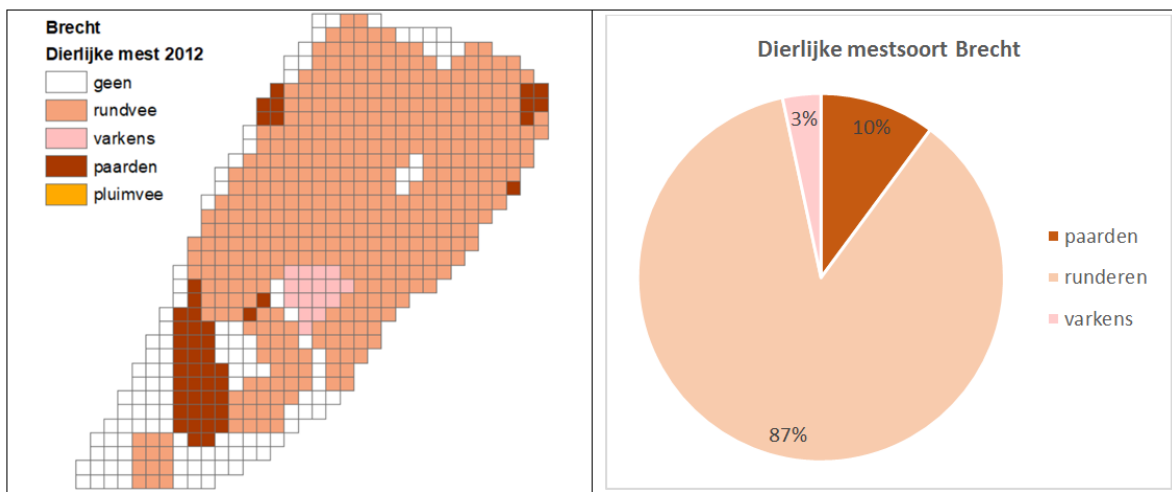


Fig.4.8 Evolutie van de dierlijke N-productie per diersoort per ha landbouwgrond in de regio Brecht

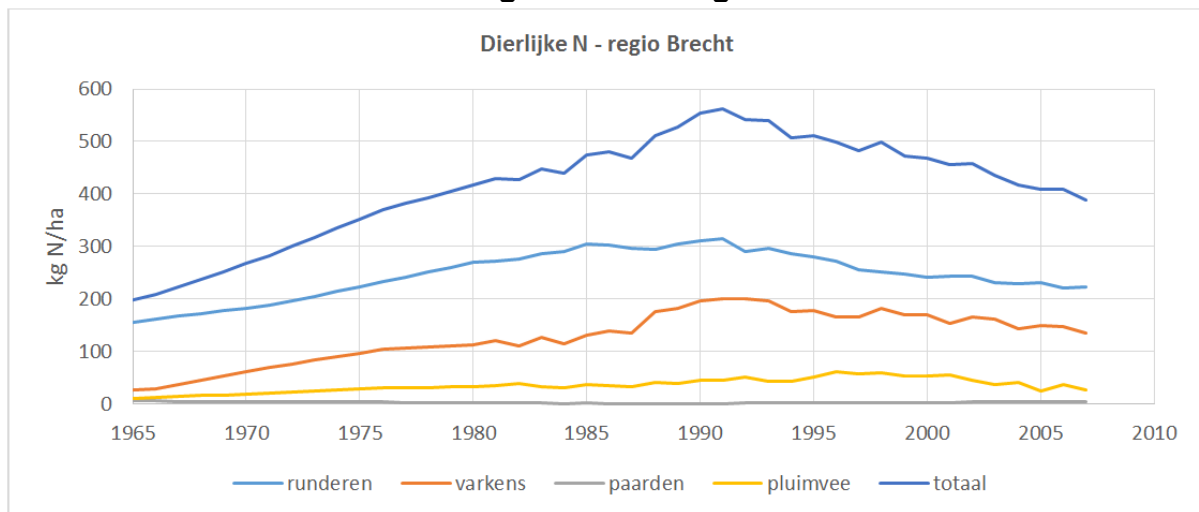


Fig.4.9 Evolutie van de gemiddelde minerale N-bemesting per ha landbouwgrond in België

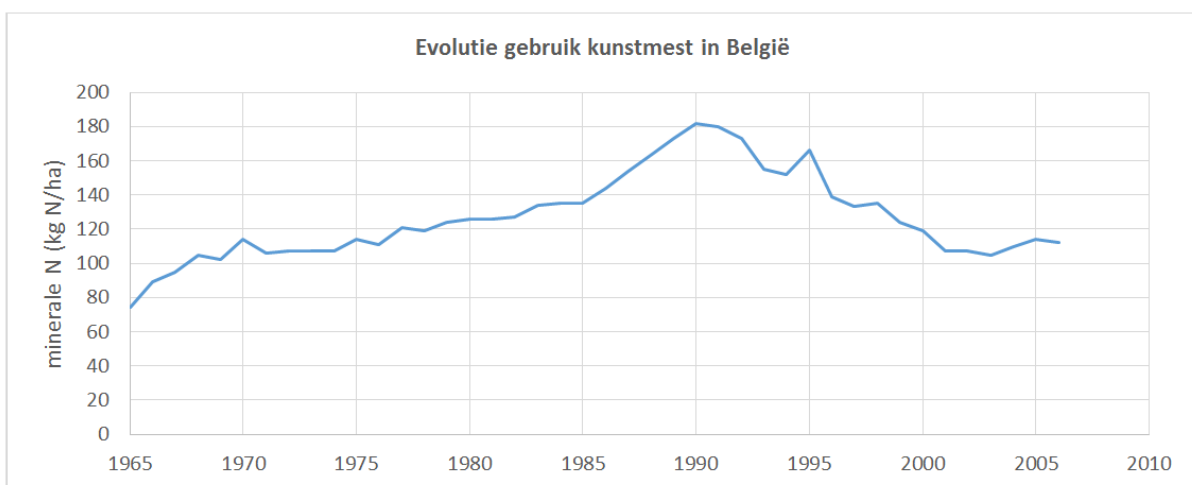


Fig 4.10 Gesimuleerde teelt en nateelt, waterpercolatie, stikstofuitspoeling en nitraatconcentratie in 2013. De cijfers die hier weergegeven worden zijn gegenereerd op basis van simulaties en kunnen niet eenduidig worden toegewezen aan landbouwpercelen omwille van de berekeningswijze

