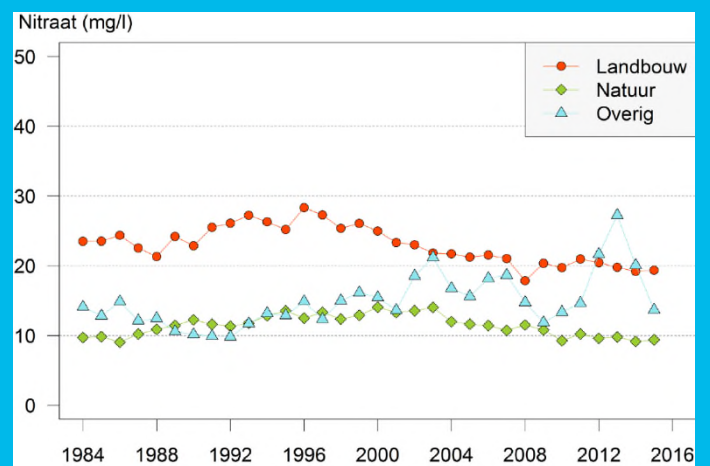
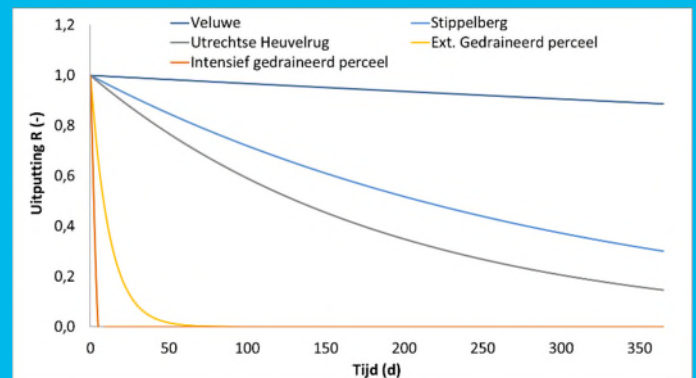
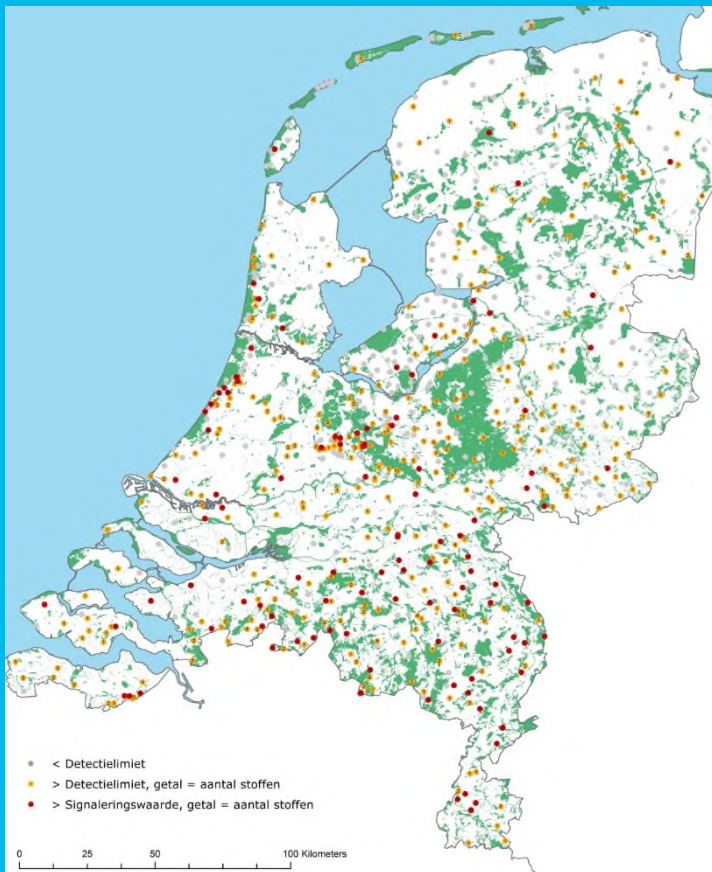


De waarde van natuur voor de watervoorziening



De waarde van natuur voor de watervoorziening

KWR 2019.060 | Augustus 2019

Opdrachtnummer

402669

Projectmanager

Arnaut van Loon

Opdrachtgever

Vereniging van Bos- en Natuureigenaren (VBNE)

Kwaliteitsborger

Ruud Bartholomeus

Auteurs

Arnaut van Loon, Sharon Clevers, Mark Jalink

Verzonden naar

Kees Konings (VBNE)
Harrie Hekhuis (Staatsbosbeheer)
Berry Lucas (Landschappen),
Floris Verhagen (Federatie Particulier Grondbezit),
Corine Geujen, Esther Moens (Natuurmonumenten)

Jaar van publicatie

2019

Meer informatie

Dr. Ir. Arnaut van Loon

T 030 6069550
E Arnaut.van.Loon@kwrwater.nl

Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



KWR 2019.060 | Augustus 2019 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel en vraagstelling	5
1.3	Leeswijzer	6
2	Kwaliteit van grondwateraanvulling	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Meststoffen	7
2.3	Bestrijdingsmiddelen	10
3	Waterlevering door natuur	14
3.1	Grondwateraanvulling	14
3.2	Aandeel in de nationale waterbalans	15
3.3	Grondwateronttrekkingen voor drinkwaterproductie	17
3.4	Nalevering aan de omgeving	24
4	Waarde van natuur voor de watervoorziening	27
4.1	Inleiding	27
4.2	Prijs van drinkwater	27
4.3	Kosten van mestuitspoeling voor drinkwaterproductie	28
4.4	Kosten voor verwijdering bestrijdingsmiddelen	29
4.5	Droogteschadecompensatie	30
5	Voorbeelden van succesvolle samenwerkingen	31
5.1	Inleiding	31
5.2	Trinkwasserwald (Duitsland)	31
5.3	Kaufering (Beieren)	32
5.4	Roodborn	32
5.5	Winning De Punt en Drentse Aa	33
5.6	Succesfactoren	34
6	Beantwoording van de onderzoeksvragen	35
6.1	Hoeveel dragen natuurgebieden bij aan de grondwatervoorraad? En van welke kwaliteit is dat water?	35
6.2	Hoeveel grondwater wordt gewonnen rond natuurterreinen?	36
6.3	Wat is dat waard in euro's?	37
6.4	Zijn er (inter)nationale situaties waar de erkenning van de waarde van schoon grondwater heeft geleid tot samenwerking?	38
6.5	Eindconclusie	38
7	Literatuur	40

Bijlage I Kenschets waterkwaliteitsmeetnetten	42
Bijlage II Statistieken uit grondwaterkwaliteitsmeetnetten	44
Bijlage III Schatten van de waterleverantie op nationale schaal	46
Bijlage IV Reservoircoëfficiënt als functie van drainageafstand en doorlaatvermogen	47
Bijlage V Voorbeelden regionale samenwerking voor natuurbeheer	49

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Ongeveer 12% van het Nederlands grondgebied bestaat uit natuur (Bestand Bodemgebruik, CBS). Deze natuur levert diverse ecosysteemdiensten aan de maatschappij, waaronder de levering van water aan drinkwaterbedrijven, industrieën, agrariërs en oppervlaktewaterbeheerders. Doordat de waterlevering door natuur voornamelijk via het grondwater verloopt, is deze ecosysteemdienst, in tegenstelling tot bijvoorbeeld waterberging, niet goed zichtbaar. Daarnaast bepalen een groot aantal variabelen, zoals het begroeiingstype en de eigenschappen van de ondergrond, de omvang van waterlevering, zodat oorzakelijke verbanden tussen natuur en zoetwaterbeschikbaarheid niet altijd eenduidig zijn. Mede hierdoor is deze ecosysteemdienst lastig op waarde te schatten door natuurbeheerders en beleidsmakers, en wordt het mogelijk onvoldoende erkend in het omgevings- en waterbeleid.

Een benaderingswijze van natuurbeheer op basis van ecosysteemdiensten biedt de mogelijkheid om gedeelde belangen van natuur en omliggende functies inzichtelijk te maken. Dit biedt aanknopingspunten voor een duurzaam omgevings- en waterbeleid door de synergie tussen gebiedspartners te benutten. Onder de bestuurlijke cultuur van de Omgevingswet ligt het voor de hand dat hiervoor de samenwerking wordt versterkt tussen natuurbeheerders, watergebruikers en waterbeheerders. Om de totstandkoming van deze samenwerking te bevorderen is inzicht in de waarde van ecosysteemdiensten en praktijkvoorbeelden van samenwerkingsverbanden gewenst.

1.2 Doel en vraagstelling

Dit project heeft tot doel om op basis van beschikbare rapporten en informatie de brede maatschappelijke waarde van natuur voor de watervoorziening inzichtelijk te maken voor beleidsmakers en natuurbeheerders. Daarmee krijgen de Bos- en Natuurterreineigenaren een vollediger overzicht van de meekoppelkansen (naast natuurwaarde, biomassa etc.) voor het realiseren van natuurdoelen en het werven van subsidies daarvoor. Dit inzicht draagt tevens bij aan het ontwikkelen van een gezamenlijk toekomstperspectief voor natuur in Nederland en het opstellen van een gemeenschappelijke agenda op actuele beleidsthema's, zoals klimaatadaptatie en zoetwatervoorziening.

In dit rapport worden de volgende vragen van de VBNE-werkgroep Ecosysteemdienst Schoon Grondwater beantwoord:

1. (a) Hoeveel dragen natuurgebieden bij aan de grondwatervoorraad? En (b) van welke kwaliteit is dat water?
2. Hoeveel grondwater wordt er gewonnen rond natuurterreinen?
3. Wat is dat waard in euro's?
4. Zijn er internationaal situaties waar de erkenning van de waarde van schoon grondwater heeft geleid tot samenwerking?

1.3 Leeswijzer

In dit rapport wordt eerst (Hoofdstuk 2) de kwaliteit van het grondwater onder natuur in Nederland gekenschetst (Vraag 1b). Daarna (Hoofdstuk 3) worden verschillende schattingen gemaakt van de hoeveelheid grondwater die natuurgebieden leveren aan hun omgeving in het algemeen (vraag 1a), en specifiek aan grondwaterwinningen (vraag 2). In Hoofdstuk 4 wordt voor een aantal benaderingswijzen een indruk gegeven van de monetaire waarde van natuur voor de watervoorziening (vraag 3). Hoofdstuk 5 geeft een aantal voorbeelden van regionale samenwerking tussen bos- en natuurterreineigenaren en watergebruikers waarbij waterlevering door natuur centraal staat (vraag 4). Ten slotte worden in Hoofdstuk 6 de antwoorden op bovenstaande vragen van de VBNE-werkgroep Ecosysteemdienst Schoon Grondwater samengevat.

2 Kwaliteit van grondwateraanvulling

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de kwaliteit van het grondwater onder natuurgebieden voor wat betreft nutriënten en bestrijdingsmiddelen. Deze stofgroepen vormen een knelpunt voor het realiseren van de ecologische doelen van de Kader Richtlijn Water in 2027 (Galen e.a., 2015). Bovendien bedreigen mest-gerelateerde parameters en bestrijdingsmiddelen op tientallen locaties de kwaliteit van grondwater dat wordt onttrokken ten behoeve van drinkwaterproductie (Van Loon en Fraters, 2016; Claessens e.a., 2017; Van Loon e.a., 2019).

In dit hoofdstuk beschrijven wij eerst de kwaliteit van de grondwateraanvulling onder natuur voor wat betreft meststoffen (paragraaf 2.2) en daarna voor bestrijdingsmiddelen (paragraaf 2.2.3). Hiertoe vergelijken wij statistieken voor natuur en landbouw zoals gerapporteerd in recente overzichtsstudies.

2.2 Meststoffen

2.2.1 Inleiding

Hoewel natuurgebieden in de regel niet bemest worden, kan het grondwater onder natuurgebieden verhoogde concentraties nitraat en ammonium bevatten als gevolg van atmosferische stikstofdepositie en versnelde mineralisatie van organische stof. Atmosferische stikstofdepositie is voornamelijk afkomstig uit landbouw (mest) en verkeer en industrie (uitlaatgassen) en kan als droge of natte depositie in natuurgebieden terecht komen. Organische stof kan in natuurgebieden versneld mineraliseren door ontwatering of bodemroering. Hierbij ontstaat voornamelijk ammonium, dat weinig mobiel is in de ondergrond en kan oxideren tot het veel mobilere nitraat. Een deel van het vrijgekomen stikstof wordt door de vegetatie opgenomen of wordt onder invloed van denitrificatie omgezet in stikstofgas. Denitrificatie speelt vooral in natte bodems die veel organische stof bevatten. Het deel dat niet denitrificeert, spoelt als nitraat uit naar het grondwater. Opgemerkt moet worden dat bij de mineralisatie van organische stof ook fosfaat vrijkomt, maar doordat dit vaak goed aan ijzeroxiden in de bodem gebonden wordt, spoelt fosfaat nauwelijks uit naar het grondwater.

2.2.2 Nitraat in uitspoelingswater

Tabel 2-1 geeft de gemiddelde nitraatconcentraties in het uitspoelingswater onder bos en heide en onder landbouw. De gemiddelde concentratie onder bos en heide is ontleend aan het TrendMeetnet Verzuring (TMV; zie Bijlage I) en die onder landbouw aan het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM; zie Bijlage I). Uit deze tabel blijkt dat de gemiddelde nitraatconcentratie in de grondwateraanvulling onder bos en heide op zandgrond met ongeveer 20 mg/l ruim onder de nitraatnormen voor grondwater, oppervlaktewater en drinkwater zit. Onder landbouwgronden bedroeg de gemiddelde nitraatconcentratie in 2015 ongeveer 54 mg/l, net boven de normen. Wel is onder beide landgebruiktypen sprake van een grote spreiding in de waargenomen nitraatconcentraties. Zo zijn de maxima in beide meetnetten ruim hoger dan 100 mg/l (zie Bijlage II).

Tabel 2-1: Gemiddelde nitraatconcentratie in de grondwateraanvulling onder bos en heide (de meest verzuringsgevoelige natuurtypen) en landbouw op droge (grondwatertrap V, VII of VIII) zandgrond.

mg/l	Bos en heide ¹⁾	Landbouw ²⁾	Normen		
	(2009-2011)	(2015)	GW ³⁾	OW ⁴⁾	Drinkwater ⁵⁾
NO ₃	20	54 ⁶⁾	50	50	50

¹⁾ TrendMeetnet Verzuring, Masselink e.a. 2012;

²⁾ Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid, <https://lmm.rivm.nl/Tabel/2015/Nitraat>;

³⁾ Drempelwaarden voor grondwaterlichamen volgens het Bkwm 2009;

⁴⁾ Europese milieukwaliteitseisen voor oppervlaktewater dat gebruikt voor de bereiding van water voor menselijke consumptie;

⁵⁾ Normen voor drinkwater (leidingwater) volgens het drinkwaterbesluit;

⁶⁾ Gemiddelde voor zandgronden.

De statistieken van de meetgegevens voor beide meetnetten geven dus een factor 2,7 verschil aan tussen de gemiddelde nitraatconcentratie in de grondwateraanvulling onder natuur (bos en heide) ten opzicht van landbouw. Dit verschil is in werkelijkheid groter, doordat het TMV niet geheel representatief is voor de Nederlandse natuur op zandgrond, maar enkel voor dat deel van de natuur op zandgrond dat bestaat uit naaldbos, loofbos en heide. Loofbossen en (vooral) naaldbossen vangen ten opzichte van andere natuur relatief veel atmosferisch stikstof in, dat vervolgens weer tot uitspoeling kan komen. Daarnaast komen deze begroeiingstypen vaak voor op de wat drogere zandgronden, die van nature gevoeliger zijn voor stikstofuitspoeling, omdat de bodems minder organische stof bevatten en/of nitraat relatief weinig omgezet wordt in stikstofgas door denitrificatie. Hierdoor neigt de nitraatconcentratie in de grondwateraanvulling toe te nemen met de diepte van de grondwaterstand.

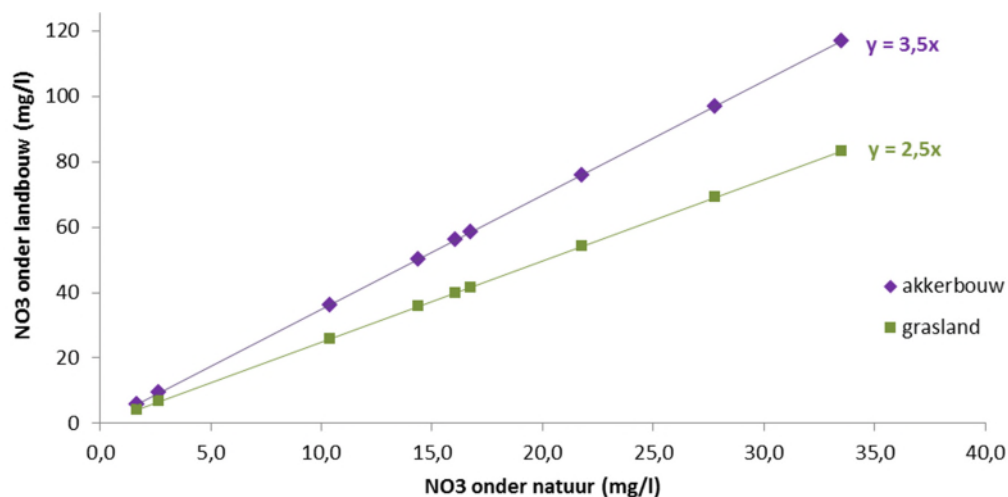
Om een evenwichtiger beeld van de verhouding tussen natuur en landbouw te verkrijgen, hebben wij de nitraatconcentratie in de grondwateraanvulling gecorrigeerd voor het dempend effect van de grondwatertrap. Hierbij hebben wij gebruik gemaakt van de nitraatreductiefactoren (Boumans e.a., 1989), die voor elke grondwatertrap aangeven hoeveel de nitraatconcentratie is afgenomen ten opzichte van de meest droge bodems waar denitrificatie geen rol van betekenis speelt. Deze nitraatreductiefactoren zijn afgeleid voor landbouwbodems met stikstofbemesting, en dus niet specifiek voor natuur. Gegevens over de grondwatertrap ter plaatse van de TMV-meetpunten hebben wij ontleend aan de Bodemkaart van Nederland. Voor meer informatie over de gehanteerde methode wordt verwezen naar Van Loon en Fraters (2016). De resultaten zijn weergegeven in Tabel 2-2 en Figuur 2-1.

