

Hardheidsstijging: een zeer belangrijke kwaliteitsverandering van het drinkwater in Oost-Nederland

Inleiding

In het werkgebied van Waterlaboratorium-Oost, een deel van Gelderland en Overijssel wordt uitsluitend grondwater als grondstof voor de drinkwatervoorziening toegepast. Eén aspect van de ontwikkelingen in de samenstelling van grondwater is vrij algemeen bekend; het nitraatgehalte stijgt door uitspoeling van meststoffen.

De waterleidingbedrijven die grondwater voor de bereiding van drinkwater gebruiken moeten tengevolge van de



C. A. VAN BENNEKOM
Stichting
Waterlaboratorium Oost
Doetinchem

overbemesting maatregelen nemen om het nitraatgehalte beneden de drinkwaternorm te houden. Vanuit de waterleidingwereld worden bedragen van f 0,40 tot f 1,- genoemd waarmee de prijs van het water per m³ zal gaan stijgen als het waterleidingbedrijf genoodzaakt wordt nitraat uit het grondwater te verwijderen.

Bij een aantal pompstations in agrarische gebieden echter vinden in de bodem omzettingsprocessen plaats, waardoor het opgepompte ruwe water nog geen of weinig nitraat bevat. De invloed van de uitspoeling van meststoffen is daar merkbaar in de stijging van de gehalten van een aantal andere parameters, waaronder de reactieproducten die bij de nitraatafbraak ontstaan. De verandering van de grondwatersamenstelling blijft dus niet beperkt tot het nitraatgehalte, maar ook andere parameters ondergaan wijzigingen.

De samenstelling van het drinkwater verandert niet alleen door bemestingsinvloeden. Ook andere factoren spelen een rol, zoals onttrekking van brak grondwater, verandering in de zuivering, stedelijke beïnvloeding, enzovoort. Het is daarom interessant de veranderingen in samenstelling van het drinkwater eens aan een nadere beschouwing te onderwerpen om na te gaan welke ontwikkelingen zich daarin voordoen. In dit artikel worden de veranderingen in samenstelling beschouwd van het water bij 28 pompstations, die in de periode 1971-1987 bij Waterlaboratorium-Oost onder controle stonden. Getracht is aan te geven welke merkbare effecten de kwaliteitsveranderingen hebben voor de afnemer en welke kosten men als gevolg daarvan reeds nu (ongemerkt) betaalt.

Samenvatting

In 1987 voldeed de samenstelling van het water bij alle pompstations binnen het werkgebied van Waterlaboratorium-Oost aan de drinkwaternormen. Bij enkele pompstations waren de gehalten aan natrium, kalium en chloride relatief hoog als gevolg van het optrekken van de zoet-zoutgrens, maar de normen en de VEWIN-aanbevelingen voor deze parameters werden nergens overschreden. De gehalten aan nitraat, sulfaat en calcium overschreden incidenteel de VEWIN-aanbeveling.

In de periode 1971-1987 hebben zich veranderingen voorgedaan in de samenstelling van het reine water. De meest ingrijpende verandering is niet zoals wellicht verwacht een algemene stijging van het nitraatgehalte. Het nitraatgehalte blijkt slechts bij een beperkt aantal pompstations aanzienlijk toegenomen.

De oorzaak hiervan is denitrificatie in de bodem. De stijging van de gehalten van de reactieproducten van deze denitrificatie, sulfaat en waterstofcarbonaat, is dan ook veel algemener en groter.

De opmerkelijkste verandering betreft de gehalten aan calcium en magnesium, de positieve ionen waarvan de toename correspondeert met de stijging van de negatieve ionen nitraat, sulfaat en waterstofcarbonaat. Deze ionen vormen samen de totale hardheid van het water. In tegenstelling tot de stijging van nitraat heeft de stijging van de totale hardheid in de beschouwde periode reeds geleid tot een aanzienlijke kostenstijging voor de afnemer, zij het dan dat deze min of meer onopgemerkt is gebleven. Het betreft extra kosten aan wasmiddelen, onderhoud aan geisers en boilers, energieverbruik enzovoort, die kunnen oplopen tot f 65,- à f 100,- per jaar, of omgerekend naar de prijs van drinkwater tot f 0,30 à f 0,60 per m³ drinkwater.