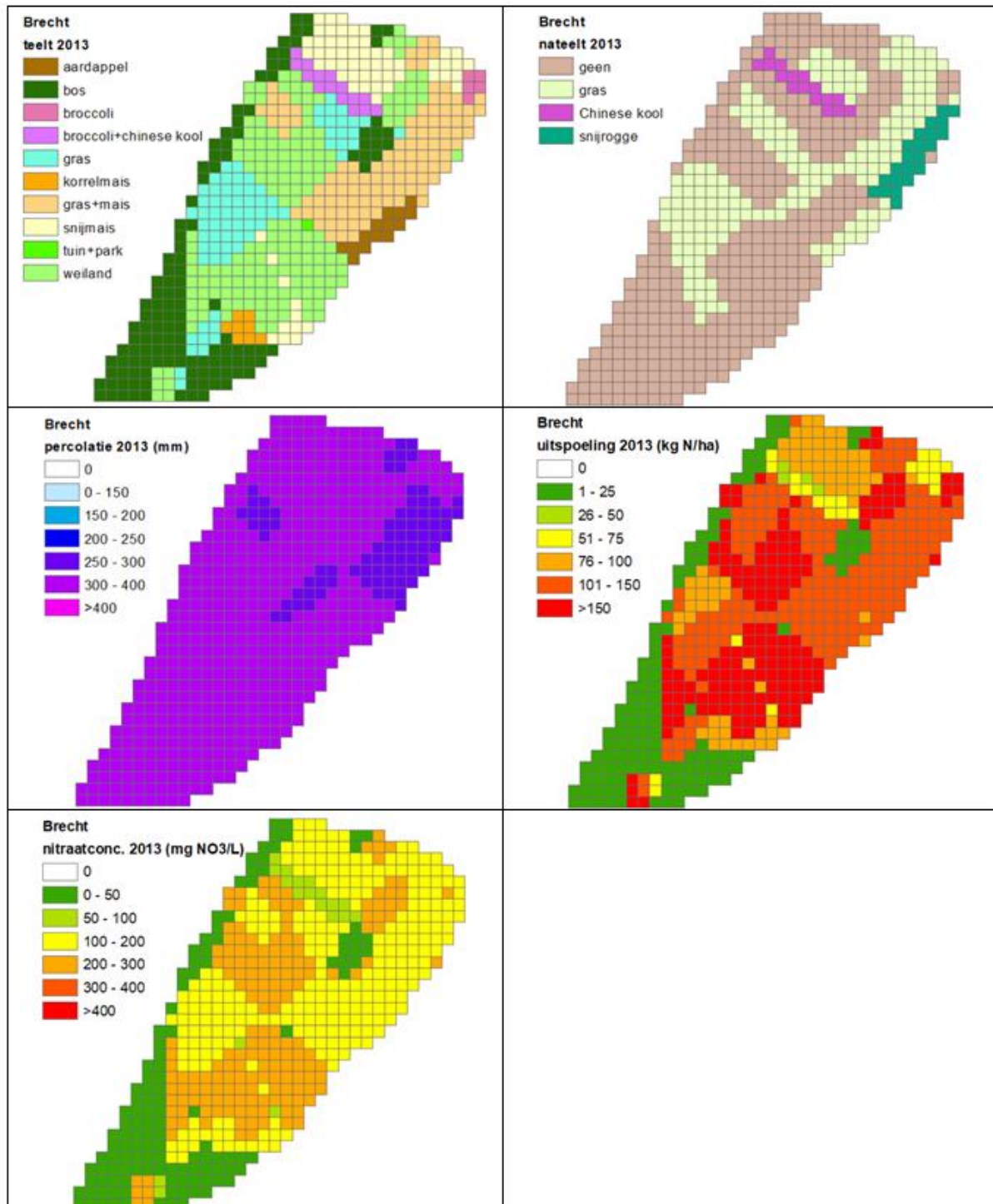


Fig. 4.11 : Gesimuleerde jaarlijkse stikstofuitspoeling, waterpercolatie en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor het hele stroomgebied

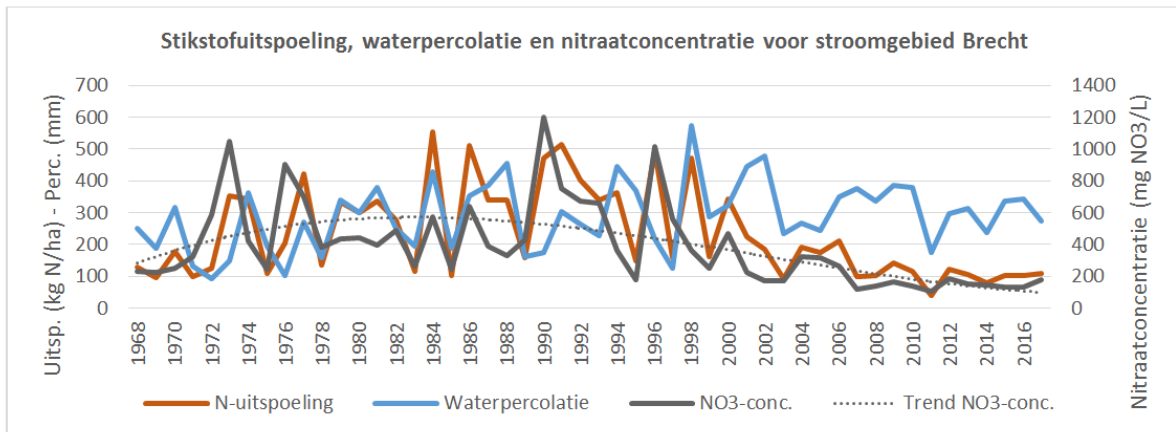


Fig. 4.12: Langjarig gemiddelde grondwatervoeding voor Vlaanderen in functie van de bodemtextuur. Verticale balken geven de standaardafwijking weer

