



Nitraat in de kalktufbronnen van het Bunder- en Elslooërbos – in verleden, heden en toekomst

EEN MODELSTUDIE TER ONDERBOUWING VAN TOEKOMSTIGE
MAATREGELEN

Nitraat in de kalktufbronnen van het Bunder- en Elslooërbos – in verleden, heden en toekomst

EEN MODELSTUDIE TER ONDERBOUWING VAN TOEKOMSTIGE MAATREGELEN

Rikje van de Weerd (Rechobot – Water & Kennis),

Deze studie is uitgevoerd door Rechobot – Water & Kennis in samenwerking met ARCADIS. In opdracht van en gefinancierd door Provincie Limburg.

© Rechobot – Water & Kennis
Wageningen, december 2018

© Rechobot – Water & Kennis, 2018.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rechobot – Water & Kennis, de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Contact:
Rikje van de Weerd
Rechobot – Water & Kennis
Rikje.vandeweerd@rechobot.nl

Rechobot – Water & Kennis rapport 2018-01

Inhoud

1.	INLEIDING.....	4
1.1	AANLEIDING.....	4
1.2	DOEL.....	4
1.3	AANPAK.....	5
1.4	LEESWIJZER	5
2.	BESCHRIJVING GEBIED, MODELAAANPAK & SCENARIO'S	7
2.1	GEBIEDSBESCHRIJVING & INTREKGEBIEDEN	7
2.2	MODELAAANPAK.....	7
2.3	BESCHIKBARE GEGEVENS.....	8
2.3.1	Uitspoeling uit de wortelzone.....	8
2.3.2	Concentraties in de bronnen.....	9
2.4	MODELBEREKENINGEN EN SCENARIO'S.....	10
3.	MODELLEN, INVOERGEGEVENS & ACHTERGRONDEN.....	12
3.1	UITSPOELING (VATRAAN)	12
3.1.1	Intrekgebieden.....	13
3.1.2	Meteogegevens	13
3.1.3	Landgebruik.....	14
3.1.4	Bemestingsgegevens	16
3.1.5	Depositie	16
3.2	STROMING NAAR DE BRONNEN (SMINGLE)	17
3.3	SCENARIO'S – ACHTERGRONDEN & INVOERGEGEVENS.....	20
3.3.1	Referentiescenario Huidig Beleid	20
3.3.2	Scenario LB1: Extra Maatregelen Uitspoeling Limburg (EXMUL)	20
3.3.3	Scenario LB2: Grasland Bemest	20
3.3.4	Scenario LB3: Grasland Onbemest.....	20
3.3.5	Scenario LB4: Biologische Landbouw.....	21
3.3.6	Scenario IN1: Infiltratie MAA Zuid-Oost, deelgebied 2.....	22
3.3.7	Scenario IN2: Infiltratie MAA Noord, deelgebied 1.....	23
4.	RESULTATEN & INTERPRETATIE	24
4.1	BEREKENDE UITSPOELING IN DE DEELGEBIEDEN.....	24
4.1.1	Historische uitspoeling en scenario Huidig beleid.....	24
4.1.2	Uitspoelingsconcentraties in de landbouwscenario's.....	28
4.2	BEREKENDE CONCENTRATIES IN DE BRONNEN	29
4.2.1	Historische verloop van de bronconcentraties en scenario huidig beleid	29
4.2.2	Landbouwscenario's.....	31
4.2.3	Infiltratiescenario's	32

5.	CONCLUSIE, DISCUSSIE & AANBEVELINGEN	34
5.1	CONCLUSIES	34
5.1.1	<i>Verwachte nitraatconcentraties in de toekomst</i>	<i>34</i>
5.1.2	<i>Vergelijking van het berekende en gemeten verloop van concentraties</i>	<i>34</i>
5.1.3	<i>De impact van voor de hand liggende maatregelen</i>	<i>34</i>
5.1.4	<i>Inzicht in het bodem- Grondwatersysteem</i>	<i>35</i>
5.2	DISCUSSIE & AANBEVELINGEN	36
5.2.1	<i>Scenario Huidig Beleid en de nulsituatie</i>	<i>36</i>
5.2.2	<i>Monitoring & Meetgegevens</i>	<i>36</i>
5.2.3	<i>Landbouw</i>	<i>37</i>
5.2.4	<i>Infiltratie</i>	<i>37</i>
5.2.5	<i>Modelaanpak</i>	<i>37</i>
6.	LITERATUUR	38
BIJLAGE 1	TEELTPLANNEN EN ROTATIETABELLEN VANAF 2014	0
BIJLAGE 2	VERTAALTABEL LGN - VATRAN CODES.....	2
BIJLAGE 3	UITGANGSPUNTEN VOOR VASTSTELLING BEMESTING EN STIKSTOFGIFTEN PER GEWAS/TEELT	3
BIJLAGE 4	MAATREGELEN NAP6 IN SCENARIO'S.....	5
BIJLAGE 5	LANDBOUWANALYSE STUDIEGEBIED	6
BIJLAGE 6	EXTRA GRONDWATERAANVULLING VANUIT INFILTRATIEVOORZIENING ..	7
BIJLAGE 7	KWALITEIT BUFFER- EN INFILTRATIEWATER.....	9

1. Inleiding

1.1 AANLEIDING

De provincie Limburg is bezig met het opstellen van het Natura 2000 plan voor het Bunderbos en Elslooërbos. In dit plan worden het beheer en de maatregelen beschreven die nodig zijn voor de instandhouding van waardevolle natuur en de kalkrijke bronnen in dit gebied. Het gaat hierbij om het Natura 2000 habitatype Kalktufbronnen (H7220), dat een complex vormt met Vochtige alluviale bossen (H91EoC). In het kader van de PAS zal de provincie Limburg ook een onderbouwing moeten geven dat de goede staat van instandhouding van deze waardevolle natuur en bronnen bereikt zal worden met de in het plan gekozen aanpak. De kalktufbronnen in het gebied hebben een matige habitatkwaliteit. Voor verbetering van de habitatkwaliteit van de kalktufbronnen, moet worden gestreefd naar het bereiken van de referentiewaarde 18 mg/l NO₃. (De Mars et al., 2016).

Om het plan af te ronden is het nodig dat de provincie meer inzicht krijgt in de ontwikkeling van de nitraatgehaltes in grondwater, in mogelijke maatregelen om nitraatgehaltes te verminderen en in de effectiviteit van maatregelen om de nitraatgehaltes in de kalktufbronnen in het gebied te beperken en ze op deze manier te beschermen.

Hiervoor is het nodig om een relatie te leggen tussen het landgebruik en de nitraatuitspoeling in de intrekgebieden van de bronnen en de nitraatconcentraties in de bronnen. De provincie heeft besloten om hiervoor een aanpak te gebruiken waarin de uitspoeling van nitraat berekend wordt met het doorontwikkelde uitspoelingsmodel van IwanH, VATRAN. Vervolgens wordt met behulp van een stroombaanbenadering, SMINGLE, de nitraatconcentraties in de bronnen berekend. De kalktufbronnen, en de grenswaarde van 18 mg/l NO₃ (gelijk aan de referentiewaarde) voor het bronwater, zijn leidend voor de keuzes binnen dit project.

1.2 DOEL

Het doel van het project is het onderbouwen en doorrekenen van toekomstige maatregelen. We kunnen de volgende subdoelen onderscheiden:

- Inzicht geven in de verwachte ontwikkeling van de concentraties van nitraat in de kalktufbronnen bij het huidige beleid.
- Wanneer concentraties niet voldoende dalen worden ook twee series scenario's doorerekend welke inzicht geven in de impact van een aantal voor de hand liggende maatregelen.

Voor het verkrijgen van draagvlak voor de gekozen maatregelen is het van belang dat er vertrouwen bestaat dat de relatie tussen het landgebruik en de nitraatuitspoeling in de intrekgebieden van de bronnen en de nitraatconcentraties in de bronnen goed beschreven worden. Het is dus van belang dat de gebruikte methodes een goed resultaat opleveren en niet ter discussie staan. Dit levert het volgende subdoel op:

- Met behulp van het modelinstrumentarium het verloop van de uitspoelingsconcentraties van nitraat op het plateau en de nitraatconcentraties in de bronnen berekenen en deze berekende waarden vergelijken met gemeten waarden in het verleden.

1.3 AANPAK

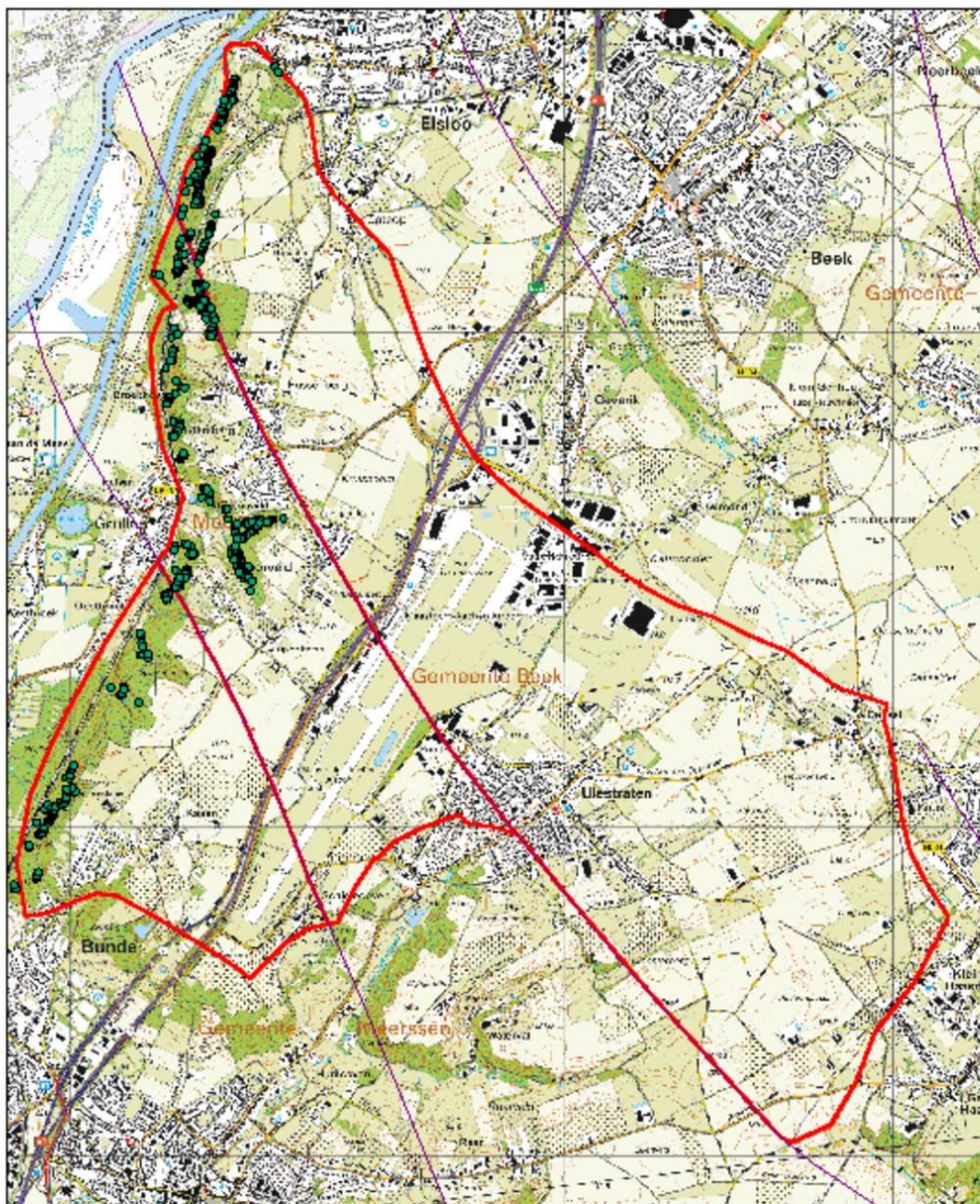
De aanpak wordt hieronder puntsgewijs weergegeven.

- Actualisatie van het model VATRAN en eerste opzet van de stroombaanbenadering SMINGLE
- Realistische schatting maken van parameters behorend bij het doorzetten van het huidige beleid en voor het gemiddelde weer.
- Berekeningen uitvoeren vanaf 1957 tot 2013
- Berekeningen uitvoeren van het doorzetten van het huidig beleid tot in de toekomst (2014 t/m 2033)
- Een vergelijking maken met beschikbare meetgegevens
- Opstellen van aanvullende scenario's voor verandering in het landgebruik en infiltratiescenario's
- Gedetailleerdere bepaling van verblijftijden en aanpassing van de stroombaanbenadering
- Berekening huidig beleid met kleine aanpassingen en scenarioberekeningen t/m 2050

Het grootste deel van het inhoudelijke werk, projectleiding en coördinatie zijn uitgevoerd door Rikje van de Weerd (Rechobot – Water & Kennis). De VATRAN-berekeningen zijn uitgevoerd door ARCADIS. Daarnaast heeft Sjef Crijns (Delphy) geadviseerd bij de opzet en invulling van de landbouwsenario's.

1.4 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 wordt het gebied beschreven, de gebruikte modelaanpak, de gebruikte gegevens om het model te toetsen en worden de berekeningen en scenario's kort toegelicht. In hoofdstuk 3 volgt een gedetailleerdere beschrijving van de modellen, gebruikte data en de achtergronden en invoer van de scenarioberekeningen. Hoofdstuk 3 geeft verhelderende informatie voor degene die meer inzicht wil hebben in de gebruikte methodes, maar kan overgeslagen worden. In hoofdstuk 4 worden de modelresultaten besproken, vergeleken met de meetgegevens en geïnterpreteerd. In hoofdstuk 5 volgen de conclusies en discussie & aanbevelingen.



Figuur 1 De westelijke rand van het plateau van Schimmert met daarop aangegeven het studiegebied met de bronzones in het Bunder en Elslooërbos en de bijbehorende intrekgebieden.

2. Beschrijving Gebied, Modelaanpak & Scenario's

2.1 GEBIEDSBESCHRIJVING & INTREKGEBIEDEN

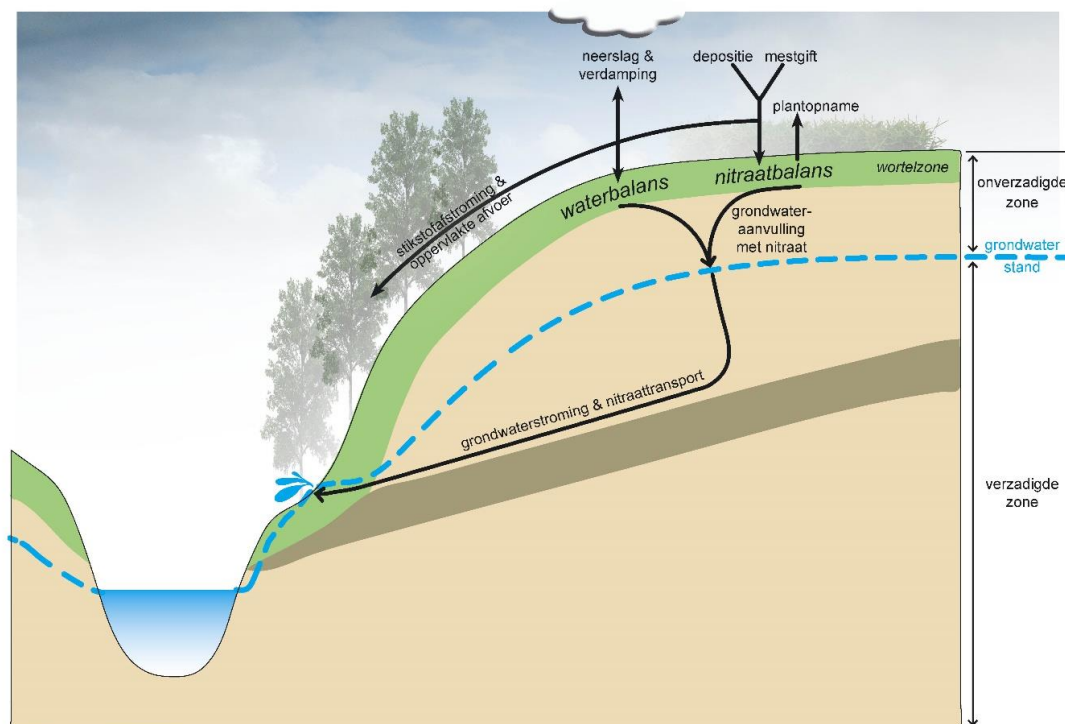
Het natura2000 gebied Bunder- en Elslooërbos ligt op de westelijke plateaurand van het plateau van Schimmert, ook wel het Centraal Plateau genoemd (zie Figuur 1). Onderaan de westelijke plateaurand, gedeeltelijk in het bos, ontspringen verschillende bronnen. Ook zijn er enkele bronbeken. Het studiegebied bestaat uit deze bronzones en hun intrekgebieden. De spoorlijn Maastricht - Roermond loopt midden door de bronzones heen. Wat hoger op het plateau ligt de A2 met ten oosten daarvan het vliegveld Maastricht-Aken. Op het plateau liggen landbouwgronden tussen het bos en de A2 en ook ten oosten van de A2. Ook liggen er nog enkele dorpen in het gebied.

In een eerdere studie is het intrekgebied van de bronzones in drie deelgebieden verdeeld. Van noord naar zuid zijn dit: 1) Het gebied ten Noorden van de Schin op Geul breuk, 2) Het gebied tussen de Schin op Geul breuk en de Geulle breuk en 3) het gebied ten zuiden van de Geulle breuk. In deze studie worden deze deelgebieden als uitgangspunt genomen. Gebleken is dat onder andere de samenstelling van het bronwater verschilt tussen deelgebied 1 en 2 en deelgebied 3, het calciumgehalte van het bronwater in de twee noordelijke deelgebieden is hoger. De kalktufbronnen komen met name voor in deelgebied 1 en 2. In paragraaf 2.3 worden de overige voor deze studie gebruikte meetgegevens uit het studiegebied besproken.

2.2 MODELAAANPAK

Voor deze studie wordt het doorontwikkelde nitraatuitspoelingsmodel van IWANH, VATRAN, gebruikt samen met een stroombanenbenadering (SMINGLE) door de ondergrond. In VATRAN worden berekeningen uitgevoerd in de bovenste 1,5 meter van de bodem (de wortelzone). In dit model wordt het neerslagoverschot en de nitraatconcentratie in het neerslagoverschot berekend. Dit vormt de output van VATRAN en de input van SMINGLE. In SMINGLE wordt vervolgens de grondwaterstroming en het nitraattransport in zowel de onverzadigde als verzadigde zone berekend. Dit gebeurt voor ieder deelgebied afzonderlijk. In Figuur 2 zijn de modeldomeinen van VATRAN (groene deel) en SMINGLE (beige deel, boven de donkere laag) schematisch weergegeven. Wanneer we vanaf de zuidkant richting een doorsnede van de westelijke plateaurand kijken zou de grondwaterstroming er zo uit kunnen zien. In het plaatje is één stroombaan getekend. In de praktijk zal het water via verschillende stroombanen variërend in lengte bij de bronnen uitkomen.

VATRAN is een ruimtelijk model. Het neerslagoverschot en de nitraatconcentratie in het neerslagoverschot wordt per 100m x 100m cel berekend. De output van VATRAN is sterk afhankelijk van het weer en van het landgebruik. Ook de gewasverdeling en landbouwpraktijk zijn van invloed op de output van VATRAN. Hiervoor moeten aannames worden gedaan in het model. De gewasverdeling en de landbouwpraktijk zijn samen met een landbouwdeskundige (Sjef Crijs, Delphy) ingevuld op een manier die zo goed mogelijk overeenkomt met de huidige praktijk.



Figuur 2 | Schematische weergave van onderdelen en processen van het gebruikte modelinstrumentarium, met het nitraatuitspoelingsmodel VATRAN in het groen (de bovenste 1,5 meter van de ondergrond) en de stroombanenbenadering SMINGLE in het beige boven de bruine ondoorlatende laag.

