

Rioolwaterinfiltratie en grondwaterkwaliteit in Het Gooi

Inleiding

In een gebied ten oosten van de stad Hilversum wordt in de zgn. 'Wasmeren' sinds ca. 1875 rioolwater geïnfiltreerd. Aanvankelijk ongezuiverd, later slechts ten dele gezuiverd.

Op ca. 1500 m afstand zijn twee pompstations voor grondwaterwinning gevestigd (afb. 1).

Zeer langzaam, maar zeker nadert water dat lang geleden in de Wasmeren is geïnfiltreerd deze pompstations.

Het gebied waarin de pompstations zich



ING. W. R. GROENENDIJK
Waterleidingbedrijf
Midden-Nederland



ING. L. J. HENDRIKS
Gemeentewaterleidingen
Midden-Nederland



DRS. J. VAN DER LAAN
Waterleidingbedrijf
Midden-Nederland



IR. A. J. ROEBERT
Gemeentewaterleidingen
(Amsterdam)

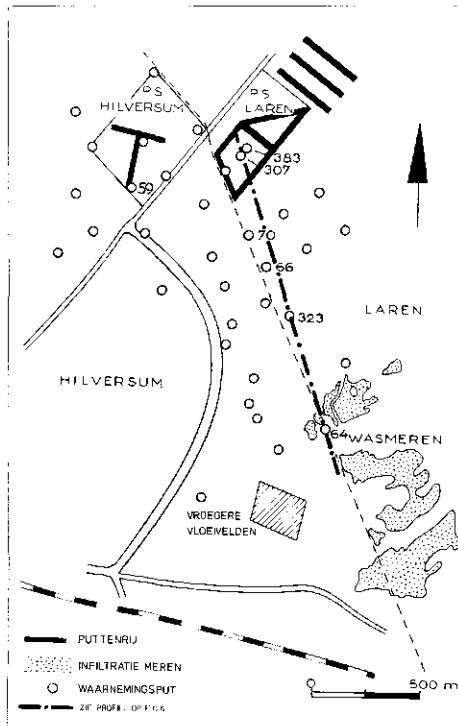
bevinden is het noordwestelijk deel van de in de Riss-ijstijd gevormde stuwwal en voor zover die thans nog aan de oppervlakte zichtbaar is, wordt deze stuwwal Het Gooi genoemd (afb. 2).

De hoogste delen van de stuwwal in Het Gooi reiken tot NAP + 25 meter.

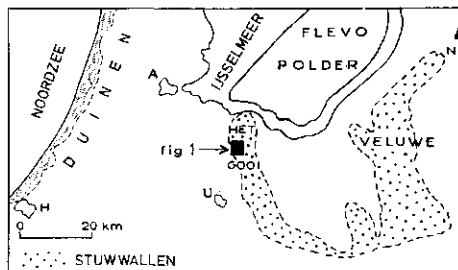
In het onderhavige gebied ligt het maaiveld tussen NAP + 5 en + 10 meter. De oostelijke en westelijke randgebieden ter weerszijden van de stuwwal liggen ongeveer op NAP.

De pompstations werden in 1888 en 1901 in bedrijf genomen resp. PS Hilversum (thans Gemeentewaterleidingen Amsterdam) en PS Laren (thans Waterleidingbedrijf Midden-Nederland).

Het is de schrijvers van dit artikel niet bekend, wanneer de betrokkenen voor het eerst oog kregen voor het ongewenste van deze situatie. Wel is bekend dat een voorstuf uit 1912 tot belangrijke uitbreiding van de