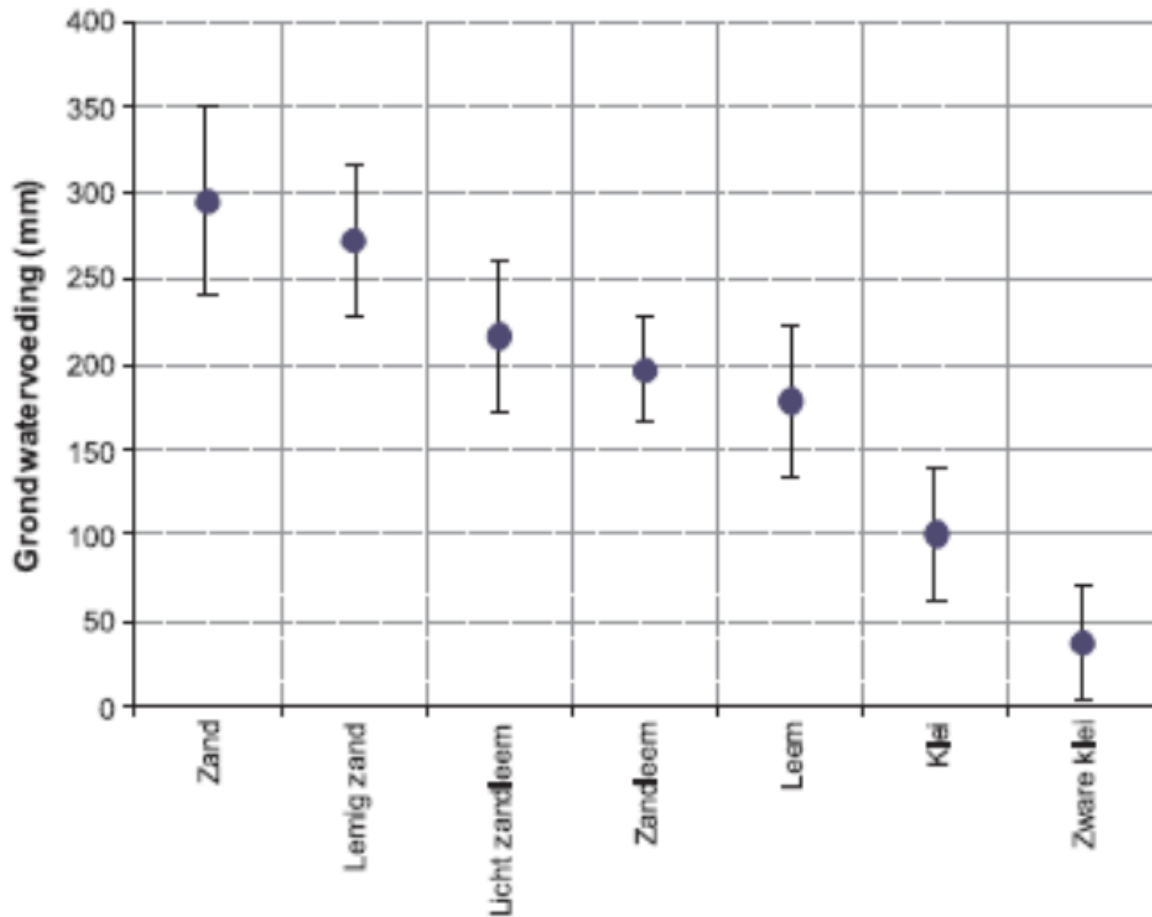


Fig. 4.13 Gemiddelde, minimum en maximum voor de jaarlijkse gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie per bodembedekkingstype over de volledige periode (1968-2017). Ook het gemiddelde voor de periode 2007-2017, met 100% implementatie van de bemestingsnorm, is weergegeven.