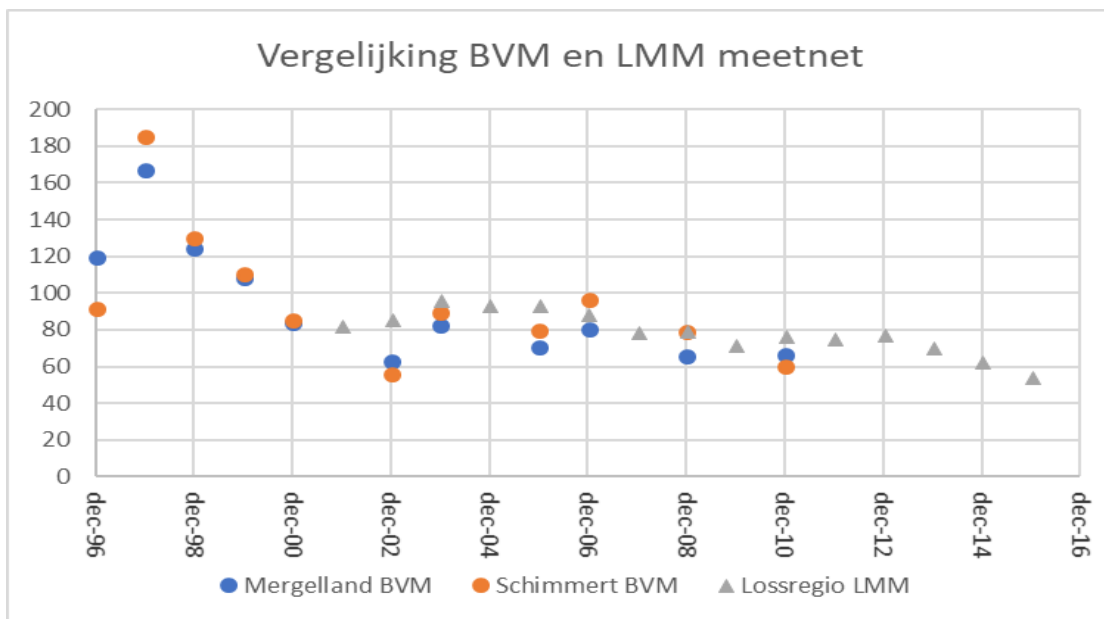
In paragraaf 3.1 en 3.2 worden de twee modellen uit het modelinstrumentarium in meer detail toegelicht. Alvorens de modelaanpak gebruikt wordt voor scenarioberekeningen zal bekeken worden of beschikbare historische data naar tevredenheid beschreven kunnen worden met deze modelaanpak.

2.3 BESCHIKBARE GEGEVENS

De twee onderdelen uit het modelinstrumentarium kunnen afzonderlijk getoetst worden met beschikbare gegevens.

2.3.1 Uitspoeling uit de wortelzone

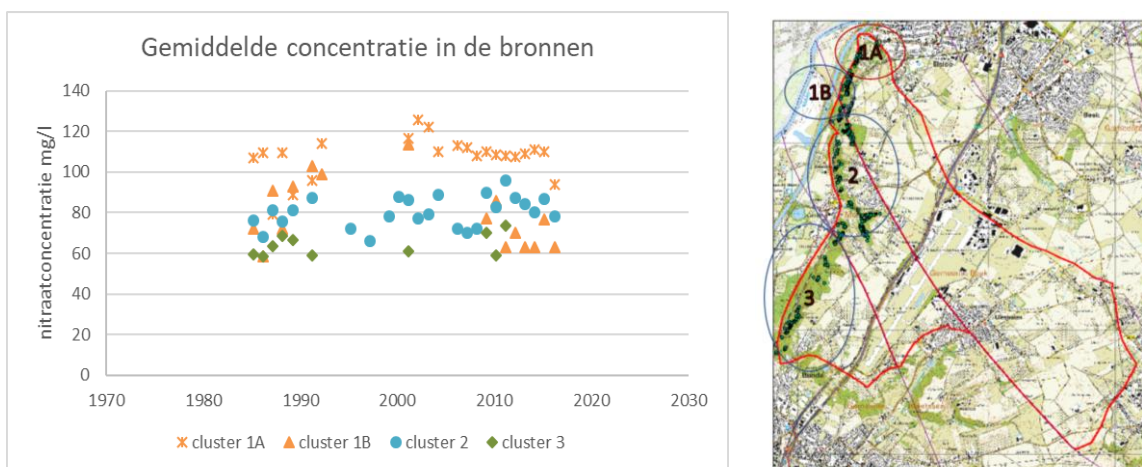
De trend in uitspoeling vanuit de wortelzone wordt in verschillende meetnetten gevolgd in Zuid-Limburg; het bodemvochtmeetnet van de provincie Limburg (BVM, PL), van WML en van het LMM. De meetnetten verschillen enigszins in doelstelling en methode (NMI, 2014), maar meten allen de concentratie in bodemvocht onder landbouwgronden. Voor het studiegebied zijn alleen bodemvochtgegevens uit het BVM van de PL beschikbaar. Deze metingen zijn gestart in 1997. Omdat in de intrekgebieden een beperkt aantal BVM-punten beschikbaar is, is gekozen om de punten in het intrekgebied aan te vullen met de overige punten van het Centraal Plateau (Plateau van Schimmert). De trend in uitspoeling kan vergeleken worden met de trend van de gemiddelde uitspoelingsconcentratie onder landbouw in het studiegebied, berekend met VATRAN. Figuur 3 geeft de trend in uitspoeling in het BVM weer, samen met de trends gevonden in het LMM.



Figuur 3 Trends in bodemvochtconcentraties gemeten in het LMM voor de lössregio en in het Bodemvochtmeetnet van de Provincie Limburg (BVM) voor geheel Mergelland en het plateau van Schimmert

2.3.2 Concentraties in de bronnen

In Figuur 1 zijn de verschillende bronnen weergegeven, in de bronzones onderaan het plateau. In verschillende van deze bronnen zijn door verschillende personen en instanties (Hendrix, Corten & Weerts, RIVM, Provincie Limburg, Bware, Royal Haskoning DHV), door de jaren heen, monsters genomen en is de nitraatconcentratie bepaald (Corten, 1984, Weerts, 1987, Corten & Weerts, 1987, Hendrix, 2018, Bware, 2011, Hendrix & Meinardi, 2014, Royal Haskoning DHV, 2014). Omdat voor ieder deelgebied afzonderlijk berekeningen gedaan worden met SMINGLE, zijn de brongegevens geclusterd per deelgebied. De concentraties zijn per jaar per deelgebied gemiddeld. Alleen voor deelgebied 1 is gekozen om toch twee clusters te onderscheiden vanwege de gevonden grote concentratieverschillen. Figuur 4 laat het verloop door de tijd zien van deze bronconcentraties.



Figuur 4 Verloop van de gemiddelde concentraties in de bronnen per cluster (links) en locaties van de clusters (rechts).

2.4 MODELBEREKENINGEN EN SCENARIO'S

Allereerst voeren we de volgende berekeningen met het instrumentarium uit:

- Berekening van de nitraatuitspoeling in het verleden vanaf 1957 tot en met 2013, voor deze periode zijn bemestingsgegevens beschikbaar en wordt dezelfde aanpak gevolgd als in IwanH en modelleren DSG.
- Deze berekening wordt gevolgd door een berekening van het doorzetten van het huidige beleid tot en met 2050. Hierbij wordt uitgegaan van het huidige landgebruik en de gewasverdeling in het studiegebied. Voor de akkerbouwgewassen wordt uitgegaan van een vaste gewasrotatie waarin ondiep en diep wortelende gewassen afwisselen. Ook wordt uitgegaan van opvulling van de binnen het beleid geboden bemestingsruimte. De weergegevens zijn tot en met 2016 geactualiseerd. Vanaf 2017 wordt gerekend met gemiddeld weer (2000-2016).

Deze berekeningen worden aansluitend aan elkaar uitgevoerd en weergegeven en vormen samen het scenario Huidig Beleid, wat het referentiescenario is in deze studie. De resultaten van deze berekeningen worden vergeleken met de beschikbare meetgegevens van enerzijds nitraatuitspoelingsconcentraties onder landbouw vanuit de wortelzone op het plateau en nitraatconcentraties in de bronzones onderaan het plateau.

Richting de toekomst berekenen we naast het referentiescenario vier landbouwscenario's (LB1 t/m LB4) en twee infiltratiescenario's (IN1 en IN2). Alle scenario's, behalve IN1 starten begin 2020 in. De landbouwscenario's zijn zo gekozen dat ze in beeld brengen wat een aantal extra landbouwmaatregelen op kunnen leveren (EXMUL) en wat een aantal vergaande maatregelen tot zeer vergaande (onrealistische) maatregelen op zouden kunnen leveren. Idee is om hiermee vast te stellen wat aan landbouwzijde maximaal haalbaar is. In de twee infiltratiescenario's wordt het effect van twee infiltratiemaatregelen berekend. Door infiltratie neemt de grondwateraanvulling toe en zal het uitspoelende water verdund worden. Maastricht Aken Airport (MAA) werkt aan veilige infiltratie voorzieningen voor het water dat op het terrein valt. Begin 2017 is de eerste infiltratievoorziening in werking getreden. Het effect hiervan is nog niet meegenomen in het scenario Huidig beleid en wordt in IN1 berekend. Een andere infiltratievoorziening (IN2) is in voorbereiding. Voor al de scenario's zijn een aantal aannames gedaan. De scenario's worden hieronder kort toegelicht. In paragraaf 3.4 volgt een uitgebreidere toelichting van de scenario's.

Referentiescenario: Huidig Beleid Hierin is het huidig geldend beleid, inclusief de meeste maatregelen van het 6^e Nitraat Actie Programma (NAP6; de mais maatregelen nog niet) meegenomen en doorgetrokken tot 2050.

LB1: EXMUL (Extra Maatregelen Uitspoeling Landbouw), Hierin wordt als extra maatregelen voor mais, rijenbemesting en vervroeging van het telen van een vanggewas meegenomen. Ook zijn er restricties opgelegd aan de organische mesttoepassing in het najaar. De vaste gewasrotatie voor akkerbouw waarin diep en ondiep wortelende gewassen afwisselen is gelijk aan het referentiescenario.

LB2: Grasland, Al de landbouwgrond wordt omgezet naar grasland. Reden hiervoor is om uitspoeling te verminderen. Omdat onder bemest grasland de uitspoeling relatief laag is ten opzichte van andere landbouwgewassen.

LB3: Onbemest Grasland, al de landbouwgrond wordt omgezet naar niet bemest grasland. Dit scenario brengt de maximaal haalbare reductie van de uitspoeling in beeld.

LB4: Biologische landbouw, Dit is een scenario waarin resultaten uit een eerste inventarisatie van de effecten van biologische landbouw zijn weergegeven via een indicatieve berekeningen.

IN1: Regenwaterbuffer MAA Zuid Oost. Hierin wordt het effect van deze regenwaterbuffer met infiltratievoorziening in deelgebied 2 berekend (vanaf 1 januari 2017).

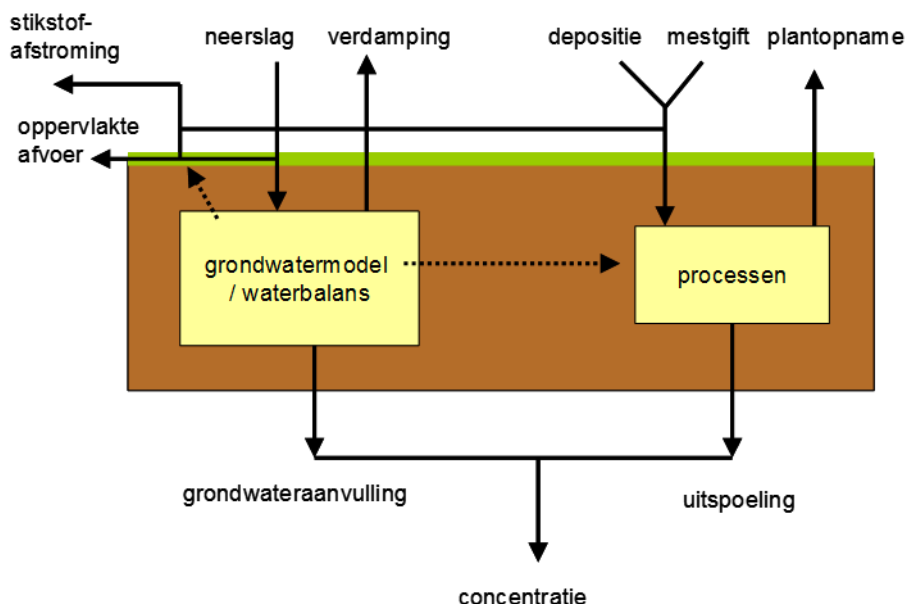
IN2: Regenwaterbuffer MAA Noord. Hierin wordt het effect van deze regenwaterbuffer met infiltratievoorziening in deelgebied 1 berekend.

3. Modellen, invoergegevens & achtergronden

In dit hoofdstuk worden de modellen en modelinvoer in meer detail besproken. Paragraaf 3.1 beschrijft het uitspoelingsmodel VATRAN, samen met de belangrijkste aanpassingen gedaan voor dit project. In deze paragraaf beperken we ons tot de aanpassingen voor het scenario Huidig Beleid. In paragraaf 3.2 wordt meer informatie gegeven over de stroombaanbenadering (SMINGLE).

3.1 UITSPOELING (VATRAN)

Voor de berekeningen is de nieuwste versie van VATRAN (VAdose zone TRANsport, model versie 1.1.7) gebruikt. Het model VATRAN is een doorontwikkeling van het uitspoelingsmodel van IwanH (ARCADIS, 2011), dat ook in de studie Modelleren DSG fase 2 en 3 gebruikt is (Rechobot – Water & Kennis, 2015, 2017). Dit model is een ruimtelijk model (GIS) waarin beschikbare regio gebonden informatie kan worden ingevoerd. De water- en nitraatbalans van de wortelzone wordt op dagbasis bepaald. VATRAN is een 1D/Quasi 3D model. De nitraatuitspoeling en grondwateraanvulling vanuit de wortelzone wordt per modelcel (100 x 100) 1-dimensionaal berekend. Door de ruimtelijke aanpak van het model kunnen de resultaten echter 2-dimensionaal worden weergegeven. Invoer voor het model zijn meteorologische gegevens (neerslag, verdamping), bemestings- & depositiegegevens, landgebruiks-, bodem-, hoogtekaarten, gecombineerd met eventuele regiokaarten. De gegevens worden via een database en kaarten aangeboden aan het model VATRAN. In de studie Modelleren DSG fase 3 was het model (VATRAN samen met de benodigde invoer) geactualiseerd t/m 2013. Voor deze studie is VATRAN voor heel Zuid-Limburg geactualiseerd t/m 2016. Hiervoor zijn een aantal nieuwe regiokaarten gemaakt en zijn de geactualiseerde gegevens toegevoegd aan de database “IwanH_v405”. De uitgevoerde veranderingen staan beschreven in 3.1.1 t/m 3.1.5.



Figuur 5 Modelschema van VATRAN

3.1.1 Intrekgebieden

De begrenzing van de intrekgebieden zoals aangeleverd door de Provincie Limburg (zie Figuur 1) zijn in de analyse van de resultaten gebruikt om de grondwateraanvulling, vracht en concentratie per intrekgebied te berekenen.

3.1.2 Meteogegevens

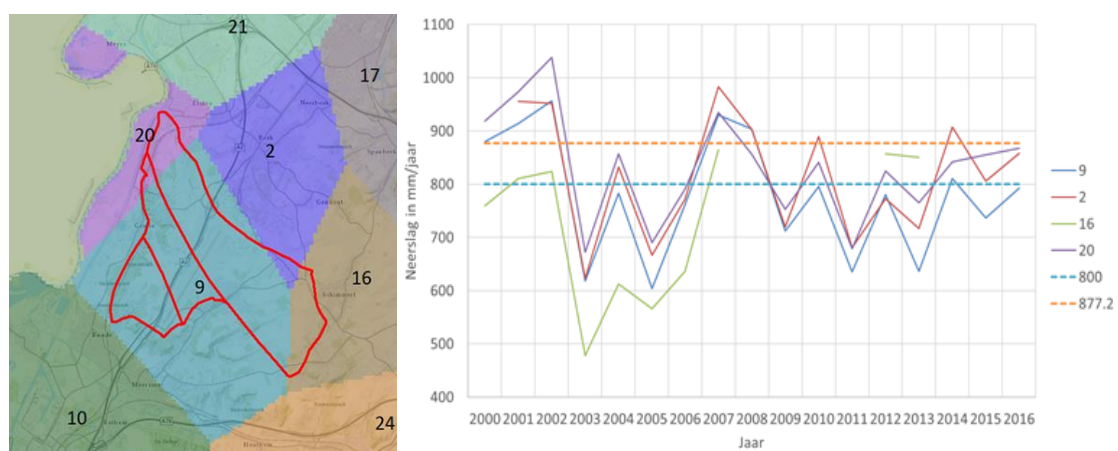
Voor alle meteostations in Zuid-Limburg zijn nieuwe neerslag en verdampingsgegevens opgevraagd. Hiermee zijn de jaren 2014, 2015 en 2016 geactualiseerd.

Voor de scenarioberekeningen is er voor gekozen om de toekomstige gemiddelde neerslag van 877,2 mm/j in het gemiddelde weerjaar (GWJ) gebruikt in IwanH te corrigeren naar 800 mm/j. Dit is vergelijkbaar als in het project DSG Fase 3. Op basis van de nabijgelegen meteostations ligt een neerslag van 800 mm/j binnen het langjarig gemiddelde van deze stations (zie tabel en figuren hieronder). Meteostation Maastricht (9) is het meest representatief doordat dit meteostation met het grootste (Thiessen)areaal voorkomt binnen de intrekgebieden. Voor scenarioberekeningen zou eventueel ook gekozen kunnen worden om wijzigingen aan te brengen in het toekomstig weer in de tijd, bijvoorbeeld door een andere toekomstige gemiddelde neerslag te gebruiken op basis van KNMI-klimaatscenario's. Hier is vooralsnog niet voor gekozen.

De grondwateraanvulling onder bebouwd gebied (codes 18, 19, 25 en 26, zie landgebruik) is vastgesteld op een waarde van 80 mm/j. Dit komt overeen met 10% van de gemiddelde neerslag.

Tabel 1 | Gemiddeld neerslag (in mm/j) per meteostation binnen de intrekgebieden.

Meteostation	Gemiddeld 2000-2016
2	815
9	779
16	726
20	833



Figuur 4 | ligging meteostations en gemiddeld neerslag (mm/j) van 2000 t/m 2016.

3.1.3 Landgebruik

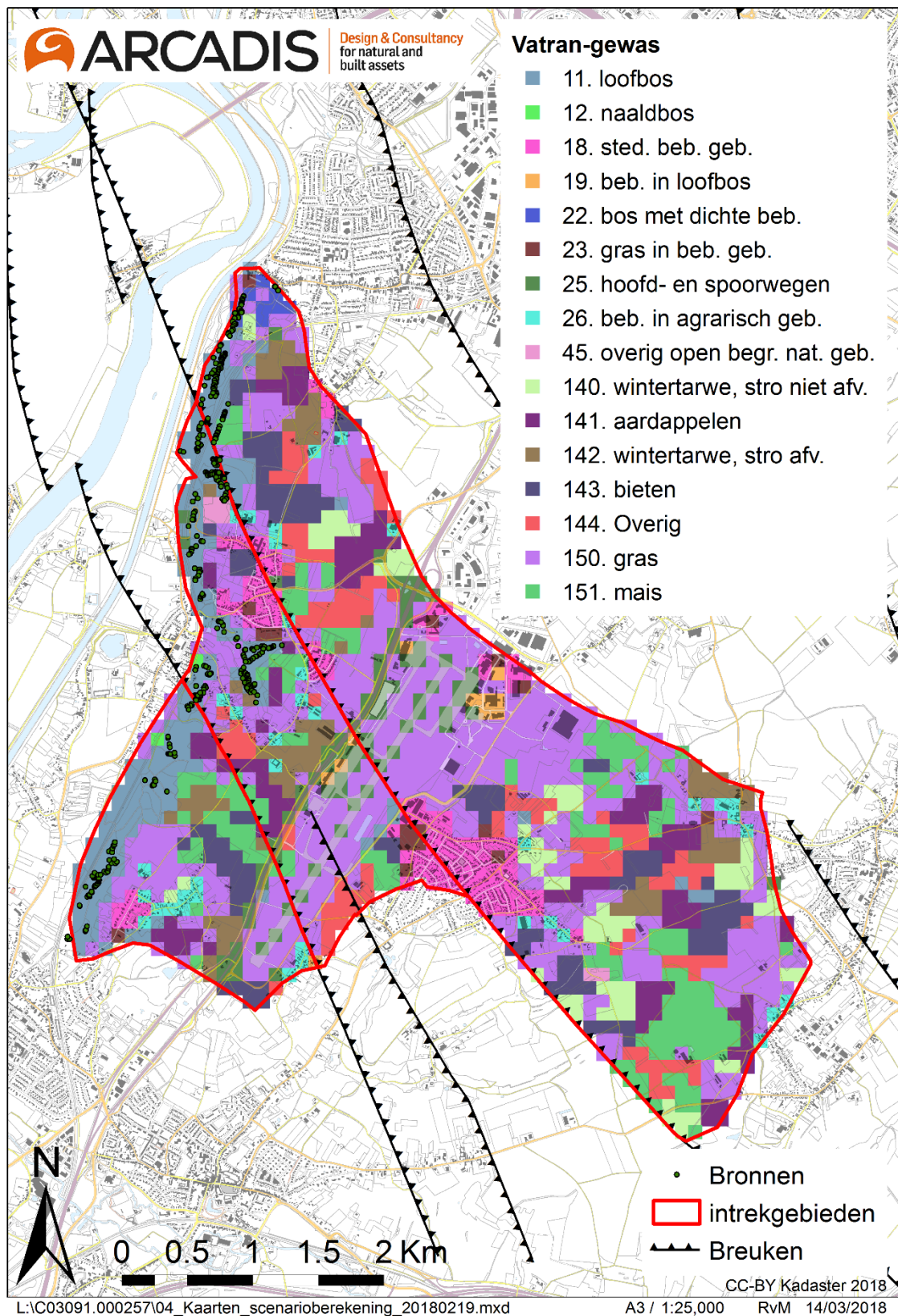
Het landgebruik is 1 januari 2014 geactualiseerd met het LGN7 BRP2015 (© Copyright Alterra). Dit is het LGN7-bestand representatief voor 2012 dat voor akkerbouw en landbouw is bijgewerkt met door boeren opgegeven gewasgegevens van 2015 (BRP2015-gegevens). Dit bestand is voor dit project ter beschikking gesteld door de Provincie Limburg.