Uit Tabel 2-2 blijkt dat de norm voor nitraat in grondwater onder grasland op zandgrond wordt overschreden vanaf een grondwatertrap VI (GHG 40-80 cm-mv, GLG > 120 cm-mv). Voor akkerbouw is daar reeds sprake van vanaf een grondwatertrap IV (GHG >40 cm-mv, GLG 80-120 cm-mv). De nitraatconcentratie onder bos en heide is gemiddeld voor elke grondwatertrap ruim lager dan de norm; zelfs op de meest droge bodems (grondwatertrap VIII, GHG >140cm-mv) is de gemiddelde nitraatconcentratie met 34 mg/l ruim onder de norm. Figuur 2-1 laat aanvullend zien dat de **nitraatconcentratie onder natuur gemiddeld een factor 2,5 lager is dan onder grasland en een factor 3,5 lager dan onder akkerbouw. Omdat bij deze schattingen niet gecorrigeerd is voor de relatief grote hoeveelheid van elders afkomstige stikstof die kan worden ingevangen door loof- en naaldbos, geven deze getallen nog steeds een te ongunstig beeld van de nitraatconcentratie in het**

uitspoelingswater onder natuur. Wij verwachten dat het uitspoelingswater onder natuur nauwelijks nitraat bevat indien er geen stikstof via de lucht zou worden aangevoerd.

Tabel 2-2: Gemiddelde nitraatconcentratie in de grondwateraanvulling onder grasland, akkerbouw en bos en heide voor verschillende grondwatertrappen.

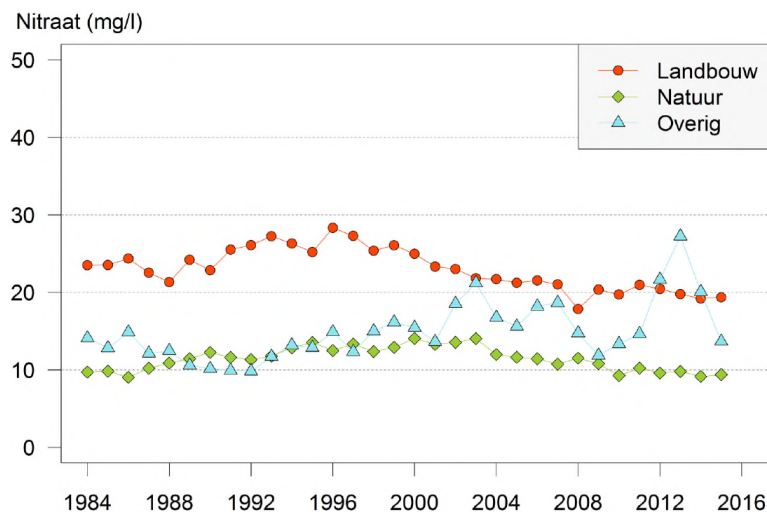
Bodemgebruik	Grondwatertrap									
	II	II*	III	III*	IV	V	V*	VI	VII	VIII
Grasland (2010-2014)	4	4	7	26	36	42	40	54	69	83
Akkerbouw (2010-2014)	6	6	9	36	50	58	56	76	97	117
Bos en heide (2009-2011)	2	2	3	10	14	17	16	22	28	34



Figuur 2-1: Schatting van de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder natuur (bos en heide) per grondwatertrap uitgezet tegen die in het bovenste grondwater onder landbouw (akkerbouw en grasland). De nitraatconcentratie onder natuur wordt waarschijnlijk overschat doordat in het TrendMeetnet Verzuring begroeiingstypen zijn oververtegenwoordigd die relatief veel atmosferisch stikstof invangen.

2.2.3 Nitraat in ondiep grondwater

De nitraatconcentratie in het grondwater onder natuur is tevens vergeleken met die onder landbouwgronden op basis van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (zie Bijlage I). Dit meetnet bestaat uit 347 meetpunten verspreid over Nederland, waarvan 219 in landbouwgebied. De meetpunten hebben een diepte van 5-15 m onder maaiveld, zodat de meetresultaten betrekking hebben op grondwater met een ouderdom van ongeveer 5-15 jaar. Dit betekent dat dit meetnet een gedempt en vertraagd beeld geeft van de effecten van stikstofuitspoeling op de grondwaterkwaliteit. Volgens de toestand- en trendrapportage over de resultaten uit dit meetnet (Fraters e.a., 2017) bedraagt **de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater onder landbouw ongeveer 20 mg/l, terwijl dat onder natuur 10 mg/l is** (Error! Reference source not found.). Op deze diepte zit dus een factor 2 verschil tussen de nitraatconcentratie in het grondwater onder natuur en dat onder landbouwgronden.



Figuur 2-2: Gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie in het grondwater in Nederland op een diepte van 5-15 m onder maaiveld per landgebruiktype (Fraters e.a., 2017).

2.3 Bestrijdingsmiddelen

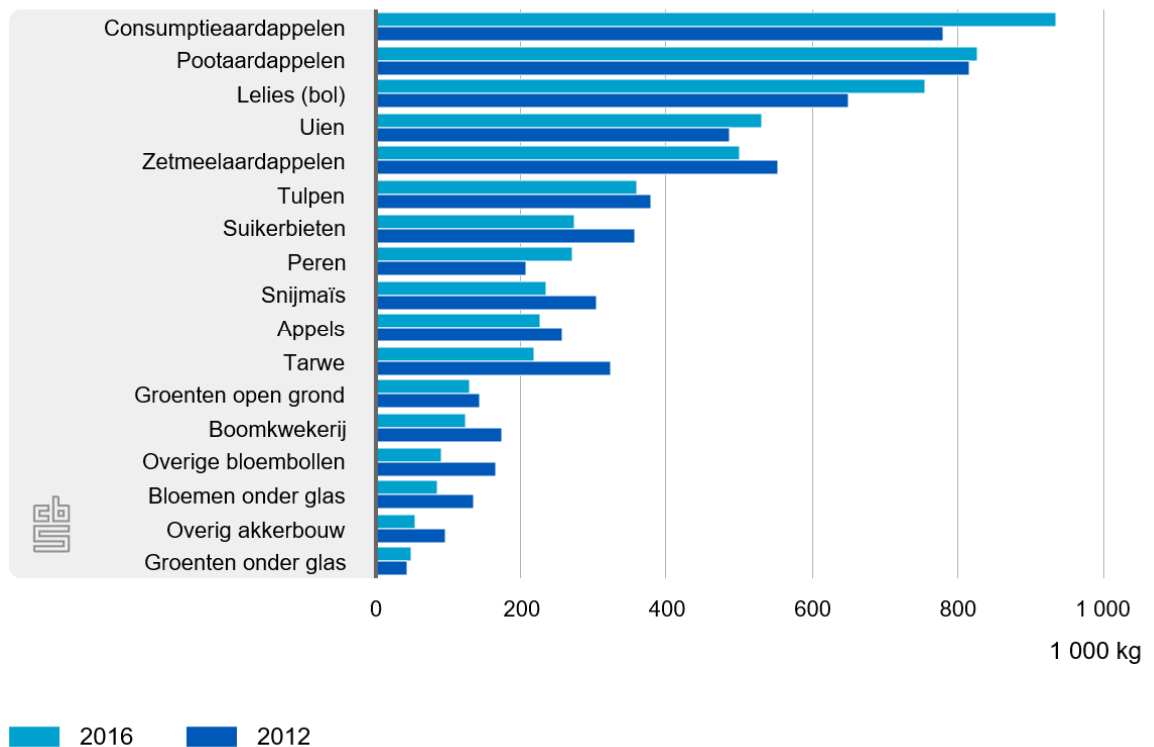
2.3.1 Inleiding

Volgens CBS-gegevens is tussen 2010 en 2015 in Nederland jaarlijks 10 tot 11 miljoen kg aan chemische gewasbeschermingsmiddelen verkocht. Ongeveer 6 miljoen kg daarvan is toegepast in de agrarische sector. Binnen de agrarische sector bestaan grote verschillen die samenhangen met arealen en teelt (Figuur 2-3). Op nationale schaal nemen de aardappelteelten ongeveer 40% van het middelengebruik in de agrarische sector voor hun rekening. Per hectare worden de meeste middelen gebruikt in de lelyteelt, namelijk 125 kg/ha in 2016, waarvan 93 kg minerale olie. Bij de teelt van appels, peren, bloemen onder glas, tulpen, overige bloembollen en pootaardappelen lag het gebruik over alle middelen tussen 20 kilogram en 35 kilogram actieve stof per hectare. Bij de overige gewassen is dit gebruik lager.

Volgens Reichgelt (2017) passen terreinbeherende organisaties alleen bij hoge uitzondering bestrijdingsmiddelen toe, zoals voor de bestrijding van exoten of het voorkomen van opnieuw uitlopen van gekapte bomen (bijvoorbeeld bij de bestrijding van de iepenziekte). Bovendien is sinds 2017 een verbod van kracht voor professioneel gebruik op onverharde terreinen buiten de landbouw. **Natuurmonumenten geeft aan dat voor de gerichte bestrijding van invasieve exoten 67 liter glyfosaat is gebruikt.** Gemiddeld voor het totale beheerareaal van Natuurmonumenten (110.000 ha) is dat 0,0006 liter per hectare. **Dat is een fractie van het gebruik door overheidsinstellingen (19.000 kg glyfosaat in 2016 volgens StatLine) en een verwaarloosbare hoeveelheid ten opzichte van het gebruik in de agrarische sector zoals hierboven geschetst.**

Ondanks dat de terreinbeherende organisaties nauwelijks gebruik maken van chemische bestrijdingsmiddelen, kan het grondwater onder natuurgebieden ook sporen van bestrijdingsmiddelen bevatten, bijvoorbeeld als gevolg van infiltrerend oppervlaktewater, atmosferische depositie en verwaaiing (drift) van de middelen door gebruik in de omgeving.

Gebruik chemische gewasbeschermingsmiddelen, gewassen



Figuur 2-3: Gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen voor verschillende teelten (CBS, 2019)

2.3.2 Bestrijdingsmiddelen in ondiep grondwater

Sjerps e.a. (2017) inventariseerden het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in de provinciale meetnetten van Nederland. Hierbij zijn analysegegevens geanalyseerd voor 680 waarnemingsfilters verspreid over Nederland. De filters bevinden zich op uiteenlopende diepten en liggen in gebieden met uiteenlopende functies en aandeel natuur. Van de 680 filters bevonden zich er 166 binnen het Nationaal Natuur Netwerk.

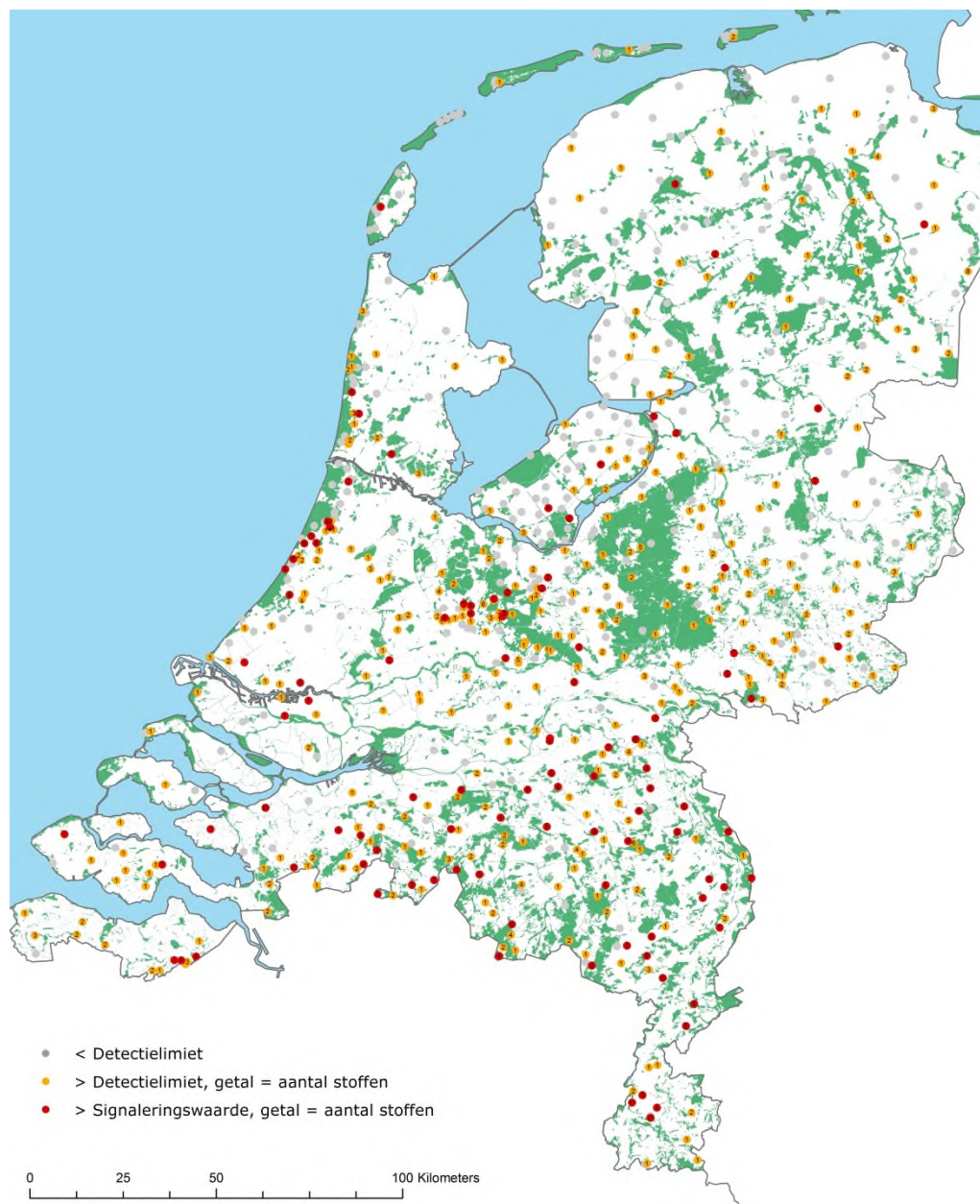
Figuur 2-4 geeft een overzicht van het aantal bestrijdingsmiddelen die Sjerps e.a. (2017) aantreffen in de provinciale meetnetten. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen concentraties boven de detectielimiet en boven de signaleringswaarde volgens het Bkmw 2007 (Besluit kwaliteitseisen en monitoring water; 0,1 of 1,0 µg/l). De resultaten zijn gepresenteerd op een kaart van het Nationaal Natuurnetwerk (NNN). In Tabel 2-3 zijn de statistieken van een GIS-overlay van de analyseresultaten met het NNN weergegeven. Een kanttekening hierbij is dat meetpunten die binnen het NNN staan wel beïnvloed kunnen worden door grondwater dat uit de omgeving afkomstig is en onder het natuurgebied doorstroomt.

Uit Figuur 2-4 blijkt dat bestrijdingsmiddelen op veel plaatsen in het grondwater worden aangetroffen (concentratie hoger dan detectielimiet). Vooral in de provincies Limburg, Noord-Brabant en Utrecht en aan de binnenduinzijde zijn de signaleringswaarden overschreden. Uit de figuur blijkt niet zondermeer dat in gebieden

met meer natuur het grondwater minder verontreinigd is met bestrijdingsmiddelen. Wel blijkt uit Tabel 2-3 dat **binnen de NNN-begrenzing minder vaak bestrijdingsmiddelen werden aangetroffen dan daar buiten**. Dit geldt zowel voor waarnemingen boven de detectielimiet (42 om 35% van de waarnemingsfilters), als om waarnemingen boven de signaleringswaarde (79 om 67%). De verschillen zijn echter klein en in tegenstelling tot de verwachting zijn ook binnen de NNN-begrenzing bestrijdingsmiddelen aangetroffen. **Waarschijnlijk zijn deze stoffen daar terecht gekomen door verspreiding vanaf de toepassingsgebieden in de omgeving via lucht (drift of atmosferische depositie), oppervlaktewater (infiltratie) of grondwater (grondwaterstroming)**. Mogelijk is de ligging van de meetpunten ten opzichte van agrarisch gebied medebepalend voor de statistieken – naarmate deze afstand kleiner is, wordt de kans op aanvoer van bestrijdingsmiddelen vanuit de landbouw groter. Dit zou kunnen betekenen dat bovenbeschreven statistieken een te negatief beeld geven van de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in het grondwater onder natuur.

Tabel 2-3: Aantal bestrijdingsmiddelen die zijn aangetroffen in de provinciale meetnetten binnen en buiten het Nationaal Natuurnetwerk Nederland. De vermelde percentages hebben betrekking op het aantal meetpunten.

Aantal stoffen	Boven detectielimiet		Boven signaleringswaarde	
	Binnen natuur (n=166)	Buiten natuur (n=514)	Binnen natuur (n=166)	Buiten natuur (n=514)
0	42%	35%	79%	67%
1	26%	22%	15%	21%
2	18%	16%	3%	7%
3	4%	10%	2%	4%
4	5%	8%	1%	1%
5	2%	5%	0%	0%
>5	3%	4%	1%	0%



Figuur 2-4: Aantal bestrijdingsmiddelen die de signaleringswaarde overschrijden in de ondiepe waarnemingsfilters van provinciale meetnetten (naar Sjerps e. a., 2017) weergegeven op het Nationaal Natuurnetwerk Nederland.