Overzicht ontwikkeling watersamenstelling periode 1971-1987

De ontwikkeling van de watersamenstelling bij de genoemde 28 pompstations is gegeven in tabel I. Onder A staan vermeld de drinkwaternorm en de VEWIN-aanbeveling voor elke parameter, vervolgens het maximale gehalte dat in 1987 bij één van de pompstations in het reine water werd vastgesteld en het (rekenkundig) gemiddelde van de gemeten waarden bij alle pompstations. Onder B zijn per pompstation de veranderingen in gehalten per parameter in de periode 1971-1987 weergegeven. Daarbij zijn een zestal pompstations gescheiden van de overige 22 omdat zich bij deze pompstations ontwikkelingen hebben voorgedaan die afwijken van de algemene tendens. Deze algemene tendens is een stijging van de gehalten aan calcium en magnesium (hardheid), die samengaat met stijgende nitraat-, sulfaat- en/of waterstofcarbonaatgehalten. De 22 overgebleven pompstations zijn gesorteerd naar de toename van de totale hardheid (voorlaatste kolom). Uit alle waarnemingen bij deze pompstations is de gemiddelde verandering voor elke parameter berekend en onderaan de tabel weergegeven.

Watersamenstelling in 1987

Uit de gegevens boven in de tabel onder A blijkt, dat de rekenkundig gemiddelde parameterwaarden aan de normen en aanbevelingen voldoen. De maximale

gehalten voldoen aan alle normen, maar niet aan de aanbevelingen voor wat betreft de parameters nitraat, sulfaat en calcium. Het maximale chloridegehalte bedraagt 113 mg/l. Hoge chloridegehalten komen vooral voor in semi-spanningswater, waar de samenstelling van het opgepompte water beïnvloed wordt door het optrekken van de zoet-zoutgrens en bij freatische winningen waar eveneens beïnvloeding door oppomping van brak grondwater wordt waargenomen. In deze watertypen vindt men ook de hoogste gehalten aan natrium en kalium.

Het gemiddelde gehalte aan nitraat bij alle 28 pompstations bedroeg in 1987 9 mg/l. (Door lage gehalten in het water van de 7 pompstations waarvan het water pas na 1971 bij Waterlaboratorium-Oost wordt gecontroleerd, bedroeg het gemiddelde van alle 35 pompstations in 1987 ca. 7,5 mg/l). De oorzaak van het uitblijven van hoge gehalten aan nitraat in freatisch grondwater in gebieden met veel intensieve landbouw is afbraak van nitraat (denitrificatie) met sulfiden [Kölle e.a., 1983, Van Bennekom, 1987 Van Bennekom en Kruithof, 1988] of organisch materiaal.

Uit dit deel van de tabel blijkt verder, dat de fosfaatgehalten ver onder de drinkwaternorm en de aanbeveling blijven. Dit geldt eveneens voor een aantal metalen, waarvan de gehalten in 1987 in tabel II staan vermeld. Door het dalen van de pH in zwak gebufferd water op hoge

zandgronden bevat de opgepompte water soms een spoor aluminium. (Het maximale gehalte dat in ruw water is vastgesteld bedroeg 35 µg/l). Dit zwak gebufferde water wordt ontzuurd door filtratie over kalksteen, waarbij het aluminium uitvlokt en wordt afgefilterd. Slechts bij drie pompstations overschreed het aluminiumgehalte in 1987 de analysegrens van 5 µg/l. Het maximum gehalte bedroeg 7 µg/l, terwijl in het Waterleidingbesluit als drinkwaternorm een waarde van 200 µg/l staat vermeld. Andere metalen, die frequenter in het reine water worden aangetoond zijn zink (tot 20 µg/l) en vooral barium (max. 100 µg/l). Met deze waarde is voor barium de VEWIN-aanbeveling bereikt.

Pompstations met een afwijkende kwaliteitsontwikkeling

In tabel I staan onder B eerst een zestal pompstations vermeld, waarbij de samenstelling van het reine water is veranderd op een wijze die afwijkt van de algemene tendens. Bij beide Deventer pompstations,

TABEL II – Gehalten aan zware metalen in rein water 1987 bij 36 pompstations. (Alle gehalten in µg/l)

	Detectie- grens	Norm	VEWIN aanbeveling	Aantal pomp- stations met gehalten boven detectiegrens	Maximum gehalte
Aluminium	5	200	30	3	7
Arseen	2	50		2	6
Barium	5	500	100	27	100
Koper	5	100		8	29
Zink	5	100		16	20

Voor de metalen cadmium, chroom, kwik, lood, nikkel en seleen werd bij geen van de 36 pompstations de detectiegrens overschreden.

Ceintuurbaan en Zutphenseweg, onder- vindt men bij de winning hinder van onttrekking van brak grondwater. Hierdoor zijn de gehalten aan chloride en natrium sinds 1971 aanzienlijk gestegen. De samenstelling van het reine water van de pompstations WG Boele (Wezep, Gem. bedrijf Kampen) en Nieuwe Markt- straat te Nijmegen is sterk beïnvloed door een verandering in het zuiveringsproces. Sinds 1981 wordt het water van ps. Boele ontzuurd door filtratie over kalksteen, waardoor de gehalten aan calcium en waterstofcarbonaat zijn toegenomen. In Nijmegen vindt ontharding met natron-

loog plaats, hetgeen van invloed is op de gehalten aan natrium, calcium en water- stofcarbonaat. Daarnaast speelt kwaliteits- beïnvloeding door oeverfiltratie een rol. Verder is in Hoenderloo de winning voor een belangrijk deel verplaatst naar een dieper gelegen watervoerend pakket met een sterk afwijkende samenstelling. Tenslotte is bij ps. Ruurlo het nitraat- gehalte sterk gedaald door het verlaten van de enige put die water met nitraat leverde.