De resolutie van de IwanH-invoer is 100x100 m. De bronbestanden van het LGN7-BRP2015 (© Copyright Alterra) en andere modelinvoer hebben doorgaans een hogere resolutie (50x50 m of 25x25 m). Voor de modelinvoer van IwanH is het meest voorkomende landgebruik (grootste areaal) aan de 100x100 m rekencel toegewezen. Het is onbekend in hoeverre deze aanname in landgebruik invloed heeft op het modelresultaat.

In VATRAN worden de verschillende akkerbouwgewassen samengevoegd. Op dit samengevoegde areaal wordt door gebruik van de rotatietool rotatie toegepast. Hierbij wordt een vaste volgorde gehanteerd en een gemiddelde grootte van het perceel. Bij de start van de rotatie wordt het akkerbouw areaal verdeeld over het aantal te roteren gewassen. Vervolgens verandert de teelt op het betreffende areaal ieder jaar. Wanneer gewaskaarten of regiokaarten wijzigen wordt de rotatie onderbroken en zal de rotatietool opnieuw van start gaan. Begin 2014 vindt een dergelijke herstart plaats.

Vanaf begin 2014 is het landgebruik geactualiseerd en worden nieuwe gewascodes gebruikt voor de akkerbouwgewassen en mais. Er worden gewascodes geïntroduceerd voor boomgaard (zat in de overige gewassen van de akkerbouwrotatie) en voor gras op het vliegveld (dit was gras). In de tabel met gewasparameters voor de akkerbouwgewassen zijn beperkte aanpassingen gedaan, zodat er een betere aansluiting bij de landgebruiksverdeling en (verwachte) mestverdeling in het projectgebied is (niet getoond). De keuzes en aanpassingen van de gewasparameters zijn in overleg met een landbouwdeskundige (Sjef Crijns, Delphy) gedaan. Op basis van het voorkomende landgebruik in het studiegebied (gebaseerd op de BRP2015 gegevens) is de rotatie van 5 teelten enigszins gewijzigd binnen VATRAN. De rotatie bestaat uit de teelten: Wintertarwe zonder stro afvoer, Consumptieaardappelen, Wintertarwe met stro afvoer, Suikerbieten, en Overige landbouwgewassen. De bijbehorende teeltplannen en rotatietabellen vanaf 2014 zijn weergegeven in bijlage 1.

In de IwanH database worden sommige LGN-codes toegewezen aan andere codes (bijv. gras in secundair bebouwd gebied wordt beschouwd als agrarisch gras). In Bijlage 2 is de gebruikte vertaaltabel toegevoegd. Figuur 6 laat de ruimtelijke verdeling van de in VATRAN gebruikte teelten/landgebruikscodes zien over het studiegebied in het jaar 2018. De akkerbouwgewassen veranderen elk jaar vanwege de rotatie. Al het andere landgebruik blijft gelijk vanaf 2013.



Figuur 6 Ruimtelijke verdeling van de in VATRAN gebruikte teelten/landgebruikscodes zien over het studiegebied in het jaar 2018

3.1.4 Bemestingsgegevens

In VATRAN worden vanaf 2008 gemiddelde bemestingsgegevens voor de gehele mestregio Zuid-Limburg gebruikt (net als binnen DSG fase 3, Rechobot -Water & Kennis, 2017). In de database zijn voor de periode tot en met 2007 de LEI-gegevens per gemeente gebruikt. Vanaf 2008 zijn deze getallen gemiddeld voor de hele mestregio Zuid-Limburg. De LEI-bemestingsgegevens zijn gebaseerd op berekeningen met het model MAMBO van het Wageningen Economic Research (voorheen LEI Wageningen UR) en zijn tot en met 2013 beschikbaar.

Voor de periode na 2013 is de bemesting vastgesteld op basis van de stikstofgebruiksnormen die gelden binnen het 5e en 6e Actieprogramma Nitraatrichtlijn. De gebruiksnormen zijn in hoogte gelijk binnen beide programma's. Om de bemesting vast te stellen is een gemiddelde stikstofgebruiksnorm per bedrijf aangenomen. De gewasverdeling per bedrijf is vastgesteld op basis van de gewasverdeling in het studiegebied. Voor overige aannames en informatie over de mestgiften zie bijlage 3. In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de bemesting van de verschillende gewassen in 2013 (LEI-gegevens) en 2014 scenario huidig beleid.

Tabel 2 Wijzigingen van de bemesting van verschillende teelten (met gewascodes) bij de start van het scenario huidig beleid

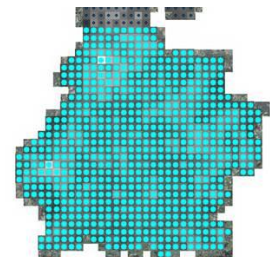
	2013 o.b.v. LEI-gegevens		2014 scen. Huidig beleid	
	gift dierlijk	gift kunst	gift dierlijk	gift kunst
Wintertarwe WT (140 -> 160)	99	129	125	185
Consumptieaardappelen CA (141 -> 161)	165	98	0	191
Wintertarwe WT (142 -> 162)	99	129	130	183
Suikerbieten SB (143 -> 163)	170	39	0	41
Overig (144 -> 164)	163	83	101	57
Gemiddeld akker	139	96	71	132
Gras (150)	172	143	168	172
Mais (151 -> 152)	191	31	175	43
Gemiddeld veeteelt ¹	179	102	170	137

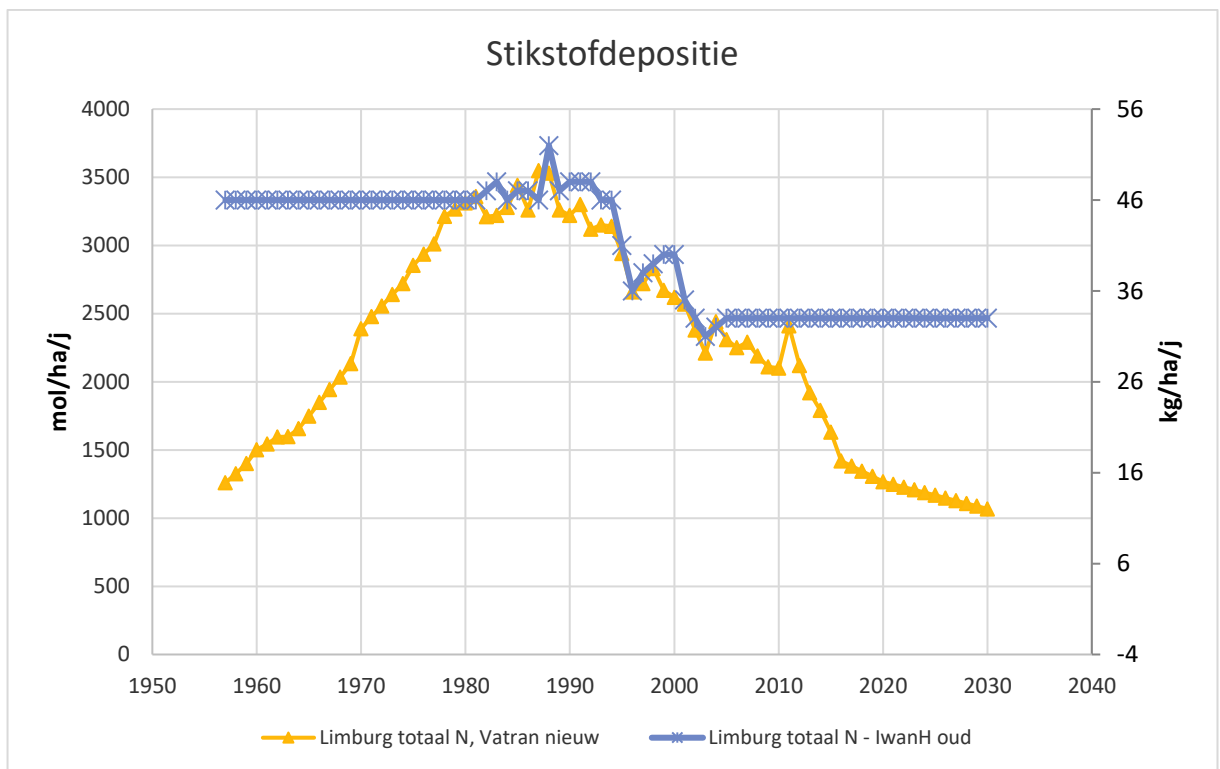
¹ o.b.v. 36% mais

3.1.5 Depositie

De depositiewaarden zijn geactualiseerd voor de gehele modeleringsperiode. De gegevens van 1957 - 2015 zijn aangeleverd door RIVM. Het gaat om de totale stikstof depositie, dus NO_x en NH_x samen. Het betreft twee reeksen (1957-1980 en 1981-2015) voor de provincie Limburg.

Voor 2016, 2020 en 2030 zijn door de Provincie Limburg gemiddelden bepaald voor de totale stikstof depositie in Zuid-Limburg (zie kaartje) gebaseerd op GDN-kaarten 2016 (grootschalige depositie Nederland, DOI 10.21945/RIVM-2017-0117). De waarden hiertussen zijn geïnterpoleerd. Het oude en nieuwe verloop van de depositiegegevens wordt weergegeven in Figuur 7. Vanaf 2030 wordt de depositie constant verondersteld (niet getoond).

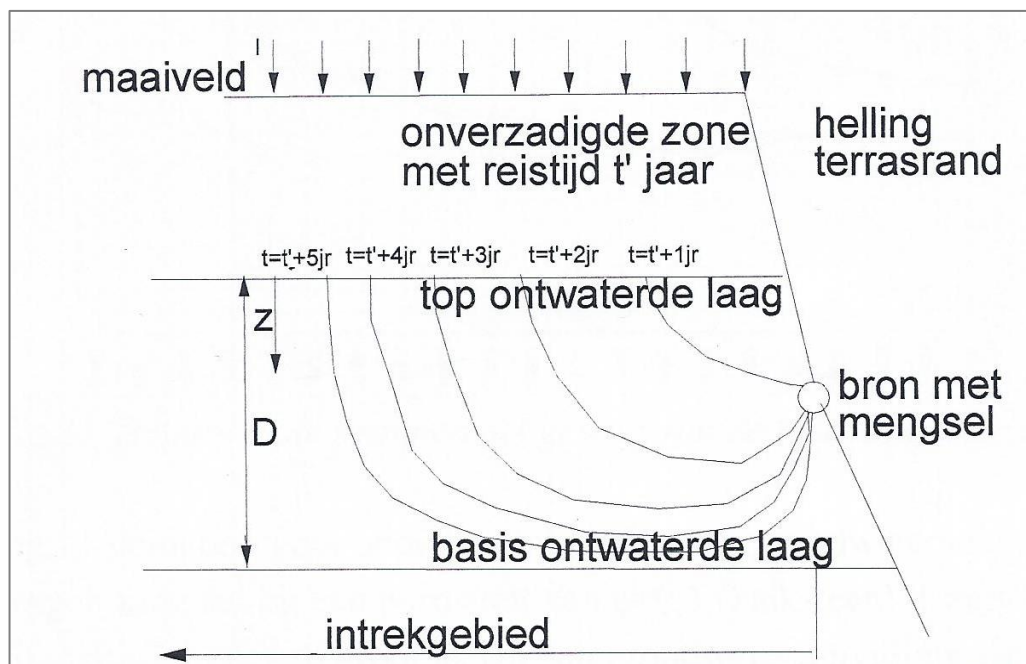




Figuur 7 Weergave van de depositiegegevens in VATRAN samen met de depositiegegevens zoals eerder gebruikt in IwanH.

3.2 STROMING NAAR DE BRONNEN (SMINGLE)

De stationaire stroombaanbenadering SMINGLE (Stream MINGLE) berekent de uitspoeling vanuit de wortelzone tot in de bronnen en is een alternatief voor berekeningen met een geohydrologisch model. In SMINGLE wordt aangenomen dat elk intrekgebied bestaat uit een aantal vaste stroombanen waarin water en nitraat naar de bronnen stroomt. In de bronzone mengen deze stroombanen. De stroombanen hebben elk hun eigen unieke reistijd. Elke intrekgebied - bronzone combinatie heeft een eigen unieke set van stroombanen. Figuur 8 geeft een beeld van de gehanteerde aanpak.



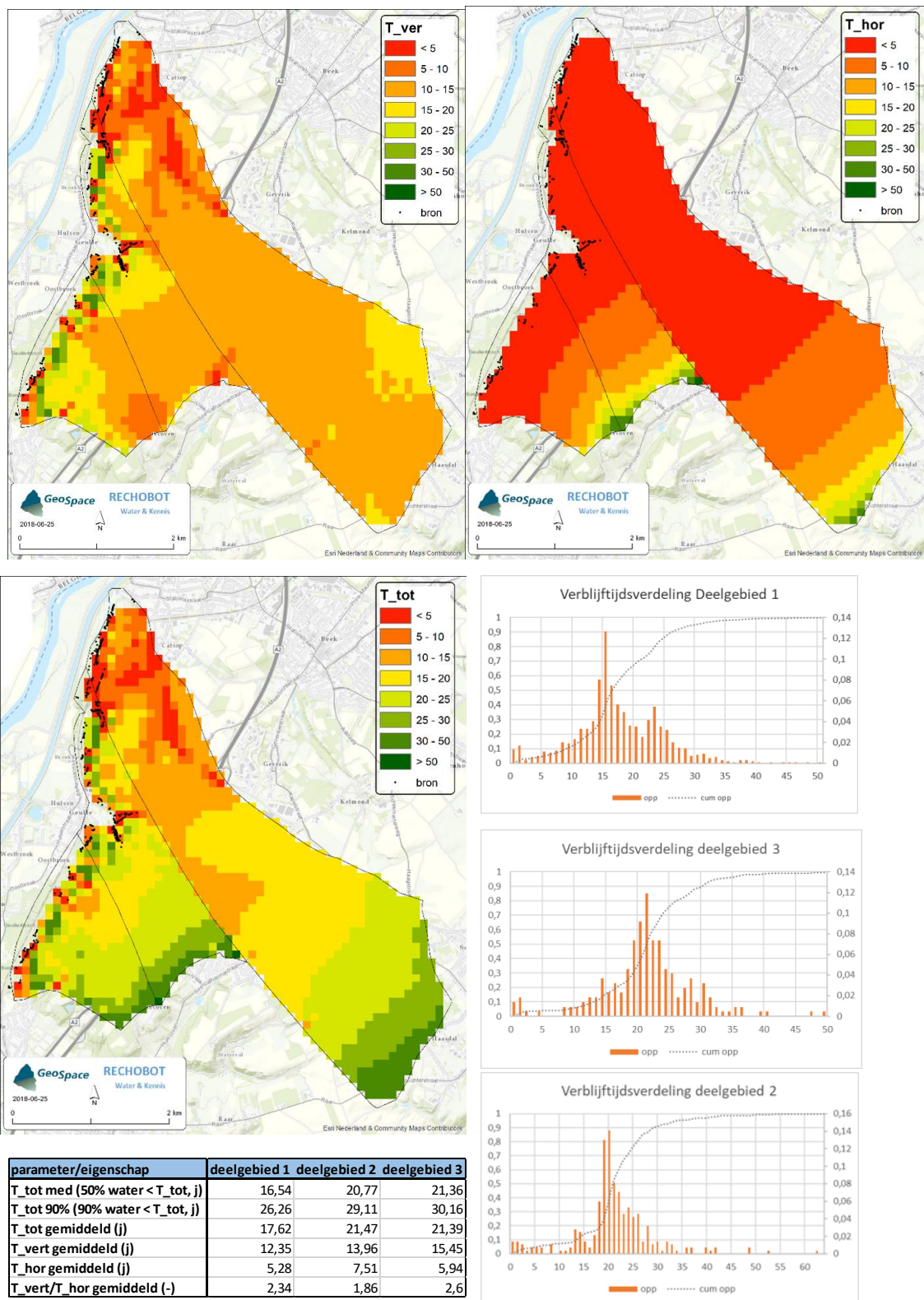
Figuur 8 Globale schets van de set stroombanen per intrekgebied (Hendrix & Meinardi, 2004) zoals gebruikt in de stroombanenbenadering SMINGLE.

Hierbij worden de volgende aannames gehanteerd:

- De uitspoelingsconcentraties voor nitraat zijn over het gehele intrekgebied gelijk aan het gemiddelde voor dat intrekgebied, berekend voor dat jaar van alle landgebruiken.
- Deze gemiddelde concentraties per intrekgebied, berekend voor een jaar van alle landgebruiken, zijn gebaseerd op de scenario's uit 2.3 (1957 – 2050).
- De nitraatuitspoelingsconcentratie van voor 1957 is geschat op 20 mg/l.
- Voor elke intrekgebied wordt uitgegaan van een stationaire situatie met een aanvoer van de gemiddelde grondwateraanvulling aan maaiveld (volume per oppervlakte eenheid) vermenigvuldigd met het oppervlak van het GBG, en een volledige afvoer via de bronnen.
- De reistijdenverdeling van het verzadigde en onverzadigde deel van de verschillende stroombanen is constant in de tijd en wordt voor alle drie de intrekgebieden met een vastgestelde methode bepaald.

De reistijden in SMINGLE worden bepaald met een nieuw ontwikkelde methode waarin bodemkundige, geologische en hydrologische parameters van het gebied gecombineerd worden met analytische kennis van grondwaterstroming. Bij deze methode is gecalibreerd met tritiumdateringen van het bronwater. De werkwijze en resultaten zijn gerapporteerd in Bouwmeester & Van de Weerd (2018). Figuur 9 laat een overzicht van de resultaten zijn.

Met SMINGLE kan de concentratie in de bronzones van de verschillende intrekgebieden berekend worden. De betrouwbaarheid hiervan wordt sterk bepaald door de betrouwbaarheid van de bepaalde verblijftijden. Verder blijft deze benadering een simpele weergave van de werkelijkheid, enerzijds vanwege de stationaire aanpak en de aanname van geen uitwisseling tussen de verschillende stroombanen en anderzijds vanwege het gebruik van de gemiddelde uitspoelingsconcentraties en infiltratie per jaar over het intrekgebied van de beschouwde bronnen (in dit project de deelgebieden).



Figuur 9 Verblijftijden & verblijftijdsverdelingen in het studiegebied (Bouwmeester & Van de Weerd, 2018)

3.3 SCENARIO'S – ACHTERGRONDEN & INVOERGEGEVENS

In paragraaf 2.4 gaven we al aan dat richting de toekomst naast het referentiescenario vier landbouwscenario's (LB1 t/m LB4) en twee infiltratiescenario's (IN1 en IN2) berekend worden. Alle scenario's, behalve IN1 starten begin 2020. De landbouwscenario's zijn zo gekozen dat ze in beeld brengen wat een aantal extra landbouwmaatregelen op kunnen leveren (EXMUL) en wat een aantal vergaande maatregelen tot zeer vergaande (onrealistische) maatregelen op zouden kunnen leveren. Het idee achter deze scenario's is dat hiermee in beeld komt wat aan landbouwzijde maximaal haalbaar is. In de twee infiltratiescenario's wordt het effect van infiltratiemaatregelen berekend. Een van deze maatregelen (IN1) is al gereed. Dit scenario gaat begin 2017 in.

3.3.1 Referentiescenario Huidig Beleid

De maatregelen van het zesde actieprogramma nitraat (NAP6) zitten grotendeels al in het referentiescenario (of scenario huidig beleid, zie bijlage 4). In het model gaan we uit van reëel landbouwkundig gedrag, met al een bepaalde mate van bewustzijn met betrekking tot uitspoeling van stoffen. Zo wordt bij akkerbouw een rotatie gebruikt met afwisseling tussen diep en ondiep wortelende gewassen (zie bijlage 1). Hiervan is bekend dat dit de uitspoeling vermindert. De maismaatregelen uit NAP6 (verplichte rijenbemesting en vervroegen van de inzaai van een groenbemester) worden in 2020 meegenomen in EXMUL.