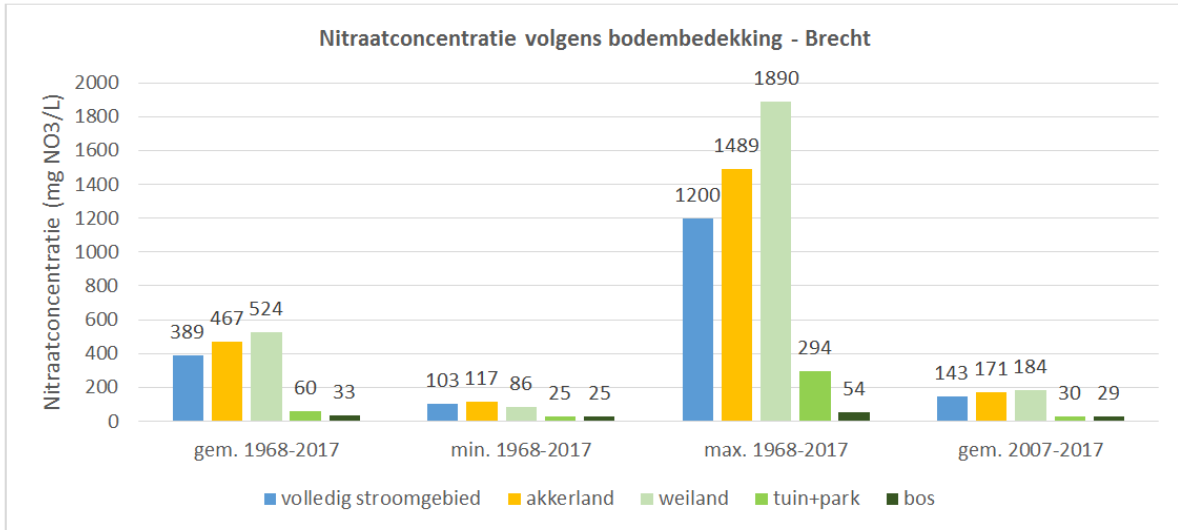


Fig. 4.14 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland

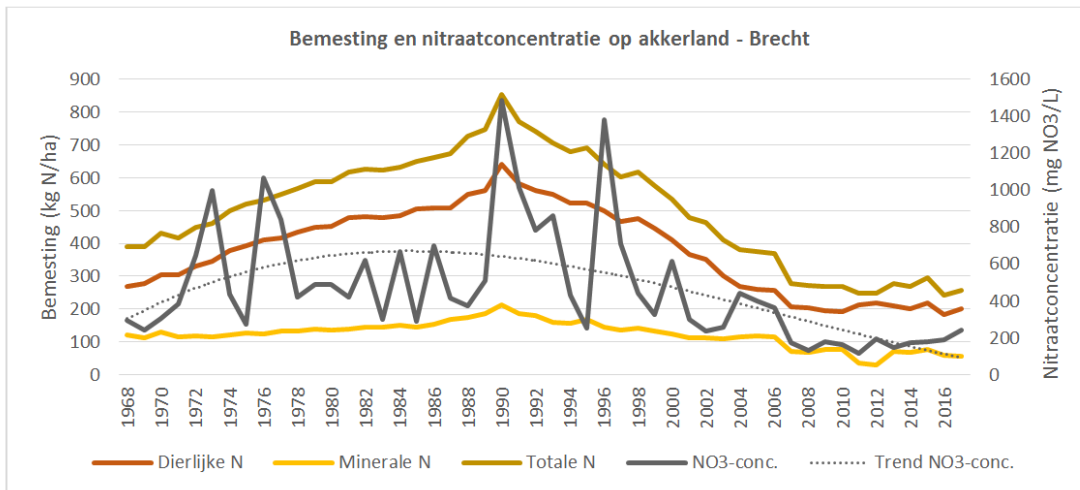


Fig 4.15 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland

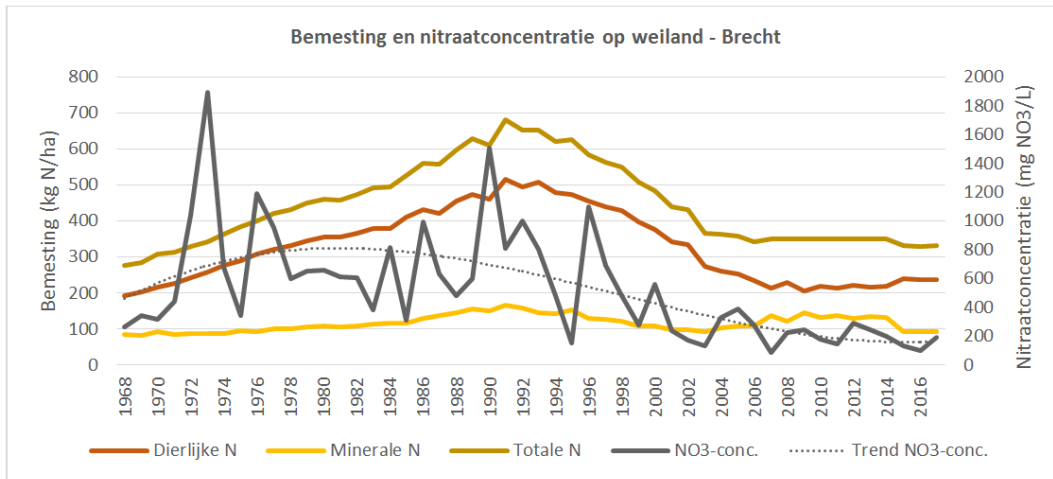


Fig. 4.16 Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland

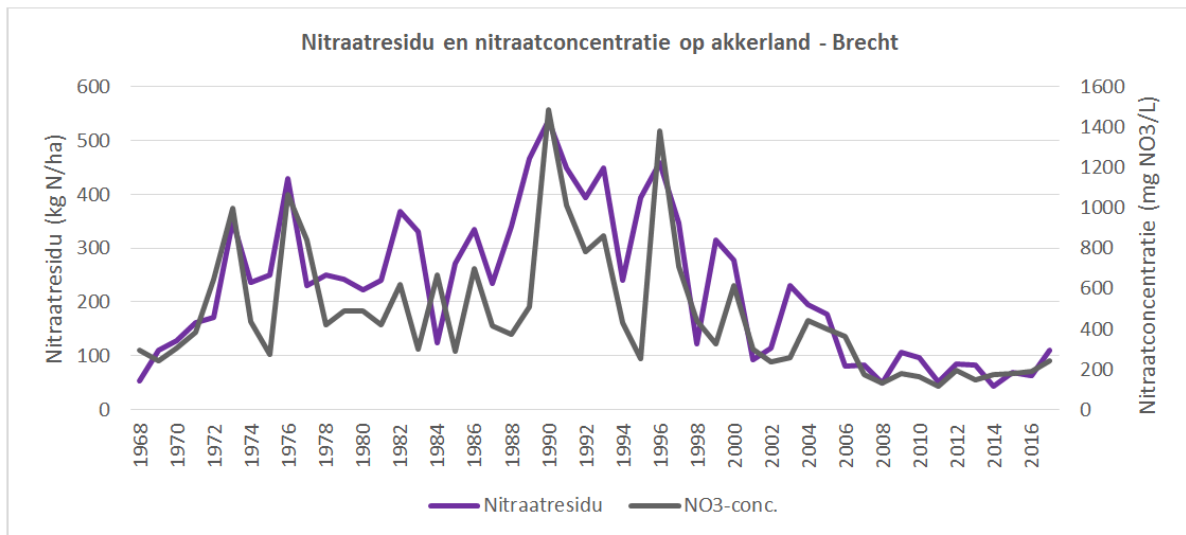


Fig 4.17: Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland

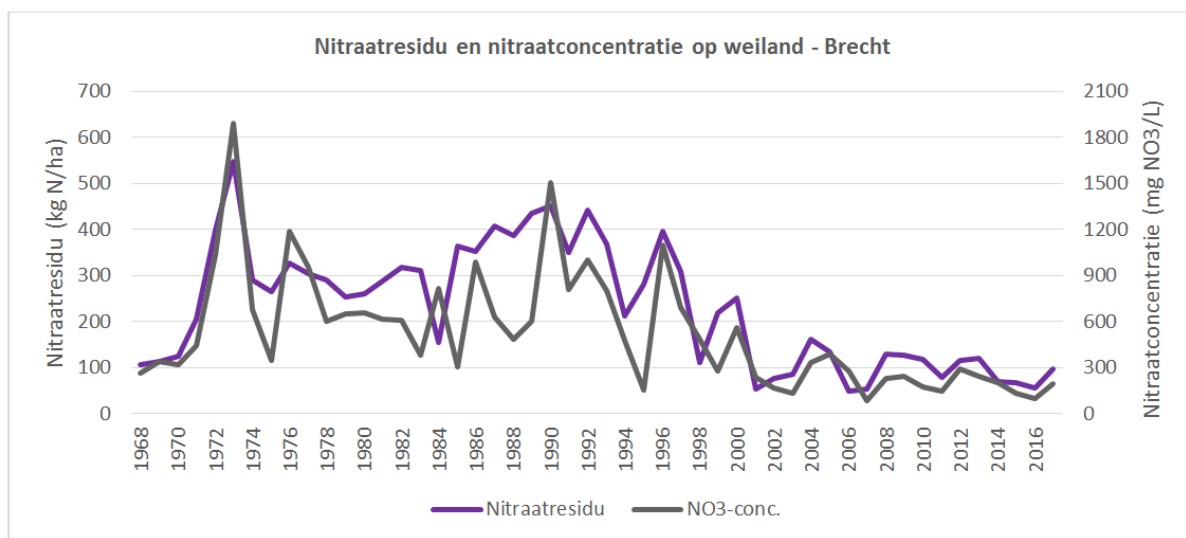


Fig 4.18 Gemeten versus gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)