3 Waterlevering door natuur

3.1 Grondwateraanvulling

Tabel 3-1 geeft een indicatie van de grondwateraanvulling voor verschillende begroeiingstypen die voorkomen in natuurgebieden van Nederland. Hierbij is aangenomen dat de grondwateraanvulling gelijk is aan het neerslagoverschot (het verschil tussen neerslag en potentiële verdamping), i.e. dat infiltrerend oppervlaktewater en oppervlakte-afvoer geen aandeel hebben in de waterbalans. Dat is een redelijke aanname voor droge tot vochtige natuur buiten de wateraanvoergebieden. Uit deze tabel blijkt dat het type begroeiing sterk bepalend is voor de hoeveelheid grondwater dat aan de omgeving wordt geleverd. Zo **bedraagt de grondwateraanvulling onder kaal zand, zoals stuifvlakten, ruim 600 mm/jaar, en onder donker naaldbos slechts 106 mm/jaar. Deze verschillen werken ook door op de grondwaterkwaliteit, doordat aangevoerde of uit de bodem gemobiliseerde stoffen meer of minder verdund worden.**

De verschillen in grondwateraanvulling zoals weergegeven in Tabel 3-1 hangen voor een groot deel samen met de verdampingseigenschappen van de begroeiing, en de hydrologische kenmerken van de standplaatsen waar deze begroeiing normaal gesproken voorkomt. Zo staat naaldbos bekend om de hoge interceptieverdamping, doordat naaldbomen permanent groen zijn en de boomkruin van naaldbomen veel regenwater invangt. Uit laagvenen verdwijnt vooral veel water door verdamping doordat deze natuurtypen permanent nat zijn, zodat de verdamping niet beperkt wordt door beschikbaarheid van water. Droge duinen, ten slotte, verliezen relatief weinig water door verdamping, doordat de begroeiing beperkt in omvang is en op de kenmerkende standplaatsen droogtestress in de zomer optreedt zodat de transpiratieverdamping wordt beperkt ten opzicht van de potentiële transpiratie. Verhoudingsgewijs is de grondwateraanvulling onder natuurgebieden op droge bodems en met een beperkte biomassa-productie dus hoger, dan die van natuurgebieden met een hoge biomassa-productie of in natte gebieden.

Benadrukt wordt dat de grondwateraanvulling zoals weergegeven in Tabel 3-1 een schatting van de langjarig gemiddelde hoeveelheid voor Nederland betreft. Hierbij zijn de volgende kanttekeningen te plaatsen:

- (1) Bij de berekening van de grondwateraanvulling is uitgegaan van een landelijk gemiddelde neerslaghoeveelheid van 847 mm/j. Volgens het KNMI varieert de langjarig gemiddelde neerslaghoeveelheid van 725 mm/j in midden-Limburg tot 975 mm/j op de Veluwe. Deze neerslagvariatie zal ook zo zijn weerslag hebben op de grondwateraanvulling.
- (2) De grondwateraanvulling is berekend op basis van de verdamping, die op zijn beurt weer is berekend op basis van gewasfactoren (Runhaar e.a., 1998). Gewasfactoren beschrijven de relatie tussen de referentieverdamping volgens Makkink en de potentiële verdamping. Vooral in de relatief droge gebieden zal de werkelijke verdamping lager zijn dan de potentiële verdamping, doordat daar bodemvochttekorten vaker dan gemiddeld voor het begroeiingstype optreden. Daarom verwachten wij dat Tabel 3-1 een onderschatting geeft van de langjarig gemiddelde grondwateraanvulling onder de Nederlandse natuur.

- (3) In sommige natuurgebieden wordt het grondwater niet alleen door neerslag, maar ook door infiltrerend oppervlaktewater aangevuld. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de duininfiltratiegebieden langs de westkust. Voor deze gebieden zijn de getallen uit Tabel 3-1 niet representatief.
- (4) In sommige natuurgebieden kan de grondwateraanvulling afwijken van het neerslagoverschot, doordat een deel van de neerslag wordt afgevoerd door oppervlakteafvoer over het maaiveld. Dit is bijvoorbeeld het geval voor hoog- en laagvenen, doordat deze natuurtypen vrijwel permanent grondwaterverzadigd zijn. Hydrologisch goed functionerende hoogvenen, bijvoorbeeld, leveren maximaal 40 mm/jaar aan grondwater aan hun omgeving (Meuwese, e.a., 2012). De rest van het neerslagoverschot wordt als oppervlaktewater afgevoerd. Grondwatergevoede laagvenen kunnen zelfs een negatieve grondwateraanvulling leveren, doordat niet alleen het neerslagoverschot, maar ook het uitredende grondwater wordt afgevoerd als oppervlakteafvoer.

Tabel 3-1 Indicatie van het neerslagoverschot (neerslag – potentiële verdamping) voor verschillende begroeiingen, geschat op basis van gewasfactoren en neerslag (847 mm/j) en referentieverdamping volgens Makkink in het zandlandschap van Nederland (570 mm/j) voor de periode 1981-2010.

Begroeiing	Gewasfactor ¹⁾ (-)	Potentielle verdamping (mm/j)	Neerslagoverschot ²⁾ (mm/j)
Kaal zand	0,4	228	619
Droog duin	0,7	399	448
Heide	0,8	456	391
Schraalgrasland	1,0	570	277
Laagveen	1,0	570	277
Loofbos	1,1	627	220
Naaldbos	1,2	684	163
Hoogveen	1,2	684	163
Donker naaldbos	1,3	741	106

¹⁾Ontleend aan Runhaar e.a., 1998. ²⁾Omdat gewasfactoren de relatie tussen referentieverdamping en potentiële verdamping beschrijven, is dit een onderschatting van het neerslagoverschot.

3.2 Aandeel in de nationale waterbalans

Het aandeel dat natuur heeft in de nationale waterbalans is geschat op basis van CBS-statistieken voor bodemgebruiktypen en literatuurwaarden voor de grondwateraanvulling onder begroeiingstypen. Hierbij zijn een aantal aannames gemaakt om de bodemgebruiktypen die het CBS onderscheidt te harmoniëren met de begroeiingstypen waarvoor kentallen voor de grondwateraanvulling beschikbaar zijn (zie Bijlage III). Het resultaat van deze schatting staat in Tabel 3-2 weergegeven. Volgens deze schatting bedraagt het totale neerslagoverschot in Nederland ruim 10 miljard m³/jaar. Dat is ongeveer 1,5 miljard m³/jaar (19%) meer dan Huisman (2004) op basis van een nationale waterbalans voor de periode 1971-2000 berekende. Dit verschil wordt mogelijk deels veroorzaakt door verschuiving van het tijdvenster met 10 jaar en de meteorologische veranderingen (neerslag en referentieverdamping) die in die periode optraden.

Volgens Tabel 3-2 bedraagt de grondwateraanvulling binnen natuurgebieden ongeveer 1,2 miljard m³/jaar op nationale schaal. Dit is bijna 12% van de totale grondwateraanvulling van Nederland en dat komt toevalligerwijs overeen met de hoeveelheid grond- en oppervlaktewater dat wordt ingenomen voor drinkwaterproductie. Ongeveer de helft van deze grondwateraanvulling vindt plaats onder bos; de relatief beperkte grondwateraanvulling per hectare wordt ruimschoots gecompenseerd door het grote areaal bos dat in Nederland voorkomt. Droge natuur met laag-groeiende of ontbrekende vegetatie heeft vooral door de lagere verdamping een substantieel groter aandeel in de nationale waterbalans dan natte natuur. Vanzelfsprekend kunnen de verhoudingen in de waterbalans op regionale schaal anders liggen.

Tabel 3-2 geeft tevens aan dat natuurgebieden op nationale schaal, en gemiddeld over een meerjaarlijkse periode, een kleinere bijdrage aan de grondwateraanvulling leveren dan landbouw (70%) en bebouwd gebied (16%). Deze kentallen zijn echter niet representatief voor de nalevering van het grondwater dat op een tijdschaal van dagen tot maanden of jaren speelt. Ze zijn ook niet representatief voor de voeding van diepere watervoerende pakketten, omdat afhankelijk van de drainage eigenschappen van een gebied een groter of kleiner deel van de grondwateraanvulling wordt afgevoerd door lokale drainage. Hier wordt in de volgende paragraaf op in gegaan.

Tabel 3-2: Indicatie van het aandeel van verschillende bodemgebruiktypen in de grondwateraanvulling van Nederland.

Bodemgebruik	Oppervlakte (km ²) ¹⁾	Neerslagoverschot (mm/j) ²⁾	Neerslagoverschot (miljoen m ³ /j)
Stedelijk gebied ⁴⁾	6.668	243 ²⁾	1.620
Glastuinbouw	155	0	0
Overig agrarisch terrein	22.208	318 ²⁾	7.073
Bos	3.413	191 ³⁾	650
Open droog natuurlijk terrein	951	391 ³⁾	372
Open nat natuurlijk terrein	626	277 ³⁾	173
Binnenwater ⁵⁾	1.919	127 ³⁾	244
Totaal	35.940	2.519	10.132

¹⁾ <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/>;

²⁾ gebaseerd op Witte e.a., 2015.

³⁾ berekend op basis van gewasfactoren ontleend van Runhaar e.a. (1998) en neerslag en referentieverdamping voor de periode 1981-2010.

⁴⁾ omvat de CBS-categorieën verkeersterreinen, bebouwd terrein, semi-bebouwd terrein, bouwterrein en recreatieterrein.

⁵⁾ niet gecorrigeerd voor infiltratiefluxen.

3.3 Grondwateronttrekkingen voor drinkwaterproductie

3.3.1 Algemeen

De Nederlandse drinkwaterbedrijven produceren jaarlijks 1,2 miljard m³ drinkwater. Ongeveer 60% van dit drinkwater wordt geproduceerd uit grondwater en 40% uit oppervlaktewater. Voor het bepalen van het aandeel van natuur in het onttrokken grond- en oppervlaktewater is een verdere indeling naar wintypen noodzakelijk. Hiervoor zijn wij uitgegaan van de ABIKOU-indeling (zie Kader 1). Dit resulteert in de volgende indeling van grondwater- en oppervlaktewateronttrekkingen, en hun afhankelijkheid van natuur.

Grondwateronttrekkingen zijn onder te verdelen in onttrekkingen uit:

- (1) freatische (niet door klei afgedekte) watervoerende pakketten met een intrekgebied dat als een schil om de winmiddelen ligt,
- (2) niet-freatische watervoerende pakketten (spanningswater onder een kleilaag) met een zeer omvangrijk en diffuus intrekgebied, dat gaten kan vertonen als gevolg van drainerende beken of andere onttrekkingen, en
- (3) kalksteenpakketten, die gekenmerkt worden door spleetstroming en een dikke onverzadigde zone.

Omdat alleen onttrekkingen uit freatische pakketten redelijk eenduidige (ruimtelijk samenhangend en bekend) intrekgebieden hebben, is de waterlevering van natuur alleen voor deze onttrekkingen eenduidig. Het gaat hierbij om zo'n 75 onttrekkingen verspreid over Nederland (Figuur 3-2) en met een totale omvang van 220 miljoen m³/jaar (30% van het onttrokken grondwater, zie Figuur 3-1). Voor de andere onttrekkingstypen is het intrekgebied diffuser van aard en heeft het onttrokken grondwater een leeftijd van tientallen tot honderden jaren. Hierdoor is de herkomst van het onttrokken grondwater per definitie niet goed bekend. Dit betreft het merendeel van de jaarlijkse hoeveelheid onttrokken grondwater.

Van het ingenomen oppervlaktewater wordt 40% met intensieve zuivering verwerkt tot drinkwater. Het aandeel dat natuur hierin heeft is onbekend, o.a. door het grensoverschrijdende karakter van de stroomgebieden van de Maas en de Rijn. De overige 60% ondergaat, na voorzuivering, tevens een natuurlijke zuiveringsstap in de vorm van bodempassage door de oever van de rivier (oeverinfiltratiewinning) of door actieve infiltratie in de westelijke kustduinen (infiltratiewinning, zie Figuur 3-2). Bij sommige infiltratiewinningen wordt naast geïnfiltreerd oppervlaktewater ook een deel (tot 40%) van het duinwater onttrokken. Hoewel het overgrote deel van het grondwater dat uit de infiltratieduinen wordt onttrokken niet afkomstig is uit grondwateraanvulling onder natuur, levert natuur hier wel een operationeel en strategische belangrijke ecosysteemdienst in de vorm van bescherming van de grondwaterkwaliteit tegen verontreinigingen. Het gaat hierbij om ruim 150 miljoen m³/j, ongeveer 30% van het ingenomen oppervlaktewater (Figuur 3-1).

Kader 1: ABIKOU-indeling voor grond- en oppervlaktewaterwinningen

De ABIKOU-indeling maakt onderscheid tussen de drie soorten grondwaterwinningen en drie soorten oppervlaktewaterwinningen.

Freatisch (ABIKOU-klasse A): niet of nauwelijks beschermd door een kleilaag.

Onttrekkingen zijn meestal kwetsbaar voor kwaliteitsinvloeden van bovenaf en er is sprake van een eenduidig voedingsgebied dat om de onttrekking heen ligt. Onttrokken water is een mengsel met een ouderdom van 2 tot 200 jaar. In de wateraanvoergebieden kan een beperkt aandeel van het onttrokken grondwater afkomstig zijn uit geïnfiltreerd oppervlaktewater;

Spanningswater (ABIKOU-klasse B): wel beschermd door een kleilaag.

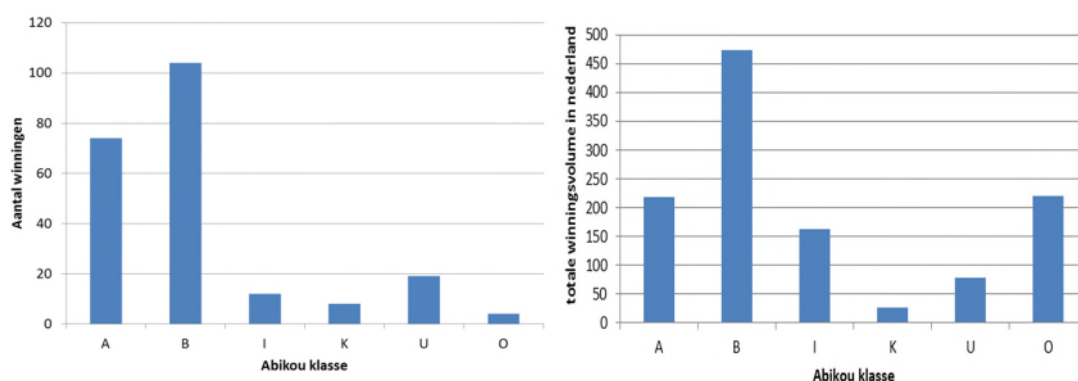
Onttrekkingen zijn niet kwetsbaar voor kwaliteitsinvloeden van bovenaf en het voedingsgebied is diffuser, i.e. het intrekgebied vertoont gaten door ontwatering en andere onttrekkingen en de ligging van het intrekgebied is niet precies duidelijk. Onttrokken grondwater is een mengsel met een ouderdom van 20 tot 25.000 jaar.

Kalksteenwinningen (ABIKOU-klasse K): diepte varieert, maar overeenkomst is dat het grondwater wordt onttrokken uit spleten in de kalksteen. Hierdoor zijn de reistijden doorgaans kort, namelijk 2-200 jaar. Het intrekgebied is redelijk eenduidig bekend.

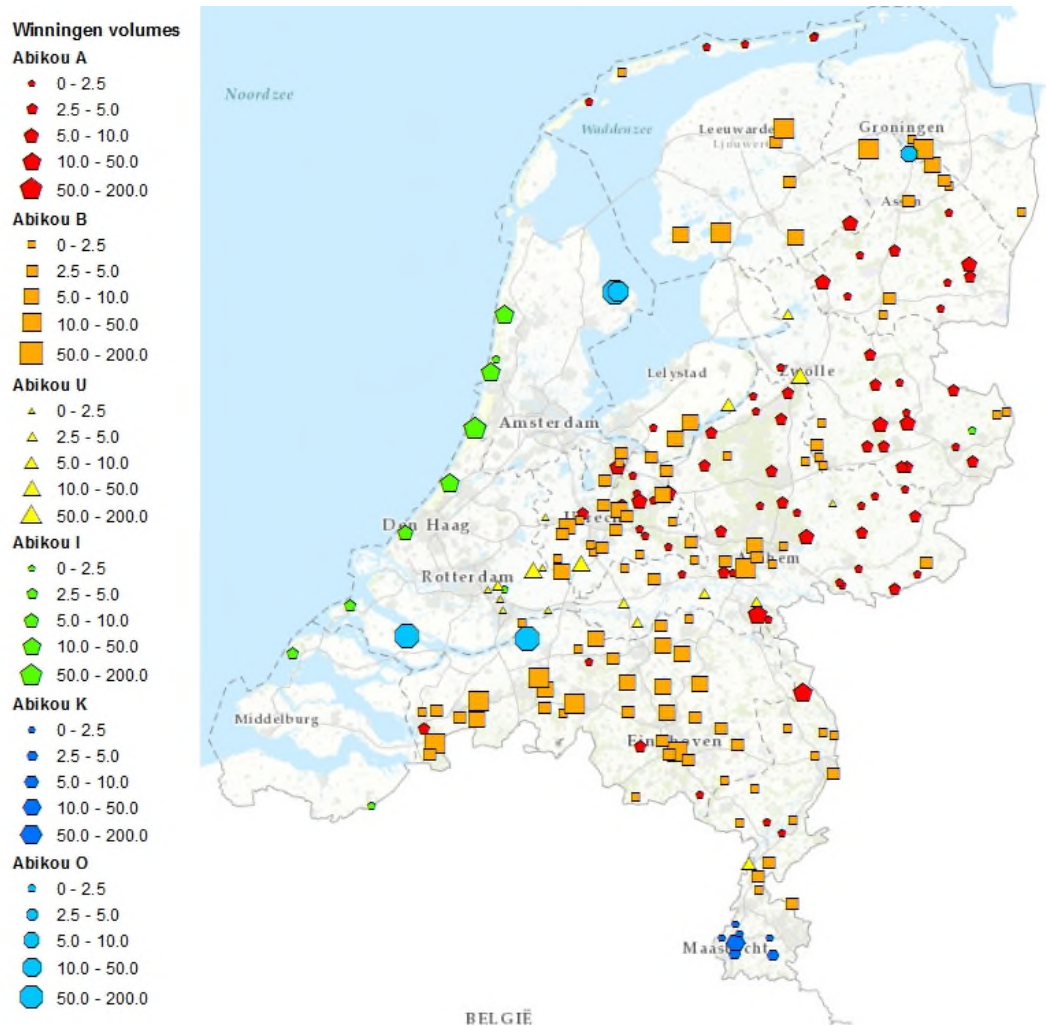
Infiltratiewinningen (ABIKOU-klasse I): water wordt selectief uit de Maas of Rijn ingenomen en na voorzuivering naar de duinen getransporteerd en daar via infiltratiebekkens geïnfiltreerd. Voordelen zijn voorraadvorming van een paar maanden, opmengen van restverontreinigingen en zuivering door bodempassage. De hoeveelheid bijmenging met natuurlijk duinwater varieert van 0-40%.