3.3.2 Scenario LB1: Extra Maatregelen Uitspoeling Limburg (EXMUL)

In het scenario EXMUL wordt bij akkerbouw dezelfde rotatie gebruikt als in het referentiescenario. De dierlijke mest wordt nu zoveel mogelijk in het voorjaar aangewend. Bij aanwending van dierlijke mest in de stoppel van tarwe (in augustus) wordt maximaal 80 kg N in de vorm van dierlijke mest toegediend.

In het Scenario EXMUL worden daarnaast de resterende twee maatregelen voor mais uit NAP 6 meegenomen: toediening van dierlijke mest in de rij en verplichte inzaai van groenbemester voor 1 oktober. De hoeveelheid dierlijke mest gegeven aan de mais is om deze reden verlaagd. Deze dierlijke mest wordt extra toegediend aan het grasland (zie bijlage 3). Per saldo verandert de gemiddelde gift of de gebruikte hoeveelheid werkzame N niet voor Veeteelt.

3.3.3 Scenario LB2: Grasland Bemest

Al de landbouwgrond wordt omgezet naar bemest grasland. Hierbij houden we de bemesting aan van grasland (gewascode 150) in het scenario Huidig beleid (zie bijlage 3). Uitzonderingen hierop zijn grasland vliegveld (gewascode 156) en fruitteelt (gewascode 154). Deze blijven bestaan.

3.3.4 Scenario LB3: Grasland Onbemest

Al de landbouwgrond wordt omgezet naar onbemest grasland (gewascode 157). Dit scenario brengt de maximaal haalbare reductie van de uitspoeling onder landbouw in beeld.

3.3.5 Scenario LB4: Biologische Landbouw

Biologische landbouw is anders dan conventionele landbouw. Het is niet mogelijk om ervoor te kiezen om op één perceel biologisch te telen. Wanneer voor biologische landbouw gekozen wordt, moet het hele bedrijf hiernaar omgevormd worden. Er zal heel anders omgegaan moeten worden met bestrijding van plagen en met de aanvoer van organische meststoffen. In het onderzoeksgebied ligt grond van 84 bedrijven, waarvan 54 bedrijven meer dan 10% van hun oppervlak in het gebied hebben en maar 23 bedrijven meer dan 50% van hun oppervlak in het gebied hebben (zie bijlage 5).

Landbouwgrond in het projectgebied biologisch gaan bewerken kan niet los gezien worden van de volledige omvorming naar biologische landbouw van de bedrijven waartoe deze grond behoort. Hiermee is het een maatregel die veel verder gaat dan bijvoorbeeld het instellen van teeltvoorschriften in het gebied.

In de biologische landbouw zijn de gewassen en rotatie wezenlijk anders. De teelten zijn veel diverser, vaak worden er binnen de akkerbouw meer arbeidsintensieve teelten toegepast, bijv. uien, asperges en andere groentegewassen. De percelen zijn over het algemeen kleiner, landbouwgewassen worden in rotatie gecombineerd met gras/klaver voor de stikstofbinding. Er wordt ook gewerkt met continue bodembedekking. Biologische boeren met minder intensieve teelten hebben over het algemeen relatief meer granen dan reguliere boeren.

Over het algemeen is de productie op biologische bedrijven per hectare lager dan van reguliere bedrijven. Direct na de omvorming is dit zeker het geval. Op den duur kan de productie toenemen.

Het kenmerk van een biologisch systeem is dat bemesting vooral plaatsvindt via toevoeging van organische stof aan de bodem. Deze organische stof wordt toegevoegd via gewasresten, groenbemesters en organische meststoffen. De verdeling tussen kunstmest, dierlijke mest en overige organische stoffen is dus wezenlijk anders dan in een regulier systeem. Vanwege de beperkte beschikbaarheid van biologische meststoffen en soms ook vanwege fosfaat plafonds is het voor biologische boeren vaak niet simpel om voldoende stikstof aan te voeren. Naast aanvoer van stikstof via organische meststoffen wordt er via stikstofbinding in gewassen ook stikstof aan de bodem toegevoegd. Biologische boeren zijn hierdoor over het algemeen “stikstofbewust” boeren. Op biologische rundveehouderijen wordt door eigen vee mest geproduceerd die ook weer op eigen bedrijf ingezet kan worden.

Zowel bij biologische als reguliere teelt zijn een aantal aspecten heel bepalend voor de stikstofbenutting van het gewas en de uitspoeling naar de bodem. Hiermee zal rekening gehouden moeten worden bij het landbouwkundig handelen. Wanneer dit niet gebeurd kunnen de stikstofverliezen veel groter zijn dan verwacht op basis van optimaal handelen.

- Keuze voor gewas en gewasopvolging;
- Hoeveelheid mest en mestsoort gecombineerd met het moment van toediening;
- Grondbewerking, de manier hiervan en het moment hiervan;
- De daadwerkelijke gewasopname (een droog jaar of ziekte kan leiden tot minder opname en meer uitspoeling, een groeizaam jaar kan leiden tot een grotere gewasopname en grotere N afvoer);
- Het stikstof leverend vermogen van de grond is eveneens sterk van invloed op het beschikbaar komen van stikstof uit de bodem (dit wordt bepaald door de aanwezige stikstofvoorraad en de vorm waarin de stikstof aanwezig is).

Uit metingen blijkt dat bij biologische teelt de hoeveelheid beschikbare minerale stikstof significant lager is dan bij reguliere landbouw (Schrama et al, 2018). Dit geldt niet alleen voor de gemiddelde waarde. Ook de variatie van de beschikbare minerale stikstof blijkt een stuk lager te liggen. De hoeveelheid makkelijk afbreekbaar organisch gebonden stikstof is juist hoger in een evenwichtige biologische teelt. Hierdoor is er (op termijn) toch voldoende stikstof beschikbaar voor het gewas. Gevolg van deze significante lagere beschikbaarheid van minerale stikstof is dat de uitspoeling van stikstof ook lager zal zijn. Het risico op stikstoflekage is kleiner, met andere woorden, de verliezen bij een zware regenbui zullen hierdoor beperkter zijn.

Robertsen et al (2014) rapporteren 50% minder uitspoeling van nitraat onder biologische bedrijven. Ook op proefboerderij Vredepeel zien we minder uitspoeling onder biologische akkerbouw dan onder reguliere akkerbouw ca 10 jaar na de omvorming (Schrama et al, 2018). In BIOM, een project gericht op de biologische landbouw praktijk (Wijnands & Holwerda, 2003) zijn stikstofindicatoren van biologische bedrijven vergeleken met getallen uit gangbare bedrijven. De BIOM bedrijven hadden lagere nitraatgehaltes in drainwater (op klei) lagere minerale stikstofvoorraad na de oogst en aan het begin van het uitspoelingsseizoen dan reguliere bedrijven. Deze laatste parameter blijkt in alle studies een goede indicator te zijn voor de stikstofuitspoeling. Er zijn geen gegevens beschikbaar van löss bedrijven in Nederland. Wel van zand en kleibedrijven (o.a. Haan, de et al., 2017). Zand en kleibedrijven wijzen in dezelfde richting. De verwachting is dat ook bij omvorming van bedrijven op löss de minerale stikstofvoorraad in de bodem zal afnemen en dat dit ook op deze gronden zal leiden tot een verminderde kans op uitspoeling.

Met de omvorming naar biologische landbouw is mogelijk dus winst te halen. Er is grote kans dat er een omslag gemaakt wordt richting meer stikstofbewust boeren, met minder kans op stikstoflekage. Een doorrekening van het biologische systeem voert op dit moment nog te ver. Om een idee van de mogelijke impact van invoering van biologisch boeren te krijgen zijn er scenario's doorgerekend waarbij de uitspoeling onder landbouw ten opzichte van het scenario Huidig Beleid is gereduceerd met 25% (weergegeven met $HB \cdot 0,75$ (biologisch)).

3.3.6 Scenario IN₁: Infiltratie MAA Zuidoost, deelgebied 2

Scenario IN₁ berekent het effect van de in gebruik name van de nieuwe regenwaterbuffer aan de Zuidoost zijde van Maastricht Aken Airport (MAA). Deze is zo ingericht dat er vanuit deze buffer infiltratie naar het grondwater zal plaatsvinden. Omdat de infiltratie plaatsvindt in deelgebied 2 wordt de impact van deze maatregel alleen voor deelgebied 2 uitgerekend. De nieuwe regenwaterbuffer is eind 2016/begin 2017 in gebruik genomen. Dit scenario gaat dus in op 1 januari 2017 in tegenstelling tot de andere scenario's (deze starten op 1 januari 2020).

In de situatie zonder infiltratiemaatregel wordt het vliegveld als volgt meegenomen in het model:

- Voor het grasland op het vliegveld wordt een speciale landbouwcode gebruikt met bemestingsrestricties.
- Voor verhard oppervlak op het vliegveld is de standaard benadering voor verhard oppervlak uit VATRAN gebruikt. Er wordt uitgegaan van een beperkte grondwateraanvulling (80 mm; i.e. 10% van de langjarige gemiddelde neerslag van 800 mm) met een vaste nitraatconcentratie (50 mg/l NO₃; dit is een aanname voor de gemiddelde concentratie in uit- en afspoelend water van verhard oppervlak: geconcentreerde neerslag vermengd met e.g. vuil, bladeren, hondenpoep).

Door de ingebruikname van de regenwaterbuffer met infiltratievoorziening zal er extra grondwateraanvulling plaatsvinden. Door de manier van inrichting van de buffer (Royal

Haskoning DHV, 2016), het water wordt onder de losslaag geïnfiltreerd (vanaf 7 m -mv), wordt de verblijftijd van het geïnfiltreerde water sterk verkort ten opzichte van de verblijftijd van infiltrerend water in de omgeving. Ook zal de grondwateraanvulling vanaf verhard oppervlak die op dit moment voor het vliegveld in het model zit wegvallen. Op de plek van de regenwaterbuffer zal een grote grondwateraanvulling met nitraatarm regenwater afkomstig van de startbanen plaatsvinden. Het is van groot belang dat dit water van goede kwaliteit is. Meer achtergronden over de verandering in de situatie en de berekening van de extra grondwateraanvulling wordt in bijlage 6 gegeven. Meer achtergrondinformatie over de kwaliteit van dit water wordt in de bijlage 7 gegeven. Omdat de verandering als gevolg van de infiltratiemaatregel geen invloed heeft op de berekende uitspoeling op anderen locaties in deelgebied 2, wordt voor dit scenario alleen een berekening met SMINGLE uitgevoerd.

3.3.7 Scenario IN2: Infiltratie MAA Noord, deelgebied 1

Scenario IN2 berekent het effect van een infiltratievoorzieningen bij MAA noord in deelgebied 1. Dit scenario gaat in 2020 in, dan kan deze infiltratievoorziening klaar zijn. We rekenen met een areaal van 37,2 ha, het verwachtte areaal verhard oppervlak dat afgekoppeld wordt voor de infiltratievoorziening bij MAA noord. In dit scenario is als uitgangspunt genomen dat de infiltratievoorziening op dezelfde wijze ontworpen wordt als in Scenario IN1, dus dat ook hier het water onder de losslaag wordt geïnfiltreerd. Omdat de verandering als gevolg van de infiltratiemaatregel geen invloed op de berekende uitspoeling op anderen locaties in deelgebied 1 heeft, wordt ook voor dit scenario alleen een berekening met SMINGLE uitgevoerd.

Er wordt ook gedacht over infiltratie van verhard oppervlak op en rond de A2. Naar verwachting zal niet gemakkelijk een areaal boven de 50 ha gehaald worden. Deze extra afkoppeling wordt niet doorgerekend. Wel wordt in een Tabel aangegeven wat kan worden verwacht als er meer areaal wordt afgekoppeld en dit water ook op dezelfde wijze zal worden geïnfiltreerd.

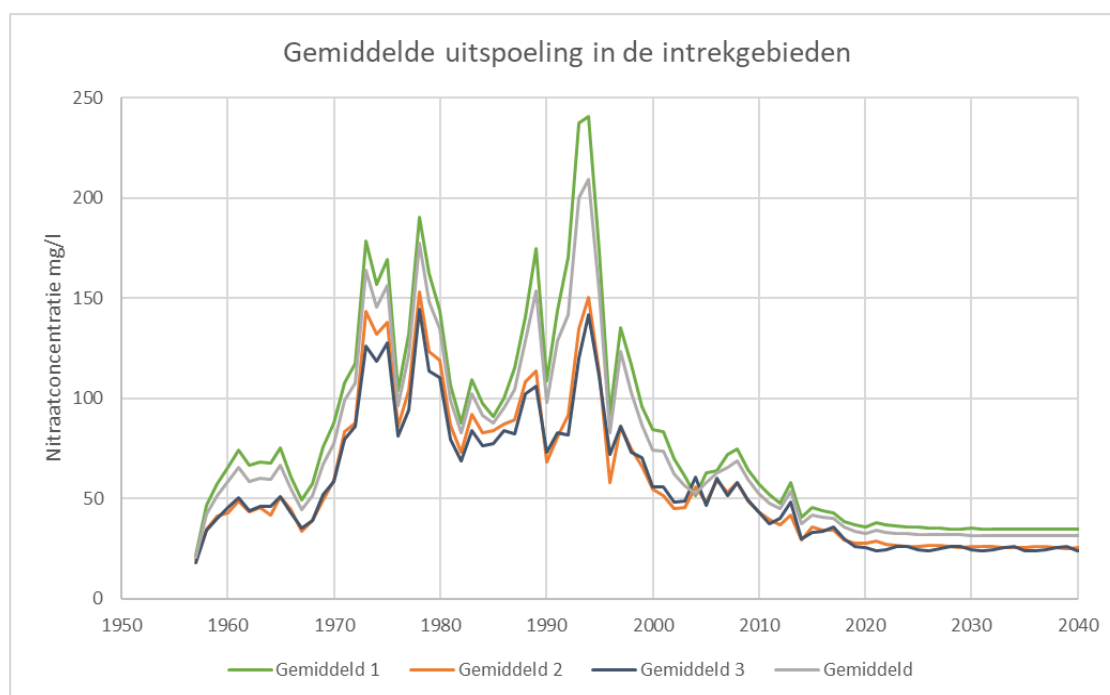
4. Resultaten & Interpretatie

De resultaten van de in hoofdstuk 2 beschreven berekeningen worden in dit hoofdstuk gepresenteerd en geïnterpreteerd. In paragraaf 4.1 vinden we de resultaten van de uitspoelingsberekeningen met VATRAN. We behandelen hier eerst de historische berekeningen en het scenario huidig beleid. Daarna volgen de resultaten van drie van de landbouwscenario's voor deelgebied 1. Voor het scenario biologische landbouw en de infiltratiescenario's zijn geen VATRAN berekeningen uitgevoerd. In paragraaf 4.2 wordt het verloop van de concentraties in de bronnen, berekend met de stationaire stroombaanbenadering gepresenteerd.

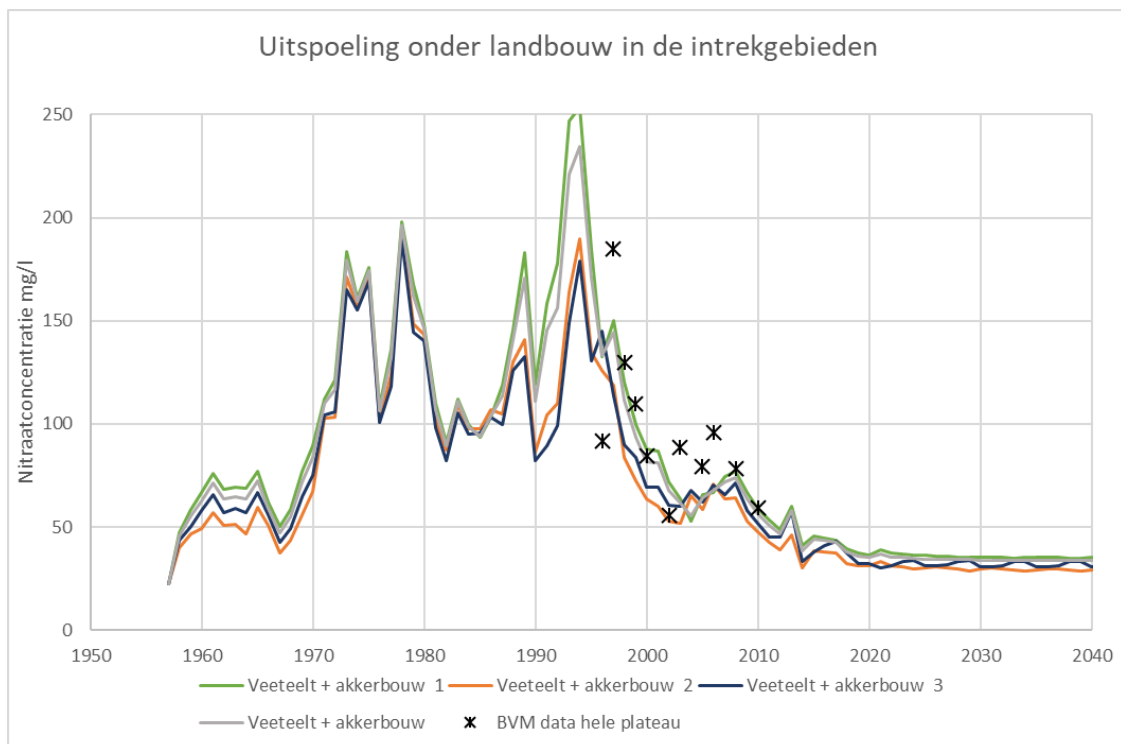
4.1 BEREKENDE UITSPOELING IN DE DEELGEBIEDEN

4.1.1 Historische uitspoeling en scenario Huidig beleid

Figuur 10 en Figuur 11 laten de historische uitspoelingsberekeningen zien samen met het toekomstscenario Huidig Beleid. Figuur 10 laat de berekende gemiddelde uitspoelingsconcentratie zien in de verschillende intrekgebieden, en ook in het studiegebied als geheel. In Figuur 11 zien we eenzelfde figuur, maar nu voor de berekende gemiddelde uitspoelingsconcentratie onder landbouwgronden. In deze figuur zijn ook de gemeten waarden van het bodemvochtmeetnet van de provincie Limburg (zie 2.3.1) weergegeven.



Figuur 10 Gemiddelde uitspoeling van nitraat in de intrekgebieden en van het hele studiegebied (VATRAN berekening van de historische uitspoeling gevolgd door het referentie scenario Huidig Beleid).



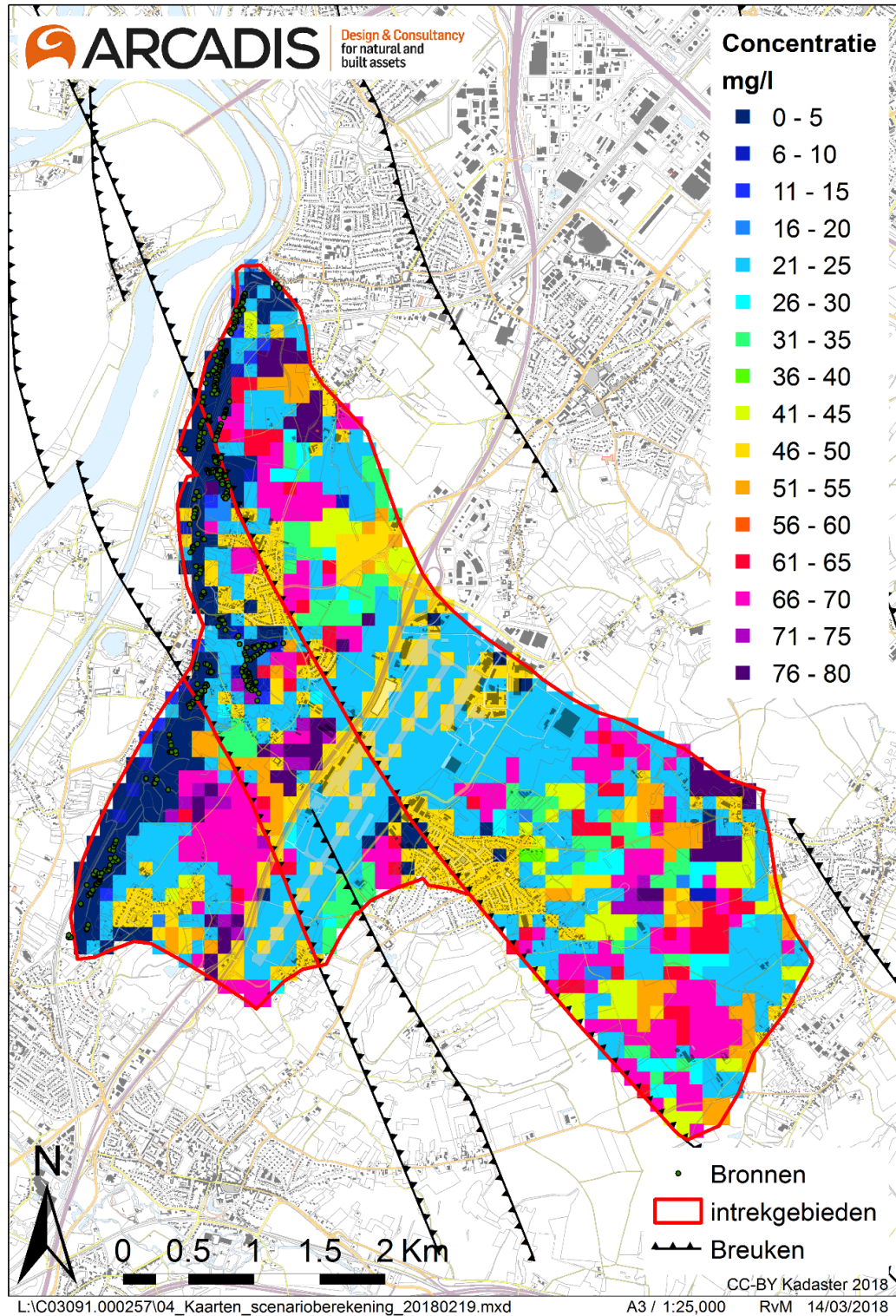
Figuur 11 Berekening van de gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelende water samen met metingen in het bodemvocht onder landbouw in de intrekgebieden.

