

Memo betreffende 'Vraag 3 van EZK over PWN's Opslagplan Andijk'

Aan:

PWN, t.a.v. [redacted] en ing. [redacted]
Rijksweg 501, 1991 AS Velsersbroek

Van:

[redacted]
Stuyfzand Hydroconsult+

Datum: 8 december 2020

Project kenmerk: Advies 'Antwoord op vraag 3 EZK over OP Andijk'

Ons project nr: PS-2020-12

Conclusies

Zuurstof in het infiltratiewater vormt een te verwaarlozen risico voor de doelaquifer, mede dankzij het hoge zuurstofverbruik van het infiltratiewater zelf. Bacteriegroei vormt geen wezenlijke bedreiging voor de doelaquifer voorbij de putnabije zone (<5 m afstand van infiltratieput). Zuurstofloosheid in de aquifer is juist gunstig, omdat het regeneraat daardoor beter aansluit bij het natuurlijke grondwater.

Van de in deze memo nader toegelichte kwaliteitsparameters, overschrijdt alleen nitraat de KRW-norm, maar alleen op zeer korte afstand van de infiltratieput, omdat nitraat verbruikt wordt bij de oxidatie van opgeloste en vaste organische stof en pyriet. De concentraties sulfaat en opgeloste organische koolstof (met hoog chemisch zuurstofverbruik) zijn wel bijzonder hoog, maar leiden niet tot ongewenste effecten.

Aanleiding

Medio juni 2020 heeft PWN bij het Ministerie van EZK een opslagplan ingediend, op basis van bepalingen in de Mijnbouwwet, voor het ondergronds opslaan van een brakke reststroom van de waterzuivering te Andijk, op 200-250 m-MV ter plaatse van zijn bedrijfsterrein. Veel informatie is opgenomen in het rapport 'Opslagplan reststroom drinkwaterzuivering Andijk', opgesteld door Royal HaskoningDHV [redacted] et al. 2020).

[redacted], projectsecretaris Winningsplannen Mijnbouw (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat), heeft n.a.v. dit rapport PWN diverse vragen gesteld ter verduidelijking, zie email aan Freark Stienstra d.d. 13 november 2020, waaronder vraag 3. Voorliggende notitie geeft antwoord op de vraag:

- a. In uw tabel (in sectie 1.9) wordt biochemisch en chemisch zuurstofverbruik opgegeven. In de diepere ondergrond is vrij zuurstof in het water een risico voor roest en bacteriegroei. Ik begrijp (onbekend hiermee) dat het bij ondiepe waterverwerking van belang is dat het water niet te veel beschikbaar zuurstof verbruikt, dat gebrek aan zuurstof een risico is. Wat zijn de natuurlijke zuurstof concentraties op 200-250 meter en in hoeverre is een tekort/teveel aan zuurstof een risico? Kunt u in uw aanvraag hier toelichting op geven zodat de verschillende expertisegebieden het risico beter begrijpen?
- b. In tabel 2 geeft u voor de watersamenstelling een min., gem. en max. van verschillende chemische parameters. Kunt u toelichting geven van mogelijke effecten boven/onder kritische grenswaardes op de grondlagen of bodemwater. En hoever u daar onder/boven zit en wat het risico is?

Achtergrondgegevens

Bijlage 1, met de minima, gemiddelde en maxima voor de macrochemische samenstelling van de te infiltreren reststroom, ook SIX-regeneraat genoemd (Tabel 2 in sectie 1.9 in [redacted] et al. 2020). Bijlage 2, met de natuurlijke grondwatersamenstelling op de infiltratiediepte van de reststroom (Bijlage A6 in [redacted] et al. 2020).

Antwoord op vraag 3a: zuurstof en zuurstofverbruik op de opslagdiepte

Het infiltratiewater (de reststroom) bestaat uit zuurstofrijk, brak regeneraat dat behandeld zal worden met langzame zandfiltratie (hetgeen de O_2 concentratie iets verlaagt), terwijl de ontvangende aquifer op infiltratiediepte van nature zuurstofloos, brak grondwater bevat. Het natuurlijke grondwater is meer dan duizenden jaren oud en heeft door contact met de zuurstofconsumerende ondergrond alle zuurstof (en nitraat) verloren. De relatief hoge ijzerconcentraties in dit natuurlijke, brakke grondwater wijzen erop, dat er absoluut geen zuurstof meer aanwezig kan zijn, want zuurstof en ijzer verdragen elkaar niet in oplossing (O_2 zal Fe^{2+} oxideren en doen neerslaan als $Fe(OH)_3$).