De parameters, die door voornoemde wijzigingen in winning en/of zuivering

TABEL I – Overzicht ontwikkeling watersamenstelling.

A. Enkele gegevens betreffende de watersamenstelling in 1987.

	Gel. mS/m	Cl- mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻⁻⁻ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Tot. H. mmol/l	Wat. H. mmol/l
Norm	125	150	50	150		6,10	150	50	120	12,0		
VEWIN-aanbeveling	< 80	< 150	< 25	< 100	> 120	< 0,5	< 100	< 30				
Max. gehalte 1987	79	113	39	110	315	0,35	115	11,6	75	7,2	3,28	2,58
Gem. gehalte 1987	45	38	9	42	173	0,04	66	6,7	23	2,8	1,94	1,42

B. Veranderingen in de periode 1971-1987

Pompstation	Δ Gel.	Δ Cl-	Δ NO ₃ ⁻	Δ SO ₄ ⁻⁻	Δ HCO ₃ ⁻	Δ PO ₄ ⁻⁻⁻	Δ Ca ⁺⁺	Δ Mg ⁺⁺	Δ Na ⁺	Δ K ⁺	Δ Tot. H.	Δ Wat. H.
I Ceintuurbaan	13	33	1	- 2	- 7	- 0,04	0	2,7	14	1,3	0,11	- 0,06
II Zutphenseweg	15	40	0	1	- 1	- 0,02	1	3,5	17	2,2	0,17	- 0,01
III WG Boele	10	1	6	0	54	- 0,15	19	- 0,7	2	1,2	0,45	0,44
IV Nieuwe Marktstraat	4	18	- 8	- 4	- 39	- 0,03	- 29	0,0	28	- 1,2	- 0,73	- 0,32
V Hoenderloo	12	- 6	- 12	- 3	108	0,05	27	- 0,6	0	2,1	0,65	0,89
VI Ruurlo	13	4	- 17	31	56	0,00	22	2,7	4	0,6	0,66	0,46
1 Pinkenberg	0	- 3	- 1	- 2	- 4	- 0,01	3	- 3,5	- 1	0,9	- 0,07	- 0,03
2 Tolkamer	1	- 3	0	1	- 2	0,04	- 5	1,6	- 1	0,0	- 0,06	- 0,02
3 La Cabine	3	0	3	3	- 6	0,05	- 1	- 0,5	1	0,8	- 0,05	- 0,05
4 Oldenzaal	7	8	1	- 8	16	0,00	4	- 1,3	7	0,0	0,05	0,13
5 Oosterbeek	2	- 3	1	0	8	- 0,06	0	1,3	0	0,7	0,05	0,07
6 Heumensoord	4	1	- 5	1	22	0,00	2	2,4	- 1	0,1	0,15	0,18
7 Zutphen	7	9	- 1	7	10	- 0,02	1	3,6	2	0,3	0,18	0,08
8 Ellecom	7	0	10	2	21	- 0,07	7	1,4	1	1,1	0,23	0,17
9 Wierden	5	3	1	- 3	24	- 0,04	7	2,2	- 1	- 0,7	0,27	0,20
10 Vorden	9	1	0	18	25	- 0,05	9	2,2	5	- 0,7	0,32	0,20
11 Hoog Soeren	11	16	13	9	3	- 0,05	12	0,6	10	1,4	0,33	0,02
12 Corle	11	4	- 1	18	12	- 0,08	8	3,3	0	- 0,2	0,34	0,10
13 Amersfoortseweg	8	2	2	4	31	0,00	14	0,2	2	1,0	0,36	0,25
14 Lochem	14	4	7	16	52	0,00	15	1,4	9	0,2	0,43	0,43
15 De Pol	11	- 2	8	29	25	0,00	14	2,6	2	1,8	0,46	0,20
16 Eibergen	14	2	3	28	52	- 0,04	19	3,7	4	0,9	0,63	0,43
17 Hengelo Klooster	13	0	0	25	49	0,00	20	4,1	1	1,2	0,67	0,40
18 Dinxperlo	13	0	3	38	43	0,00	23	2,6	5	0,4	0,68	0,35
19 v. Heck/Montferland	18	2	28	14	45	- 0,01	22	4,5	3	1,3	0,74	0,37
20 Hengelo I	16	6	7	29	44	0,00	22	5,1	3	1,6	0,76	0,36
21 Lichtenvoorde	15	4	3	34	32	- 0,03	33	- 0,6	0	0,0	0,80	0,26
22 Harfsen	19	4	8	28	81	0,00	31	4,8	5	0,9	0,98	0,66
Gem. toe-afname (mg/l) in mmol/l	9	3 0,07	4 0,07	13 0,28	27 0,43	- 0,02 0,00	12 0,59	2 0,16	3 0,11	0,59 0,02	0,38	0,22