De gemiddelde concentratie in intrekgebied 1 ligt hoger dan in intrekgebied 2 en 3. In dit intrekgebied is relatief meer landbouw en minder natuur dan in de andere twee intrekgebieden.

De berekende waarden voor de gemiddelde concentratie onder al het landgebruik en de concentratie onder landbouwgrond liggen beide na 2013 structureel onder de 50 mg/l nitraat. Vanaf begin 2017 wordt gerekend met gemiddeld weer. Vanaf dat jaar is er minder fluctuatie in de curve. Bij niet gemiddeld weer, zouden de verschillen tussen de jaren groter zijn. De berekende gemiddelde concentratie onder al het landgebruik ligt in 2018 rond de 36 mg/l, daarna vindt er nog een lichte daling plaats door de afname van de depositie. **Onder landbouwgrond ligt de berekende gemiddelde concentratie in 2018 iets hoger, rond de 38 mg/l nitraat. Waarbij de concentratie nitraat onder akkerbouw 46 mg/l en onder veeteelt 31 mg/l is (niet getoond). Van het totale studiegebied is ca 70% van het areaal landbouwgrond, ca 14% is stedelijk (beperkte infiltratie, 50 mg/l) en ca 16% is overig gebied (met name natuur, de uitspoeling nadert hier naar 0 mg/l). De berekende uitspoelingsconcentratie onder landbouwgrond (op 1,5 m diepte), komt aardig overeen met de in dezelfde jaren gemeten gemiddelde bodemvochtgehalten onder landbouw op het plateau tussen 1,3 – 1,5 meter. Dit geeft vertrouwen dat de orde van grootte van de berekende uitspoeling onder landbouw klopt. Helaas ontbreken recente monitoringsgegevens representatief voor het studiegebied.**

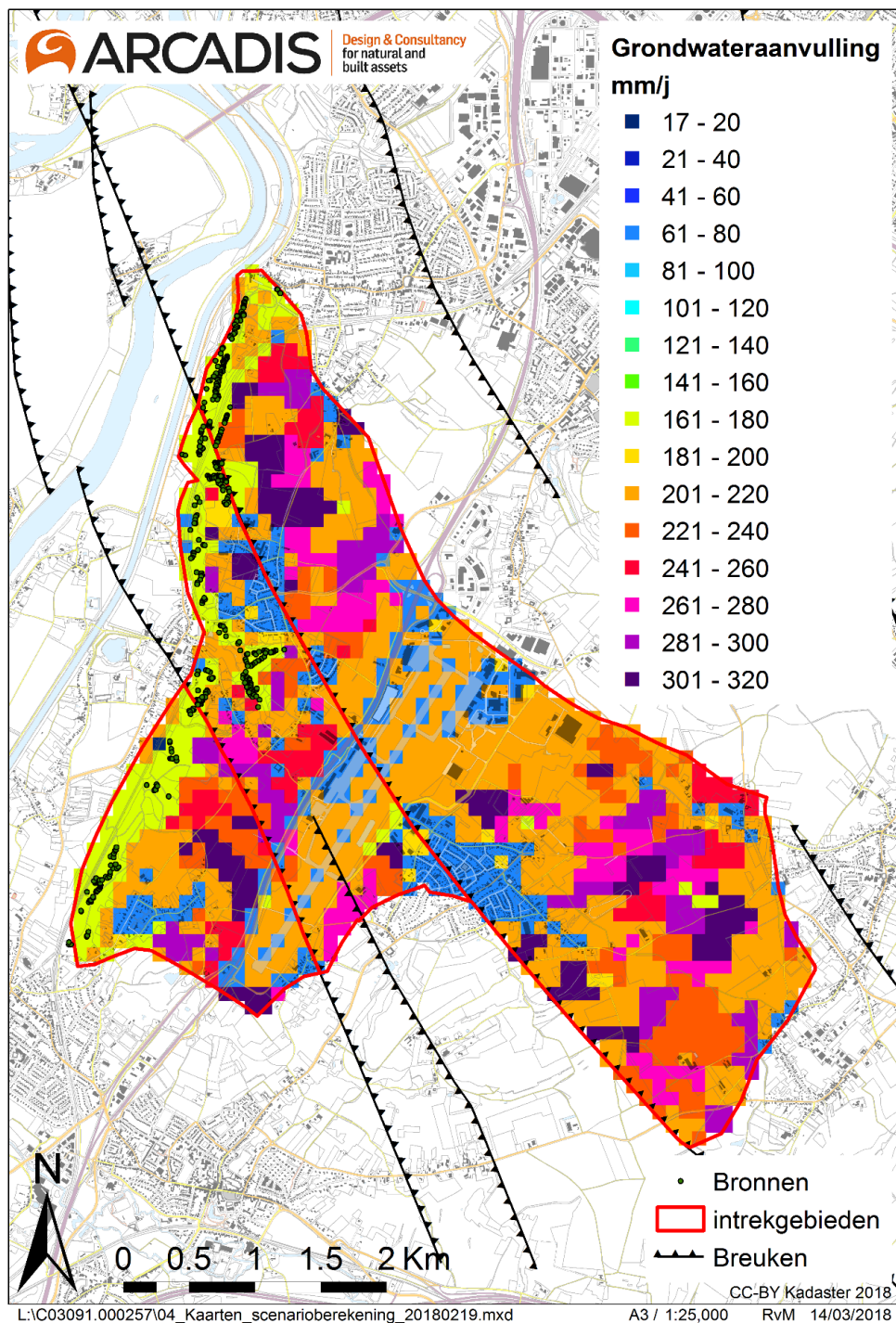
Naast de gemiddelde concentratie, per deelgebied of per landgebruik kunnen we ook kijken naar de ruimtelijke verdeling van de uitspoelingsconcentratie. In Figuur 12 zien we deze ruimtelijke verdeling van de uitspoelingsconcentraties in 2018. De aanvoer van stikstof is dan al 4 jaar op het peil horend bij NAP 5 en 6. Wanneer we deze figuur vergelijken met figuur 6, zien we dat met name onder mais en akkerbouwpercelen nog hoge uitspoelingsconcentraties worden berekend. Rond de bronnen is het landgebruik natuur en is de uitspoeling laag. In stedelijk gebied is de

concentratie op 50 mg/l vastgesteld. In deze gebieden is de grondwateraanvulling laag. De bijdrage van deze gebieden aan de gemiddelde uitspoelingsconcentratie is daardoor beperkt.



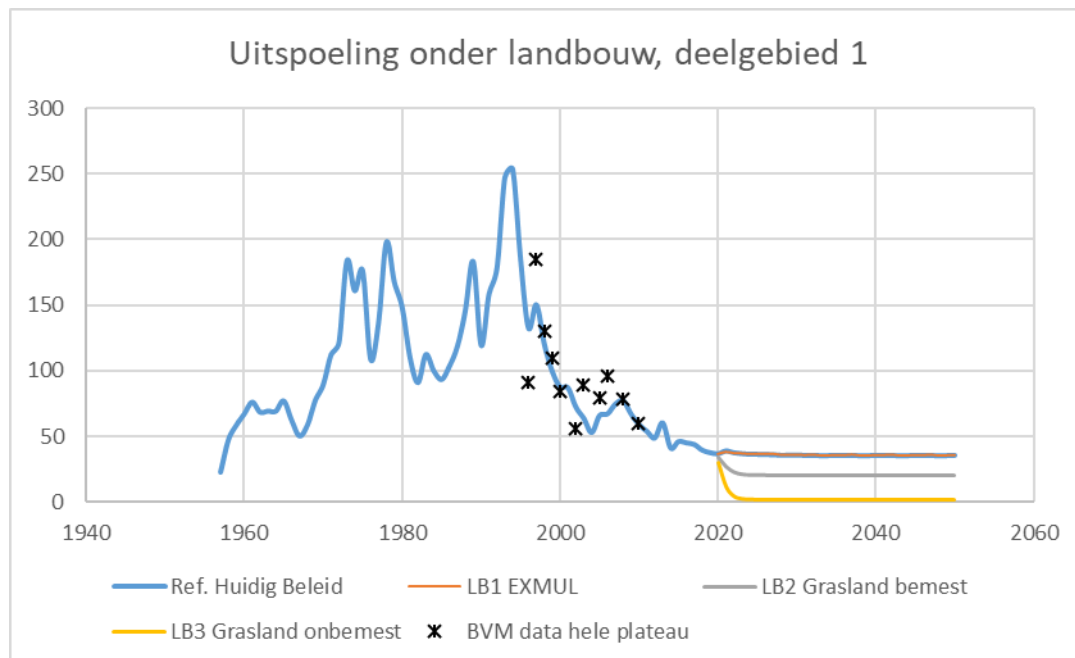
Figuur 12 Ruimtelijke verdeling van de uitspoelingsconcentraties in 2018

Figuur 13 laat het ruimtelijk beeld van de grondwateraanvulling zien. De grondwateraanvulling onder verhard gebied, is het kleinst, 80 mm/jaar. Vervolgens ligt de grondwateraanvulling in het hellend natuurgebied op de meeste plekken tussen 160 en 180 mm/jaar. De volgende categorie grondwateraanvulling die veel voorkomt is 200 – 220 mm/jaar. In deze categorie valt het meeste grasland. Voor de meeste akkerbouwgewassen en mais ligt de grondwateraanvulling in de hogere categorieën.



Figuur 13 Ruimtelijk beeld van de grondwateraanvulling in 2008

4.1.2 Uitspoelingsconcentraties in de landbouwsenario's



Figuur 14 Gesimuleerde nitraatconcentraties onder landbouw in deelgebied 1

Figuur 14 laat de met VATRAN berekende uitspoelingsconcentraties onder landbouw in deelgebied 1 zien, voor verschillende landbouwsenario's. De figuren van deelgebied 2 en 3 vertonen sterke gelijkenis en zijn niet getoond. We zien dat het scenario "Grasland onbemest" (met gewasafvoer), een sterke afname van de uitspoeling onder landbouw laat zien (nadert naar 2 mg/l NO₃). Dit scenario brengt de maximaal haalbare reductie van de uitspoeling in beeld. Wanneer er niet meer bemest wordt is er nog wel stikstof in de wortelzone van voorgaande jaren. In de berekening zien we dat de uitspoeling vanaf begin 2020 in ca 2 jaar sterk afneemt. Er is nog wel enige aanvoer van stikstof door depositie en door mineralisatie van de bodemvoorraad en plantenresten. Deze stikstof zal bijna volledig door het grasland worden opgenomen. Vanzelfsprekend is dit geen landbouwkundig interessant scenario want de bodem zal uitputten en de gewasgroei zal verminderen. Het scenario "Grasland bemest", waarin al het landbouwareaal is omgezet naar bemest grasland, laat ook een significante afname zien ten opzichte het scenario "Huidig beleid", waarin ongeveer de helft van het landbouwareaal akkerbouw is. Dit komt doordat onder akkerbouwgewassen de uitspoeling gemiddeld hoger ligt (ca. 45 mg/l) dan onder gras en mais (ca. 28 mg/l). De uitspoelingsconcentratie in "Grasland bemest" ligt met 21 mg/l NO₃ nog iets lager dan de uitspoelingsconcentratie onder veeteeltbedrijven (incl. mais teelt, 28 mg/l NO₃, niet getoond). De uitspoeling onder landbouw in de scenario's "Huidig Beleid" en "EXMUL" komen ongeveer gelijk uit. In deze scenario's is de akkerbouwrotatie, met afwisseling van diep en ondiep wortelende gewassen, gelijk. Door de beperking van dierlijke mestgift in het najaar werd verwacht dat in het scenario "EXMUL" de uitspoeling onder akkerbouw zou verminderen. Er wordt echter een stijging van de uitspoeling onder akkerbouw van 2,6 mg/l NO₃ gevonden. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat we in dit scenario de wettelijke stikstof(N)-aanvoerruimte opvullen. Hierdoor neemt de gemiddelde

totale N-gift op akkerbouw toe met 8 kg/ha/jaar (zie bijlage 3). Daarnaast kan de teelt van groenbemester na de dierlijke mestgift in het najaar, het positief effect van het verkleinen van de dierlijke najaarsgift beperken. In het scenario “EXMUL” is ook de mestverdeling tussen gras en mais gewijzigd, vanwege rijenbemesting. Dit heeft een iets lagere uitspoeling (0,6 mg/l NO₃) onder veeteeltbedrijven tot gevolg. Samen resulteert dit in een lichte toename van de uitspoeling in het scenario “EXMUL” van ca 1 mg/l NO₃.

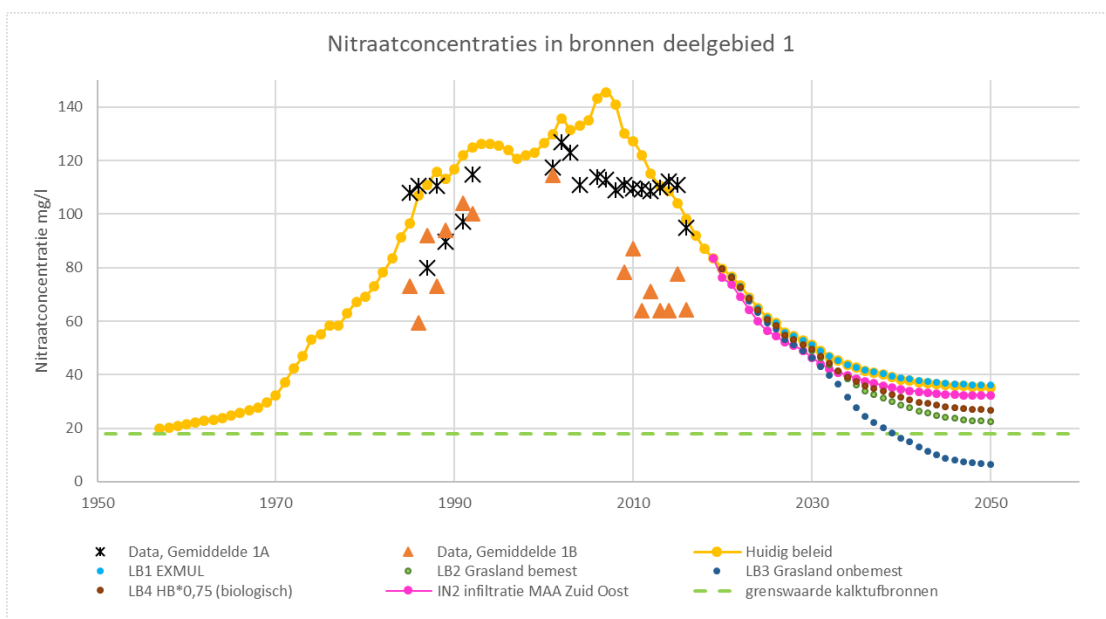
4.2 BEREKENDE CONCENTRATIES IN DE BRONNEN

Berekeningen met SMINGLE zijn per deelgebied uitgevoerd. Figuur 15 tot en met Figuur 17 tonen de resultaten van alle scenario's per deelgebied. Deze figuren geven een overzicht van het verwachte verloop van de bronconcentraties in het verleden en in de verschillende toekomstscenario's. In deze figuren zijn ook de gemiddelde nitraatconcentraties van de bronnen per jaar weergegeven. In deelgebied 1 onderscheiden we twee clusters (zie paragraaf 2.3). Op deze manier kan het berekende verloop van de concentratie in de bronnen vergeleken worden met de gemeten gemiddelde bronconcentratie.

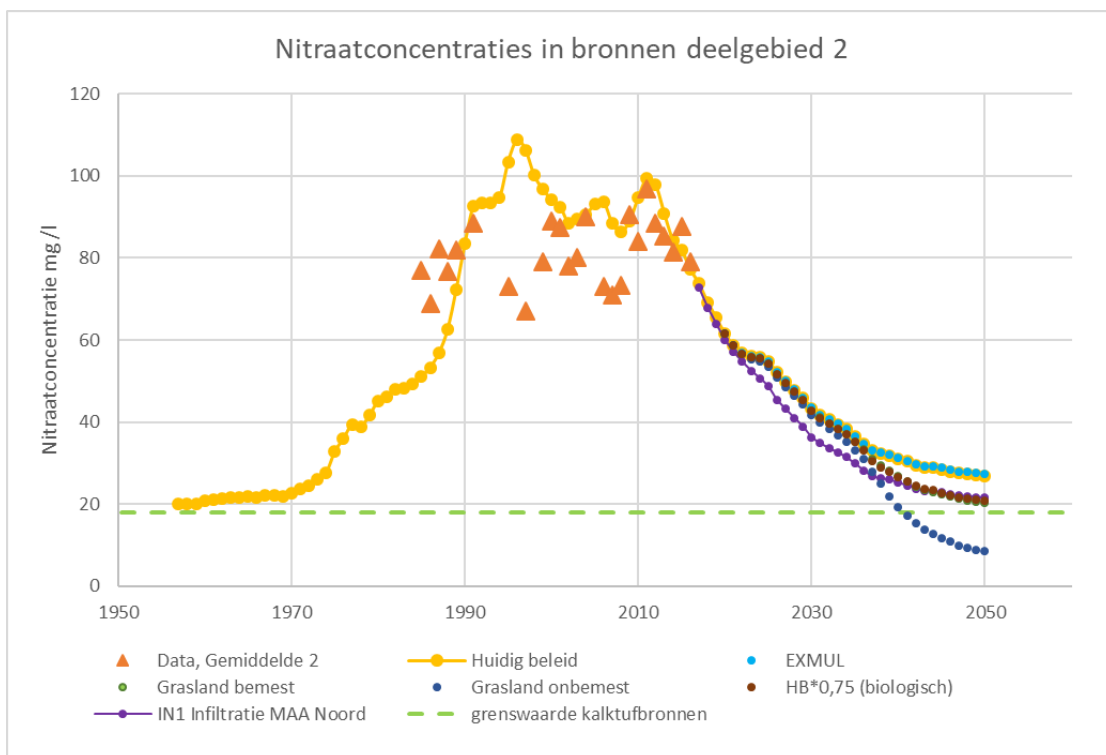
4.2.1 Historische verloop van de bronconcentraties en scenario huidig beleid

Allereerst focussen we op het verloop van de nitraatconcentratie in de metingen en in het scenario huidig beleid in het verleden. De orde van grootte van de concentraties en de toename en afname van concentraties in de bronnen worden aardig goed beschreven met de modelaanpak voor deelgebied 1 en 2. Zeker gezien het feit dat SMINGLE onafhankelijk van de bronconcentraties is geparameteriseerd. De verblijftijden zijn bepaald op basis van ondergrondgegevens en op basis van tritiumdata. In deelgebied 3 wordt de orde van grootte van de concentraties minder goed voorspeld. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de geologisch meer complexe situatie. In de modelaanpak wordt uitgegaan van één watervoerende laag. In de praktijk is er sprake van twee afzonderlijke watervoerende lagen, waardoor de modelaanpak mogelijk te simpel is voor de situatie.