Het zuurstofrijke, brakke regeneraat bevat veel opgeloste organische koolstofverbindingen (DOC, dissolved organic carbon), die gedeeltelijk afbreekbaar zijn en tijdens wat langer contact in de ondergrond met het nog opgeloste zuurstof kunnen reageren. Het infiltratiewater is dus intern niet in evenwicht, omdat het een hoog biologisch en chemisch zuurstofverbruik kent door de hoge DOC-concentratie, en dankzij beluchting ook een hoge zuurstofconcentratie. Eenmaal in de ondergrond is het water afgesloten van zuurstoftoevoer en is er meer reactietijd, zodat de overigens beperkte hoeveelheid zuurstof kan reageren met DOC. Er is een overmaat aan oxideerbaar DOC aanwezig in het infiltratiewater en anders biedt de aquifer nog voldoende oxideerbare bestanddelen zoals vaste organische stof (BOM) en pyriet, zodat zuurstof in het infiltratiewater snel wordt opgesoupeerd en de beluchte zone in de doelaquifer uiterst beperkt blijft. De reactieproducten van DOC- en BOM-oxidatie zijn vooral koolzuur, en die van pyrietoxidatie vooral sulfaat en ijzerroest ($Fe(OH)_3$). Pyrietoxidatie zal echter een te verwaarlozen aandeel in de zuurstofconsumptie hebben, waardoor de zone met ijzerroestvorming zeer beperkt blijft. Zuurstof in het infiltratiewater vormt dus een te verwaarlozen risico voor de doelaquifer, mede dankzij het hoge zuurstofverbruik van het infiltratiewater zelf.

Bacteriegroei vormt in de praktijk van diepinfiltratie alleen een potentieel probleem rond de infiltratieput, waar de toevoer van nutriënten en zuurstof nog hoog is. Deze groei draagt bij aan putverstopping; PWN heeft de nodige ervaring met de diagnose en remedie ervan. Bacteriegroei is dus een zeer lokaal probleem en vormt geen wezenlijke bedreiging voor de doelaquifer voorbij de putnabije zone (de zone binnen 5 m afstand van infiltratieput).

Of een lage concentratie zuurstof of gebrek aan zuurstof een risico vormt, is in de onderhavige situatie niet van belang. De reststroom hoeft in de doelaquifer niet de kwaliteitsveranderingen te ondergaan zoals deze gewenst zijn bij de drinkwaterbereiding met zandfilters of door ondiepe duininfiltratie. Anaërobie (zuurstofloosheid) is bij drinkwaterbereiding ongewenst, omdat er dan o.a. ijzer, mangaan en ammonium kunnen oplossen tot niveaus boven de drinkwaternorm. In de voorgenomen diepinfiltratie is zuurstofloosheid geen enkel probleem, omdat het regeneraat geen bron van drinkwater vormt, en juist door zuurstofloosheid beter aansluit bij het gebiedseigen/natuurlijke grondwater.

Antwoord op vraag 3b: effecten/risico's van infiltratiewater voor ontvangende doelaquifer

Het hier volgende antwoord stoelt o.a. op het waterkwaliteitsoverzicht in Tabel 1, dat de parameters omvat waarover SodM vragen stelt. Daarin kan de kwaliteit van het te infiltreren SIX-regeneraat van zuiveringsstation Andijk vergeleken worden met die van (i) het natuurlijke grondwater in de ontvangende aquifer op 200-250 m-MV, (ii) enkele andere brakke tot zoute, natuurlijke grondwateren, en (iii) enkele normen. Van deze normen dienen alleen die van de KRW (Kader Richtlijn Water en dan specifiek m.b.t. de brakke tot zoute grondwateren) als toetsingskader. Het gaat immers niet over drinkwater(bereiding), hetgeen ook de toetsingswaarden/normen voor infiltratiewater (Infiltratiebesluit bodembescherming) buitenspel zet. De KRW vormt overigens geen officieel toetsingskader bij een vergunningaanvraag in het kader van de Mijnbouwwet.

EGV, Cl en Na

Deze parameters kennen geen risico, omdat zij zich binnen de range bevinden van natuurlijk grondwater, er geen kans bestaat dat NaCl oplost of neerslaat (aquifer bevat geen NaCl en concentraties zijn te laag voor neerslagvorming) en er geen KRW-normen voor zijn. Het EGV is de indicator bij uitsteking van de concentratie Na en Cl, maar ook van SO_4 , HCO_3 , TOC (vrijwel gelijk aan DOC) en COD: Een hoog EGV betekent een hoge concentratie van genoemde parameters, enerzijds omdat deze bestanddelen het EGV bepalen en anderzijds omdat genoemde bestanddelen blijkbaar in min of meer constante verhouding tot Na en Cl van de uitwisselaar uitspoelen. Alleen tijdens de kortdurende periode van verdringing van natuurlijk grondwater zal kationuitwisseling optreden waarbij Na afneemt.