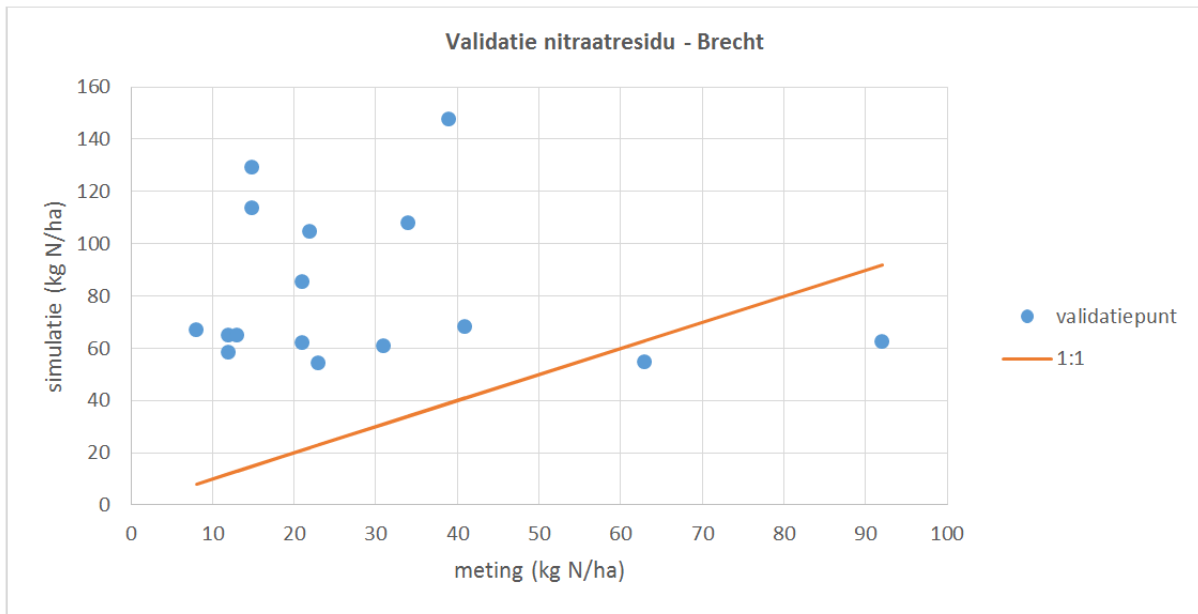
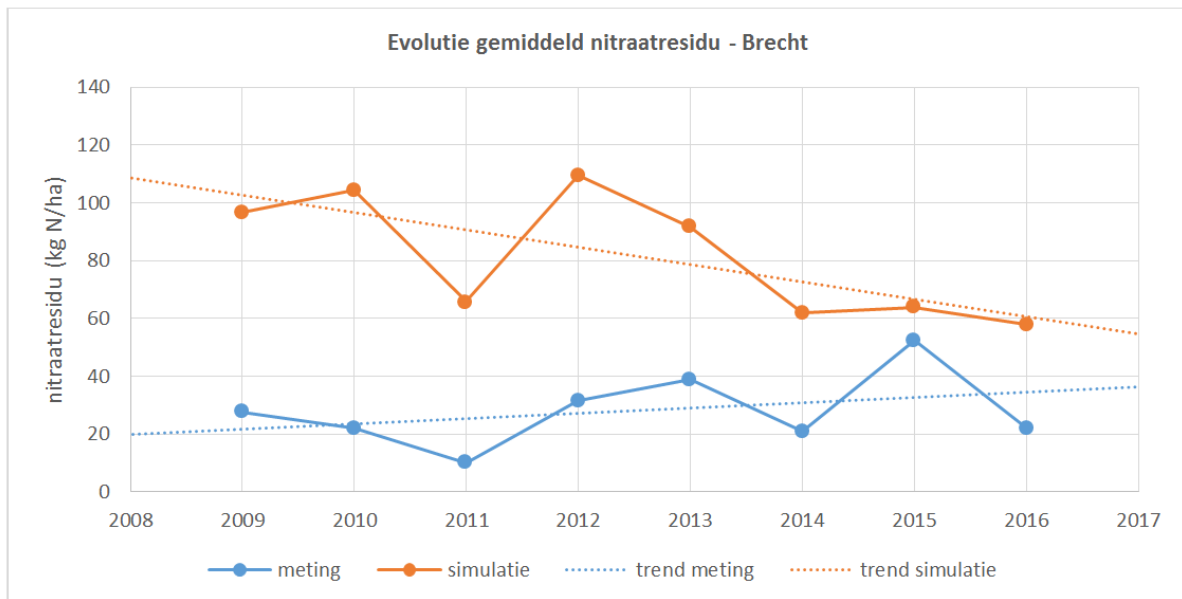


Fig 4.19 Verloop en lineaire trend van het jaarlijks gemiddelde van de gemeten en gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)



5 Topassing van het BFN model : deel verzadigde zone

5.1 Modelinvoer

Resultaten model onverzadigde zone

Het BFN model van de verzadigde zone loopt over een periode van 50 jaar (1968-2017). Het model van de onverzadigde zone levert jaarlijkse waarden voor de grondwateraanvulling en de nitraatconcentratie in het bodemperkolaat in elke gridpunt van een netwerk met een spatiale resolutie van 50 m. Deze ruimtelijke distributie werd geaggregeerd in een spatiaal gemiddelde met jaarwaarden voor de gemiddelde aanvulling per jaar en gemiddeld nitraatgehalte. Deze spatiale gemiddelden werden grafisch voorgesteld d.m.v. kolomgrafieken.

Het grondwateraanvulling (fig 5.1) heeft over de hele periode een gemiddelde van 288 mm/jaar. In de natste jaren kan de aanvulling oplopen tot meer dan 400 mm/jaar, in droge jaren ligt ze tussen 100 en 200 mm/jaar.

Het nitraatgehalte in het bodemperkolaat (fig 5.2) toont dat vroeger, voor het jaar 2000 soms zeer hoge waarden voorkwamen. In 1990 en 1997 lag de concentratie in het bodemperkolaat boven de 1000 mg/l. Dat was ook al in 1973 het geval. De laatste 10 jaar varieert de concentratie nog tussen 100 en 200 mg/l.

Reistijden en grondwater ouderdom

Door de zeer speciale stromingssituatie waarbij de freatische laag elke zomer droogvalt, komt geen oud grondwater in de freatische laag voor. Alle aanwezige ondiep water infiltreert tijdens de zomer tot in de onderliggende Formatie van de Kempen. De dunne freatische laag wordt elke winter opnieuw gevuld met recent geïnfiltreerd regenwater.

Bij de simulatie werd een mediaan reistijd van 1 jaar aangehouden.

Fractionerings coëfficiënten en maandelijkse tijdwegingsfactoren

Uit de grondwateranalyses blijkt dat in 4 van de 5 peilbuizen het nitraatgehalte sterk verlaagd is door nitraatreductie door organisch materiaal. Daarom wordt aangenomen dat slechts 20% van het grondwater door de oxidatiezone passeert ($FROX=0.20$). Het model werkt met jaarwaarden voor de concentratie van de grondwaterinstroming, maar uit de meetreeks van het MAP meetpunt en de analyse van de seizoenschommelingen van de concentratie blijkt dat de hoogste pieken bij het begin van de aanvulperiode voorkomen en daarna geleidelijk dalen naar het voorjaar toe. Daarom wordt ook een maandelijks variabele instroming van geoxideerd water bijgevoegd, deze heeft dezelfde concentratie als het bodemperkolaat in datzelfde jaar en wordt hier het ondiep water genoemd. Deze hoeveelheid bedraagt 30% ($FRDRN=0.30$).

De gebruikte maandelijkse wegingsfactoren staan opgelijst in tabel 5.1.

Tabel 5.1 Maandelijksse wegingsfactoren in het model van de testsite Brecht

| maand | Aanvulling (%) | Baseflow wegingsfactor | Ondiep water wegingsfactor |
|-------|----------------|------------------------|----------------------------|
| Jan | 25 | 1.00 | 0.75 |
| Feb | 11 | 1.00 | 0.50 |
| Mar | 12 | 0.75 | 0.25 |
| Apr | 10 | 0.50 | 0.10 |
| Mei | 5 | 0.25 | 0.00 |
| Jun | 0 | 0.00 | 0.00 |
| Jul | 0 | 0.00 | 0.00 |
| Aug | 0 | 0.00 | 0.00 |
| Sep | 2 | 0.00 | 0.00 |
| Oct | 9 | 0.25 | 0.00 |
| Nov | 18 | 0.50 | 0.25 |
| Dec | 21 | 0.75 | 0.50 |

5.2 Modelresultaten

De resultaten van het BFN model zijn voorgesteld op fig 5.3 en 5.4.