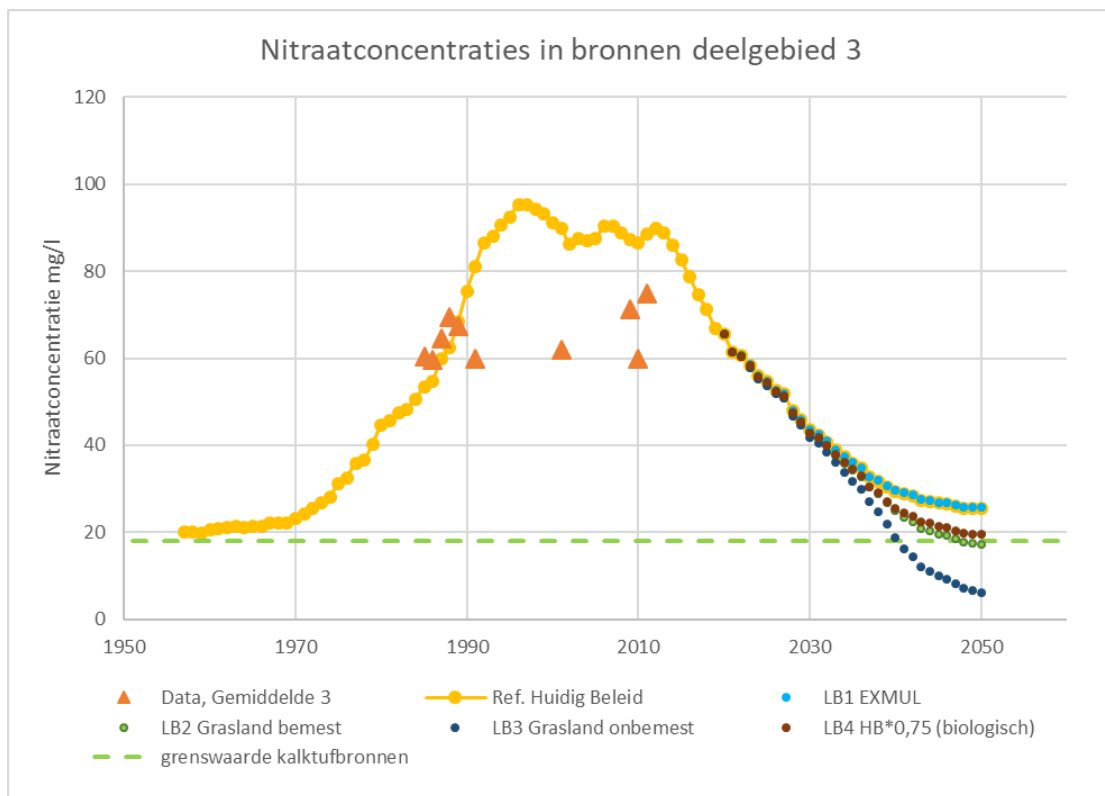
Wanneer we kijken naar het verloop van de nitraatconcentraties in het scenario huidig beleid dan zien we dat de verwachting is dat de gemiddelde nitraatconcentratie in de bronnen afneemt in de tijd. Voor alle scenario's berekenen we vanaf ca 2012 een afname van de nitraatconcentratie in de tijd van 3,5 mg/l, 3,0 mg/l of 2,2 mg/l nitraat per jaar (respectievelijk deelgebied 1, 2 en 3). De afname loopt zeker nog 20 jaar door en buigt dan af richting de berekende gemiddelde uitspoelingsconcentratie voor elk deelgebied, als eerste in deelgebied 1. Deze afname is een vertraagde reactie veroorzaakt door de vermindering in uitspoeling en kan alleen veroorzaakt zijn door veranderingen in het landbouwkundig handelen en bemesting. De enige ander bron die afneemt in de berekeningen is de depositie. Maar deze bron is verwaarloosbaar ten opzichte van de bemesting. In de verschillende figuren is ook de grenswaarde van 18 mg/l nitraat geplot voor de kalktufbronnen (zie paragraaf 1.1). We zien dat in alle drie de deelgebieden de grenswaarde niet gehaald zal worden in 2050 bij het doorzetten van het huidig beleid. Dit is ook niet te verwachten, omdat de gemiddelde uitspoelingsconcentratie in de deelgebieden boven de 18 mg/l ligt (figuur 10). Alleen als de gemiddelde uitspoelingsconcentratie voldoende daalt is er op termijn een afname van de concentratie in de bronnen te verwachten.



Figuur 15 Gemiddelde nitraatconcentratie in de bronnen van deelgebied 1, gemeten in twee clusters (1A en 1B) en gesimuleerd in verschillende scenario's, samen met de grenswaarde voor kalktufbronnen.



Figuur 16 Gemiddelde nitraatconcentratie in de bronnen van deelgebied 2, gemeten en gesimuleerd in verschillende scenario's, samen met de grenswaarde voor kalktufbronnen.



Figuur 17 Gemiddelde nitraatconcentratie in de bronnen van deelgebied 3, gemeten en gesimuleerd in verschillende scenario's, samen met de grenswaarde voor kalktufbronnen.

4.2.2 Landbouwscenario's

Wanneer we kijken naar de resultaten van de verschillende landbouwscenario's zien we dat pas in 2030 (deelgebied 1) of later de eerste verschillen zichtbaar worden. Er vindt dus een vertraging plaats van effect. Dit is te verwachten gezien de verblijftijden in het studiegebied, welke gemiddeld tussen de 17 en 21 jaar liggen (figuur 9).

De verschillen tussen de landbouwscenario's zijn grotendeels al toegelicht in 4.1.2. We zagen al dat voor het scenario EXMUL geen afname berekend wordt ten opzichte van het referentiescenario Huidig Beleid. In deze scenario's is de akkerbouwrotatie, met afwisseling van diep en ondiep wortelende gewassen, gelijk. Mogelijk levert dit voor het Huidig Beleid een te optimistisch beeld op. Nieuw is het (hypothetische) scenario Biologische Landbouw. Voor dit scenario berekenen we uitspoelings- en bronconcentraties die net iets boven het scenario grasland bemest liggen, waarbij al de landbouwgrond omgezet wordt naar bemest grasland. Vanzelfsprekend levert het (onrealistische) scenario Grasland Onbemest de grootste afnames van bronconcentraties op. Dit scenario brengt de maximaal haalbare reductie van de uitspoeling onder landbouw in beeld.

Om een substantieel effect te krijgen op de bronconcentraties leveren maatregelen waarbij omgeschakeld wordt naar minder uitspoelingsgevoelige teelten en stikstofbewuste bedrijfssystemen het meest op. Alleen zeer vergaande landbouwmaatregelen, waarbij landbouw onmogelijk rendabel kan zijn, kunnen er voor zorgen dat de doelen in 2040 gehaald worden.

4.2.3 Infiltratiescenario's

Scenario IN1: Infiltratie MAA Zuidoost, deelgebied 2

De effecten van de infiltratie op Maastricht Aken Airport (MAA) in deelgebied 2 zijn in Figuur 16 zichtbaar gemaakt. We zien hier dat dit scenario snel effect heeft en dat er een substantiële afname van de concentratie plaatsvindt. Er wordt meteen een afname van de concentratie in de bronnen berekend na het instellen van de maatregel in 2017. **De afname in concentratie is direct al rond de 10% en neemt toe in de tijd tot ruim 20% in 2050.**

Bij de interpretatie moet wel rekening gehouden worden met de aannames en consequenties hiervan¹ in de berekeningswijze. In de praktijk zal het effect mogelijk wat langzamer en anders zichtbaar worden. De verwachting is wel dat deze infiltratiemaatregel al na veel kortere tijd effect heeft dan de landbouwmaatregelen en dat het concentratie effect aanzienlijk is.

Het snelle effect van de maatregel heeft onder andere te maken met de diepte van infiltratie van het water. Het water ter plaatse van de regenwaterbuffer wordt onder de losslaag geïnfiltreerd. Dit betekent dat dit water veel korter onderweg zal zijn dan het water in de omgeving, wat een verblijftijd van ca. 14 jaar heeft op deze diepte. Het geïnfiltreerde water mengt met water dat uit de wortelzone is uitgespoeld rond 2006 (en vanaf maaiveld rond 2003). Vanaf 2017 vindt er dus verdunning van uitspoelend water plaats dat onderweg is vanaf 2006.

Voor de infiltratiemaatregelen kan de verwachtte verdunningsfactor berekend worden op basis van de verandering in invoer in SMINGLE. In Tabel 3 wordt de verandering in invoer in SMINGLE voor de scenario's IN1 en IN2 weergegeven samen met de verdunningsfactoren.

De resultaten van de landbouwscenario's zijn nu berekend zonder dat de infiltratiebuffer meegenomen is. Wanneer zij samen berekend worden, zullen de concentraties in de landbouwscenario's lager uitkomen. Hierbij kunnen dezelfde procentuele afnames worden aangehouden.

Scenario IN2: Infiltratie MAA Noord, deelgebied 1

De effecten van de infiltratie op Maastricht Aken Airport (MAA) in deelgebied 1 zijn in Figuur 15 zichtbaar gemaakt. In deze figuur zien we dat ook dit scenario snel effect heeft. Het effect is later dan in IN1 omdat de maatregel in 2020 ingaat en niet in 2017. De afname in concentratie is direct al rond de 4% en neemt toe in de tijd tot bijna 10% in 2050. De afname is duidelijk minder dan in IN1. Dit heeft te maken met de relatief kleinere extra infiltratie (9% extra voeding). Het areaal dat afwatert op de infiltratiebuffer is iets groter (25%), terwijl het intrekgebied een factor 3 groter is.

Ook hier moet bij de interpretatie rekening gehouden worden met de berekeningswijze en aannames¹ en is de verwachting dat deze infiltratiemaatregel al na veel kortere tijd effect heeft dan de landbouwmaatregelen en dat het concentratie effect significant is.

¹ Er is gemiddeld en sprongsgewijs gerekend. In de berekeningen worden de veranderde omstandigheden ter plaatse van de infiltratievoorziening verwaarloosd. In plaats daarvan worden deze veranderde omstandigheden als het ware gemiddeld meegenomen voor het hele systeem. Ook is er aangenomen dat de grondwaterstanden en intrekgebieden gelijk blijven. In de praktijk zal er sprake zal zijn van het instellen van een nieuw evenwicht en een minder gemiddelde uitwerking van de lokale maatregel. Ook kunnen de aannames niet helemaal gelden.

In Tabel 3 wordt de verandering van de invoer van de SMINGLE gegeven. In deze tabel wordt ook een rekenvoorbeeld gegeven van het effect van extra afkoppeling van ca. 20 ha, welke nu als haalbaar wordt beschouwd in deelgebied 1. De extra voeding door afkoppeling en infiltratie kan toenemen van 9 naar 13%. De afname van de gemiddelde uitspoelingsconcentratie wijzigt hierbij van ca 8 naar 12 %. We zien dat de verdunningsfactor in deelgebied 1 lager zal blijven dan in deelgebied 2 omdat er verhoudingsgewijs minder extra infiltratie kan plaatsvinden.

Tabel 3 Verandering van de invoer van SMINGLE voor scenario's IN1 en IN2. Een toelichting bij de tabel is te vinden in bijlage 6 en 7

	areaal ha	gwa m/jaar	afvlo ¹ (-)	volume/jaar m3/jaar	debiet l/s	conc g NO3/m3	flux g NO3/jaar
Deelgebied 2, zonder infiltratie							
deelgebied 2, verhard MAA	19,6	0,080		15680	0,5	50,00	784000
deelgebied 2, totaal	313	0,202		632260	20,0	59,20	37429792
Deelgebied 2, infiltratie							
afwatering op regenwaterbuffer (rwb)	29,6	0,800	0,8	189440	6,0	5,00	947200
infiltratie vanuit regenwaterbuffer	1,13	16,765		189440	6,0	5,00	947200
Extra voeding dg 2 (rwb - verhard MAA)	313	0,056		173760	5,5	0,94	163200
Totaal infiltratie	313	0,258		806020	25,6	46,64	37592992
% extra voeding & verdunningsfactor	27 % extra voeding; verdunningsfactor vanaf 2006: 0,784 * C + 0,20						
verblijftijd(sverandering)	gemiddelde 19,8 jaar (- 1 jaar)			mediaan 19,32 (-1,45 jaar)			
Deelgebied 1, zonder infiltratie							
Deelgebied 1, verhard MAA	37,2	0,08		29760	0,9	50,00	1488000
Deelgebied 1, extra haalbare afkoppeling	19,8	0,08		15840	0,5	50,00	792000
Deelgebied 1, overig verhard	75	0,08		60000	1,9	50,00	3000000
Deelgebied 1, totaal	1006	0,228		2293680	72,7	64,61	148194665
Deelgebied 1, infiltratie MAA							
afwatering op regenwaterbuffer (rwb)	37,2	0,8	0,8	238080	7,5	5,00	1190400
infiltratie vanuit basin	1,5	15,872		238080	7,5	5,00	1190400
Extra voeding dg 1 (rwb - verhard MAA)	1006	0,021		208320	6,6	-1,43	-297600
Totaal infiltratie	1006	0,249		2502000	79,3	59,11	147897065
% extra voeding & verdunningsfactor	9 % extra voeding; verdunningsfactor vanaf 2009: 0,917 * C - 0,12						
verblijftijd(sverandering)	gemiddelde 17,2 jaar (- 0,4 jaar)			mediaan 16,3 jaar (- 0,3 jaar)			
Deelgebied 1, infiltratie MAA + extra							
afwatering op regenwaterbuffer (rwb)	57	0,8	0,8	364800	11,6	5	1824000
infiltratie vanuit basin	2,3	15,86087		364800	11,6	5	1824000
Extra voeding dg 2 (rwb - totaal afgekopp	1006	0,03173		319200	10,1	-1,43	-456000
Totaal infiltratie	1006	0,25973		2612880	82,9	56,54	147738665
% extra voeding & verdunningsfactor	13 % extra voeding; verdunningsfactor vanaf 2009: 0,878 * C - 0,17						

¹afvloeingscoefficient (zie bijlage 6)

5. Conclusie, discussie & aanbevelingen

De conclusies van deze studie kunnen worden verdeeld in conclusies met betrekking tot de doelen van deze studie (zie paragraaf 1.2) en met betrekking tot inzicht in het bodem- en grondwatersysteem. In 5.1 worden deze een voor een besproken. Gedurende de studie zijn ook allerlei vragen, inzichten en nieuwe mogelijkheden bovengekomen. Deze worden per deelonderwerp besproken in 5.2.

5.1 CONCLUSIES

5.1.1 Verwachtte nitraatconcentraties in de toekomst

De nitraatconcentraties in de bronnen laten de afgelopen jaren gemiddeld een dalende trend zien. Ook de berekeningen in het scenario Huidig Beleid laten een dalende trend zien. De dalende trend in de berekeningen is het gevolg van verminderde landbouwemissies, als gevolg van het landelijk mestbeleid.

Bij voortzetting van het huidige beleid zullen de grenswaarden in de kalktufbronnen niet gehaald worden in 2050. Om de grenswaarden wel te halen zijn extra maatregelen nodig, welke de gemiddelde uitspoelingsconcentratie verlagen.

5.1.2 Vergelijking van het berekende en gemeten verloop van concentraties

De met VATRAN berekende uitspoelingsconcentratie onder landbouwgrond komen aardig overeen met de in dezelfde jaren gemeten gemiddelde bodemvochtgehalten onder landbouw op het plateau. Dit geeft vertrouwen in de orde van grootte van de berekende uitspoeling onder landbouw. Helaas ontbreken recente monitoringsgegevens representatief voor het studiegebied.

Uit de berekeningen voor de verschillende deelgebieden blijkt dat de concentraties in de bronnen vanaf 1957 tot ca 2000/2010 zijn gestegen en vanaf toen zijn gaan dalen. Per deelgebied is het verloop wat anders. De gemiddelde concentraties van de bronnen laten dit patroon in de tijd ook zien. De orde van grootte van de concentraties en de toename en afname van de gemiddelde concentraties in de bronnen worden aardig goed beschreven met SMINGLE voor deelgebied 1 en 2, Zeker gezien het feit dat SMINGLE onafhankelijk van deze bronconcentraties is geparameteriseerd. In deelgebied 3 wordt de orde van grootte van de concentraties minder goed voorspeld.

5.1.3 De impact van voor de hand liggende maatregelen

Gedurende deze studie zijn een aantal maatregelen gedefinieerd en is de impact hiervan onderzocht. Dit betrof enerzijds maatregelen in de landbouw en anderzijds infiltratiemaatregelen van schoon regenwater. Bij de landbouwmaatregelen is de toepassing van mest veranderd (EXMUL), het bedrijfssysteem veranderd (biologisch), de keuze van de gewassen aangepast (Grasland Bemest), en zijn zeer vergaande (onrendabele) restrictie op de bemesting (Grasland Onbemest) gelegd. Hieronder worden puntsgewijs de belangrijkste conclusies gegeven.

- De eerste effecten van deze landbouwmaatregelen worden pas na 10 jaren zichtbaar in de bronnen. Vanwege de grote verblijftijden in het studiegebied werken veranderingen in de uitspoelingsconcentraties vertraagd door in de concentraties van de bronnen.
- Alleen zeer vergaande landbouwmaatregelen, waarbij landbouw onmogelijk rendabel kan zijn (Grasland Onbemest), kunnen er voor zorgen dat de grenswaarde voor nitraat (18 mg/l) in 2040 gehaald wordt.
- Het scenario EXMUL met een andere toepassing van mest op dezelfde gewassen, levert geen grote verandering op ten opzichte van het scenario Huidig Beleid.
- De uitspoeling onder akkerbouw ligt in de scenario's Huidig Beleid en EXMUL rond de 45 mg/l. De grenswaarde van 18 mg/l nitraat zal dus lastig te bereiken zijn met een substantieel areaal akkerbouw in het gebied.
- Maatregelen die ingrijpen op de gewasverdeling, kunnen grote invloed hebben op de uitspoeling. Bij het omzetten van akkerbouw en mais naar bemest gras, neemt de gemiddelde uitspoelingsconcentratie met 40% af.
- Ook verandering van bedrijfssysteem kan positieve gevolgen hebben. Voor omvorming naar biologische landbouw wordt een mogelijke afname van 25% in de uitspoelingsconcentratie ingeschat.
- Infiltratiemaatregelen hebben eerder effect op de concentraties in de bronnen dan landbouwmaatregelen. Dit heeft te maken met verkorte verblijftijden doordat infiltratie op ca. 7 meter diepte onder de loslaag plaatsvindt. De concentraties in de bronnen kunnen met infiltratiemaatregelen gereduceerd worden met ca. 10% (deelgebied 1) en ca 20% (deelgebied 2).
- Infiltratiemaatregelen kunnen alleen samen met landbouwmaatregelen leiden tot het halen van de grenswaarde voor nitraat. Combinatie van deze maatregelen zal zorgen voor het versneld halen van de doelen.

5.1.4 Inzicht in het bodem- Grondwatersysteem

Deze studie heeft meer inzicht opgeleverd in het bodem- en grondwatersysteem van de intrekgebieden van de kalktufbronnen.

- De verblijftijden in het studiegebied zijn groot ze variëren tussen 0 en 50 jaar, en het gemiddelde ligt tussen de 17 (deelgebied 1) en 22 jaar (deelgebied 2,3).
- De verblijftijd in de onverzadigde zone is globaal een factor 2 groter dan in de verzadigde zone
- Ondanks het grotere areaal en de grotere lengte van het deelgebied is de gemiddelde verblijftijden in deelgebied 1 lager dan in deelgebied 2 en 3. Vermoedelijk heeft dit te maken met de relatief snelle stroming door de grindlaag die in dit gebied tot aan de bronnen watervoerend is.
- De deelgebieden laten een verschillend concentratieverloop zien en ook een verschillend effect van de maatregelen. Dit heeft te maken met verschillen in landgebruiks- en verblijftijdsverdeling binnen de deelgebieden. Deze bepalen mede het verloop van de nitraatconcentratie in de bronnen en de invloed van maatregelen.
- Het percentage landbouw is het grootst in deelgebied 1, hier kan met landbouwmaatregelen de grootste winst gehaald worden.
- De infiltratiemaatregelen in deelgebied 2 hebben een grotere impact dan in deelgebied 1. Dit heeft te maken met dat in deelgebied 2 relatief een groter percentage van het oppervlak verhard is en afgekoppeld kan worden.

5.2 DISCUSSIE & AANBEVELINGEN

5.2.1 Scenario Huidig Beleid en de nulsituatie

In het model wordt de landbouwpraktijk bij het huidige beleid benaderd en als referentiescenario gebruikt. In het scenario Huidig Beleid zijn aannames gedaan en uitgangspunten gebruikt die de landbouwpraktijk naar verwachting benaderen. Voor dit scenario wordt bijvoorbeeld vanaf 2008 uitgegaan van een 5-jarige akkerbouwrotatie met afwisseling van diep en ondiep wortelend gewassen. Tot en met 2013 zijn mestgiftten afkomstig van het LEI gebruikt en vanaf 2014 zijn op de gewassen afgestemde mestgiftten binnen de gebruiksnormen gebruikt. Er zijn nog een aantal aandachtspunten en aanbevelingen.

- Omdat recente monitoringsgegevens ontbraken is het nog niet duidelijk in hoeverre het scenario Huidig Beleid de huidige landbouwpraktijk en uitspoeling (de nulsituatie) representeert.
- Om deze reden is er monitoring nodig van de uitspoeling onder landbouw en de huidige landbouwpraktijk in het gebied (de nulsituatie). Op basis van de resultaten hiervan kan zo nodig gekozen worden om het referentiescenario aan te passen.
- Het effect van vruchtopvolging met diep en ondiep wortelende gewassen (akkerbouwrotatie) is in andere projecten van belang gebleken maar is niet berekend in de scenario's. De vruchtopvolging in EXMUL en Huidig Beleid was gelijk. Aanvullende berekeningen met variaties in vruchtopvolging kunnen hier mogelijk meer licht op werpen.