TABEL 1. Overzicht van de kwaliteit van het te infiltreren SIX-regeneraat van zuiveringsstation Andijk, het natuurlijke grondwater in de ontvangende aquifer op 200-250 m-MV, enkele andere brakke tot zoute natuurlijke grondwateren, en enkele normen. Alleen de KRW-normen hebben zegkracht in deze situatie. Rood = aanvullende data PWN; Rood, cursief = berekend.

Kwaliteitsparameter			Infiltratie-water PWN ¹		Natuurlijke brakke-zoute grondwateren				Normen ⁵		
Naam	Symbool	Eenheid	min - max	gemiddeld	PWN-doel-aquifer ¹	Diepsmeer-polder ²	Noordzee-geïnfiltreerd ³	Brijn ⁴	KRW	Drinkwater	Inf. Water
Elektr. Geleid. Vermogen	EGV	mS/m	978-4048	2275	2510-2600	1495	4070	10300		125	
Temp	t	oC	0-25	12.5	12-13	11	11.5	22		25	
Zwevend stof	TSS	mg/L	0.3-14	3	2.6-9	<0.5	<0.5			1	0.5
Zuurgraad	pH	-	8.5-9.5	9.0	7.05-7.1	7.8	7.2	6.5		9.5	- **
Zuurstof	O2	mg/L	-	11.0	0	<0.2	<0.2	0		>2	
Chloride	Cl	mg/L	2000-6700	4000	9650-9900	5285	16300	73867	Geen	150	200.0
Sulfaat	SO4	mg/L	2000-14000	6500	1100-1200	4	2294	1740		150	150.0
Waterstofcarbonaat	HCO3	mg/L	1000-4000	2500	414-452	2635	253	163		>60	- **
Nitraat	NO3	mg/L	0-176	88	<8.9	<0.2	<1	<0.5	50	50	24.8
Fosfaat-totaal	PO4	mg/L	0.3-4.6	2.1	1.4-2.1	60.0	2.78	0.56	27.54	6.1	1.2
Stikstof totaal	TIN	mg N/L	5-75 #	30 #	8.6-9.6 \$	38 \$	4.7 \$	28 \$		11.4 #	8.1 \$\$
Natrium	Na	mg/L	3000-10000	7000	5285-5471	3380	9208	43000			120
Calcium	Ca	mg/L	20-40	30	378-391	160	357	2200		2.5 #	
Magnesium	Mg	mg/L	10-15	12.5	531-595	390	1080	870			
IJzer	Fe	mg/L	0.02-0.25	0.15	6.6-12.8	2.3	6.4	9.9		0.2	
Totaal Org. Stof ##	TOC	mg C/L	60-700	320	5.6-9.0	40	4.9	70			
Chem. Zuurstofverbruik	COD	mg O2/L	200-1600	700	15-24	160.0	13.2				
Biochem. Zuurstofverbruik	BOD	mg O2/L	0-7	3	-	-	-				

= vrijwel uitsluitend als NO3 \$ = uitsluitend als NH4 \$\$ = voornamelijk als NO3 maar ook als NH4 ** = te bepalen op basis van lokale situatie

= Totaal is >99% opgelost (dissolved), dus TOC = DOC.

1 = Van der Velde et al. 2020; 2 = Tabel 7.2 in Stuyfzand 1993; 3 = Tabel 7.6 in Stuyfzand 1993; 4 = Glasbergen 1982; 5 = ontleend aan Wezenbeek 2013.

Temperatuur en zwevend stof (TSS)

De temperatuurfuctuaties in de reststroom volgen het natuurlijke patroon in oppervlaktewater en worden tijdens bodempassage sterk afgevlakt tot een waarde die overeenkomt met de natuurlijke temperatuur op 200-250 m-MV. Het zwevend stof gehalte bevindt zich in vrijwel dezelfde range als die in het natuurlijke grondwater, maar zal qua samenstelling afwijken. PWN zal door behandeling met langzame zandfiltratie ervoor zorgen dat het gehalte sterk afneemt om verstopping van de putten te voorkomen/vertragen. Er worden geen normen overschreden en er zijn geen risico's, omdat putverstopping een goede barrière vormt tegen zwevend stof.