Vroeger kwamen veel hogere concentraties in het bodemperkolaat voor (fig 5.3). Een eerste periode met piekwaarden kwam al voor in de eerste helft van de jaren zeventig. Daarbij werden concentraties tot 300 mg/l bereikt. Een tweede periode met piekwaarden kwam voor rond 1990, met waarden boven 300 mg/l, en daalden toen systematisch tot rond het jaar 2005. Sindsdien liggen ze meestal tussen 100 en 200 mg/l.

Op fig 5.4 wordt enkel de periode weergegeven waarvoor metingen aan het MAP meetpunt beschikbaar zijn (vanaf 2004). In de zomermaanden is er geen baseflow, de beek staat dan droog. Deze maanden worden op de grafiek met een concentratie van nul aangegeven. Het model reproduceert de seizoenale fluctuaties met pieken in de winterperiodes. Daarbij wordt ook de lineair afnemende trend die in de MAP meetreeks voorkomt, door het model gesimuleerd. Het model werkt met een gemiddelde seizoenaliteit, terwijl in realiteit het oplopen van de concentratie in de winter afhangt van de neerslagverdeling over de maanden, welke bepaalt wanneer precies de freatische laag heropgevuld wordt en de grondwaterstroming opnieuw begint.

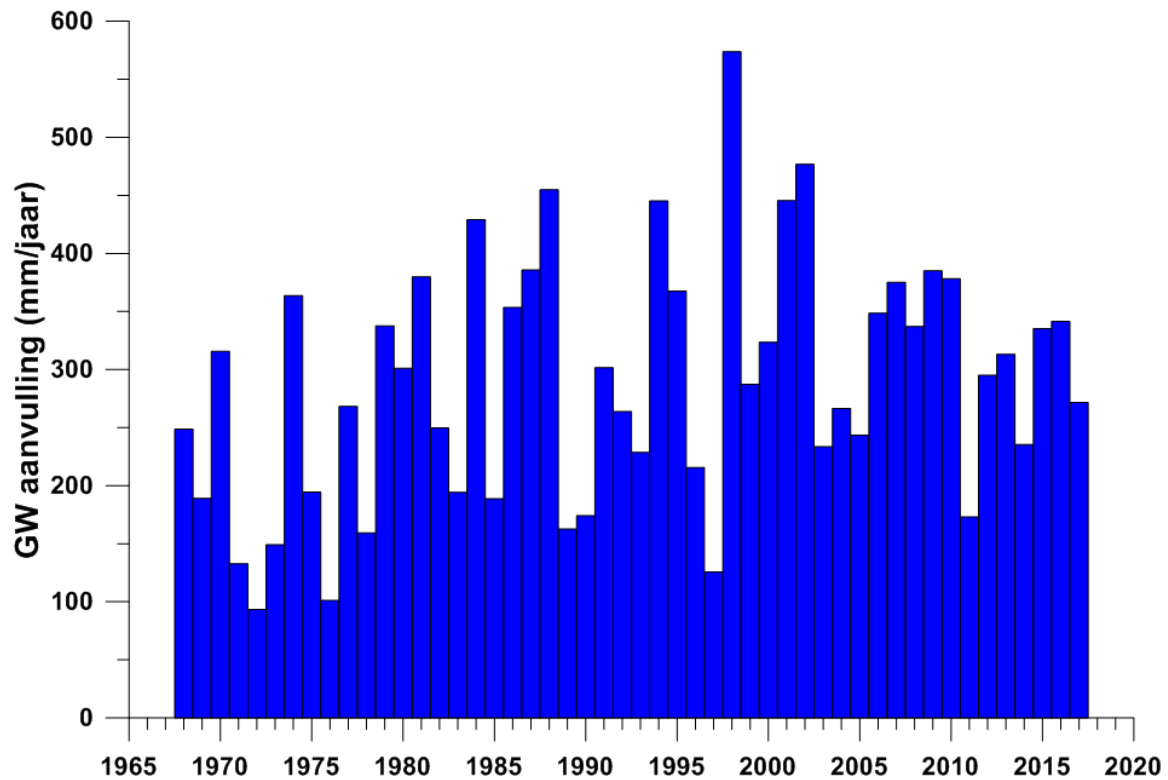
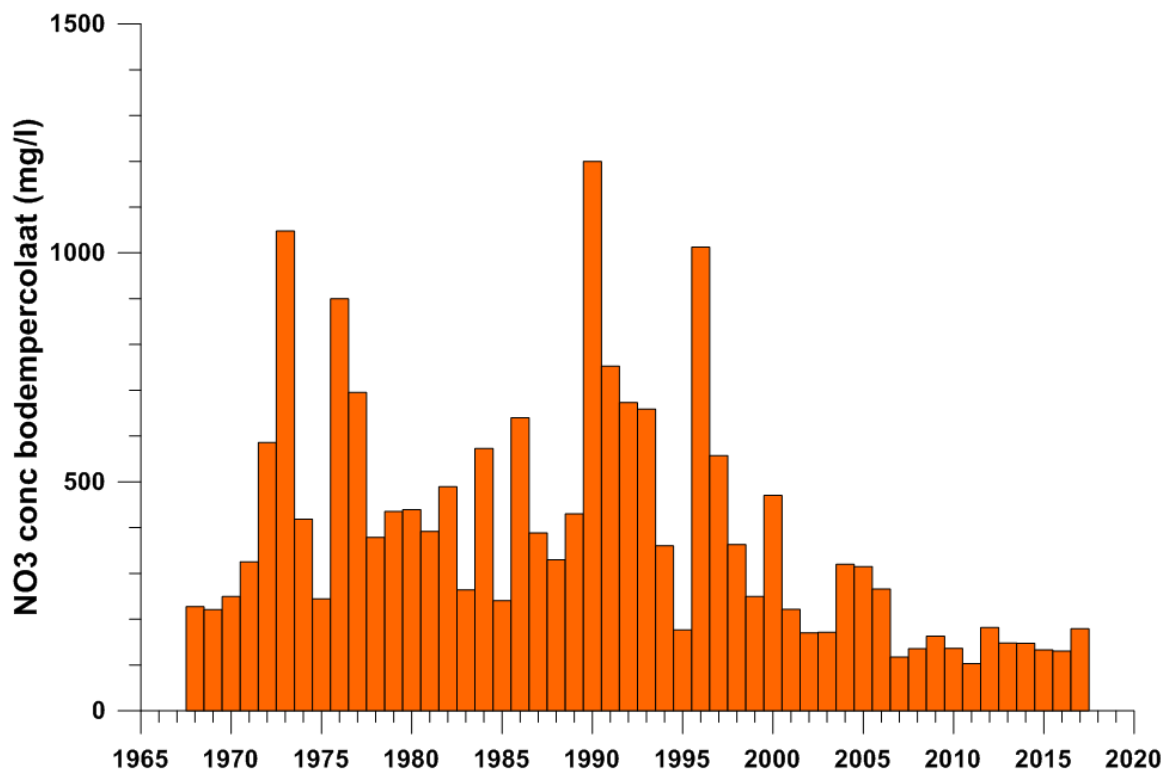
Fig 5.1 Grondwateraanvulling (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone**Fig 5.2 Nitraatconcentratie in het bodempercolaat (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone**