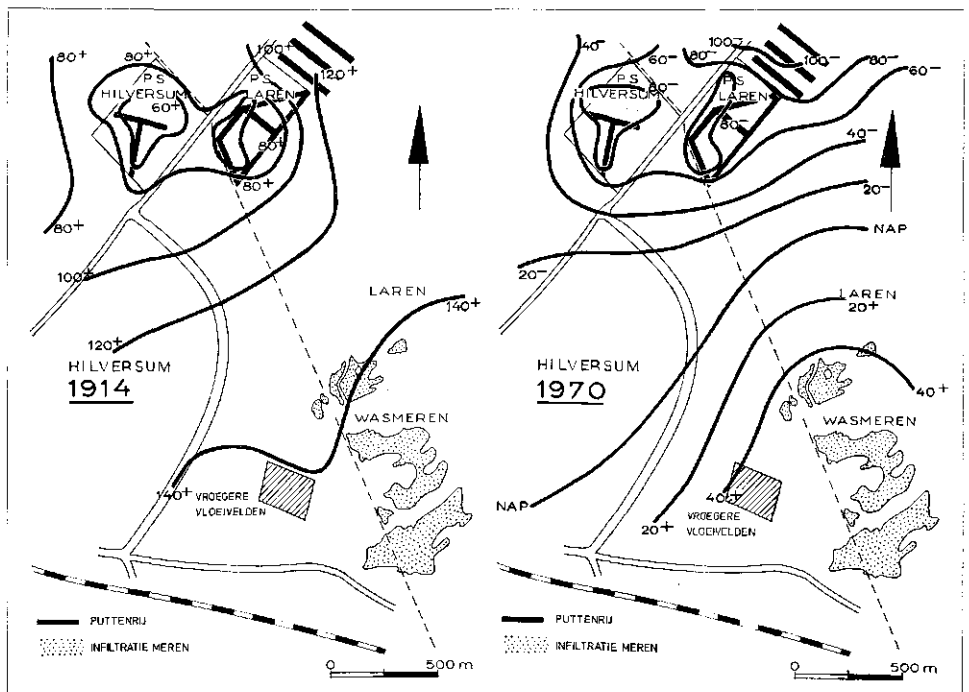


Afb. 1 - Situatie.



Afb. 2 - Stuwwallen in Centraal Nederland.

Afb. 3 - Isohypsen van het grondwater in 1914 en 1970.



vloeiervelden door de Gemeente Hilversum niet werd aanvaard op grond van hygiënische bezwaren.

Sinds 1970 zijn door de Gemeente Hilversum plannen ontwikkeld en inmiddels uitgevoerd voor de zuivering en de verwerking van het afvalwater. Daarin is geen infiltratie in de bodem meer opgenomen.

Het onderhavige artikel behandelt de infiltratie van het rioolvocht en de veranderingen daarvan in de ondergrond. Bij de uitwerking van de gegevens blijkt dat toch nog niet voldoende gegevens zijn verzameld om een gedetailleerde studie te maken. De huidige presentatie moet worden beschouwd als een inleidend overzicht van de waarnemingen.

Geohydrologische situatie

De ondergrond van Het Gooi bestaat tot op een diepte van NAP 160 meter vrijwel uitsluitend uit goed doorlatende matig grove zanden afgewisseld met fijnere zandlagen. De zanden zijn alle van pleistocene ouderdom en zijn tot op een diepte van — 60 m gestuwd ten tijde van de Riss-glaciatie.

Het gehele complex vormt één watervoerend pakket met een doorlaatvermogen van ca. 5000 m²/etmaal, de doorlatendheid van het zand is ca. 30 m/etmaal. De nuttige neerslag in Het Gooi bedraagt ca. 350 mm. De verplaatsingssnelheid van het water in het gebied tussen de infiltratie en de pompstations is ongeveer 30 m/jaar. Het poriëngehalte van de pleistocene zanden wordt veelal op 0,35/0,40 gesteld.

Uit grondwateranalyses blijkt dat het geïnfiltreerde rioolwater ook onder de infiltratiemeren in het diepste deel van het

watervoerende pakket wordt aangetroffen. Dit toont aan dat er ook sprake is van een goede verticale doorlatendheid van de zandlagen.