Oeverinfiltratiewinningen (ABIKOU-klasse U): water wordt uit de oevers van rivieren onttrokken. Dit is voornamelijk oppervlaktewater, en een beperkt deel grondwater uit de omgeving.

Oppervlaktewaterwinningen (ABIKOU-klasse O): ingenomen oppervlaktewater wordt zonder bodempassage, direct gezuiverd tot drinkwater.



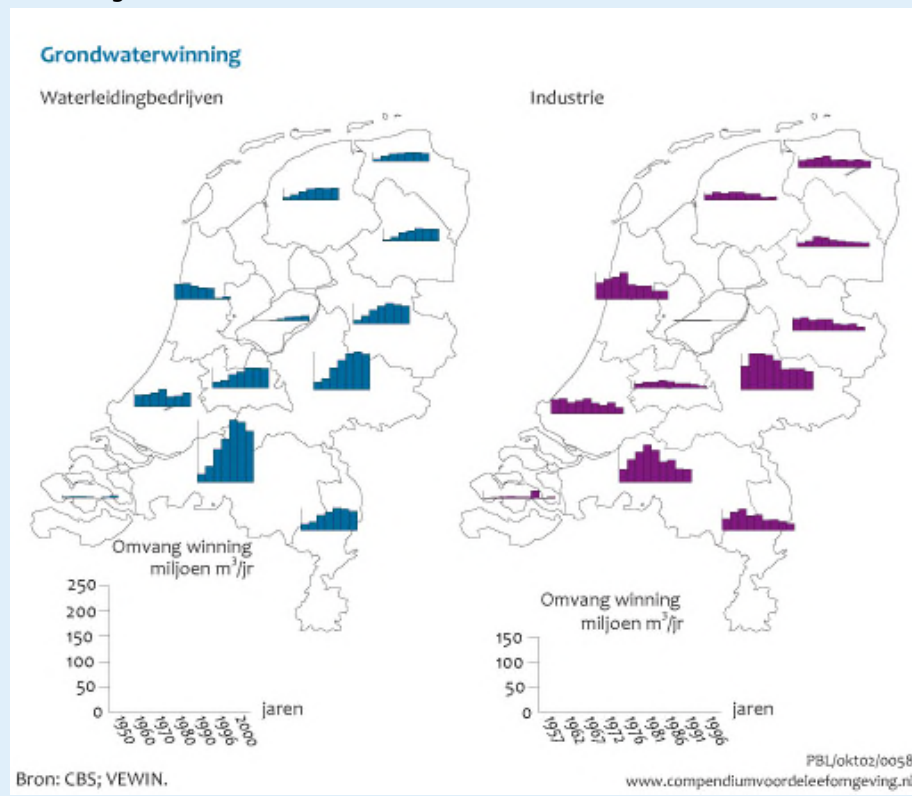
Figuur 3-1: Aantallen en jaaronttrekking (miljoen m³/j) per ABIKOU-klasse.



Figuur 3-2: Drinkwaterwinning in Nederland: jaaronttrekkingen (miljoen m³/j) met onderscheid naar ABIKOU-klasse.

Kader 2: Grondwaterwinning door drinkwaterbedrijven en industrie

Naast drinkwaterbedrijven, benutten ook diverse industrieën het grondwater voor hun productieprocessen. De onttrekkingshoeveelheden door industrieën zijn sinds de jaren 1970 sterk afgenomen en inmiddels veel kleiner dan de onttrekkingen door drinkwaterbedrijven. Doordat de databestanden niet goed ontsloten zijn, is er thans geen overzicht in de diepten waarop industrieën hun grondwater winnen. Van de grote industriële onttrekkers (bierbrouwers en frisdrankfabrikanten) is bekend dat ze grondwater onttrekken uit diepe, afgesloten pakketten. Omdat deze onttrekkingen een diffuus intrekgebied hebben, is de waterlevering door natuur niet eenduidig te berekenen.



3.3.2 Levering aan drinkwaterbedrijven

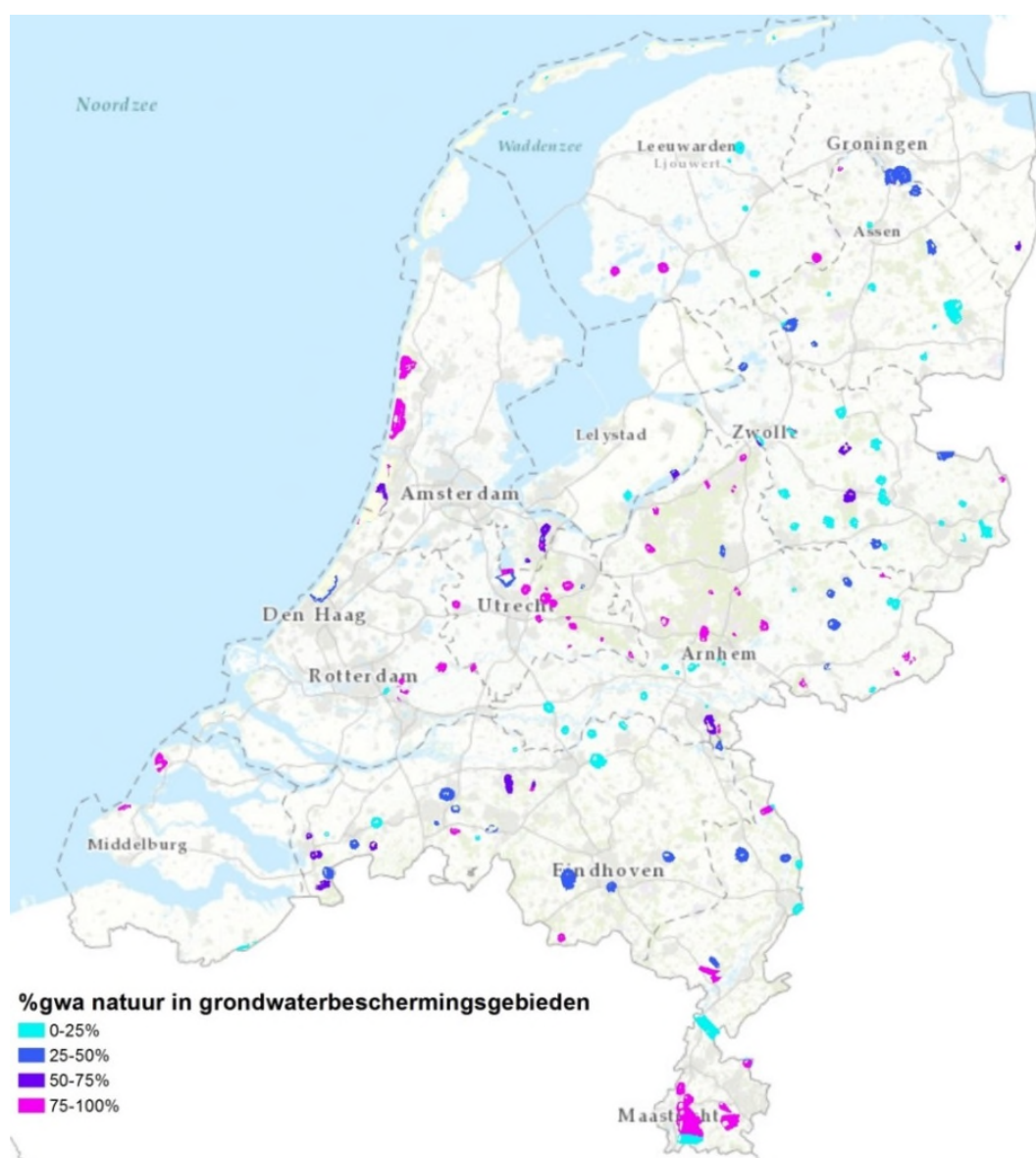
In deze paragraaf wordt het aandeel dat natuur heeft in de grondwateraanvulling van grondwaterbeschermingsgebieden als maat voor de bijdrage van natuur aan de drinkwatervoorziening gebruikt. Deze benadering is verantwoord voor grondwateronttrekkingen uit freatische pakketten (A-type winningen). Voor de andere winningen kunnen minder goed conclusies worden getrokken, omdat intrekgebieden geen eenduidige vorm hebben (B-winningen) of omdat infiltrerend oppervlaktewater dominant is (U- en I-winningen).

De grondwateraanvulling binnen grondwaterbeschermingsgebieden is geschat met een GIS-analyse op basis van de volgende landsdekkende kaarten:

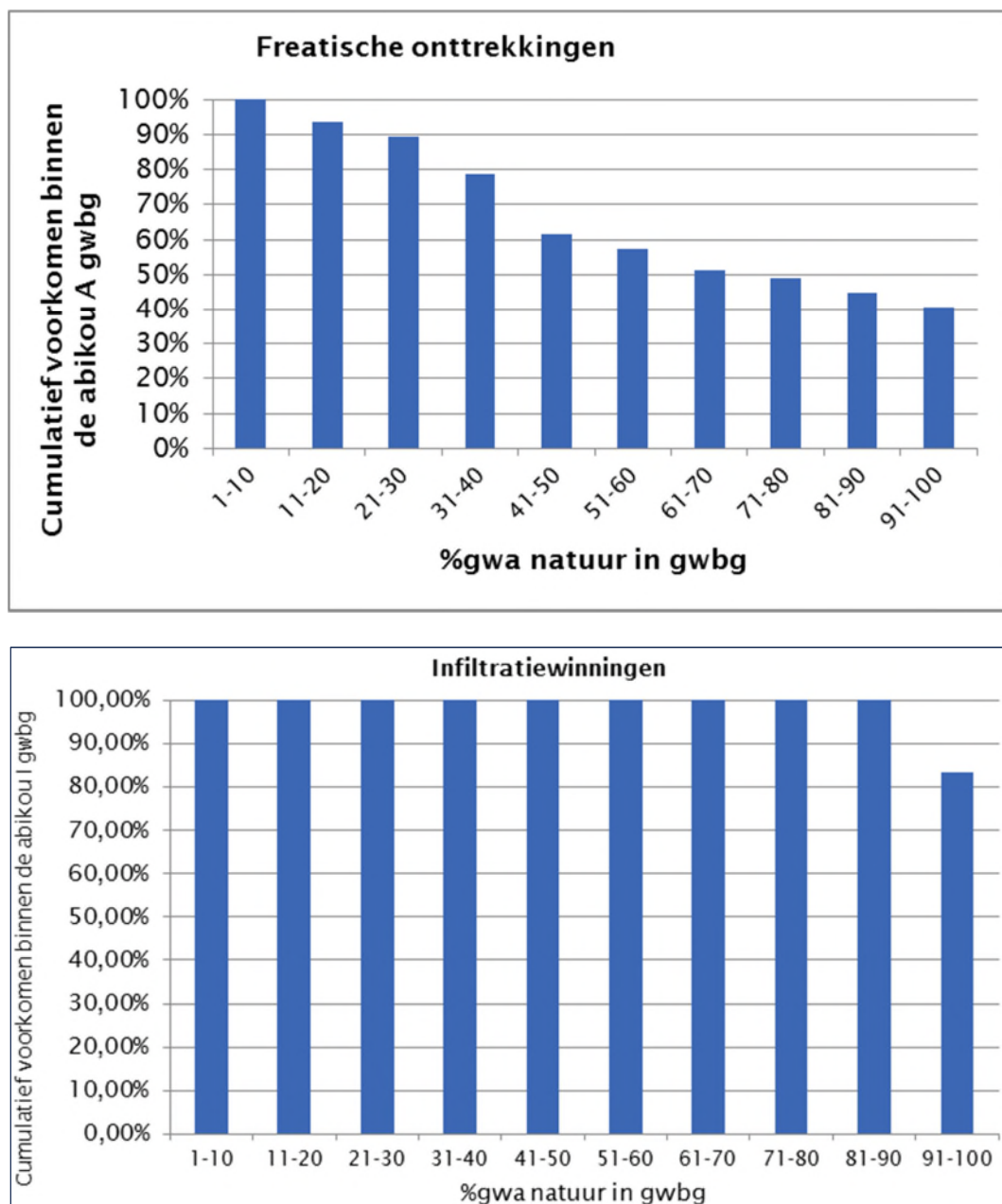
- (1) De grondwateraanvulling die op basis van MetaSwap is gesimuleerd voor het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium;
- (2) Het Nationaal Natuur Netwerk voor de begrenzing van natuurgebieden;
- (3) De begrenzing van grondwaterbeschermingsgebieden van freatische onttrekkingen.

Eerst is de grondwateraanvulling door middel van een overlay met de NNN-kaart opgesplitst in een deel binnen en een deel buiten natuur. Vervolgens zijn beide deelkaarten ruimtelijk gesommeerd voor elk grondwaterbeschermingsgebied. Daarna is voor elk grondwaterbeschermingsgebied het relatieve aandeel van natuur in de grondwateraanvulling berekend en vermenigvuldigd met de jaaronttrekking. Ten slotte is het gewogen gemiddelde aandeel van natuur in de grondwateraanvulling binnen alle grondwaterbeschermingsgebieden berekend. Dit is een maat voor het aandeel dat natuur heeft in het grondwater dat ten behoeve van drinkwaterproductie wordt onttrokken uit freatische pakketten.

Figuur 3-3 geeft een overzicht van het aandeel dat natuur heeft in de grondwateraanvulling van alle grondwaterbeschermingsgebieden. Figuur 3-4 bevat de cumulatieve frequentiediagrammen voor de freatische onttrekkingen. Uit deze figuren blijkt dat vooral op de Veluwe, de Utrechtse Heuvelrug en Zuid-Limburg grondwateronttrekkingen voorkomen waar natuur een groot aandeel (>75%) heeft in de grondwateraanvulling. **Voor 40% van de freatische grondwaterwinningen is het aandeel van natuur in de grondwateraanvulling groter dan 90%** (Figuur 3-4). In het noorden van Noord-Brabant, zuiden van Gelderland, Overijssel en Drenthe komen juist onttrekkingen voor waar natuur een beperkt aandeel in de grondwateraanvulling heeft (Figuur 3-3). Voor 7% van de freatische grondwaterwinningen is het aandeel van natuur in de grondwateraanvulling lager dan 10% (Figuur 3-4).



Figuur 3-3: Aandeel van natuur in de grondwateraanvulling ('gwa') van grondwaterbeschermingsgebieden.



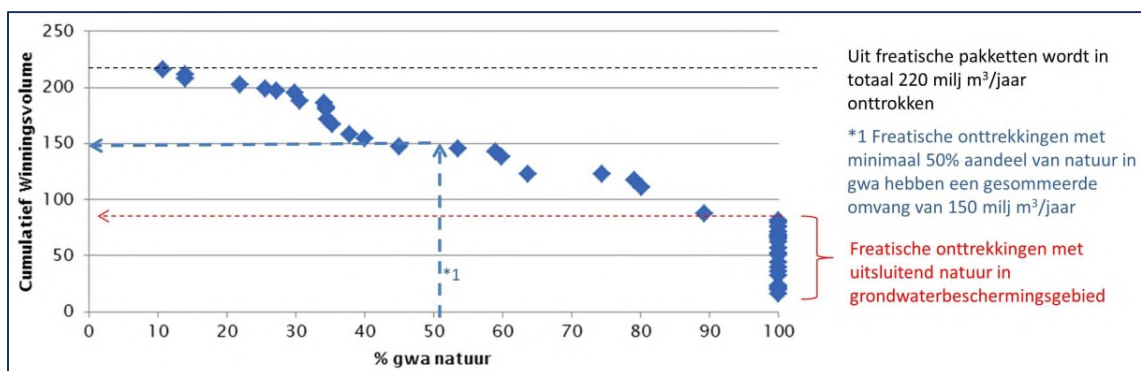
Figuur 3-4: Cumulatief frequentiediagram van het aandeel van natuur in de grondwateraanvulling ('gwa') binnen grondwaterbeschermingsgebieden ('gwbg') van freatische grondwaterwinnigen (boven) en infiltratiewinningen (onder).

Voor de freatische grondwaterwinnigen is tevens een schatting gemaakt van de hoeveelheid water die natuurgebieden aan grondwateronttrekkingen leveren (Figuur 3-5). Hiervoor is het aandeel dat natuur heeft in de grondwateraanvulling van grondwaterbeschermingsgebieden vermenigvuldigd met de jaaronttrekking. Dit betekent dat de bijdrage van natuur aan de grondwateraanvulling van het grondwaterbeschermingsgebied als representatief wordt beschouwd voor het intrekgebied als geheel. Onder deze aanname volgt dat **90 miljoen m³/jaar (ruim 40%) van het onttrokken, freatisch grondwater volledig afkomstig is uit natuur** (Figuur

4-5: rode pijlen), en dat 150 van de 220 miljoen m³/jaar (bijna 70%) van het onttrokken grondwater voor minimaal de helft uit natuur afkomstig is (Figuur 4-5: blauwe pijlen).