5.2.2 Monitoring & Meetgegevens

Monitoring van bronconcentraties en monitoring van uitspoelingsconcentraties is enerzijds nodig om de nulsituatie vast te stellen en anderzijds om te volgen of de verwachte daling berekend in het scenario Huidig Beleid en als gevolg van eventuele maatregelen ook daadwerkelijk plaatsvindt.

Voor deze studie ontbraken bruikbare langjarige meetreeksen voor de hele periode. Binnen de mogelijkheden in dit project is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de beschikbare meetgegevens. In de loop van de tijd is op verschillende wijze, op verschillende plekken en type monsterpunten, met verschillende frequentie en doel door verschillende organisaties gemeten.

Hiervan kunnen we leren voor de toekomst. Het opzetten van doelgerichte en langjarige, betrouwbare monitoringsnetwerken met voldoende meetpunten is kostbaar en ook inhoudelijk een uitdaging. Dit vraagt voldoende aandacht, samenwerking tussen partijen en ook afstemming onder andere met betrekking tot monitoringsdoelen. Hiervoor is systeembegrip nodig en wordt bij voorkeur gebiedskennis vanuit verschillende disciplines (hydrologie, geologie, waterkwaliteit, natuur, landbouw) bij elkaar gebracht. Een aantal aanbevelingen vanuit deze studie voor de opzet van de monitoring worden hieronder gegeven.

- Monitoring van bronnen zodanig vormgeven dat een debietproportionele concentratie in de tijd bepaald kan worden per deelgebied.
- Monitoring in uitspoelend water (bodemvocht) onder verschillend voorkomend landgebruik combineren met monitoring van het landbouwkundig handelen (bijv. vruchtopvolging, bemestingspraktijk) in het gebied.
- Monitoring van de waterkwaliteit in grondwater op verschillende diepten (i.v.m. leeftijdsverschillen).

5.2.3 Landbouw

Voor deze studie wordt een regionaal model gebruikt dat inzicht geeft in de uitspoeling op gebiedsniveau en de impact hiervan op de concentraties in de bronnen. Om de uitspoeling te verminderen zijn er vervolgstappen nodig om te komen tot (pakketten van) maatregelen in de praktijk.

- Goede en transparante afstemming met studies en modellen op bedrijfsniveau zal helpen om de impact van de resultaten op bedrijfsniveau weer te geven op gebiedsniveau en om de individuele boer en landbouworganisaties te betrekken bij het totaalresultaat.
- Op basis van de resultaten van de eerste scenarioberekeningen kunnen in samenwerking met de regio pakketten van maatregelen vastgesteld worden welke kunnen leiden tot het halen van de gewenste doelen. Eventueel kunnen ook combinaties van maatregelen en aangepaste of nieuwe maatregelen worden doorgerekend.
- Een mogelijk voorbeeld van een nieuwe maatregel is het opnemen van mais in een vruchtwisseling met een diepwortelend gewas.
- In de praktijk zal het doorvoeren van maatregelen en het aanpassen van de gewoontes een stuk complexer zijn dan in een model. Er kan dus niet vroeg genoeg gestart worden met communicatie over en afstemming van geschikte maatregelen en het toepassen ervan in de praktijk.

5.2.4 Infiltratie

Infiltratie van schoon regenwater heeft een positieve invloed op de concentraties van nitraat in de bronnen. Het is dus ook van groot belang om de infiltratie in het gebied te behouden en waar mogelijk te stimuleren, zeker gezien de verwachtingen voor het weer in de klimaatscenario's met heftigere buien en kans op droge zomers. Dit kan door koppeling van verhard oppervlak aan de riolering zoveel mogelijk te voorkomen en afkoppeling van relatief schoon water te stimuleren (beperkt mogelijk) en door verdamping tegen te gaan en oppervlakkige afstroming te voorkomen.

5.2.5 Modelaanpak

De aanpak met versimpelde aannames heeft veel inzicht gegeven. Toch zou op een aantal plekken verfijning van deze aanpak meerwaarde kunnen opleveren.

- In deelgebied 1 wordt een concentratieverschil gevonden in twee cluster van bronnen (1A en 1B). Nader onderzoek van dit verschil zal naar verwachting meer systeembegrip opleveren en zou bijvoorbeeld kunnen leiden tot een opdeling van deelgebied 1 en het in meer detail in beeld brengen van het effect maatregelen.
- De modelaanpak kan op onderdelen gedetailleerder, wanneer dit nodig is voor een vraag. De uitspoeling kan berekend worden op gedetailleerdere schaal dan 100m x 100m. Ook kan SMINGLE gedetailleerd worden toegepast door geen gemiddelde grondwateraanvulling en concentratie te gebruiken voor een heel deelgebied, maar hierbinnen kleinere gebieden te onderscheiden.
- In deelgebied 3, werden de historische concentraties minder goed beschreven. Mogelijk heeft dit te maken met het voorkomen van twee watervoerende lagen. Nader onderzoek kan leiden tot een aanpassing waardoor de situatie in dit deelgebied beter benaderd wordt.
- De horizontale verblijftijden binnen SMINGLE zijn bepaald met behulp van een analytische oplossing. Berekening met Ibrahim 2.1 kan een verfijning opleveren.

6. Literatuur

- Arcadis, 2011. Nitraatuitspoelingsmodel IWANH. Van der Toorn, L & H. van de Weerd. Opdrachtgever: Provincie Limburg.
- Bouwmeester H. & H. van de Weerd, 2018. Reistijd van grondwater door verzadigde en onverzadigde zone – Case: bronnen in het Bunder- en Elsloërbos. Opdrachtgever Provincie Limburg.
- Bware, 2011. Bronnen en vochtig alluviaal bos in het Natura 2000-gebied Bunder- en Elsloërbos. F. Smolders, M. van Mullekom, J. Loermans & M. Jalink. Rapport nr.: 2011.09, opdrachtgever Staatsbosbeheer Regio Zuid.
- Corten, J.G.J.M. 1985. Waterkwaliteit in een deel van Zuid-Limburg. Doktoraalverslag Vakgroep Fysische Geografie, RU Utrecht.
- Corten J.G.J.M. en H.J.T. Weerts, 1987. De geologie en de samenstelling van het grondwater op de dalhelling tussen Bunde en Elsloo. Natuurhistorisch Maandblad 76(9): 159-164.
- Ertsen ACD, Lucas MPA, Hollebeek L. 1995. ITORS; Milieu-indicatiewaarden van terrestrische planten in Noord-Holland deel 1A, Vakgr. Milieukunde Univ. Utrecht/ Prov. Noord-Holland.
- Haan, J. de, M. Wesselink, W. van Dijk, H. Verstegen, W. van Geel, W. van den Berg, 2017. Biologisch teelt op zuidelijke zandgronden: opbrengst, bemesting, bodemkwaliteit en stikstofverliezen; Resultaten van het biologische bedrijfssysteem van het project Bodemkwaliteit op zand in de periode 2000-2016. Wageningen Research, Rapport WPR-755.
- Hendrix W.P.A.M. & Meinardi, C.R. 2004. Bronnen en bronbeken van Zuid-Limburg kwaliteit van grondwater, bronwater & beekwater. RIVM rapport 500003003/2004
- Hendrix W.P.A.M., 2018. Memo: Toelichting nitraatgegevens bronnen. Opdrachtgever provincie Limburg.
- Mars, de H., B. van der Weijden, G. van Dijk, F. Smolders, A. Grootjans, L. Wolejko, 2016. Towards threshold values for nutrients; Petrifying springs in South-Limburg (NL) in a Northwest European context, Rapport OBN2016/OBN210-HE
- Ministerie van Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2017. Zesde Nederland actieprogramma betreffende de nitraatrichtlijn (2018-2021). Pagina xvi van 163.
- NMI, 2014, Kennisbundeling nitraatmeting bodemvocht lössgronden. Vergelijking meetprotocollen WML, LMM en BVM. Ros, G.H. NMI Report nr. 1559.N.14
- Rechobot – Water & Kennis, 2015, Modelleren DSG – Een studie naar de effectiviteit van de begeleiding van boeren in grondwaterbeschermingsgebieden. Van de Weerd, H; L. van der Toorn & T. Bergsma. Opdrachtgever WML.
- Rechobot – Water & Kennis, 2017, Modelleren DSG tot in de winningen – eerste resultaten. Een studie naar de effectiviteit van de begeleiding van boeren in grondwaterbeschermingsgebieden. Van de Weerd, H & T. Bergsma. Opdrachtgever WML.
- Rijkswaterstaat, 2012. Richtlijn Ontwerp Hemelwaterafvoer van wegen en kunstwerken (concept, p18,19)

Robertson, G.P., Gross, K.L., Hamilton, S.K., Landis, D.A., Schmidt, T.M., Snapp, S.S., Swinton, S.M., 2014. Farming for ecosystem services: an ecological approach to production agriculture. *Bioscience* 2004, 61–65.

Royal Haskoning DHV, 2014. Debiet- en nitraatmetingen in Natura 2000-gebied Bunder- en Elsloërbos. H. de Mars, A.J.P Smolders, E.W.J.M. van Rijsselt, M. van Mullekom. Opdrachtgever Dienst Landelijk Gebied.

Royal Haskoning DHV, 2016. Voortoets Maastricht Aachen Airport – Verplaatsen waterbuffer en infiltratie. H. de Mars & B.J.H.M. Possen, T&PBE3215-101-100Roo3F01. Opdrachtgever Maastricht Aachen Airport.

Schrama, M. J.J. de Haan, M. Kroonen, H. Verstegend, W.H. Van der Putten, Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems *Agriculture, Ecosystems and Environment* 256 (2018) 123–130

Weerts, H.J.T., 1987. De landschappen van het Bunderbos en omgeving. Een fysisch geografische studie. Doktoraalverslag vakgroep Fysische Geografie, RUU Utrecht.

Wijnands, F.G., Holwerda, J. (red), 2003. Op weg naar goede biologische praktijk. Resultaten en ervaringen uit BIOM Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.; ppo 317

BIJLAGE 1 TEELTPLANNEN EN ROTATIETABELLEN VANAF 2014

Tabellen voor scenario's HUIDIG BELEID en EXMUL

Vastgesteld samen met Sjef Crijns (Landbouwdeskundige, Delphy)

In deze tabellen wordt per gewas, het plan voor de teelt gegeven. Links zie je de tabellen voor het scenario huidig beleid (vanaf begin 2014) en rechts de tabellen voor het scenario EXMUL (vanaf begin 2020, alleen bij wijziging in teeltplan of bemesting). De tabellen voor de overige landbouwsenario's zijn gebaseerd op de tabellen of gegevens van het scenario huidig beleid (zie paragraaf 3.3).

In de eerste kolom van ieder tabel zie je het dagnummer, in de tweede kolom de datum en in de derde kolom de handeling of het mesttype dat wordt opgebracht. De gewassen gras, mais en fruitteelt hebben elk een eigen tabel. De akkerbouwgewassen staan in een rotatietabel, met een vast bouwplan en 5 deeltabellen op volgorde van teelt. Bij de start van de rotatie wordt op 20% van het akkerbouwareaal gestart in deeltabel 1, 20% in deeltabel 2 enz. Aan het eind van een (deel)tabel worden soms nog wat kenmerken weergegeven (wordt stro al dan niet afgevoerd, welk percentage dierlijke mest is werkzaam in het jaar van toediening).

Er worden 3 mesttypes toegepast: kunstmest, runderdrijfmest (RDM, 50% N-mineraal, 50% N-organisch), en ZDM/VDM (zeugen- of varkensdrijfmest, 60% N-mineraal, 40% N-organisch). De getallen in de derde kolom, voor het toegepaste mesttype, geven de fracties mest per type per jaar weer (per type en per jaar zijn ze cumulatief). De totale mestgiften worden per jaar, per gewas, per mesttype, uit de mesttabellen gehaald. Dit betekent dat bij gelijke mestfracties en/of gelijke teeltplannen, de bemesting toch kan verschillen doordat de totale mestgift verschilt (zie voor de totale mestgiften de tabel in bijlage 3).

Huidig beleid, gras en mais en fruit

Dag	Datum	GRAS 150
46	15-feb	0,50 RDM
60	1-mrt	0,36 kunstmest
130	10-mei	0,24 kunstmest
150	30-mei	0,26 RDM
171	20-jun	0,24 kunstmest
196	15-jul	0,24 RDM
227	15-aug	0,16 kunstmest

Dag	datum	MAIS 152
74	15-mrt	groenbemester dood
100	10-apr	1,00 RDM
110	20-apr	1,00 kunstmest
110	20-apr	zaai hoofdgewas
274	1-okt	oogst hoofdgewas
283	10-okt	zaai groenbemester

Dag	Datum	GRAS 156 (vliegveld)
60	1-apr	1,00 kunstmest

Dag	Datum	Fruit 154
74	15-mrt	0,80 kunstmest
196	15-jul	0,20 kunstmest
253	10-sep	oogst

EXMUL, wijzigingen in gras en mais

Dag	Datum	GRAS 155
46	15-feb	0,50 RDM
60	1-mrt	0,36 kunstmest
130	10-mei	0,24 kunstmest
150	30-mei	0,26 RDM
171	20-jun	0,24 kunstmest
196	15-jul	0,24 RDM
227	15-aug	0,16 kunstmest

Dag	Datum	MAIS 153
74	15-mrt	groenbemester dood
100	10-apr	1,00 RDM
110	20-apr	1,00 kunstmest
110	20-apr	zaai hoofdgewas
270	27-sep	oogst hoofdgewas
274	1-okt	zaai groenbemester

Huidig Beleid akkerbouwrotatie

Akkerbouw		Bouwplan WT CA WT SB OV
Dag	Datum	WT 160 (wintertarwe)
288	15-okt	zaai
60	1-mrt	0,49 kunstmest
110	20-apr	0,29 kunstmest
140	20-mei	0,22 kunstmest
232	20-aug	oogst
234	31-aug	1,00 RDM
258	15-sep	zaai groenbemester
	Stro afvoeren	nee
	Dierlijk Werkzaam	30%
Dag	Datum	CA 161 (consumptieaardappelen)
105	15-apr	0,79 kunstmest
110	20-apr	poten
166	15-jun	0,21 kunstmest
278	5-okt	oogst
Dag	Datum	WT 162 (wintertarwe)
288	15-okt	zaai
60	1-mrt	0,49 kunstmest
110	20-apr	0,30 kunstmest
140	20-mei	0,21 kunstmest
232	20-aug	oogst
234	31-aug	1,00 ZDM/VDM
258	15-sep	zaai groenbemester
	Stro afvoeren	ja
	Dierlijk Werkzaam	30%
Dag	Datum	SB 163 (suikerbieten)
95	5-apr	1 kunstmest
100	10-apr	zaai
309	5-nov	oogst
	Blad afvoeren	nee
Dag	Datum	Overig 164 (obv zomertarwe)
74	15-mrt	zaai
74	15-mrt	0,35 ZDM/VDM
91	1-apr	0,30 ZDM/VDM
213	1-aug	0,20 ZDM/VDM
232	20-aug	0,16 ZDM/VDM
75	15-mrt	0,30 kunstmest
91	1-apr	0,35 kunstmest
105	15-apr	0,35 kunstmest
244	1-sep	oogst
	Stro afvoeren	nee
	Dierlijk Werkzaam	52%

EXMUL akkerbouwrotatie

Akkerbouw		Bouwplan WT CA WT SB OV
Dag	Datum	WT 170 (wintertarwe)
288	15-okt	zaai
60	1-mrt	0,47 kunstmest
110	20-apr	0,32 kunstmest
140	20-mei	0,21 kunstmest
232	20-aug	oogst
234	31-aug	1,00 RDM
258	15-sep	zaai groenbemester
	Stro afvoeren	nee
	Dierlijk Werkzaam	30%
Dag	Datum	CA 171 (consumptieaardappelen)
100	10-apr	1,00 RDM
105	15-apr	1,00 kunstmest
110	20-apr	poten
278	5-okt	oogst
	Dierlijk Werkzaam	60%
Dag	Datum	WT 172 (wintertarwe)
288	15-okt	zaai
60	1-mrt	1,00 kunstmest
75	15-mrt	0,63 ZDM/VDM
	Dierlijk Werkzaam	75%
140	20-mei	kunstmest
232	20-aug	oogst
234	31-aug	0,37 RDM
258	15-sep	zaai groenbemester
	Stro afvoeren	ja
	Dierlijk Werkzaam	30%
Dag	Datum	SB 173 (suikerbieten)
95	5-apr	1,00 kunstmest
100	10-apr	zaai
309	5-nov	oogst
	Blad afvoeren	nee
Dag	Datum	Overig 174 (obv zomertarwe)
74	15-mrt	zaai
74	15-mrt	0,35 ZDM/VDM
91	1-apr	0,30 ZDM/VDM
213	1-aug	0,20 ZDM/VDM
232	20-aug	0,16 ZDM/VDM
75	15-mrt	0,30 kunstmest
91	1-apr	0,35 kunstmest
105	15-apr	0,35 kunstmest
244	1-sep	oogst
	Stro afvoeren	nee
	Dierlijk Werkzaam	52%

BIJLAGE 2 VERTAALTABEL LGN - VATRAN CODES

LGN 7								Analyse
Code	Hoofdklasse	Subgroep	Klasse	Vertaling 1	Vertaalslag rotatie / huidig beleid	Vertaalslag rotatie / EXMUL	Naamgeving	
1	Agrarisch gebied		Agrarisch gras	1	150	155	Gras	veeteelt
2			Mais	2	152	153	Mais	veeteelt
3			Aardappelen	3	161	171	Consumptie aardappelen	akkerbouw
4			Bieten	4	163	173	Suikerbieten	akkerbouw
5			Granen	5	160/162	170/172	Wintertarwe	akkerbouw
6			Overige landbouwgewassen	6	164	174	Overig	akkerbouw
8			Glastuinbouw	8				overig landgebruik
9			Boomgaard	9	154	154	Fruitteelt	overig landgebruik
10			Bollen	10				overig landgebruik
26			Bebouwing in buitengebied	26				overig landgebruik
61			Boomkwekerijen	9	154	154	Fruitteelt	overig landgebruik
62			Fruittkwekerijen	9	154	154	Fruitteelt	overig landgebruik
11	Bos		Loofbos	11				overig landgebruik
12			Naaldbos	12				overig landgebruik
16	Water		Zoet water	16				overig landgebruik
17			Zout water	17				overig landgebruik
18	Bebouwd gebied		Bebouwing in primair bebouwd gebied	18				Bebouwd gebied
19			Bebouwing in secundair bebouwd gebied	19				Bebouwd gebied
20			Bos in primair bebouwd gebied	20				overig landgebruik
22			Bos in secundair bebouwd gebied	22				overig landgebruik
23			Gras in primair bebouwd gebied	23				overig landgebruik
24			Kale grond in bebouwd buitengebied	24				overig landgebruik
28			Gras in secundair bebouwd gebied	28	150	155	Gras	veeteelt
25	Infrastructuur		Hoofdwegen & spoorwegen	25				Bebouwd gebied
30			Kwelders	30				overig landgebruik
31	Natuur	Kustgebied	Open zand in kustgebied	31				overig landgebruik
32			Duinen met lage vegetatie (<1m)	32				overig landgebruik
33			Duinen met hoge vegetatie (>1m)	33				overig landgebruik
34			Duinheide	34				overig landgebruik
35		Heidegebied	Open stuifzand en/of rivierzand	35				overig landgebruik
36			Heide	36				overig landgebruik
37			Matig vergraste heide	37				overig landgebruik
38			Sterk vergraste heide	38				overig landgebruik
39		Hoogveen	Hoogveen	39				overig landgebruik
40			Bos in hoogveengebied	40				overig landgebruik
41	Moeras		Overige moerasvegetatie	41				overig landgebruik
42			Rietvegetatie	42				overig landgebruik
43			Bos in moerasgebied	43				overig landgebruik
45		Grasland	Natuurgraslanden	45				overig landgebruik

BIJLAGE 3 UITGANGSPUNTEN VOOR VASTSTELLING BEMESTING EN STIKSTOFGIFTEN PER GEWAS/TEELT

Vastgesteld samen met Sjef Crijns (Landbouwdeskundige, Delphy)

Uitgangspunten

Onderstaande uitgangspunten zijn gehanteerd bij de berekeningen:

- Voor vaststelling arealen gewassen en bouwplan is uitgegaan van arealen zoals die voortkomen uit document "Landbouwanalyse Bunderbos 3 okt 2017".
- Gras en Snijmais zijn toegekend aan veeteeltbedrijven (rundvee) en korrelmais aan de akkerbouwbedrijven
- Veeteeltbedrijven bestaat uit 72% permanent grasland met beweiding en 28% snijmais
- Het akkerbouwareaal is samengevoegd. Er is een 5-jarige rotatie bouwplan vastgesteld. De rotatie omvat de gewassen Wintertarwe (WT), Consumptieaardappelen (CA), Wintertarwe (WT), Suikerbieten (SB) en Overige gewassen (OV).
- De keuze van de rotatiegewassen en de samenstelling van "Overige gewassen" is zo gemaakt dat de gewasverdeling in het gebied, voortkomend uit de analyse, zo goed mogelijk gerepresenteerd wordt. Consumptieaardappelen 20%, Wintertarwe 40%, Suikerbieten 25% (ook een stukje in overige gewassen). "Overige gewassen" omvat de volgende gewassen:

	deel %
wintergerst	15
korrelmais	20
witlof	15
erwt/boon	15
brouwergerst	10
suikerbieten	25
- Het deel "Overige gewassen" is 20% van het geheel, deze 20% is opgebouwd uit: bieten 5%, korrelmais 4%, wintergerst 3%, witlof 3%, erwt/boon 3% en zomergraan 2%. De bemesting voor "Overige gewassen" is gewogen gemiddeld rekening houdend met de wettelijke gebruiksnormen.
- De gemiddelde grootte van landbouwpercelen, gebruikt voor de rotatiegewassen, is vastgesteld op 4 ha.
- Per gewas is een bemestingsschema opgesteld. Waarbij de bemestingsmomenten zijn bepaald en de hoogte van de gift.