De onderzijde van het watervoerende pakket wordt gevormd door de kleilagen van de formatie van Tegelen en het Icenien. Afb. 3 toont twee isohypsenkaarten van het gebied resp. van 1914 en 1970.

Grondwaterstandsverlagingen

Het blijkt uit de isohypsenkaarten dat de grondwaterstand in 1970 ongeveer 1 meter lager is dan in 1914. Daarvoor zijn vele redenen aan te wijzen.

- a. De onttrekking van grondwater door de waterleidingbedrijven en industrieën.
- b. Toeneming van het verharde oppervlak en de aanleg van een centrale riolering.
- c. Toeneming van de bebossing in de omgeving.
- d. Peilverlaging van de polders in de nabijheid van Het Gooi.
- e. Mogelijke invloed van de aanleg van nieuwe polders.
- f. Mogelijke invloed op de grondwaterstand door zandwinning.

Volledigheidshalve zij vermeld dat wellicht een geringe verhoging is opgetreden ten gevolge van de afsluiting in 1932 van het IJsselmeer van de directe invloed van de zee. Overigens zijn er ook nog verschillen die terug te voeren zijn op de meteorologische situatie in en voorafgaand aan de jaren 1914 en 1970. De natuurlijke schommelingen van de grondwaterstand in het onderhavige gebied bedragen 0,5 à 1 meter.

Grondwateronttrekking en infiltratie

De onttrekking op de beide pompstations is in de loop der jaren toegenomen (zie tabel I).

TABEL I.

	PS Laren	PS Hilversum
1905	0,5 miljoen m ³	0,9 miljoen m ³
1925	1,9 miljoen m ³	1,1 miljoen m ³
1950	5,0 miljoen m ³	1,7 miljoen m ³
1975	7,2 miljoen m ³	1,9 miljoen m ³

Over de grootte van de onttrekking van grondwater door de industrie in de Gemeente Hilversum zijn weinig details bekend; in de loop van de jaren zal de onttrekking zijn toegenomen tot ca. 1,5 miljoen m³ per jaar. Het water uit enkele putten in de bebouwde kom van Hilversum wijst ook op verontreiniging van het grondwater. Voorts is nog van belang te melden dat de geïnfiltreerde hoeveelheid effluent in de Wasmeren maximaal ca. 1,5 miljoen m³ per jaar heeft bedragen.

Typerende wateranalyses

In tabel II zijn een aantal recente grondwateranalyses (1973-1975) bijeengezet. Aan het eind van dit artikel wordt enige toelichting gegeven op de gekonstateerde verschillen.

Veranderingen van de waterkwaliteit op de pompstations

Uit afb. 4 blijkt dat de kwaliteit van het water dat wordt opgepompt op de beide pompstations aanzienlijk is veranderd. In het geval van pompstation Hilversum is vooral de stijging in het nitraat- en sulfaatgehalte

opvallend en in mindere mate het chloridegehalte. Het water is ammoniumvrij. De hoeveelheid nitraat kan worden verklaard uit de invloed van de toenemende bebouwing in Hilversum sinds de dertiger jaren. Lekkende rioleringen e.d. veroorzaken een verontreiniging van het grondwater in het bovenste gedeelte van het watervoerende pakket. In het veelal nog aerobe water wordt het ammonium geoxideerd tot nitraat.