De bijdrage van natuur aan de drinkwatervoorziening van Nederland is bepaald door voor elke freatische grondwaterwinning het aandeel van natuur in de grondwateraanvulling te vermenigvuldigen met het winningsvolume. Dit betekent dat niet de jaarvolumes per onttrekking worden gesommeerd (zoals in Figuur 3-5), maar dat dat alleen wordt gedaan voor het geschatte aandeel van natuur daarin. Hieruit volgt dat **van de 220 miljoen m³ grondwater die in totaal wordt gewonnen uit freatische watervoerende pakketten, 115 miljoen m³ (ongeveer de helft) afkomstig is uit natuur**. Hiervan wordt 25 miljoen m³ (115-90) gewonnen uit freatische pakketten die ook aangevuld worden door andere grondgebruikvormen dan natuur. Dit bevestigt het grote belang dat natuur heeft voor de bescherming van de meest kwetsbare grondwaterwinningen tegen ontwikkelingen die ongewenst zijn vanuit drinkwaterperspectief.

Voor de infiltratiewinningen (ruim 150 miljoen m³/jaar) komt de grondwateraanvulling binnen grondwaterbeschermingsgebieden vrijwel geheel voort uit natuur (Figuur 3-4). Dit komt overeen met het grote aandeel natuur in het landgebruik, dat o.a. omwille van grondwaterbescherming in stand is gehouden.



Figuur 3-5: Cumulatief frequentiediagram van het aandeel van natuur in freatische grondwaterwinningen (A-type).

3.4 Nalevering aan de omgeving

De gemiddelde meerjaarlijkse grondwateraanvulling zoals beschreven in paragrafen 3.1 en 3.2, geeft een eerste indicatie van de hoeveelheid grondwater die natuurgebieden aan het freatisch grondwater in hun omgeving leveren. Het geeft echter geen informatie over de nalevering van grondwater in de tijd naar het (grotere) grondwatersysteem, ofwel in hoeverre de grondwateraanvulling beschikbaar blijft gedurende droogteperioden waarin de vraag naar water toeneemt. De mate van nalevering is namelijk zowel afhankelijk van de grondwateraanvulling, als van de snelheid (of correcter de “traagheid”) waarmee de het neerslagoverschot wordt afgevoerd uit een gebied.

Hier benaderen wij de traagheid van grondwatersystemen op basis van de reservoircoëfficiënt die Kraaijenhoff van de Leur (1958) definieerde voor drainageberekeningen. De reservoircoëfficiënt staat voor de tijd die verstrijkt totdat 37% van de grondwateraanvulling is afgevoerd door drainage, en na drie keer deze tijd is 95% van de grondwateraanvulling afgevoerd. De coëfficiënt is gedefinieerd als:

$$j = \frac{\mu L^2}{\pi^2 k D}$$

Waarin μ de freatische bergingscoëfficiënt (-) is, L de afstand tussen drainagemiddelen (m) en kD het doorlaatvermogen van het gedraineerde pakket (m^2/d). Omdat de freatische bergingscoëfficiënt relatief weinig varieert, is de nalevering van natuurgebieden in de praktijk vooral afhankelijk van het doorlaatvermogen van de ondergrond en de drainageafstand. De drainageafstand is voor natuurgebieden niet eenduidig gedefinieerd, maar hij is bijvoorbeeld te benaderen op basis van de afstand tussen twee beken of tussen twee flankerende agrarische gebieden die worden gedraineerd.

Reservoircoëfficiënten zijn geschat voor zes voorbeeldgebieden, namelijk voor vier natuurgebieden, en een extensief en een intensief gedraineerd perceel. De geschatte parameters en de berekende coëfficiënten zijn in Tabel 3-3 weergegeven. Deze tabel bevestigt dat de nalevering van grondwater uit natuurgebieden in de regel toeneemt met de omvang van het gebied, i.e. de afstand tussen drainerende elementen. Wel wordt deze relatie beïnvloed door het doorlaatvermogen van de ondergrond. Zo levert de Stippelberg ondanks de kleinere omvang, langer grondwater na dan de Utrechtse Heuvelrug. Tabel 3-3 laat tevens zien dat gedraineerde percelen slechts voor een zeer beperkte duur grondwater aan hun omgeving naleveren. Voor intensief gedraineerde percelen (bijvoorbeeld met buisdrainage) kan dat slechts een paar dagen zijn, zodat tijdens droogteperioden de grondwatervoorraad reeds is afgevoerd voordat sprake is van een watervraag.

Op basis van reservoircoëfficiënten is bij wijze van voorbeeld het uitputtingsverloop van de gemiddelde grondwateraanvulling in vijf voorbeeldsituaties geschat. Dit uitputtingsverloop is uitgedrukt als fractie van de grondwateraanvulling, dus welk deel van de grondwateraanvulling na verloop van tijd nog als grondwater aanwezig is. Deze figuur illustreert dat de uitputting van de grondwateraanvulling sterk bepaald wordt door de drainagekenmerken van een gebied. In de regel geldt dat natuurgebieden langer gedurende het groeiseizoen grondwater aan hun omgeving leveren naarmate hun omvang (of in ieder geval de afstand tussen drainerende elementen) groter is. Hierdoor kan een donkernaaldbos, dat gekenmerkt wordt door een relatief lage grondwateraanvulling, in een groot natuurgebied veel langer water leveren dan een heideveld, met een hogere grondwateraanvulling, in een kleiner gebied. Wel speelt hier het doorlaatvermogen van de ondergrond doorheen; naarmate het doorlaatvermogen lager is, zal de grondwateraanvulling minder snel uitputten onder invloed van drainage, zodat langer grondwater aan de omgeving wordt nageleverd (zie Bijlage IV).

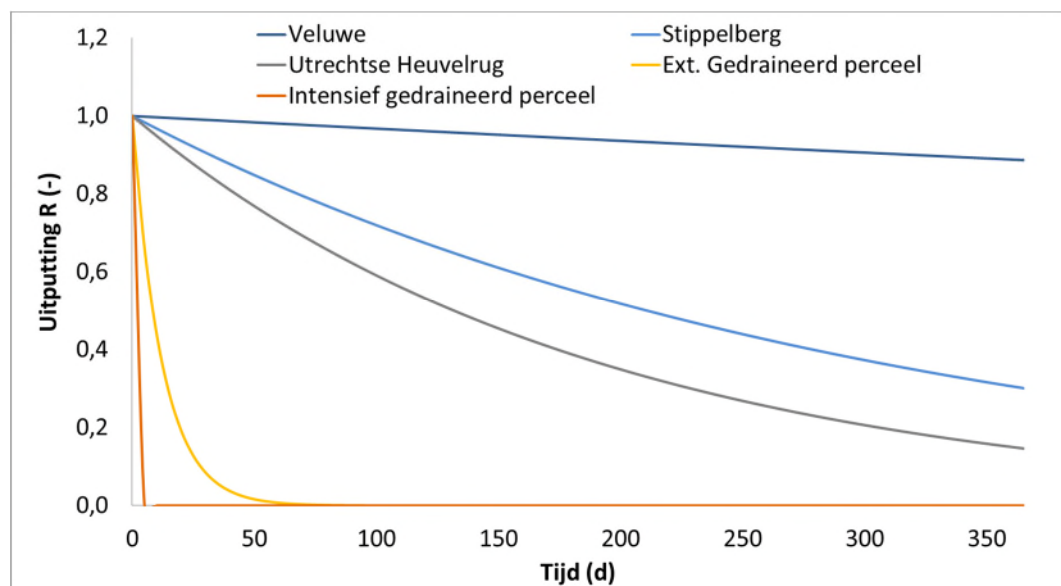
Figuur 3-6 laat tevens zien dat het neerslagoverschot in intensief gedraineerde gebieden op zandgronden al binnen een paar dagen tot 2 maanden is verdwenen. **Hierdoor dragen intensief gedraineerde gebieden niet of nauwelijks bij aan de watervoorziening tijdens droogteperioden, ook niet als de grondwateraanvulling relatief hoog is. Intensief gedraineerde gebieden leveren hierdoor ook nauwelijks een bijdrage aan de aanvulling van dieper watervoerende pakketten.** Vaak betreffen

dit agrarische percelen, maar ook natuur, landgoederen en bebouwd gebied kunnen gedraineerd zijn.

De grote natuurgebieden die als voorbeeld zijn genomen, leveren door hun grote omvang jaarrond grondwater aan hun omgeving, en mogelijk dus ook tijdens langere droogteperiodes zoals die van 2018. Daarnaast is mogelijk een groter deel van het diepe grondwater afkomstig uit natuur dan op basis van de grondwateraanvulling kan worden verwacht, omdat natuurgebieden in de regel minder intensief gedraineerd zijn dan agrarische percelen en stedelijk gebied. Dit zou betekenen dat het aandeel van natuur in de diepere grondwatervoorraad groter is dan 12%, zoals geschat op basis van arealen en grondwateraanvulling (zie paragraaf 3.2).

Tabel 3-3: Indicatieve drainagekenmerken van zes voorbeeldgebieden.

Voorbeeldgebied	Drainageafstand (m)	Doorlaatvermogen (m ² /d)	Reservoircoëfficiënt (jaar)
Veluwe	20.000	2.000	8,3
Loonse en Drunense duinen	6.000	500	3,0
Stippelberg	2.000	200	0,8
Utrechtse Heuvelrug	5.000	2.000	0,5
Ext. gedraineerd perceel	200	50	0,03
Int. gedraineerd perceel	10	25	0,0002



Figuur 3-6: Uitputtingsverloop van de gemiddelde grondwateraanvulling (R) als fractie van de grondwateraanvulling in zes voorbeeldgebieden met wezenlijk verschillende drainagekenmerken.

4 Waarde van natuur voor de watervoorziening

4.1 Inleiding

Uit voorgaande hoofdstukken is gebleken dat natuurgebieden grondwater aan hun omgeving leveren dat doorgaans een goede kwaliteit heeft, en dat ze relatief lang grondwater naleveren doordat ze niet of extensief gedraineerd zijn. Het benutten van water uit natuurgebieden kan hierdoor een aantal voordelen voor de watergebruikers opleveren. Deze voordelen kunnen zich uiten in kostenbesparing, bijvoorbeeld doordat minder zuivering nodig is ten opzichte van het gebruik van andere waterbronnen, of vermeden schade, doordat het grondwater uit natuurgebieden niet verontreinigd is geraakt. In dit hoofdstuk geven wij een indruk van de monetaire waarde van grondwater uit natuurgebieden uitgaande van kostenbesparing of vermeden schade. Dit doen we door:

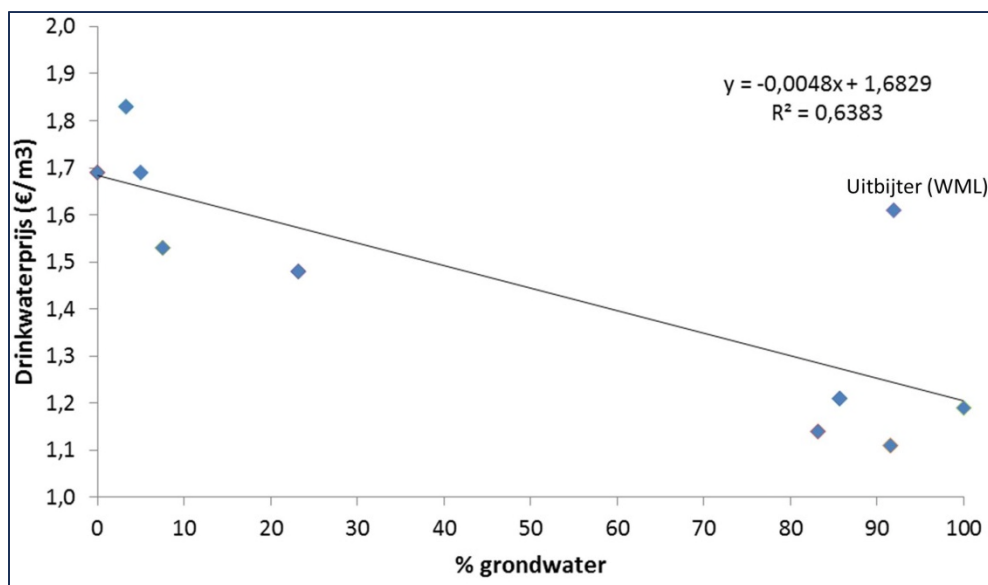
- (1) De prijs van drinkwater dat geproduceerd is uit grondwater te vergelijken met die voor oppervlaktewater;
- (2) De kosten die drinkwaterbedrijven en overheden maken voor de gebiedsgerichte aanpak van meststoffen.

Opgemerkt moet worden dat deze kostenberekeningen zeer indicatief zijn. Daarnaast wijzen wij op het betoog van Witte e.a. (2007) dat **de monetaire waarde van natuur niet objectief is vast te stellen**, o.a. omdat voor vermeden schade geen objectieve referentiesituaties bestaat. Vanzelfsprekend ondervindt natte en vochtige natuur lokaal wel schade van verdroging, waardoor natuurwaarden onder druk staan en de kosten van natuurbeheer toenemen. De hier beschreven prijsindicaties kunnen dus niet gegeneraliseerd worden, maar zijn enkel bedoeld om aan te geven dat schoon en voldoende grondwater een zekere monetaire waarde heeft.

4.2 Prijs van drinkwater

De tien Nederlandse drinkwaterbedrijven hanteren verschillende drinkwatertarieven, variërend van 1,12 €/m³ door Waterbedrijf Groningen tot 1,83 €/m³ door PWN. Omdat drinkwaterbedrijven drinkwater produceren tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten en ze geen winstoogmerk hebben, kan aangenomen worden dat de tarieven gebaseerd zijn op de kostendekking van het bedrijf. Deze kosten hangen voor een deel samen met de verhouding grondwater en oppervlaktewater dat als bron voor drinkwaterproductie wordt gebruikt. Grondwater is namelijk van een betere en stabielere kwaliteit dan oppervlaktewater, zodat minder kosten voor zuivering gemaakt hoeven te worden. Daarnaast vereist grondwater vanwege het decentrale karakter minder kosten voor distributie, ten opzichte van oppervlaktewater.

In Figuur 4-1 staat de correlatieve relatie weergegeven tussen de drinkwaterprijs in 2016 en het aandeel grondwater als bron voor drinkwaterproductie. Deze figuur bevestigt dat drinkwaterproductie uit grondwater de prijs van drinkwater drukt, namelijk **circa 50 cent/m³ verschil tussen grondwater en oppervlaktewater** als bron. Dit is ongeveer 5 cent per 10% meer grondwater. De drinkwaterprijs is echter niet verder op te splitsen naar de kwaliteit van het grondwater omdat drinkwaterbedrijven meerdere onttrekkingen gebruiken, die elk in verschillende mate verontreinigingen kunnen bevatten.



Figuur 4-1: Het aandeel van grondwater in de drinkwaterproductie uitgezet tegen de drinkwaterprijs in 2016.

4.3 Kosten van mestuitspoeling voor drinkwaterproductie

Mestuitspoeling heeft bij tientallen kwetsbare grondwaterwinningen bijgedragen aan normoverschrijdingen voor nitraat en mestgerelateerde parameters (sulfaat, nikkel en hardheid, zie Van Loon en Fraters, 2016). Om de effecten van mestuitspoeling op de kwaliteit van het onttrokken grondwater te verminderen zijn sinds 2000 in de grondwaterbeschermingsgebieden van tientallen grondwaterwinningen samenwerkingsprojecten met agrariërs gestart. Deze samenwerkingsprojecten zijn vaak gebaseerd op monitoring en onafhankelijke landbouwadvisering. De drinkwaterbedrijven en provincies verdelen in overleg de kosten van deze projecten.

Behalve normoverschrijdingen, en de daaraan verbonden risico's voor de volksgezondheid, maken drinkwaterbedrijven extra kosten om de negatieve gevolgen van mestgerelateerde parameters in het grondwater op te vangen. In 2008 heeft KWR in opdracht van Vewin een schatting gemaakt van deze kosten voor de periode 2000-2007 (Van den Berg en Raat, 2008). Hierbij is onderscheid gemaakt in kosten voor:

1. Monitoring. Deze kosten omvatten de inrichting en exploitatie van meetnetten en het opstellen van prognoses van de toekomstige waterkwaliteit (specifiek de mestgerelateerde stoffen).
2. Preventie. Deze kosten omvatten het uitvoeren van onderzoek naar de mogelijkheden van preventieve maatregelen, uitkeringen vanwege gebruiksbeperkingen in het kader van regelgeving en convenanten, opkopen van landbouwgronden en omzetten in een andere functie, (mede)financiering van de implementatie van landbouwkundige maatregelen. Hieronder vallen ook de kosten voor het verplaatsen van putten(velden) en verdiepen van putten ten gevolge van vermesting.

3. Curatieve maatregelen. Deze kosten omvatten de kosten van proefinstallaties gericht op de verwijdering van aan vermisting gerelateerde stoffen, en bouw en exploitatie van aanvullende zuivering ter verwijdering van deze stoffen. Hierbij hoort onder andere de verwijdering van nitraat en nikkel (door pyrietoxidatie) en ontharding (bij grondwater) en fosfaatverwijdering (bij oppervlaktewater). De kosten voor de bouw van installaties worden hier alleen meegenomen indien deze sinds 2000 hebben plaatsgevonden.
4. Overig. Deze kosten omvatten de kosten van overleg met ministeries, provincies, inspecties en landbouwers en kosten van intern overleg en scholing en kosten van juridische procedures.

Uit deze kosteninventarisatie van KWR bleek dat de drinkwaterbedrijven (exclusief WML, het waterbedrijf van Limburg) tussen 2000 en 2007 jaarlijks zo'n 7,5 miljoen euro aan kosten maakten in relatie tot mestuitspoeling. Onder de aanname dat deze kosten alleen gemaakt zijn ten behoeve van de kwetsbare, freatische grondwateronttrekkingen (totale omvang 220 miljoen m³/j, zie paragraaf 3.3), komt dit neer op 3,4 cent/m³. Corrigeren we vervolgens voor de grondwateronttrekkingen uit watervoerende lagen die geheel gevoed worden door natuur (90 miljoen m³/j, zie paragraaf 3.3.2), dan bedragen **de kosten van mestuitspoeling voor drinkwaterproductie 5,8 cent/m³**. Hierin zijn de kosten van WML en inflatie niet meegenomen, zodat de kosten in werkelijkheid hoger zullen zijn.