O₂, NO₃ en Fe

De geringe hoeveelheid O₂ gaat grotendeels op aan TOC (vooral DOC) oxidatie en de oxidatie van nieuwgevormde organische stof (BOM-nieuw) in de putnabije zone waar biofouling optreedt. Dit geldt ook voor NO₃, dat echter door tragere reactie iets verder de doelaquifer in migreert. Wat niet reageert met het DOC of BOM-nieuw verdwijnt door oxidatie van pyriet en BOM-oud. Pyrietoxidatie wordt vrijwel verwaarloosbaar geacht.

Nitraat is net als O₂ een oxidator, maar tevens een nutriënt. Alleen NO₃ in infiltratiewater overschrijdt doorgaans de KRW-norm, maar NO₃ verdwijnt volledig dicht bij de injectieput. De effecten op de doelaquifer zijn ruimtelijk zeer beperkt (mogelijk minder dan 0.01 maal het totale infiltratievolume), en uiterst gering (het korrelskelet ondervindt geen enkel effect). De Fe-concentraties zullen toenemen, maar niet boven het natuurlijke niveau. IJzer afkomstig van pyrietoxidatie is zeer gering en accumuleert aanvankelijk als ijzerroest, echter in minimale hoeveelheid omdat de hoeveelheid pyriet zeer gering is. De permeabiliteit van de aquifer verandert niet door deze accumulatie.

SO₄

De concentratie SO₄ in infiltratiewater is boven-natuurlijk in de doelaquifer en zal door bodemprocessen slechts weinig veranderen, maar komt in gips-houdende aquifers (ook in de diepere ondergrond van Nederland) van nature wel voor. Van Genuchten & Peters (2019) hebben al uiteengezet dat de verhoogde SO₄ concentratie geen normen kent, geen gezondheidseffecten heeft en ook geen negatieve effecten zal hebben voor het milieu. Verder kan vermeld worden dat er waarschijnlijk een beetje gips (CaSO₄·2H₂O) zal neerslaan waar kation-uitwisseling de Na concentratie verlaagt en de Ca concentratie verhoogt. Dit gips kan weer

oplossen na passage van het uitwisselfront, dat zich alleen vormt waar het infiltratiewater het natuurlijke grondwater verdringt.

Ca, Mg, HCO₃ en pH

Deze parameters ondervinden geen overschrijding van KRW-normen, want die zijn er niet. De pH is aan de hoge kant, maar zal door oxidatie van DOC, BOM en pyriet, en door geringe kalkafzetting in de aquifer snel dalen tot 8-8.5, wat geen verdere effecten sorteert. De alkaliniteit als HCO₃ is zeer hoog maar niet ongewoon in natuurlijk grondwater in Noord-Holland. De concentratie van HCO₃ en Ca kan in principe in geringe mate dalen door kalkafzetting in de omgeving van de infiltratieput, maar dit is onzeker.

TOC, DOC, COD en BOD

Meer dan 99% van alle TOC is opgelost, getuige het lage zwevend stofgehalte, zodat we kunnen spreken van DOC. Een belangrijk deel van DOC is volgens de hoge COD-waarde in principe oxideerbaar, maar de vrij lage BOD-waarde suggereert dat het biologische aandeel in de afbraak niet vlot verloopt. Er zijn aanwijzingen dat ca. 5% van de DOC snel oxideert en daarvoor vrijwel alle O₂ verbruikt. Het resterende DOC-deel zal heel traag in concentratie verlaagd worden. Genoemde parameters kennen geen overschrijding van KRW-normen, want die zijn er niet.

PO₄-tot en N-tot

De PO₄-tot concentratie ligt op natuurlijk niveau en beneden de KRW-norm. De parameter N-tot is de som van NO₃, NO₂ en NH₄ na omrekening van elk in mg/L N (b.v. 4.43 mg NO₃/L = 1 mg N/L). NO₂ kunnen we in deze situatie, maar doorgaans ook elders, verwaarlozen. Het infiltratiewater heeft een hoge N-tot concentratie vrijwel volledig door NO₃ (NH₄ is zeer laag), terwijl het natuurlijke grondwater een matig hoge N-tot concentratie heeft louter door NH₄ (NO₃ = 0). Zoals gezegd zal de NO₃ concentratie van het infiltratiewater rap tot nul dalen, terwijl de NH₄ concentratie zal toenemen tot max. natuurlijk niveau. Er is geen KRW-norm voor N-tot (evenmin voor NH₄), voor NO₃ wel.