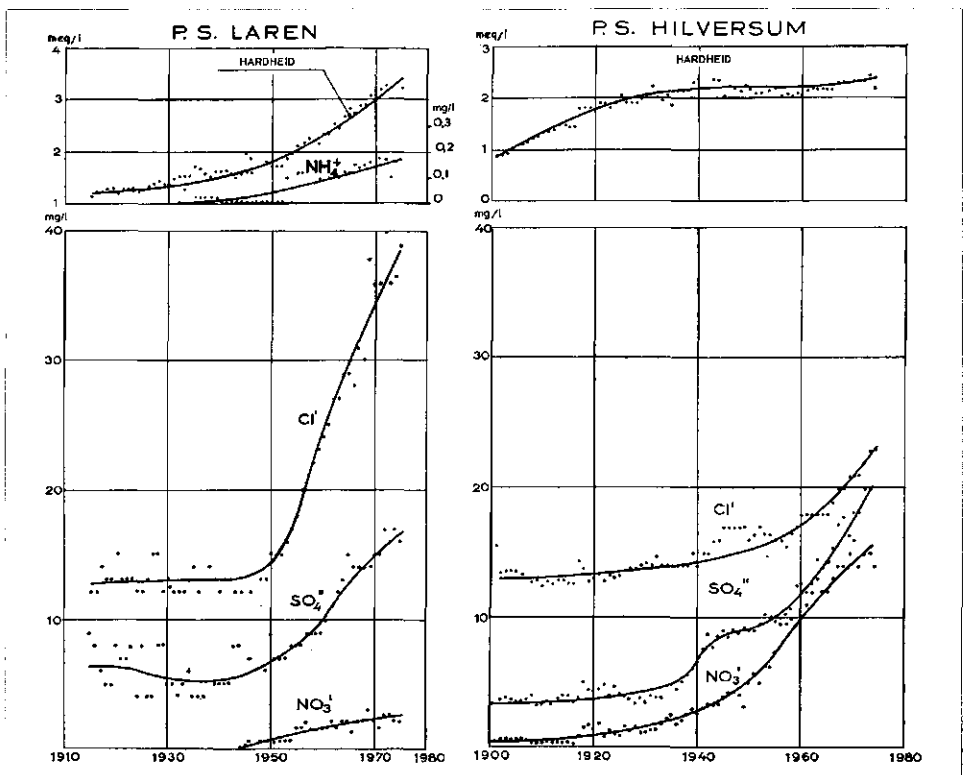
De kwaliteitsveranderingen op het pompstation Laren vertonen een geheel ander beeld. Rond 1950 is vooral een zeer duidelijke stijging van het chloridegehalte waar-

TABEL II - Grondwateranalyses (1973-1975).

		1	2	3	4	5	6
Geleidbaarheid	umho cm-1	860	600	690	160	380	280
pH		7,6	6,7	6,7	8,2	7,6	8,1
KMnO ₄ -verbruik	mg/l	130	90	21	1	5	3
Zuurstof	mg/l (O ₂)	1-2	< 1	< 1	6	2,3	3,0
Chloride	mg/l (Cl ⁻)	92	110	120	15	39	23
Nitraat	mg/l (NO ₃ ⁻)	0,4	1,0	0,5	0,5	2,0	14,0
Sulfaat	mg/l (SO ₄ ⁻)	62	83	4	9	16	20
Bicarbonaat	mg/l (HCO ₃ ⁻)	335	73	245	67	170	105
Vrij koolzuur	mg/l (CO ₂)	18	43	83	1	12	1,0
Fosfaat	mg/l (PO ₄ ⁻)	35,0	0,2	0,4	0,07	0,02	0,19
Ammonium	mg/l (NH ₄ ⁺)	36,0	28,0	14,0	0,05	0,17	0,05
Calcium	mg/l (Ca ⁺⁺)	57,0	6,0	38,0	28,0	62,0	39,0
Magnesium	mg/l (Mg ⁺⁺)	9,0	2,8	2,8	1,2	3,9	3,4
Natrium	mg/l (Na ⁺)	89,0	90,0	98,0	8,5	23,0	19,0
Kalium	mg/l (K ⁺)	16,5	13,5	3,6	0,6	1,3	1,4
Hardheid	m-eq/l	3,60	0,55	2,15	1,50	3,40	2,21

- 1 Geïnfiltreerd afvalwater.
- 2 Waarnemingsput 323, filter 3 (NAP — 70 m), zie situatie afb. 1.
- 3 Waarnemingsput 64, filter 4 (NAP — 14 m), zie situatie afb. 1.
- 4 Oorspronkelijk grondwater.
- 5 PS Laren (gemengd).
- 6 PS Hilversum (gemengd).