Aangezien de drinkwaterbedrijven steeds meer zijn gaan participeren in regionale samenwerkingsprojecten, is de verwachting dat de kosten van de drinkwatersector nu hoger liggen dan voor het bovenbeschreven tijdvenster 2000-2007. Zo zijn de kosten van de bestuursovereenkomst "aanvullende aanpak nitraatuitspoeling uit agrarische bedrijfsvoering in specifieke grondwaterbeschermingsgebieden" voor de provincies en drinkwaterbedrijven begroot op 14 miljoen EUR over 4 jaar tijd (3,5 miljoen EUR/jaar). Het overzicht in de huidige kosten ontbreekt echter.

4.4 Kosten voor verwijdering bestrijdingsmiddelen

Zoals in paragraaf 2.3 beschreven, bevat de grondwateraanvulling onder natuur geen of nauwelijks bestrijdingsmiddelen of afbraakproducten daarvan. Verontreiniging van het grondwater met dergelijke stoffen zijn voornamelijk het gevolg van de toepassing van bestrijdingsmiddelen in de agrarische sector en door particulieren en overheden. De kosten voor het verwijderen van bestrijdingsmiddelen in drinkwater bevestigen daarmee de monetaire waarde van water uit natuurgebieden. Volgens Puijker e.a. (2001) bedragen deze kosten **0,31 cent/m³**, uitgaande van een zuivering met ozonisatie, beluchting, actieve koolfiltratie en membraanfiltratie. Naast de zuiveringskosten investeren drinkwaterbedrijven door middel van schoonwaterprojecten in preventieve maatregelen én in een enkel geval in het verplaatsen van wincapaciteit, zoals gedaan voor de winning Marcharen.

4.5 Droogteschadecompensatie

Landbouwopbrengsten zijn mede afhankelijk van de vochtomstandigheden in de wortelzone. Deze zijn in Nederland niet altijd optimaal. In tijden van hoge gewasverdamping kan het vochtleverend vermogen van bodems onvoldoende zijn om in de watervraag van het gewas te voorzien. In deze situatie is sprake van landbouwschade als gevolg van een vochttekort, ofwel droogteschade. Daarnaast kunnen bodems in tijden met veel neerslag zo ver verzadigd raken met water, dat de zuurstofvoorziening van bodem beperkt wordt en plantenwortels een zuurstoftekort ondervinden. In dit geval is sprake van landbouwschade als gevolg van te veel water, ofwel natschade. Beide vormen van landbouwschade hangen samen met de grondwaterstand; bij een diepere grondwaterstand zal eerder en grotere droogteschade optreden, en bij een ondiepere grondwaterstand eerder en grotere natschade (Bartholomeus e.a., 2013).

Grondwaterwinningen hebben invloed op de grondwaterstand, en kunnen daarmee droogteschade verergeren en natschade verminderen. Om agrariërs voor deze schade te compenseren, zijn bij diverse grondwaterwinningen schaderegelingen van kracht. Dit houdt in dat agrariërs in de omgeving van grondwaterwinningen financieel worden gecompenseerd voor de schade die de grondwaterwinning veroorzaakt aan agrarische gewassen. Volgens Lenkens (2019) keren de drinkwaterbedrijven jaarlijks voor 3 miljoen euro aan droogteschade uit aan agrariërs. We kunnen aannemen dat alleen droogteschade aan agrarische gewassen ontstaat rond freatische grondwaterwinningen die niet in grote natuurgebieden zijn gelegen. Dan heeft deze droogteschadecompensatie betrekking op 130 miljoen m³ (220-90 m³, zie paragraaf 3.3.2) onttrokken grondwater. **Dit betekent dat voor één m³ onttrokken grondwater uit freatische aquifers 2,3 cent uitbetaald wordt.** Merk op dat bij grondwaterwinning uit afgesloten aquifers de verlagingseffecten worden uitgesmeerd over een zeer groot gebied, zodat grondwaterstands dalingen zeer beperkt of zelfs niet kwantificeerbaar zijn.

De onttrekking van grondwater draagt in lokaal bij aan verdroging van natuur. Verdroging is, naast atmosferische stikstofdepositie, de grootste oorzaak van de vershraling van de Nederlandse soortenrijkdom op natte en vochtige standplaatsen. Het ontbreekt echter aan een landelijk overzicht van de bijdrage van grondwateronttrekking aan de verdroging van natuur. Daarnaast is de schade als gevolg van verdroging niet objectief in een monetaire waarde uit te drukken (Witte en Meuleman, 2007).

5 Voorbeelden van succesvolle samenwerkingen

5.1 Inleiding

De erkenning van de waarde van schoon grondwater uit natuurgebieden kan aanleiding zijn voor regionale samenwerking tussen belanghebbenden voor de beschikbare ruimte, het beschikbare water en natuur. Met samenwerking wordt hier bedoeld dat het natuurbeheer wordt aangepast op de belangen van watergebruikers of dat het waterbeheer of -gebruik wordt aangepast op de belangen van natuurbeheerders. Omdat dit vaak een integrale benadering vereist, zijn bij dergelijke samenwerkingsverbanden vaak meerdere partijen betrokken.

In Bijlage V wordt een overzicht gegeven van de meest toonaangevende samenwerkingsprojecten waarin drinkwaterbedrijven, terreinbeheerders en andere belanghebbenden participeren. In dit hoofdstuk worden enkele wezenlijk verschillende voorbeelden van samenwerking uitgelicht. Deze voorbeelden zijn

- Trinkwasserwald (paragraaf 5.2)
- Kaufering (Beieren, paragraaf 5.3)
- Roodborn (paragraaf 5.4)
- De Punt en Drentse Aa (paragraaf 5.5)

Er zijn in de literatuur en op websites meer voorbeelden voorhanden, zowel van samenwerking ten behoeve van grondwaterbeschikbaarheid voor de drinkwatervoorziening, als voor andere functies. Voorbeelden zijn te vinden in IUCN (2009) en op de websites www.waterwinst.nl en www.klimaatbuffers.nl.

5.2 Trinkwasserwald (Duitsland)

De milieubeschermingsvereniging Trinkwasserwald ®e.V, opgericht in 1995, bevordert door heel Duitsland de **omvorming van naaldhout-monoculturen naar soortenrijk loofbos**, om daarmee voor de lange termijn de beschikbaarheid en kwaliteit van drinkwater veilig te stellen. Door **deelname aan omgevingsprojecten en boomplantacties** wil men volwassenen en kinderen interesseren en motiveren actief mee te werken aan een toekomstbestendige samenleving. Dat gebeurt bijvoorbeeld door boomplantdagen in het kader van school- of bedrijfsuitjes.

Veelal worden soortenarme naaldbossen onderplant met loofhoutsoorten die van nature in het gebied thuishoren. Volgens www.trinkwasserwald.de levert dat (gemiddeld) zo'n 800 m³ water per ha per jaar op (80 mm extra grondwateraanvulling per jaar). Sinds 2009 zijn zo'n 2.300 ha naaldbos op deze wijze omgevormd, waarmee zo'n 2 miljoen m³ grondwater per jaar extra beschikbaar is gekomen. De omvorming vindt altijd plaats in samenwerking met terreineigenaren en lokale bevolking. Dat gebeurt op basis van vrijwilligheid, met vergoeding van onkosten. De beseigenaren verplichten zich om het bos voortaan ecologisch te beheren. In een samenwerking met Bionade, een softdrinkproducent die behoefte heeft aan voldoende, schoon grondwater, trad Trinkwasserwald op als intermediair. Bionade vergoedde de onkosten voor omvorming en onderhoud van de bossen (zo'n € 6.800 per hectare) (IUCN, 2009).

Voor meer informatie wordt verwezen naar www.trinkwasserwald.de.

5.3 Kaufering (Beieren)

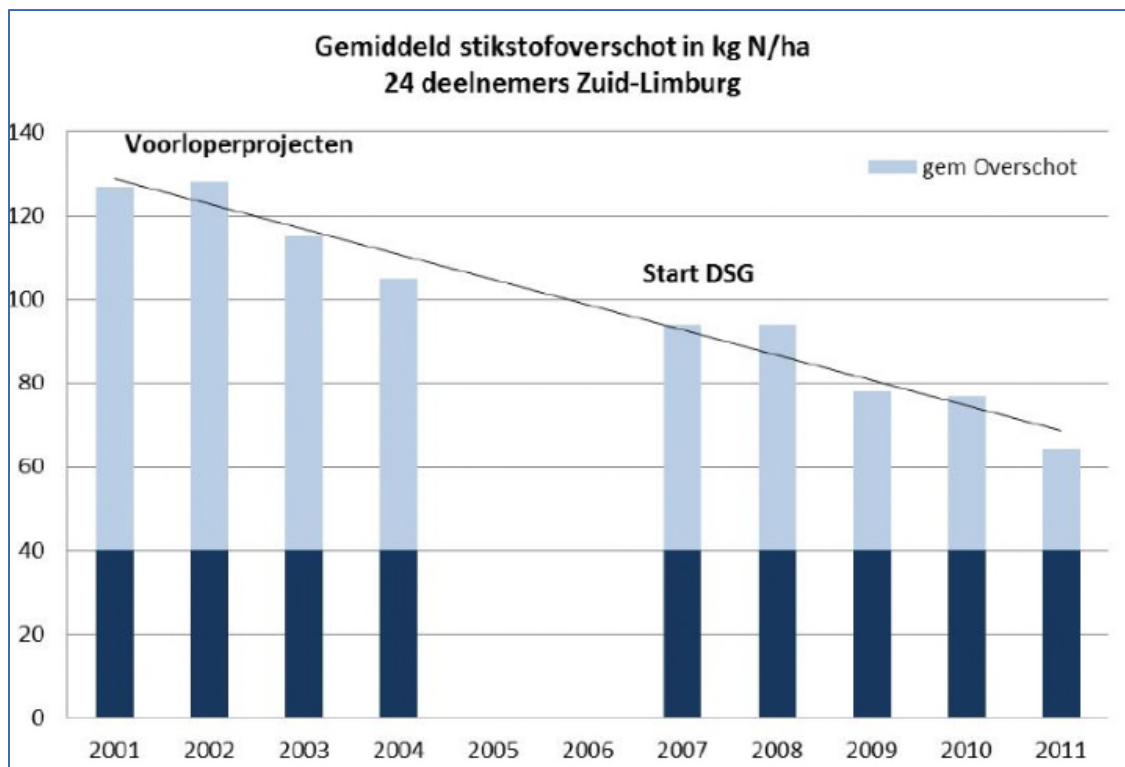
Uit onderzoek is bekend dat het nitraatgehalte onder sparrenbos veel hoger is dan onder gemengd beukenbos en het laagste onder puur beukenbos. In de gemeente Kaufering (Beieren) is dit gebruikt als basis voor een systeem van betaling voor ecosysteemdiensten (IUCN, 2009). Volgens de Duitse grondwet zijn aan grondbezit ook plichten verbonden, namelijk dat het grondgebruik gunstig moet zijn voor de gemeenschap, waarbij te grote restricties wel moeten worden gecompenseerd.

In plaats van onteigenen of gedwongen beheerafspraken (met financiële compensatie) is in Kaufering gekozen voor een vrijwillige aanpak. Eigenaren ontvangen een eenmalige bijdrage van €250,- per hectare bij **aanplant of omvorming** en vervolgens jaarlijks €230 (95% beuk, 5% fijnspar) tot €275,- (100% beuk). **Deze kosten worden betaald door het gemeentelijk waterbedrijf en verrekend in de drinkwaterprijs** (IUCN, 2009).

5.4 Roodborn

In 1952 startte de winning van grondwater uit de kalksteenformaties op winplaats Roodborn, even oostelijk van Gulpen in Zuid-Limburg. In het begin kon het water zonder zuivering op het leidingnet worden gezet, maar in het midden van de jaren 1960 liepen de NO₃-gehalten op tot boven de drinkwaternorm. Dat werd in eerste instantie opgevangen door extra putten in (nog) niet vervuilde watervoerende lagen, maar dat bleek op langere termijn niet te voldoen. Begin jaren 1990 besloot Waterleiding Maatschappij Limburg (WML) tot een brongerichte aanpak. De aankoop en het ecologisch beheer van het intrekgebied was hierbij een mogelijkheid. De meest uitspoelingsgevoelige gronden werden aangekocht en in ecologisch beheer genomen. Dat heeft inmiddels zeer waardevolle kalkgraslanden opgeleverd. Dat ging ooit uit van het VEWIN-programma Ecologisch Beheer door Waterleidingbedrijven en is in samenwerking met Stichting Limburgs Landschap opgezet.

Maar WML beseftte ook, dat het intrekgebied van haar winningen enorm groot is en dat het overgrote deel ervan in agrarisch gebied ligt. Om aan de drinkwaternormen te voldoen zou een zuiveringsfabriek nodig worden. Of ten behoeve van bronbescherming al die gronden uit agrarisch gebruik nemen en daarmee de lokale bevolking hun bron van inkomsten ontnemen. Dat laatste achtte WML maatschappelijk ongewenst. Daarom zocht WML naar oplossingen via samenwerking met lokale agrariërs. In 1997 zocht WML samenwerking met boeren om de uitspoeling van nitraat en bestrijdingsmiddelen te verminderen. Daartoe zijn, samen met de agrariërs en landbouwadviseurs, bedrijfsplannen opgesteld en heeft WML onafhankelijke bedrijfsadvisering bekostigd (Project Duurzaam Schoon Grondwater). De aanpassingen in de bedrijfsvoering hebben geleid tot een flinke afname van het gemiddelde stikstofoverschot (Figuur 5-1), waarmee nitraatverwijdering vooralsnog niet nodig is. En de deelnemende bedrijven zijn positief, aangezien de aanpassingen goed inpasbaar blijken of zo nodig worden gecompenseerd. Onderling begrip heeft daaraan flink bijgedragen.



Figuur 5-1: Afname van het stikstofoverschot bij 24 DSG-deelnemers sinds 2001 (ontleend aan Kusters e.a., 2013)

Meer informatie:

- www.waterwinst.nl;
- Mesters, C. en B. Severens, 1995: Roodborn: een juweel van een kalkgrasland. Voorbeeldproject Ecologisch beheer. Brochure Vewin en WML.
- Kusters, E., F. Vaessen en S. Crijns, 2013: Nitraatuitspoeling in Limburg neemt af door samenwerking met agrariërs. H2O-Online/ 9 oktober 2013
- Vaessen, F., 2019: Historie van de waterwinning in Roodborn. Natuurhistorisch Maandblad 108:5: Themanummer Roodborn

5.5 Winning De Punt en Drentse Aa

Het Nationaal Landschap en Natura 2000 gebied Drentse Aa is het best bewaard gebleven beekdallandschap en esdorpenlandschap van West Europa. De Drentse Aa heeft een intrekgebied van ongeveer 200 km² en mondt uit in het Noord-Willemskanaal bij Glimmen. Waterbedrijf Groningen (WBG) wint grond- en oppervlaktewater bij De Punt. Uit de Drentse Aa wordt jaarlijks zo'n 7 miljoen m³ onttrokken. Behalve een aanzienlijk areaal natuurgebied omvat het intrekgebied ook veel landbouwgebied. Om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren en zuiveringskosten te beperken zijn afspraken gemaakt met de landbouwsector. Zo is in de provinciale **omgevingsverordening van Drenthe vastgelegd dat langs de beek en (delen van) toeleverende watergangen een spuitvrij zone van 4 meter dient te worden aangehouden**. Er is een schaderegeling tussen WBG en LTO om inkomstendering te compenseren. Er wordt geen water uit de beek gebruikt voor het vullen en spoelen van machines, daarvoor zijn aparte vulplaatsen aangelegd. En riooloverstorten zijn gesaneerd. Deze maatregelen zorgen voor verminderde toestroom van nutriënten en voorkomen belasting met bestrijdingsmiddelen door bijvoorbeeld afspoeling en wassen van machines.

Dit leidt tot een betere beekwaterkwaliteit. Dat is goed voor de natuur in de beek en daardoor kan een deel van de grondwaterwinning worden vervangen door oppervlaktewaterwinning (end-of-pipe strategie), zodat waterwinning minder verdrogend werkt. Samenwerking van WBG met agrariërs, terreinbeheerders en overheden maakt dit mogelijk.

Meer informatie: www.waterwinst.nl

5.6 Succesfactoren

De voorbeelden bevatten een wisselende mengeling van bewustwording en draagvlak, onkostenvergoeding of financiële stimulans, facilitering en wettelijke mogelijkheden om het grondgebruik (mede) te bepalen of beperken. Ook andere 'verdien-modellen' (deels recreatie, deels (streek)producten) kunnen bijdragen aan de omschakeling ten behoeve van meer en schoner grondwater. Dit concept wordt o.a. uitgewerkt voor het Van Gogh National Park, met als doel om synergie te ontwikkelen tussen duurzaamheid en waarde uit landbouwproducten. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse met inbegrip van de waarde van ecosysteemdiensten en afspraken voor lange termijn dragen naar ons idee in belangrijke mate bij aan draagvlak voor (financiële) samenwerking en besluitvorming.

6 Beantwoording van de onderzoeksvragen

6.1 Hoeveel dragen natuurgebieden bij aan de grondwatervoorraad? En van welke kwaliteit is dat water?

6.1.1 Waterlevering door natuur

Door het neerslagoverschot leveren natuurgebieden in Nederland ongeveer 1,2 miljard m³/jaar water aan hun omgeving (paragraaf 3.2). Dit is bijna 12% van het totale neerslagoverschot van Nederland. Wel zijn er grote regionale verschillen die, naast het natuurareaal, ook samen hangen met het waterverlies als gevolg van verdamping. Zo leveren naaldbossen gemiddeld minder water (160 mm/j) dan loofbossen (220 mm/j), heiden (390 mm/j) en zandvlaktes (620 mm/j, paragraaf 3.1). Door nieuwe natuur te ontwikkelen of het natuurbeheer meer in te richten op de grondwateraanvulling, kan natuur een grotere bijdrage aan de watervoorziening van Nederland leveren.