Stikstofgiften vanaf 1 januari 2014

- Bij de bemesting is rekening gehouden met de stikstofgebruiksnormen die gelden binnen het 5e en 6e Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Deze gebruiksnormen zijn in hoogte gelijk binnen beide programma's.
- In de onderstaande tabel worden de stikstofgiften per landgebruik/gewas en gemiddeld voor veeteelt en akkerbouwgewassen per scenario weergegeven.
- Voor de verschillende veeteelt- en akkerbouwgewassen is een gemiddelde stikstofgebruiksnorm vastgesteld. Vervolgens is de mest zo optimaal mogelijk over de gewassen verdeeld.
- Voor gras op het vliegveld is uitgegaan van één kunstmestgift in het voorjaar van 95 kg N en vervolgens 2 keer maaien. Hierbij zal de afvoer (142 kg N) in eerste instantie groter zijn dan de aanvoer. Gewassen waarvoor dit geldt hebben een * in de tabel.
- Fruitteelt wordt als een apart gewas meegenomen. Bij fruit is uitgangspunt dat de aanvoer 76 kg N bedraagt uit kunstmest en een afvoer gerealiseerd wordt van 45 kg N.

Uitgangspunten Scenario's

- In het scenario Huidig beleid is als uitgangspunt gekozen geen dierlijke mest in het voorjaar in de akkerbouw (m.u.v. overige gewassen). Voorjaarsbemesting vindt plaats met kunstmest.
- In het scenario EXMUL wordt de dierlijke mest zoveel mogelijk in het voorjaar aangewend. Bij aanwending dierlijke mest in de stoppel van tarwe (aug) wordt maximaal 80 kg N in de vorm van dierlijke mest toegediend.
- In het Scenario EXMUL worden daarnaast de maatregelen voor mais uit het NAP 6 meegenomen. Toediening van dierlijke mest in de rij en verplichte inzaai van groenbemester voor 1 oktober. De hoeveelheid dierlijke mest gegeven aan de mais is om deze reden verlaagd. Deze dierlijke mest wordt extra toegediend aan het grasland. Per saldo verandert de gemiddelde gift of de gebruikte hoeveelheid werkzame N niet.

Stikstofgiften in kg N op verschillende landbouwgewassen in verschillende scenario's					
Scenario & gewas	Norm	Toegepas	Dierlijk N	Kunst N	totaal N
	Werkz N	Werkz N			
SCENARIO HUIDIG BELEID, landbouwgronden					
Akkerbouw Huidig Beleid, gemiddeld	183	183	71	132	203
WT 160	240	260	125	185	310
CA 161	208	191	0	191	191
WT 162	240	287	130	183	313
SB 163	116	41	0	41	41
Overig 164	109	138	101	57	158
Veeteelt Huidig Beleid (gras & snijmais)	213	213	170	137	307
GRAS 150	250	247	168	172	340
MAIS 152	112	122	175	43	218
GRAS 156 Vliegveld	95	95	0	95	95
Fruiteelt 154	165	76	0	76	76
SCENARIO EXMUL, Aanpassingen in Akkerbouw en Veeteelt					
Akkerbouw EXMUL, gemiddeld	183	176	112	99	211
WT 170	240	238	80	190	270
CA 171	208	196	160	100	260
WT 172	240	228	218	70	287,5
SB 173	116	80	0	80	80
Overig 174	109	138	101	57	158
Veeteelt EXMUL, gemiddeld	213	213	170	137	307
GRAS 155	250	251	175	172	347
MAIS 153	112	113	155	43	198
SCENARIO GRASLAND bemest, Alle akkerbouw en veeteelt wordt grasland bemest					
Gras (bemest) 150	250	247	168	172	340
SCENARIO GRASLAND onbemest, Akkerbouw en veeteelt incl vliegveld wordt onbemest gras					
Onbemest gras 157	0	0	0	0	0

BIJLAGE 4 MAATREGELEN NAP6 IN SCENARIO'S

Uit zesde actieprogramma Nitraatrichtlijn, pagina xvi van 163			toegevoegde kolommen		
maatregel	Zie §	Inwerkingtreding	opname in input VATRAN		
			j/n	jaar + sc.	Toelichting
Uitvoering evaluatie stelsel van stikstofgebruiksnormen en stikstofwerkingscoëfficiënten	5.2.1	Zevende actieprogramma Nitraatrichtlijn	n		
Aanpassing stikstofgebruiksnormen van groenbemesters	5.2.2	1-jan-19	j	Referentie va 2008, exmul 2020	vanaf 2008 wordt er tijdig een groenbemester ingezaaid na WT en wordt een verhoogde gebruiksnorm (+ 50 kg N) toegepast. (in EXMUL is inzaaidatum gewijzigd naar 15 september)
Toevoegen van graszaadstoppel als groenbemester	5.2.3	1-jan-19	n		
Hogere stikstofgebruiksnorm in de graszaadteelt van veldbeemd	5.2.4	1-jan-19	n		
Tijdelijke voortzetting equivalente maatregel ‘opbrengst-afhankelijke stikstofgebruiksnorm bij bovengemiddelde gewasonttrekking’	5.2.5	Aanscherping normen 1/1/2019, Vervalt 1/1/2022	n		nvt
Verlaging gebruiksnorm voor snijmais na het scheuren van grasland op zand en löss vanaf	5.2.6	1-jan-21	n		er is geen rotatie van gras en mais in het model
Verfijning indeling van fosfaatklassen	5.3.1	1-jan-20	n		hier is niet mee gerekend. De fosfaatgebruiksnorm wordt niet overschreden. De fosfaattoestand daalt en is oha laag.
Herziening fosfaatgebruiksnormen	5.3.2	1-jan-20	n		
Hogere fosfaatgebruiksnorm in fosfaatklaas ‘hoog’ bij toepassing van meststoffen die het organischestofgehalte verbeteren	5.3.3	1-jan-20	n		
Tijdelijke voortzetting equivalente maatregel ‘opbrengstafhankelijke fosfaatgebruiksnormen bij bovengemiddelde gewasonttrekking’	5.3.4	Vervalt op 1/1/2020	n		
Invoeren van gecombineerde indicator voor grasland en bouwland	5.3.5	1-jan-21			
Herziening protocol monsternamen voor bepaling fosfaattoestand	5.3.6	1-jan-21			
Verplichte rijenbemesting in maïs op zand- en löss	5.4.1	1-jan-21	j	2020 Exmul	Obv expert judgment vermindering mest ingeschat. Mestruimte opgevuld op gras.
Tijdelijke voortzetting equivalente maatregel ‘rijenbemesting in maïs’	5.4.2	Vervalt 1/1/2021			
Strengere eisen aan vanggewas in of na maïs op zand en löss	5.4.3	1-jan-19	j	Referentie va 2013, Exmul	Vanaf 2013 zit er een groenbemester na maïs. In Exmul, vanaf 2020 wordt de groenbemester eerder ingezaaid: 1 okt ipv 10 okt
Verplicht vanggewas uiterlijk op 31 oktober na consumptie- en fabrieksaardappelen op zuidelijk zand en löss	5.4.4	1-jan-21	j	Referentie va 2008, Exmul	na CA wordt WT ingezaaid in oktober. Dit geldt als vanggewas.
Aanpassing uitrijperiode vaste dierlijke mest op grasland op klei- en veengrond	5.4.5	1-jan-19	n		nvt
Verschuiven van uitrijperiode drijfmest op bouwland	5.4.6	1-jan-19	j	Referentie va 2013, Exmul	Verschoven tot 15 september, in de praktijk betekent dit dat de zaai van de groenbemester is verschoven, de dierlijke bemesting vindt nog plaats in augustus
Aanpassing regels vernietigen van grasland	5.4.7	1-jan-19	n		
Voorkomen afspoeling in ruggenteelten op kleigrond en lössgrond	5.4.8	1-jan-21	n		nvt, geen ruggenteelt in model
Verlengen vrijstelling stuifbestrijding Veenkoloniën en Texel	5.4.9	Loopt door	n		
Extra reductie nitraatuitspoeling in kwetsbare drinkwaterwinningen op zand- en lössgrond.	5.5.1	Indien maatwerkafspraken onvoldoende resultaat opleveren: 1/1/2021	n		gaat lopen in Heer Vroendaal
Additionele bufferstroken voor verbetering oppervlaktewaterkwaliteit (gebiedsspecifiek)	5.5.2	1 januari 2022 en zo veel eerder als mogelijk en nodig (regionaal)	n		
Pilotprojecten: Bedrijfsspecifiek afrekenen in de melkveehouderij (Kringloopwijzer Melkveehouderij); ‘Slim bemesten (in het lössgebied)’; ‘Kunstmestvrije Achterhoek’; pilot Mineralenconcentraat; ‘Perceels- en bedrijfsgerichte stikstof-/nitraatmeting’;	5.5.3	1 januari 2018 of later (deels al lopende projecten)	n		
Verbeteren bewustwording, kennis en vaardigheden ter vermindering van uitspoeling en afspoeling van nutriënten, inclusief stimulering precisiebemesting, teelt vanggewassen en groenbemesters, en kennisverspreiding ter voorkoming van erfafspoeling	5.6.1	1 januari 2018 (deels al lopende projecten)	j	Referentie va 2008, Exmul	Deel van deze bewustwording zit erin. Er is een teeltplan toegepast met afwisselend diep wortelend en ondiep wortelend gewas.
Maximering mestproductie: vastleggen sectorplafonds in de wet	5.7.1	1-jan-20	n		
Invoering fosfaatrechten	5.7.2	1-jan-18	n		

BIJLAGE 5 LANDBOUWANALYSE STUDIEGEBIED

De landbouwanalyse is uitgevoerd door de provincie Limburg, contactpersoon F. Rouwette

Cijfers zijn gebaseerd op de gewasregistratie 2016 en het geografisch informatiesysteem agrarische bedrijven (GIAB, 2014)

Percelen waarbij het zwaartepunt binnen het studiegebied vallen, zijn in hun geheel meegenomen in de cijfers van deze analyse. Gewaspercelen in gebruik bij hobbyboeren (standaardopbrengst < 3000 euro) zijn niet meegenomen in de analyse.



De categorie waartoe het gewas volgens de door RVO gehanteerde indeling behoort	De totale oppervlakte in ha van de gewaspercelen uit de betreffende categorie	
Akkerbouwgewassen incl. mais	455,3	55,5
Braak	0,2	0,0
Fruit	85,3	10,4
Grasland	264,8	32,3
Groenten	14,8	1,8
Totaal	820,3	100

Gemiddelde Zuid-Limburg

Akkerbouwgewassen incl. mais: 54,2%

Grasland: 35,8%

Fruit: 5%

Aandeel oppervlakte per bedrijf in het intrekgebied BE-bos t.o.v. totale bedrijfsoppervlakte	Aantal bedrijven	Aandeel oppervlakte binnen projectgebied in ha
0,1-10%	30	78
10,1-20%	11	56
20,1-30%	8	118
30,1-40%	6	71
40,1-50%	6	63
50,1-60%	4	110
60,1-70%	3	98
70,1-80%	5	83
80,1-90%	2	24
90,1-100%	9	117
Totaal	84	820

BIJLAGE 6 EXTRA GRONDWATERAANVULLING VANUIT INFILTRATIEVOORZIENING

Voor de berekening van de grondwateraanvulling gaan we uit van het langjarig gemiddelde gebruikt in VATRAN (zie tabel 3, paragraaf 4.2.3). Door de ingebruikname van de regenwaterbuffer met infiltratievoorziening zal er extra grondwateraanvulling plaatsvinden.

Door de manier van inrichting van de buffer (Royal Haskoning DHV, 2016), het water wordt onder de losslaag geïnfiltreerd (vanaf 7 m -mv), wordt de verblijftijd van het extra geïnfiltreerde water sterk verkort ten opzichte van de verblijftijd van infiltrerend water in de omgeving. Uitgaande van een grondwateraanvulling van 0,202 m/jaar en een vochtgehalte van 0,39 in löss verplaatst het water zich met 0,52 m/jaar door de bodem. Het geïnfiltreerde water op 7 m diepte mengt zich dan met water dat ca. 14 jaar eerder infiltreerde aan maaiveld of ca. 11 jaar eerder uitspoelde vanuit de wortelzone (tot 1,5 m diepte).

Bij afvoer van verhard oppervlak kan er ook verdamping plaatsvinden. Hiervoor wordt gecorrigeerd door te rekenen met een afvloeiingsconstante (zie tekst box, hieronder). Er wordt een waarde van 0,8 gekozen, op deze manier houden we rekening met incidentele afsluiting en verdamping vanuit de buffer.

In VATRAN was al sprake van een beperkte grondwateraanvulling onder verhard oppervlak. Om de extra grondwateraanvulling in te schatten trekken we deze waarde van de berekende aanvulling af. In Tabel 3 (paragraaf 4.2.3) zijn de getallen te vinden.

Als gevolg van de instelling van nieuwe regenwaterbuffers met infiltratievoorziening wordt als gevolg van de infiltratietoename ook een toename van het brondebiet verwacht. Bij de berekening van het toegenomen brondebiet is als uitgangspunt genomen dat al het geïnfiltreerde water in een deelgebied ook tevoorschijn zal komen in de bronnetjes van dat deelgebied. Of dit uitgangspunt helemaal opgaat is niet zeker. Bij verandering in de infiltratie zal zich een nieuw evenwicht instellen. Grondwaterstanden kunnen veranderen en stroombanen kunnen als gevolg van de infiltratie anders gaan lopen. Ook zou het water ook deels af kunnen wateren via andere deelgebieden.

Scenario IN1:

Deze infiltratie in deelgebied 2 zorgt voor een grotere gemiddelde grondwateraanvulling vanaf 2017. Door de infiltratie op 7 m diepte zal er verdunning plaatsvinden van water dat rond 2006 uitspoelde vanuit de wortelzone (2017 – 11 jaar). De grondwateraanvulling stijgt van 0,202 naar 0,258 m/jaar. Dit leidt bij de huidige aannames tot een toename van de gezamenlijke afvoer van de bronnen in deelgebied 2 van 5,5 l/s (27%) naar 25,6 l/s. Bijzonderheden zijn dat er ook verhard oppervlak uit deelgebied 1 en 3 gaat infiltreren in deelgebied 2. Het areaal verhard oppervlak dat op de buffer afwatert is 29,6 ha (Royal Haskoning DHV, 2016). Van dit areaal ligt ca. 19,6 ha (ingeschat) in deelgebied 2. De jaarlijkse infiltratiehoeveelheid wordt berekend door de langjarig gemiddelde neerslag (800 mm/j) te vermenigvuldigen met een afvloeiing coëfficiënt van 0,8. Wanneer van het infiltrerend water, het infiltrerend water onder verhard oppervlak uit de oorspronkelijke berekening wordt afgetrokken, wordt de extra voeding van deelgebied 2 verkregen.

Als gevolg van het infiltrerende water zal er een verdunning plaatsvinden van de gemiddelde uitspoelingsconcentratie. In de tabel wordt een voorbeeld gegeven van de verdunning in het jaar 2006. We zien dat de concentratie afneemt naar 78%, de nitraat flux (flux van infiltrerend water minus de oorspronkelijke flux onder verhard oppervlak) neemt nog wel licht toe. De exacte

verdunningsfactor komt uit op $(0,78 \cdot \text{concentratie} + 0,12)$. Dit is direct ook de maximale concentratieafname in de bronconcentraties ten opzichte van het scenario zonder infiltratie in deelgebied 2.

De horizontale verblijftijden in de verzadigde zone vanaf 2017, met de grotere grondwateraanvulling, zijn opnieuw berekend. Hierbij is als uitgangspunt genomen dat de grondwaterstand niet veranderd. We berekenen een daling van de gemiddelde verblijftijd met ca. 1 jaar.

Scenario IN₂

In dit scenario vindt infiltratie plaats in deelgebied 1. Deze infiltratie zorgt voor een grotere gemiddelde grondwateraanvulling vanaf 2020. Door de infiltratie op 7 m diepte zal er verdunning plaatsvinden van water dat rond 2009 uitspoelde vanuit de wortelzone (2020 – 11 jaar). Scenario IN₂ en het rekenvoorbeeld met de extra infiltratie in de tabel zijn op dezelfde manier berekend als scenario IN₁. Voor deze scenario's geldt dat er alleen verhard oppervlak uit deelgebied 1 gaat afwateren in deelgebied 1.

In de berekeningen is het uitgangspunt dat al de neerslag * een afvloeingsconstante geïnfiltreerd wordt. De afvloeingsconstante is afhankelijk van een aantal factoren (Rijkswaterstaat, 2012)

- het aanwezig zijn van een droog of van een vochtig oppervlak als de neerslag begint (temperatuur en jaargetijden);
- de mate van indringing in verhard oppervlak (gesloten verharding, zeer open asfaltbeton, klinkerverharding enz. • oneffenheden in het wegoppervlak en de waterfilmdikte (berging op straat);
- verdamping (temperatuur en jaargetijden);
- duur en intensiteit van de regen;
- effect van wind en verkeer;
- het dichtslippen van aangrenzende onverharde oppervlakken.

Voor gesloten wegdek (asfalt en beton) wordt een waarde van 0,8 - 0,95 aangehouden. Deze waarde is door metingen en onderzoek vastgesteld.

Op basis van de waarden gegeven in deze richtlijn, schatten we de infiltratie op $0,8 \cdot$ de gemiddelde neerslag op het verharde oppervlak per jaar (dit is gelijk aan de ondergrens van de afvloeingsconstante voor gesloten wegdek), omdat naar verwachting ook vanuit de infiltratiebuffer nog enige verdamping zal plaatsvinden.

BIJLAGE 7 KWALITEIT BUFFER- EN INFILTRATIEWATER

In de Voortoets Maastricht Aachen Airport (Royal Haskoning DHV, 2016) is de verandering van afwatering bij het in gebruik nemen van de nieuwe waterbuffer beschreven, en de verwachte impact hiervan op de waterkwaliteit. Hieronder worden de waterkwaliteitsaspecten samengevat en worden de uitgangspunten voor de infiltratiescenario's gegeven.

Het water van het verhard oppervlak van het vliegveld werd eerder ook in een buffer opgeslagen. Afvoer van dit water vond 's nachts via een gemaaltje plaats via het gemengd rioolstelsel van Ulestraten en de afvalwaterzuivering. Van infiltratie was in deze situatie niet of nauwelijks sprake. Tot en met winter van 2012/2013 werd op het vliegveld gebruik gemaakt van ureum voor de gladheidsbestrijding. Ureum is een stikstofhoudende verbinding. De buffer vormde destijds dus een stikstofbron voor de afvalwaterzuivering. Sinds de winter van 2013/2014 wordt voor de gladheidsbestrijding gebruik gemaakt van natriumacetaat (Cryotech). Cryotech bevat geen stikstof. Bij een bemonstering net na gladheidsbestrijding werd geen acetaat gevonden, omdat het direct uit elkaar valt in water. Er werden wel licht verhoogde natriumgehalten gevonden van ca 7,2 mg/l wat ruim onder een drempelwaarde voor natrium ligt (194 mg/l) en onder de concentratie horend bij 90 % van de waarnemingen van kenmerkende soorten voor alluviaal bos (moeraszeggen 135 mg/l en dotterbloem 114 mg/l) (Ertsen et al. 1995). Negatieve ecologische effecten hiervan zijn dus uitgesloten. Verder bleek bij de monsternamen op 19 februari dat de stikstofconcentratie van het in de buffer infiltrerende water beneden de 5 mg/l NO_3 lag (equivalent met 2,6 mg/l NO_3), dit is in dezelfde orde van grootte als de natuurlijke achtergrondwaarde voor nitraat. Voor de berekening in de infiltratiescenario's wordt uitgegaan van een concentratie van 5 mg/l nitraat in het infiltrerende water vanuit de buffer.