Afb. 4 - Waterkwaliteit op de pompstations.



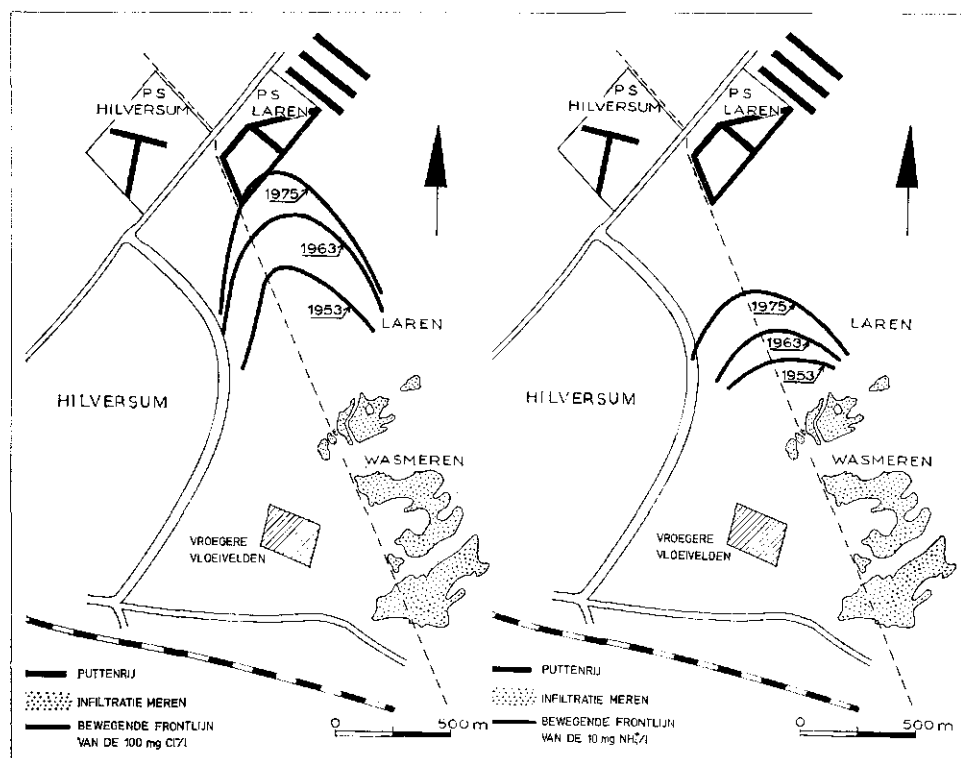
neembaar en daarnaast een toeneming van de hardheid en het sulfaatgehalte.

De geringe stijging van de hardheid vóór 1950 moet worden toegeschreven aan het aantrekken van dieper grondwater, terwijl het gehalte aan chloride daarbij vrijwel gelijk blijft. In tegenstelling met het pompstation Hilversum is hier de verhoging van het nitraat gering. Vooral het hoge chloridegehalte is een aanwijzing dat als verontreinigingsbron van het pompstation Laren vooral het infiltratiewater uit de Wasmeren moet worden aangemerkt, dat oorspronkelijk sterker was verontreinigd dan het water dat onder Hilversum infiltrteert.

Verbreiding van het geïnfiltreerde water

In een in 1934 uitgebracht rapport van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening werd reeds als konklusie gesteld, dat het geïnfiltreerde water onherroepelijk te eniger tijd de winplaatsen zal bereiken. Volgens het rapport zou dat omstreeks 1970 het geval zijn. Overigens heeft de toeneming van de onttrekking op de pompstations een versnelling van de stroming tengevolge gehad. Op basis van de verzamelde gegevens is afb. 5 samengesteld, waarop een indruk is gegeven van de verbreiding van het grondwater met hoog chloride- en een hoog ammoniumgehalte. Zoals reeds eerder opgemerkt zijn de gegevens ondanks de intensieve bemonstering toch nog onvolledig, zodat een zeker voorbehoud moet worden gemaakt voor de juiste ligging van de

Afb. 5 - Verplaatsing van het 100 mg/l Cl⁻- en het 10 mg/l NH₄⁺-front.



aangegeven fronten. Niettemin is tabel III frappant.