Doordat de meeste natuurgebieden niet of beperkt gedraineerd worden, blijft het neerslagoverschot veel langer in de bodem beschikbaar dan in gedraineerde landbouwpercelen. Waar 95% van het neerslagoverschot in gedraineerde percelen binnen enkele dagen tot een maand is afgevoerd als oppervlaktewater, leveren natuurgebieden van enkele vierkante kilometers al snel jaarrond grondwater na, oplopend tot ca 25 jaar voor de Veluwe (paragraaf 3.4). Het aandeel van natuurgebieden in de effectieve nalevering aan de grondwatervoorraad (neerslagoverschot minus afvoer door lokale drainage), is daardoor veel hoger dan het aandeel van 12% in het landelijke neerslagoverschot. Het verminderen van de drainage rond natuurgebieden is daarom niet alleen een goede vernattingsmaatregel, maar draagt ook bij aan het verhogen van de droogterobuustheid van de hoge zandgronden. Dit geldt vooral voor de gebieden waar aanvoer van oppervlaktewater niet of beperkt mogelijk is, zodat de watervoorziening afhankelijk is van het lokaal beschikbare neerslagoverschot.

6.1.2 Kwaliteit van grondwater onder natuur

Natuurgebieden dragen van zichzelf niet of nauwelijks bij aan de verontreiniging van grondwater. Er worden immers geen of zeer weinig meststoffen en bestrijdingsmiddelen gebruikt. Alleen ingeschaarde grazers kunnen zorgen voor (lokale) bemesting en eventueel medicijnresten. Verdroging van natte natuurgebieden met venige bodem of bodemroering kunnen leiden tot mineralisatie en uitspoeling van onder andere nitraat en sulfaat. De oorzaak van die verdroging ligt veelal buiten het natuurgebied.

Door invang van atmosferische depositie en toestroom van grond- en oppervlaktewater uit landbouw- en stedelijk gebied heeft het grondwater onder natuurgebieden vaak wel verhoogde gehalten aan zulke stoffen. De kwaliteit van het grondwater onder natuurgebieden voldoet daardoor niet altijd aan de normen, maar is wel veel beter dan dat onder landbouwgronden (paragrafen 2.2 en 2.2.3) en waarschijnlijk ook beter dan onder stedelijk gebied. Zo is de gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater onder natuur ruim 2,5 keer lager dan onder grasland en 3,5 keer lager dan onder

akkerbouw (paragraaf 2.2.2). In het ondiepe grondwater (5-15 m) zit daar een factor 2 verschil tussen (paragraaf **Error! Reference source not found.**). Het nitraat dat in het grondwater onder natuur aanwezig is, is vooral het gevolg van atmosferische stikstofdepositie uit de veeteelt, verkeer en industrie.

Vanwege het zeer beperkte gebruik van bestrijdingsmiddelen, is het onwaarschijnlijk dat natuur een wezenlijk aandeel heeft in de diffuse verontreiniging van het grondwater met bestrijdingsmiddelen. De nulmeting nieuwe stoffen in de Provinciale Meetnetten bevestigt dat het grondwater onder natuur minder vaak en minder ernstig verontreinigd is met bestrijdingsmiddelen dan het grondwater daarbuiten. Desondanks worden bestrijdingsmiddelen in het grondwater onder natuurgebieden aangetroffen, waarschijnlijk als gevolg van gebruik van de middelen in de omgeving (paragraaf 2.2.3).

De aanwezige verontreinigen in het grondwater onder natuurgebieden is dus hoogstwaarschijnlijk in belangrijke mate afkomstig van externe bronnen, voornamelijk gerelateerd aan landbouwactiviteiten.

6.2 Hoeveel grondwater wordt gewonnen rond natuurterreinen?

De Nederlandse drinkwaterbedrijven produceren jaarlijks ongeveer 1,2 miljard m³ drinkwater uit grondwater en oppervlaktewater. Hiervan wordt ongeveer 220 miljoen m³ (18%) onttrokken uit freatische watervoerende pakketten die kwetsbaar zijn voor kwaliteitsverslechtering als gevolg van activiteiten aan het maaiveld. Ongeveer de helft van dit grondwater (115 miljoen m³) is afkomstig uit natuurgebieden in de directe omgeving van de onttrekkingen (paragraaf 3.3.1). Door de overwegend goede kwaliteit van dit grondwater heeft waterlevering door natuur een positieve invloed op een veel groter volume, doordat verontreinigingen die afkomstig zijn uit landbouw en stedelijk gebied worden verdund. Onder andere hierdoor is natuur van groot strategisch belang voor de continuïteit van de drinkwatervoorziening in het zuiden en vooral het oosten van Nederland.

Daarnaast onttrekken drinkwaterbedrijven jaarlijks ongeveer 470 miljoen m³ grondwater uit afgesloten watervoerende pakketten. Vanwege de grote omvang en het diffuse karakter van de intrekgebieden is de bijdrage van natuur hieraan slechts ruw te schatten door aan te nemen dat natuur een gelijk aandeel heeft in de waterbalans van de intrekgebieden van deze onttrekkingen als voor Nederland als geheel (12%, zie paragraaf 3.2). Hieruit volgt de grove schatting dat natuurgebieden 56 miljoen m³/j bijdragen aan de drinkwatervoorziening die is gerelateerd aan onttrekkingen uit afgesloten pakketten. Door de hoge ouderdom van het grondwater in deze pakketten (eeuwen tot millennia) komt de huidige bijdrage van natuur aan de grondwateraanvulling, net als dat van andere landgebruiktypen, pas op de lange termijn tot uiting in de kwaliteit van het diepe grondwater. De mengverhoudingen en de kwaliteitsontwikkeling zijn nog niet onderzocht.

Ten slotte nemen de drinkwaterbedrijven jaarlijks ongeveer 480 miljoen m³ oppervlaktewater in. Ook voor oppervlaktewaterbronnen is de bijdrage van natuur niet gekwantificeerd omdat het grootste deel van de rivierafvoer afkomstig is uit het stroomgebied buiten Nederland. Wel heeft natuur een expliciete en grote strategische waarde voor de bescherming van de kwaliteit van het voorgezuiverde oppervlaktewater dat in de kustduinen wordt geïnfiltreerd en teruggewonnen ten behoeve van drinkwaterproductie. De infiltratieduinen bestaan namelijk voor minimaal 90% uit natuur (paragraaf 3.3.2), meestal met een Natura 2000 status en dus met een dubbele bescherming tegen ongewenste kwaliteitsinvloeden. Het gaat hierbij om ruim 150

miljoen m³/j, waarmee een groot deel van west-Nederland wordt voorzien. De natuurgebieden worden bewust ingezet voor zuivering (door bodempassage) en voorraadvorming. Bij een innamestop vanwege vervuiling van het oppervlaktewater kan met deze voorraad een periode van enkele maanden overbruggen worden.

Natuurgebieden leveren dus via grondwateraanvulling, het vasthouden van grondwater, de zeer beperkte toepassing van stoffen, menging met ander water, voorraadvorming en vanwege het lage risico op verontreinigingen een belangrijke bijdrage aan de Nederlandse drinkwatervoorziening. Alleen al via grondwateronttrekkingen en duininfiltratiewinningen wordt meer dan 25% van de drinkwatervoorziening in Nederland door natuurgebied beschermd. Natuur draagt sterk bij aan een efficiënte bescherming van de kwaliteit en kwantiteit van het grondwater en is dus van grote strategische waarde voor de drinkwatervoorziening.

6.3 Wat is dat waard in euro's?

Door het onttrekken en draineren van grondwater zijn veel natuurgebieden in Nederland verdroogd geraakt. Mede hierdoor staan natuurwaarden van natte en vochtige standplaatsen onder druk. Andersom kan het grondwater uit natuurgebieden een aantal voordelen opleveren voor watergebruikers. Deze voordelen hangen samen met de overwegend goede grondwaterkwaliteit en de relatief lange nalevering doordat het neerslagoverschot traag tot afvoer komt. Dit kan zich uiten in kostenbesparing, bijvoorbeeld doordat minder zuivering noodzakelijk is ten opzichte van het gebruik van andere waterbronnen (paragraaf 4.2), of schade is vermeden, doordat het grondwater uit natuurgebieden niet verontreinigd is geraakt (paragraaf 4.1.3 en 4.4).

Een betrouwbare en integrale schatting van de waarde van natuur voor watergebruikers is echter niet goed mogelijk. Wel geeft de spreiding van de drinkwaterprijs binnen Nederland aanwijzingen dat grondwater een positieve invloed heeft op de kosteneffectiviteit van drinkwaterproductie ten opzichte van oppervlaktewater. Een grove indicatie is dat drinkwater dat geproduceerd wordt uit grondwater ongeveer 50 cent/m³ goedkoper is dan drinkwater dat wordt geproduceerd uit oppervlaktewater (paragraaf 4.2). Deze positieve invloed hangt zowel samen met de goede en stabiele kwaliteit van grondwater, zodat minder zuivering noodzakelijk is, als met het decentrale karakter van grondwater, zodat minder distributie noodzakelijk is.

Het prijsdrukkend effect van grondwater uit natuurgebieden op de drinkwaterproductie wordt ook bevestigd door de kosten die drinkwaterbedrijven maken in relatie tot de uitspoeling van nitraat en bestrijdingsmiddelen. Voor de periode 2000-2007 worden de kosten voor mestuitspoeling geschat op 5,8 cent/m³ grondwater uit freatische aquifers (paragraaf 4.3). Voor het verwijderen van bestrijdingsmiddelen worden de kosten geschat op 31 cent/m³. De verwachting is dat deze kosten ondertussen verder zijn opgelopen, omdat drinkwaterbedrijven steeds vaker participeren in regionale samenwerkingsprojecten met agrariërs om de uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen te beperken.

De waarde van het vasthouden van grondwater wordt bevestigd door de droogteschade regelingen die drinkwaterbedrijven hebben getroffen met agrariërs.

Drinkwaterbedrijven keren jaarlijks voor 3 miljoen euro aan droogteschade uit aan agrariërs. Dit is naar schatting 2,3 cent per m³ grondwater dat wordt onttrokken uit freatische aquifers die worden gekenmerkt door een sterke lokale doorwerking van verlagingseffecten op de grondwaterstand.

Grondwater onder natuurgebieden als waterbron voor drinkwater en dranken heeft tevens een goed imago en vraagt aanzienlijk minder inspanning (zoals omgevingsmanagement, calamiteitenbeheersing en monitoring) om verontreiniging van het grondwater te voorkomen. Daarnaast heeft de overwegend goede kwaliteit van het grondwater uit natuurgebieden een verdunnend effect op verontreinigingen uit andere activiteiten. Hoewel de mate van verdunning onbekend is, draagt dit bij aan het verminderen van normoverschrijdingen (gezondheidsrisico's), voorkomt kosten voor effectgerichte maatregelen (zoals uitbreiden van zuiveringen) en het versterkt het imago voor drinkwater of dranken die uit 'natuurwater' worden geproduceerd.

6.4 Zijn er (inter)nationaal situaties waar de erkenning van de waarde van schoon grondwater heeft geleid tot samenwerking?

Het antwoord luidt volmondig: ja! De voorbeelden bevatten een wisselende mengeling van bewustwording en draagvlak (inclusief imago-vorming), onkostenvergoeding of financiële stimulans, facilitering en wettelijke mogelijkheden om het grondgebruik (mede) te bepalen of beperken. Ook andere 'verdien-modellen' (deels recreatie), deels (streek)producten, zonering biologische landbouw) kunnen bijdragen aan de omschakeling van landgebruik ten behoeve van meer en schoner grondwater. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse met inbegrip van de waarde van ecosysteemdiensten en afspraken voor lange termijn dragen naar ons idee in belangrijke mate bij aan draagvlak (financiële) samenwerking en besluitvorming. Voor samenvattingen van voorbeelden (en deels analyse maatschappelijke succesfactoren) verwijzen we naar de in literatuurlijst genoemde websites, het rapport IUCN (2009) en Meinderts, (2012). Deze bieden een scala aan voorbeelden van mogelijke drijfveren voor samenwerking.

6.5 Eindconclusie

Door drainage en onttrekking van grondwater staat de waarde van natte en vochtige natuur in Nederland onder druk. Tegelijkertijd vormt het grondwater onder natuurgebieden een belangrijke bron voor de landbouw en de drinkwatervoorziening. De kwaliteit van de grondwateraanvulling onder natuur is overwegend goed. Het vormt daarom niet alleen zelf een goede bron voor de drinkwatervoorziening, maar maakt door mengen ook het gebruik van water uit minder schone gebieden beter mogelijk. Grotere aaneengesloten, niet gedraineerde gebieden leveren daarnaast veel meer en langer grondwater na, dan eenzelfde oppervlakte aan snippers die door hun omgeving worden gedraineerd. Dit pleit voor strategische keuzes in de ruimtelijke ordening ten behoeve van een duurzame drinkwatervoorziening uit grondwater en geïnfiltreerd oppervlaktewater.

Aaneengesloten natuurgebieden in combinatie met wateraanvoer kunnen ook zorgen voor 'nazuivering' en een effectieve bescherming van de grondwaterkwaliteit. Daarnaast kunnen ze een belangrijke ondergrondse watervoorraad bergen, waarmee tijdelijke problemen met de beschikbaarheid of kwaliteit van oppervlaktewater kunnen worden overbrugd. Op grote schaal gebeurt dat in de waterleidingduinen, waar de drinkwatervoorziening voor grote delen van west-Nederland wordt verzorgd in combinatie met Europees gekwalificeerde natuurwaarden. Zo'n bufferfunctie wordt ook al gebruikt op andere hooggelegen gronden met dikke onverzadigde lagen, zoals op de Veluwe (Epe en Schalterberg).

De strategische waarde van natuur voor de watervoorziening kan verhoogd worden door het natuurbeheer af te stemmen op de omvang van de grondwateraanvulling of de omgeving van natuurgebieden te vernatten. Daarnaast kan het ontwikkelen van nieuwe natuur op strategische locaties (bijvoorbeeld nabij grondwateronttrekkingen of langs oppervlaktewater en ter verbinding van bestaande natuur) daaraan bijdragen, maar dit vereist acceptatie van een beperkt ontwikkelpotentie van natuur door doorwerking van hydrologische effecten. Ten slotte kunnen zachtere overgangen tussen natuur en andere landgebruiktypen, bijvoorbeeld door natuurinclusieve landbouw, zowel ten goede komen aan de natuurkwaliteit als aan het watersysteem. Om deze waarde van natuur te kunnen benutten is een evenwichtige samenwerking tussen natuur- en waterbeheerders, watergebruikers en eventueel andere belanghebbenden noodzakelijk. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse met inbegrip van de waarde van ecosysteemdiensten en afspraken voor lange termijn dragen naar ons idee in belangrijke mate bij aan draagvlak voor (financiële) samenwerking en besluitvorming.

7 Literatuur

Bartholomeus, R., Kroes, J., Bakel, J. van, Hack-tenBroeke, M., Walvoort, D., en Witte, F., 2013. Actualisatie schadefuncties landbouw, Fase 1: op weg naar een geactualiseerd en klimaatbestendig systeem van effect van waterbeheer op gewasopbrengst – overzicht van doorgevoerde verbeteringen in fase 1. STOWA 2013-22.

Boumans, L.J.M., Meinardi, C.R., en Krajenbrink, G.J.W., 1989. Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. RIVM-rapport 728472013.

Brouwer, M. (red) 2012: The Ecosystem Promise. Boek, Bunnik, NL

CBS, 2019. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/30/landbouw-gebruikt-5-7-miljoen-kg-chemische-middelen>. Geraadpleegd op 2 juli 2019.

Claessens, J., Aa, N.G.F.M. van der, Groenedijk, P. en Renaud, L., 2017. Effecten van het landelijk mestbeleid op de grondwaterkwaliteit in grondwaterbeschermingsgebieden. RIVM, Bilthoven, 2016-0199.

Gaalen, F. van, Tiktak, A., Franken, R., Boekel, E. van, Puijenbroek, P. van, en Muilwijk, H., 2015. Waterkwaliteit nu en in de toekomst. Eindrapportage ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, Den Haag: PBL.

Feddes, R.A., 1987. Crop factors in relation to Makkink reference-crop evapotranspiration. Evaporation and weather (redactie J.C. Hooghart), p. 33-47. TNO Committee on Hydrological Research, Den Haag.

Fraters, D., Hooijboer, A.E.J., Rijs, G.B.J., Duijnhoven, N. van en Rozemeijer, J.C., 2017. Waterkwaliteit in Nederland; toestand (2012-2015) en trend (1992-2015). Addendum bij rapport 2016-076. RIVM, Bilthoven, RIVM Rapport 2017-0008.

Huisman, P., 2004. Water in The Netherlands: managing checks and balances. NHV-special 6, ISBN 90-803565-6-5

[IUCN, 2009: Final Report Study on the economic value of groundwater and biodiversity in European forests. IUCN, Brussel](#)

Kraijenhoff van de Leur, D., 1958. A study of non-steady groundwater flow with special reference to a reservoir coefficient. De Ingenieur, 70, 87-94.

Lenkens, H., 2019. Boeren ontvangen te weinig vergoeding voor droogteschade door waterwinning. Stal en akker, 16 februari 2019, <https://www.stal-en-akker.nl/artikel/184752-boeren-ontvangen-te-weinig-vergoeding-voor-droogteschade-door-waterwinning/>

Masselink, N.J., Jeths, R., Wattel-Koekkoek, E.J.W., 2012. Trendmeetnet Verzuring: monsternemingen in 2009/2010/2011. RIVM-rapport 680720002/2011.

Meuwese, H., E. van Tuinen, C. van Rens & J.G. Streefkerk (2012) Herstel hoogveen Deurnsche Peel haalbaar. H2O 4: 10-12.

Puijker, L., K. van Beek, E. Beerendonk en A. Gijsbertsen, (2001). Door drinkwaterbedrijven gemaakte kosten als gevolg van bestrijdingsmiddelengebruik Inventarisatie over de periode 2001-2003, VEWIN, Rijswijk.