Fig 5.3 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Brecht (1968-2017)

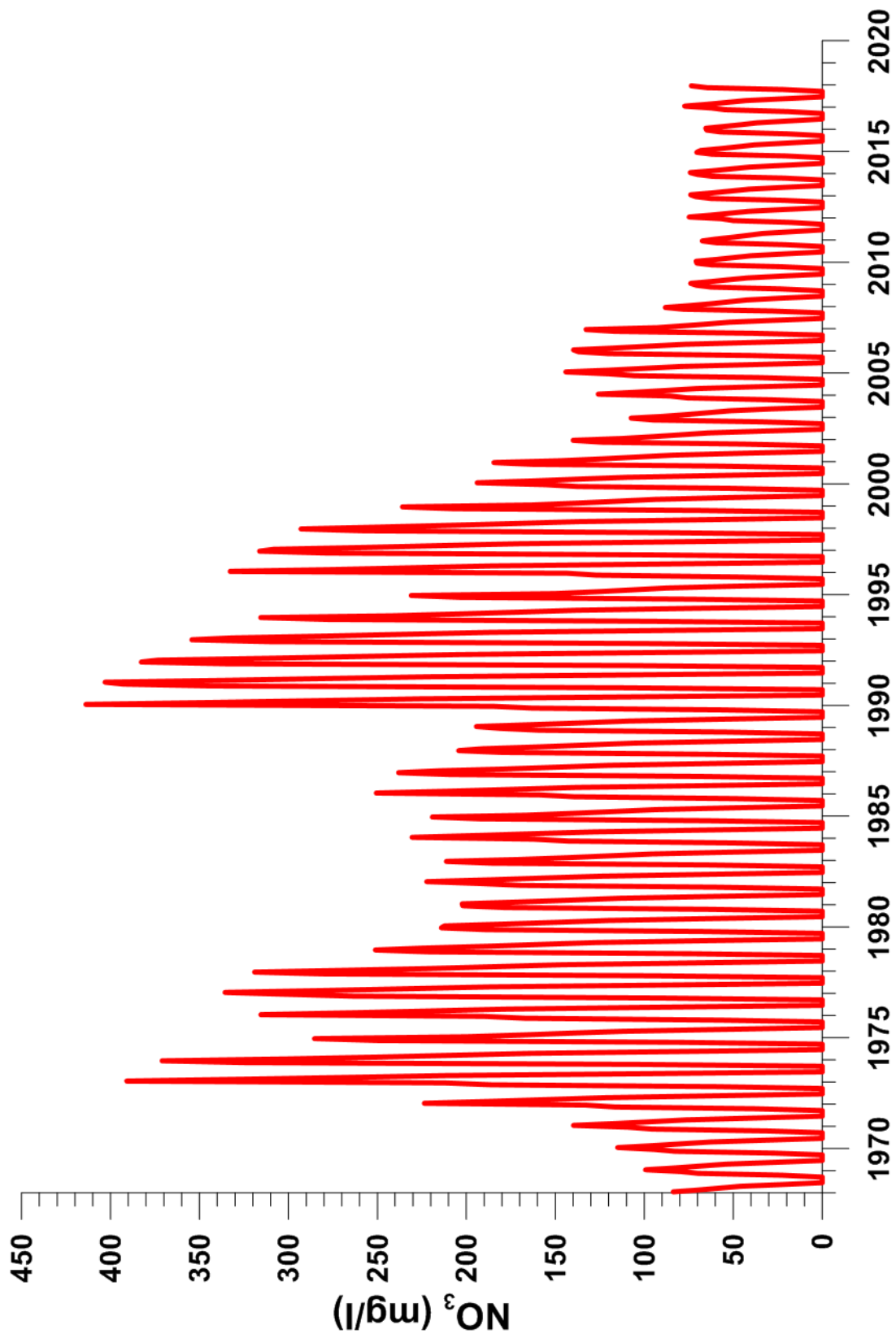
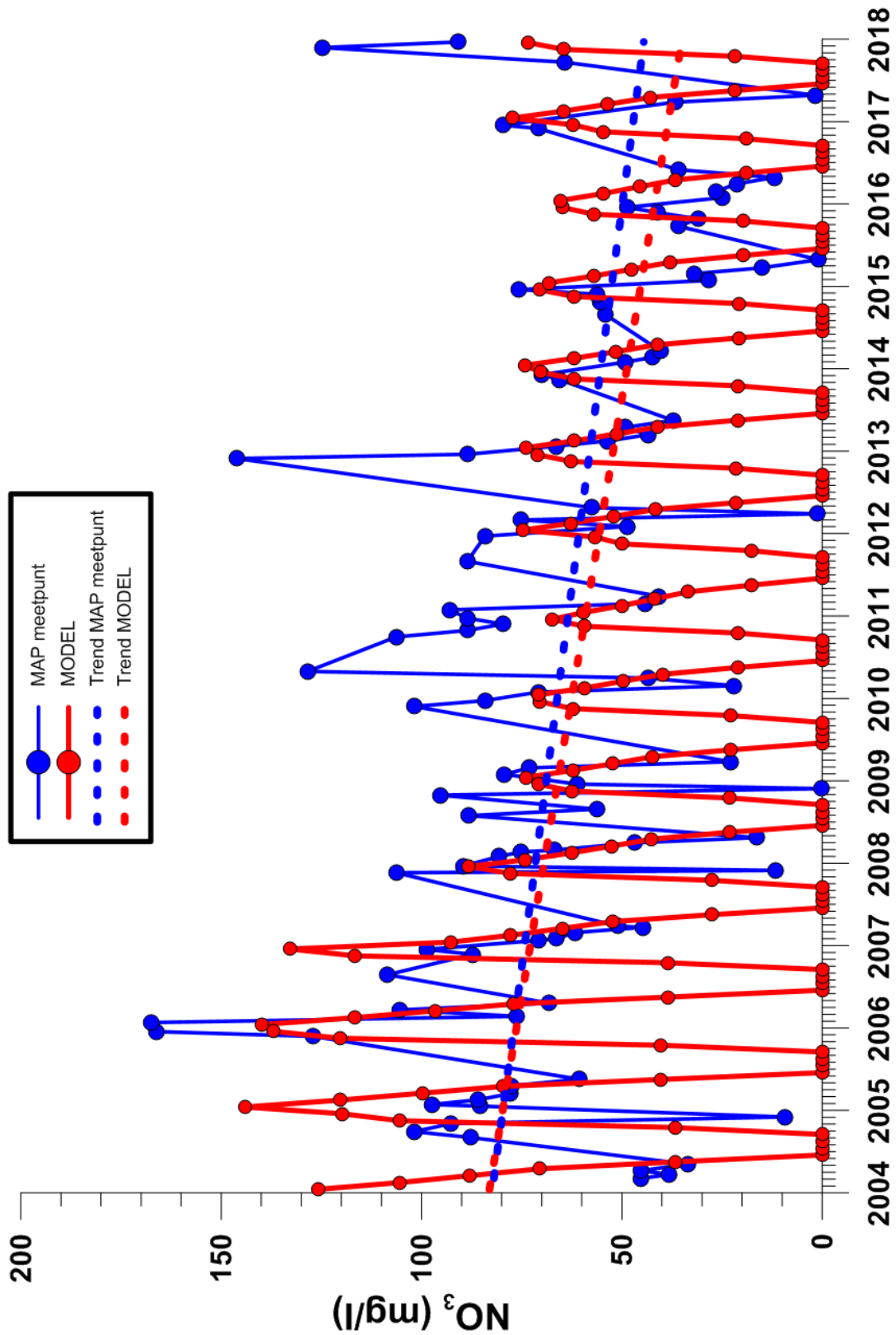