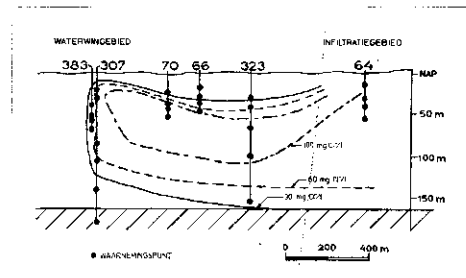
Het chloride wordt in de bodem niet omgezet en alleen beïnvloed door diffusie en dispersie. Dit heeft kennelijk de gesignaleerde vertraging van de verschuiving van het front terweegebracht. Dit zelfde geldt voor het ammonium, maar door de oxidatie

TABEL III - Afgelegde afstanden van de fronten in 10 jaar, ongeveer halverwege de infiltratie en winning.

op grond van hydrologische berekeningen 300 m verplaatsing van het 100 mg/l chloridefront 250 m verplaatsing van het 10 mg/l ammoniumfront 200 m

daarvan is de verschuiving van het front beperkt gebleven tot 200 m in 10 jaar. Tot ca. 1950 varieerde het chloridegehalte van het water op het pompstation Laren tussen 12 en 15 mg per liter; de vrij scherpe verandering (afb. 4) moet toegeschreven worden aan de komst van het eerste infiltratiewater op de winplaats. Uit de analyses van het water uit de diepe boring 59 (afb. 2) blijkt, dat het infiltratiewater tot op grote diepte doordringt op die plaatsen waar goede watervoerende lagen aanwezig zijn.

Daar de meeste andere waarnemingsputten betrekkelijk ondiep zijn is het niet bekend tot welke diepte het infiltratiewater aanwezig is. Aan de hand van de analyses van water onttrokken aan een nieuwe boring (323) is vastgesteld dat ook halverwege de afstand tussen de infiltratie- en de winplaats



Afb. 6 - Vertikaal profiel met isochloridelijnen.

tot op 160 m diepte de invloed merkbaar is. Om het één en ander te verduidelijken wordt een vertikaal profiel getoond op afb. 6 waarop isochloridelijnen van 30, 60 en 100 mg/l zijn weergegeven voor het jaar 1975. Duidelijk is te zien dat door de neerslag het infiltratiewater naar diepere lagen wordt gedrongen en door de betrekkelijk ondiepe putten op het pompstation Laren enigszins wordt opgetrokken. De meeste andere componenten in het grondwater zullen min of meer aan veranderingen onderhevig zijn. Van bijzonder belang is het gedrag van ammonium in het grondwater. Zowel in het infiltratiewater als in enkele waarnemingsputten komen vrij hoge gehalten aan ammonium voor.

Veranderingen in de waterkwaliteit

Het huidige isohypsenbeeld geeft een stroming aan van het infiltratiegebied naar de winplaatsen. Daar de gewonnen hoeveelheid belangrijk groter is dan de geïnfiltreerde hoeveelheid wordt in ieder geval ook natuurlijk grondwater aangetrokken. Een kwantitatieve beschouwing van de veranderingen van de chemische parameters in het grondwater is (nog) niet mogelijk gebleken, hetgeen o.a. zijn oorzaak vindt in:

- de grote variatie in de hoeveelheid van het afvalwater;
- het uitgebreide en wisselende infiltratieoppervlak;
- de hydrologische gekompliceerdheid van het gebied;
- het betrekkelijk gering aantal waarnemingsputten en grondwateranalyses waardoor de reistijd tussen twee punten meestal in de orde van vele jaren ligt en de vergelijking niet eenvoudig is.