Sjerps, R., Maessen, M., Raterman, B., Laak, T. ter en Stuyfzand, P., 2017. Grondwaterkwaliteit Nederland 2015-2016: Chemie grondwatermeetnetten en nulmeting nieuwe stoffen. KWR, Nieuwegein, KWR 2017.024.

Reichgelt, A., 2017. Verbod op gebruik bestrijdingsmiddelen in bos en natuur. Vakblad Natuur, bos, landschap. Editie november 2017, p. 22-23.

Runhaar, J.C., Maas, C., Meuleman, A.F.M., en Zonneveld, L.M.L., 1998. Handboek natuurherstel. NOV-rapport 9.2.

Van den Berg, G., en Raat, K.J., 2008. Evaluatie nitraatrichtlijn. Memo opgesteld in opdracht van Vewin.

Van Doorn, A., en M. Jalink, 2017: Functiecombinatie waterwinning en natuur: verkenning in drie landschapstypen. Rapport BTO 2017.022, KWR Watercycle Research Institute

Van Loon, A.H., en Fraters, D., 2016. De gevolgen van mestgebruik voor waterwinning: een tussenbalans. KWR, Nieuwegein, KWR 2016b.023.

Van Loon, A., Sjerps, R., en Raat, K.J., 2019. Bestrijdingsmiddelen en afbraakproducten in Nederlandse drinkwaterbronnen. BTO2019.016

Wenneker, M., Kruijne, R., en Visser, M., 2012. Emissieroutes van bestrijdingsmiddelen uit de fruitteelt in Utrecht. DLO, Wageningen, rapportnummer 2012-10.

Witte, F., en Meuleman, A., 2007. Hoe bepaal je de waarde van natuur? H2O, 16, p 12-14.

Witte, J.P.M., Zaadnoordijk, W.J., Cirkel, D.G., Leunk, I., en Aarts, H.F.M., 2015. Grondwateraanvulling en achtergrondverlaging in de provincie Noord-Brabant. KWR, Nieuwegein, BTO 2015.055.

www.klimaatbuffers.nl

www.trinkwasserwald.de

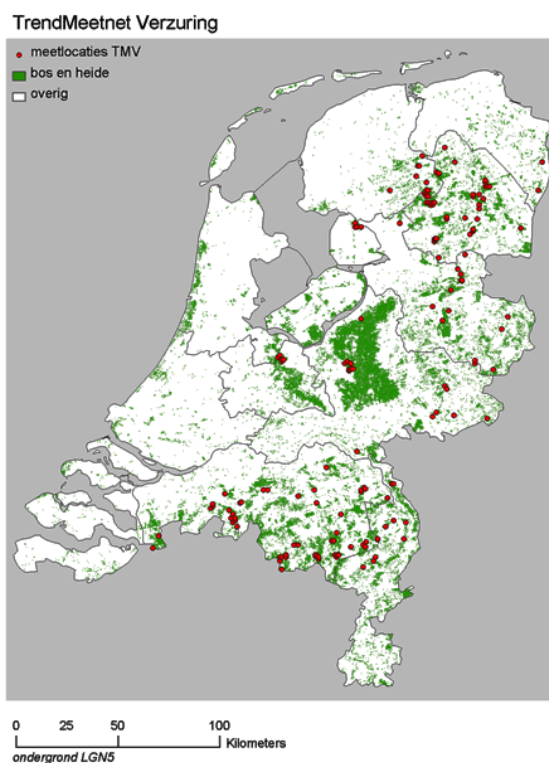
www.waterwinst.nl

Bijlage I Kenschets waterkwaliteitsmeetnetten

I.1 TrendMeetnet Verzuring

Het TrendMeetnet Verzuring is in 1989 opgezet met als doel het monitoren van de invloed van de neerslag van verzurende en vermestende stoffen uit de lucht op de kwaliteit van ondiep grondwater (de bovenste meter) in natuurgebieden op zandgrond. Het meetnet bestaat uit 150 meetpunten in grotere aaneengesloten naaldbossen, loofbossen en heidevelden verspreid over Nederland, en met een grondwaterstand ondieper dan 6 meter. Op iedere locatie zijn tien monsterpunten uitgezet, waar met behulp van een open boorgat het grondwater bemonsterd is. Deze monsters zijn samengevoegd tot 1 mengmonster. De locaties zijn in de periode 1989 tot 2014 zesmaal bemonsterd (Masselink e.a., 2011).

Meer informatie: <https://www.rivm.nl/trendmeetnet-verzuring>.



Figuur I-1: Meetlocaties van het TrendMeetnet Verzuring.

I.2 Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid

Het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid heeft tot doel om de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven te volgen in relatie tot de bedrijfsvoering (bedrijfstypen). Het meetnet is opgezet om uitspraken te kunnen doen op het niveau van vier hoofdgrondsoortregio's, namelijk zand, klei, veen en löss. Sinds 2010 nemen jaarlijks 350 tot 400 bedrijven deel aan het meetnet. Op elk bedrijf wordt jaarlijks een mengmonster samengesteld uit acht aselekt gekozen boorgaten waarmee de bovenste meter grondwater en drainagewater wordt bemonsterd.

Deze database bevat tijdreeksen van nitraatconcentraties in mengmonsters die verzameld zijn op ruim 250 aselekt gekozen agrarische bedrijven verspreid over de zandgebieden van noord, midden en zuid Nederland. De LMM-database is de meest omvangrijke Nederlandse database van nitraatconcentraties in uitspoelingswater in percelen met een agrarisch gebruik, en is daarom het meest geschikt voor het afleiden van relaties tussen landgebruik en nitraatuitspoeling.

Meer informatie: <https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid>.

I.3 Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit

Het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) is opgebouwd uit circa 350 vaste meetpunten verspreid over geheel Nederland. In het meetnet wordt de kwaliteit van het ondiep en middeldiep grondwater in Nederland vastgesteld. Daartoe kan op elk meetpunt via een permanent geïnstalleerde grondwaterput het grondwater opgepompt worden vanaf een diepte van circa 10, 15 en 25 meter onder maaiveld.

Het doel van het LMG is:

- Het vaststellen van veranderingen van de kwaliteit van het ondiep en middeldiep grondwater in Nederland;
- Het beschrijven en verklaren van de waargenomen toestand en/of verandering in relatie tot milieudruk en beleidsmaatregelen.

Meer informatie: <https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-grondwaterkwaliteit>.

Bijlage II Statistieken uit grondwaterkwaliteitsmeetnetten

Tabel I-1: Statistieken van waargenomen concentraties in bos- en heidegebieden voor 2009-2011 en normen voor grond-, oppervlakte- en drinkwater.

mg/l	Bos en heide ¹⁾			Normen		
	Gem	Min	Max	GW ²⁾	OW ³⁾	Drinkwater ⁴⁾
NO3	20,3	<0,031	130,2	50	50	50
NH4	5,6	<6,4	0,6		1,5	0,2
Ntot	5,2	0,3	29,7			
PO4	0,1	<0,013	0,2		0,9	
Ptot	0,1	<0,05	0,3	2		
Cl	29,7	2,6	170,7	160	150	150
SO4	38,3	3,4	250,4		100	150

- 1) TrendMeetnet Verzuring, Masselink e.a. 2012; 2) drempelwaarden voor grondwaterlichamen volgens het Bkmw 2009; 3) Europese milieukwaliteitseisen voor oppervlaktewater dat gebruikt voor de bereiding van water voor menselijke consumptie; 4) normen voor drinkwater (leidingwater) volgens het drinkwaterbesluit.

Tabel I-2 Statistieken van waargenomen concentraties in bos- en heidegebieden (2009-2011) en die voor landbouw op zandgrond (2015).

Parameter	Bos en heide ¹⁾ (2009-2011)			Landbouw op zandgrond ²⁾ (2015)		
	gem	min	max	gem	min (p10)	max (p90)
NO3	20,3	<0,031	130,2	54	7	112
NH4	5,6	<6,4	0,6	1,1	0	2,9
Ntot	5,2	0,3	29,7	15	5	26
PO4	0,1	<0,013	0,2	0,13	0	0,27
Ptot	0,1	<0,05	0,3	0,13	0	0,28
Cl	29,7	2,6	170,7	45	13	48
SO4	38,3	3,4	250,4	52	25	94

¹⁾TrendMeetnet Verzuring, Masselink e.a. 2012; ²⁾ Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid, <https://lmm.rivm.nl/Tabel/2015/Nitraat>

Tabel I-3: Statistieken van waargenomen concentraties in bos- en heidegebieden (2009-2011) en die voor landbouw op zandgrond (2015).

Parameter	Bos en heide ¹⁾ (2009-2011)			Landbouw op zandgrond ²⁾ (2015)		
	gem	min	max	gem	min (p10)	max (p90)
pH	4,6	1,7	7,3			
Al	4,3	0,1	24,8	0,674	0	1,55
Cd	0,002	<0,05	0,016	0,00018	0	0,00048
Ni	0,013	<0,5	0,143	0,015	0	0,028
Zn	0,253	0,0	1,473	0,032	0	0,06
As	0,002	<0,0002	0,021	0,0052	0,001	0,012
Pb	0,001	<0,0002	0,011	0,0008	0	0,002

- 1) ¹⁾TrendMeetnet Verzuring, Masselink e.a. 2012; ²⁾ Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid, <https://lmm.rivm.nl/Tabel/2015/Nitraat>

Bijlage III Schatten van de waterleverantie op nationale schaal

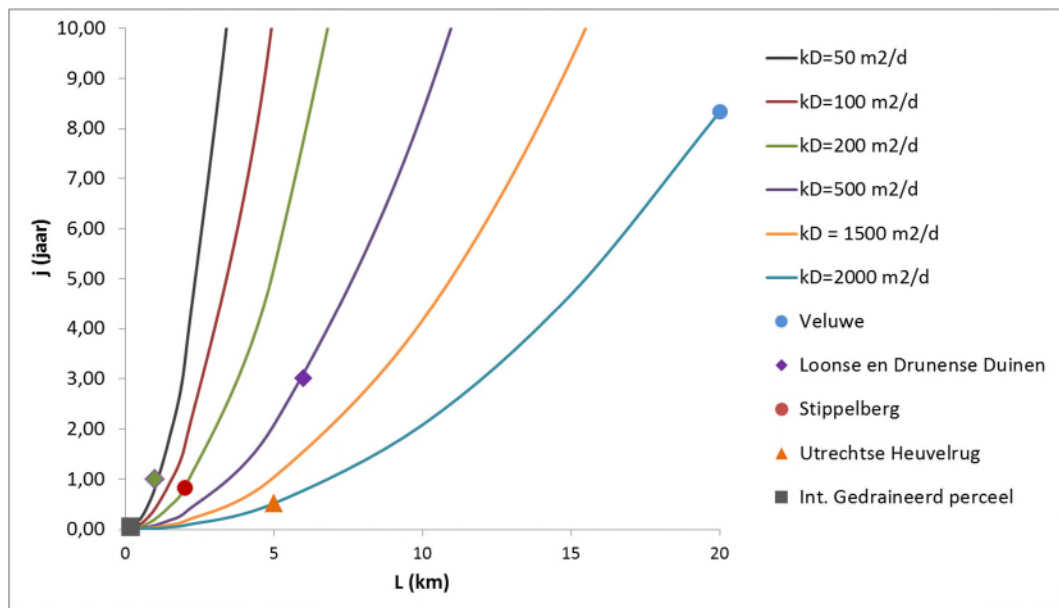
De hoeveelheid grondwater die natuurgebieden aan hun omgeving leveren hebben wij geschat door het oppervlakteaandeel van verschillende bodemgebruikstypen te vermenigvuldigen met de grondwateraanvulling van het meest representatieve begroeiingstypen. De oppervlaktes hebben wij ontleend aan CBS-statistieken van het bodemgebruik van Nederland in 2015. De grondwateraanvulling voor deze bodemgebruikstypen is als volgt bepaald:

- (1) De grondwateraanvulling onder verkeersterrein, bebouwd terrein, semi-bebouwd terrein, bouwterrein en recreatierrein is gelijk verondersteld aan die van stedelijk gebied zoals berekend door Witte e.a., 2015. Bij deze berekening is rekening gehouden met de afvoer van een deel van de neerslag via het riool en beperking van de verdamping ten opzichte van de referentieverdamping volgens Makkink.
- (2) De grondwateraanvulling onder glastuinbouw is gelijk gesteld aan 0 mm/j, omdat hemelwater op glastuinbouw normaal gesproken wordt afgevangen en benut voor watervoorziening van de teelt.
- (3) De grondwateraanvulling onder overig agrarisch terrein is berekend op basis van het areaalgewogen gemiddelde van grasland en akker/tuinbouw. De arealen zijn ontleend aan statistieken van het Compendium voor de Leefomgeving (<https://www.clo.nl/indicatoren/nl211901-agrarisch-grondgebruik->). De grondwateraanvulling onder grasland en akker/tuinbouw (mais, graan, aardappels en suikerbiet) zijn ontleend aan Witte e.a., 2015.
- (4) De grondwateraanvulling onder bos is berekend op basis van het areaalgewogen gemiddelde van loof- en naaldbos. De areaalfracties zijn ontleend aan Schelhaas en Clerkx (2015). De grondwateraanvulling is ontleend aan Tabel 3-1.
- (5) De grondwateraanvulling van heide is representatief verondersteld voor open droog natuurlijk terrein, en die van laagveen voor open nat natuurlijk terrein.
- (6) De grondwateraanvulling voor binnenwater is berekend op basis van neerslag en de openwaterverdamping, er van uitgaande dat deze 1,27 keer hoger is dan de referentieverdamping volgens Makkink (Feddes, 1987).

Bijlage IV Reservoircoëfficiënt als functie van drainageafstand en doorlaatvermogen

Figuur IV-1 geeft de relatie weer tussen de drainageafstand en de reservoircoëfficiënt voor verschillende doorlaatvermogens van het bovenste watervoerende pakket zoals die in Nederland voorkomen. Tevens is in deze figuur een schatting van de reservoircoëfficiënt voor vier (grote) droge natuurgebieden en van een gedraineerd perceel weergegeven. De parameters die de drainagekenmerken van deze voorbeeldsituaties bepalen is in Tabel 3-3 weergegeven. Voor de droge natuurgebieden is aangenomen dat de drainerende elementen direct op de grens van het natuurgebied liggen, zodat L gelijk is aan de doorsnede van het natuurgebied. Het doorlaatvermogen is afgeleid van grondwaterkaarten.

Figuur IV-1 laat zien dat grondwater onder natuurgebieden trager tot afvoer komt, al naar gelang de afstand tussen de drainerende elementen toeneemt. De mate waarin is echter sterk afhankelijk van de drainage-afstand zelf (de relatie is niet-lineair), én van het doorlaatvermogen van het eerste watervoerende pakket. Een grotere omvang van het natuurgebied hoeft dus niet noodzakelijkerwijs te betekenen dat de duur van nalevering ook groter is. Dit wordt goed geïllustreerd door het verschil tussen de Utrechtse Heuvelrug en de Stippelberg. Hoewel de Utrechtse Heuvelrug dubbel zo groot is, is de reservoircoëfficiënt kleiner dan die van de Stippelberg. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat het doorlaatvermogen van de Utrechtse Heuvelrug met 2.000 m²/d 10 keer groter is dan die van de Stippelberg (200 m²/d). Merk op dat de berekende drainagecoëfficiënten voor beide gebieden er op wijzen dat de jaarlijkse grondwateraanvulling na een jaar nog steeds niet is uitgeput, zodat deze gebieden continu water leveren aan hun omgeving.



Figuur IV-1: Reservoircoëfficiënt als functie van de afstand tussen drainerende elementen voor een aantal doorlaatvermogens (kD , m^2/d) berkend op basis van Kraijenhoff van de Leur (1958)

Bijlage V Voorbeelden regionale samenwerking voor natuurbeheer

ID	Project	Locatie	Essentie	Partners	Info
1	Trinkwasserwald	Duitsland	Bevorderen inziging schoon water en natuur door aanplanten/omvormen naar loofbos	Burgers, bedrijven, beheerders, lokale overheden	www.trinkwasserwald.de
2	Waterberging Hilversum	NL, Hoge zandgronden	Bevorderen inziging piekbuien en natuur	RWS, Vitens, WS, Gemeente	www.waterwinst.nl
3	Crezeepolder	NL, Rivierengebied	Oeverinfiltratie en natuur	Oasen	www.waterwinst.nl
4	Langerak	NL, Klei/veengebied	Natuurbeheer waterwingebied	Oasen	www.waterwinst.nl
5	Middel- en Oostduinen	NL, Duinen	Oppervlakteinfiltratie en natuur	Evides	www.waterwinst.nl
6	Epe	NL, Hoge zandgronden	Oppervlaktewater-infiltratie en natuur	Vitens	www.waterwinst.nl
7	Schalterberg	NL, Hoge zandgronden	Oppervlaktewater-infiltratie en natuur	Vitens	www.waterwinst.nl
8	Neerijnen	NL, Klei/veengebied	Natuurbeheer waterwingebied	Vitens	www.waterwinst.nl
9	Roodborn	NL, Heuvelland	Natuurbeheer en emissiearme landbouw intrekgebied	WML, boeren, Limburgs Landschap	www.waterwinst.nl
10	Breevenen	NL, Hoge zandgronden	Grondwaterwinning einde systeem, natuurbeheer waterwingebied	WMD, Provincie, boeren, bewoners	www.waterwinst.nl
11	Heumensoord	NL, Hoge zandgronden	Natuurbeheer waterwingebied	Vitens, Natuurmonumenten, Gemeente	www.waterwinst.nl
12	De Punt	NL, Hoge zandgronden	Natuurbeheer en afspoelingsarme landbouw, beekwaterwinning	WBG, Staatsbosbeheer, LTO, boeren	www.waterwinst.nl
13	Open Infiltratie Nieuwe Stijl	NL, Duinen	Oppervlaktewater-infiltratie en natuur	Dunea, Waternet, PWN, Provincies	www.waterwinst.nl