Fig 5.4 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Brecht (vanaf 2004)



6 Synthese en conclusies

De testsite Brecht ligt in de gemeente Brecht in de Noorderkempen en omvat het afstroomgebied van MAP meetpunt 190145 op de Heideleop.

Het deelbekken van de Heideleop stroomopwaarts van het MAP meetpunt bevindt zich op de zuidflank van een topografische cuesta die gevormd is door de Formatie van de Kempen, een heterogeen klei-zand complex dat voorkomt in de Noorderkempen. Het tracé van de beek loopt vrijwel loodrecht op de topografische helling zodat de interactie tussen beek en grondwater wellicht beperkt is doordat de stroomlijnen parallel met de beek lopen. De poel waaruit de beek ontspringt functioneert als een verzamelbekken waarin ook runoff water kan accumuleren (via de zijsloten) en gedurende een tijd achterblijven.

De freatische laag in deze regio (Noorderkempen) bestaat uit dekzand en heeft slechts een beperkte dikte (gewoonlijk 1 tot 2 m, soms nog minder) waarbij het substraat bestaat uit de bovenste kleilaag die in de Formatie van de Kempen voorkomt. Door het heterogeen karakter (de Formatie bestaat uit een afwisseling van klei - en zandlagen) wisselt de diepte wel van plaats tot plaats. Belangrijk is dat deze kleilagen niet continu doorlopen maar slechts een beperkte laterale continuïteit hebben. De waterpeilmetingen in de dichtbijgelegen VMM peilputten van het freatisch meetnet tonen dat in de afvloeiperiode in de zomermaanden de watertafel daalt tot onder deze eerste kleilaag en zich dus in de Formatie van de Kempen zelf bevindt. Dit is mogelijk door de zandige intercalaties in de Formatie. Dit heeft wel voor gevolg dat de freatische laag op zich in de zomermaanden niet bestaat en volledig droogvalt. In deze periode is er daardoor ook geen laterale afvoer van nitraat mogelijk dat vanuit de bodem zou uitlekken. Bovendien kan in deze situatie, wanneer de beek zelf en de zijsloten droog staan, na felle regenbuien het runoff water via de grachten in het grondwaterreservoir infiltreren. Dit runoff water heeft mogelijk hoge nitraatgehalten. Dit geïnfiltrerd nitraatrijk water lokaliseert zich uitsluitend langsheen de grachten maar kan dan later in het najaar, wanneer de watertafel terug stijgt, via

De grondwateranalyses vonden in slechts één enkele peilbuis een overschrijding van de 50 mg/l norm: de concentratie was zeer hoog (> 300 mg/l). In de andere peilbuizen is wellicht nitraatreductie opgetreden, waarbij organisch materiaal de elektrondonor is. Dieper in de Formatie van de Kempen zijn de redox omstandigheden meer reducerend, daarop wijzen hogere ijzergehalten in peilbuizen van het VMM meetnet, en komt meestal geen nitraat meer voor.

Het droogvallen van de freatische laag in de zomer en het wegvallen van ondiepe grondwaterstroming spelen een essentiële rol in het voorkomen van de hoge winterpieken. In het najaar gaan de waterpeilen opnieuw stijgen en komt de grondwaterstroming terug op gang. Op dat moment wordt het nitraat dat in de bodem aanwezig is opgelost en getransporteerd naar het beekstelsel, dat dan terug drainerend begint te werken. Op vele plaatsen wordt het nitraatgehalte verlaagd door reductie die optreedt door de aanwezigheid van organisch materiaal, maar waar dit niet kan gebeuren, kan het nitraatgehalte oplopen tot honderden mg/l. Als dit water naar de beek toe uitgespoeld wordt, komen aan het MAP meetpunt hoge nitraatwaarden voor.

In Brecht komt een uitzonderlijke hydrogeologische situatie voor omdat de grondwaterstroming gedurende maanden volledig wegvalt. Dat kan alleen wanneer de bovenste freatische laag vrij dun is. Toch zou deze situatie zich in de toekomst op meer plaatsen kunnen manifesteren, als de recente trend van droge zomers zich verder zet. Daarbij wordt in de eerste plaats gedacht aan andere plaatsen in de Noorderkempen waar de Formatie van de Kempen het substraat van de freatische laag vormt.

Het stroomgebied Brecht bestaat grotendeels uit zandbodems en wordt gekarakteriseerd door zowel landbouwgebruik (akkerbouw en veeteelt) als niet-landbouwgebruik (met name bos). De historische bemestingsdruk is er eerder hoog t.o.v. andere stroomgebieden. De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het percolerend water op een diepte van 90 cm bedraagt 389 mg NO₃ L⁻¹ voor de periode 1968-2017. Dit is relatief hoog, niet alleen als gevolg van de bemestingsdruk maar ook door de snelle en intense uitspoeling doorheen de zandige bodemtextuur. Door het grote aandeel bos wordt de gemiddelde concentratie echter nog enigszins gereduceerd. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 143 mg NO₃ L⁻¹ gesimuleerd.

Het model van de verzadigde zone reproduceert de seizoensfluctuatie, in de zomermaanden vindt in het model dan geen grondwaterinstroming plaats. In het MAP meetpunt wordt over de jaren een afnemende trend vastgesteld. Deze wordt ook door het model zo berekend.