Ter toelichting van het laatste punt zij nog meegedeeld dat in het effluent van de rioolwaterzuiveringsrichting destijds slechts chloride, ammoniak en fosfaat werden bepaald.

In tabel II zijn typerende wateranalyses van enkele relevante watersoorten aangegeven. De onderstaande konklusies zijn gebaseerd op meer gegevens dan alleen op die van de tabel. Op de plaats van het

dichtst bij het infiltratiegebied staande filter op NAP — 14 m van waarnemingsput 64 heeft het water al aanzienlijke veranderingen ondergaan (reistijd minder dan 1 jaar tot enkele jaren). Zo blijkt praktisch al het fosfaat reeds te zijn verdwenen. Het kan in de bodem afgezet zijn in de vorm van ferrofosfaat, maar ook als calciumfosfaat op apatiet. Verder blijkt een groot deel van het calcium te zijn neergeslagen (neemt af van 57 naar 6 mg/l). Indien het water kalkafzettend is (in dit geval $\text{pH} > 7,7$) kan calciumcarbonaat zijn afgezet. Bij lagere pH-waarden lijkt calciumfosfaat een mogelijkheid. Indien leemhoudende zanden in de bodem aanwezig zijn, kan de uitwisseling van calcium tegen natrium wellicht een rol spelen.

Het meest frappant is dat ca. 10 mg/l ammonium is omgezet. Indien wordt aangenomen dat het ammonium in de bodem wordt geoxideerd, vraagt een dergelijke reactie zoveel zuurstof dat het één en ander moeilijk te verklaren valt. Verder neemt het bicarbonaat-gehalte af en het gehalte aan CO₂ toe, hetgeen met vorengenoemde reacties in overeenstemming kan zijn. Op een afstand van ca. 600 m en op een diepte van 70 m bij waarnemingsput 323 zijn de belangrijkste veranderingen ten opzichte van waarnemingsput 64 de volgende:

- Calcium, CO₂ en bicarbonaat nemen weer toe.
- Sulfaat vertoont een sterke daling (sulfaatreduktie).
- Ammonium, chloride en het KMnO₄-verbruik blijven praktisch konstant.

De reistijd tussen infiltratie en waarnemingsput 323 bedraagt ruim 20 jaar.

Indien er nitraat mocht worden gevormd, wordt het in anaeroob milieu gereduceerd tot stikstof (denitrificatie), hetgeen de geringe hoeveelheden nitraat in het geïnfiltreerde en in het teruggewonnen grondwater verklaart.

Besluit en dank

Gedurende de passage in de ondergrond wordt het gedeeltelijk gezuiverde afvalwater in het van origine aerobe grondwatermilieu van Het Gooi sterk in kwaliteit verbeterd. Hoe lang de ondergrond deze capaciteit behoudt is niet bekend. Van enige akute dreiging t.a.v. de drinkwaterwinning is geen sprake gezien de zeer langzame verplaatsing van het grondwater en de verbetering die optreedt in de ondergrond.

Het is te verwachten dat binnen afzienbare tijd de rioolwater-infiltratie zal worden beëindigd. Tevens wordt onderzocht of het

zinnig en nodig is tussen de wasmeren en het grondwaterpompstation maatregelen te treffen ter bescherming van de waterkwaliteit op het pompstation. Daarbij wordt gedacht aan wateronttrekking om de rioolwaterbel te doen verminderen in omvang en ook aan infiltratie van water van goede kwaliteit in de Wasmeren. Het zou niet mogelijk geweest zijn dit artikel te schrijven indien tal van vroegere en huidige medewerkers van de beide bedrijven en van de gemeente Hilversum zich niet veel moeite hadden getroost de waarnemingen te verrichten en de verschijnselen te verklaren.