Referenties

- Glasbergen, P. 1982. Proefboring te Nieuweschan; resultaten van het geohydrologisch en geohydrochemisch onderzoek. RID-Meded 82-3.
- Stuyfzand, P.J. 1993b. Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. Ph.D Thesis Vrije Univ. Amsterdam, published by KIWA, ISBN 90-74741-01-0, <http://dare.ubvu.vu.nl/handle/1871/12716>, 366 p.
- Van der Velde R., Y. Wiersema en J.H. Peters 2020. Opslagplan reststroom drinkwaterzuivering Andijk. Rapport Royal HaskoningDHV, BF5202, 26p.
- Van Genuchten C. & J.H. Peters 2019. Analyse veiligheid injectie van de reststroom met verhoogde sulfaatconcentratie. Memo PWN, 3p.
- Wezenbeek J. 2013. Normen voor de (grond)waterkwaliteit. Rapport Grontmij.

Bijlage 1: Macrochemische samenstelling van de te infiltreren reststroom (SIX-regeneraat), gebaseerd metingen in twee periodes (27 april 2017 tot 17 augustus 2018 en 24 juli 2019 tot 8 januari 2020).

Parameter	Unit	Min.	Gem.	Max
BZV (biochemisch zuurstof verbruik)	mg/l O ₂	0	3	7
Calcium	mg/l Ca	20	30	40
Chloride	mg/l Cl	2000	4000	6700
CZV (chemisch zuurstofverbruik)	mg/l O ₂	200	700	1600
Gesuspenderde stoffen	mg/l	0,3	3	14
IJzer	mg/l Fe	0,02	0,15	0,25
Magnesium	mg/l Mg	10	12,5	15
Natrium	mg/l Na	3000	7000	10000
Nitraat	mg/l N	0,1	20	40
	mg/l NO ₃	0	88	176
Silicium, totaal	mg/l N	5	30	75
Sulfaat	mg/l SO ₄	2000	6500	14000
Temperatuur	°C	0	12,5	25
Totaal fosfaat	mg/l P	0,1	0,7	1,5
	mg/l PO ₄	0,3	2,1	4,6
Totaal organisch koolstof (TOC)	mg/l C	60	320	700
Waterstofcarbonaat	mg/l HCO ₃	1000	2500	4000
Zuurgraad	pH	8,5	9	9,5

Bijlage 2: Macrochemische samenstelling van natuurlijk diep grondwater (op verschillende dieptes in de diepe waarnemingsput). Waarnemingsput PAN-W04 (geboord mei 2018) op circa 20 m afstand van de beoogde diepe injectieputten. De grondwatermonsters genomen uit de filters F5, F6 en F7 (op de beoogde diepte van de injectie) zijn genomen op 24 oktober 2018.

		Concentraties natuurlijk grondwater				
		PAN-W04-F3 mv-170-172m	PAN-W04-F4 mv-190-192m	PAN-W04-F5 mv-204-206m	PAN-W04-F6 mv-228-230m	PAN-W04-F7 mv-246-248m
Parameter	Eenheid	28-6-2018	24-10-2018	24-10-2018	24-10-2018	24-10-2018
Elektrisch geleidingsvermogen	mS/m	1820	2270	2520	2510	2600
Calcium	mg/l	-	391,5	380,7	377,6	391,4
Chloride	mg/l	6600	8400	9650	9700	9900
Opgelost organisch koolstof	mg/l	-	6,75	5,57	8,95	6,17
Waterstofcarbonaat	mg/l	679	723	414	447	452
Totale hardheid	mmol/l	-	31,2	34,3	34,0	35,4
Kalium	mg/l	-	118	129	125	133
Natrium	mg/l	3553	4640	5335	5285	5471
Ammonium	mg/l NH ₄	-	7,8	8,6	8,7	9,6
Nitriet	mg/l N	-	<0,002	<0,002	<0,002	0,025
Nitraat	mg/l N	-	<1,80	<2,00	<2,00	<2,00
Zuurgraad	pH	-	7,01	7,05	7,08	7,10
Orthofosfaat	mg/l P	-	<0,02	0,09	0,42	0,11
Totaal fosfaat	mg/l P	-	0,6	0,6	0,46	0,7
Silicaat	mg/l SiO ₂	-	8,6	9,4	9,1	11,0
Seleen	µg/l	-	<0,5	<0,5	0,7	1,0
Sulfaat	mg/l	570	760	1100	1100	1200
Gesuspenderde stoffen	mg/l	-	12,1	8,1	2,6	9,0
Methaan	µg/l	-	12,0	15,0	320	32,0