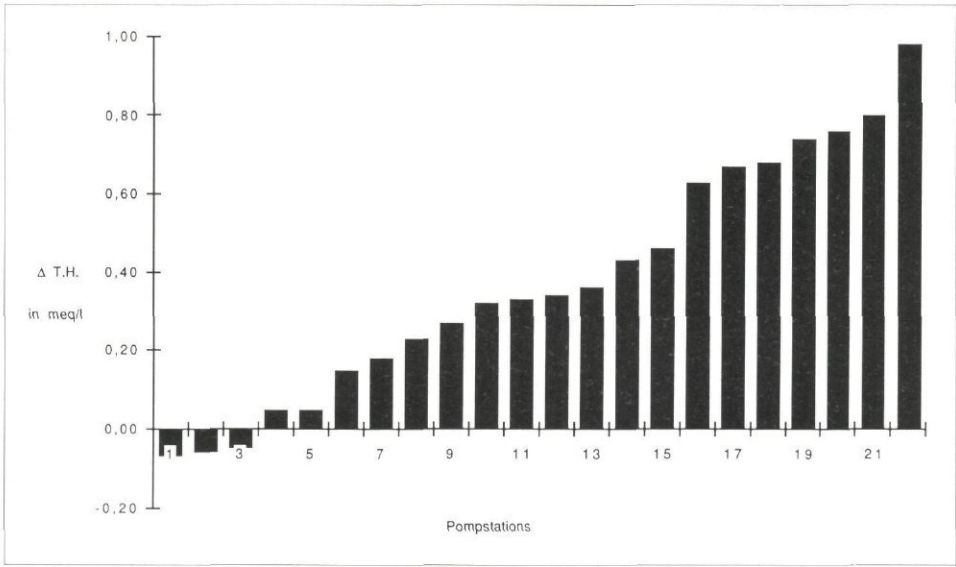
duidelijke veranderingen ondergingen zijn in de tabel vet gedrukt.

Algemene trends bij de overige pompstations

Voordat het onderste gedeelte van de tabel aan een nadere beschouwing wordt onderworpen worden eerst de twee pompstations waarvan de kwaliteitsontwikkeling enigszins afwijkt van de overige in het kort besproken. Het water van ps. Hoog Soeren is voor wat betreft de gehalten aan chloride, nitraat en natrium opmerkelijk veranderd. Deze uiterst kleine winning (24.000 m³/jaar) is gelegen tegen de kern van het dorpje Hoog Soeren, dat tot voor enkele jaren niet was gerioleerd. De samenstelling van het opgepompte water is waarschijnlijk door uitspoeling van huishoudelijk afvalwater beïnvloed. Naast deze beïnvloeding kan tevens bemesting van landerijen een rol spelen. Een onderzoek naar de oorzaak heeft echter niet plaatsgevonden.

De tweede kanttekening moet worden geplaatst bij de ontwikkeling van de watersamenstelling van ps. v. Heek/Montferland. Hier is een put op enige afstand van de bestaande winning in bedrijf genomen en is men in 1986 gestart met een zuiveringsproces ter verlaging van het nitraatgehalte [Schipers, e.a., 1987]. Zonder deze inspanningen zou het nitraatgehalte in het reine water zijn gestegen boven de wettelijke norm en was de stijging over de beschouwde periode groter geweest dan nu het geval is. Als deze beide pompstations echter om deze redenen bij de pompstations met afwijkende kwaliteitsontwikkeling zouden zijn opgenomen was de berekende gemiddelde nitraatstijging nog lager geweest dan de 4 mg/l, die nu uit de berekeningen resulteert. Hierdoor zou het nitraatprobleem gecamoufleerd worden. Een nitraatprobleem is er echter wel degelijk, maar het blijft voorlopig beperkt tot slechts enkele pompstations.

Een veel duidelijker verandering dan de stijging van nitraat is de toename van de gehalten aan sulfaat en waterstofcarbonaat. Uit de tabel blijkt dat de toename van deze gehalten vrijwel overal parallel loopt. Het betreft daarbij zonder uitzondering pompstations gelegen in agrarische gebieden. De oorzaak is de uitspoeling van meststoffen en de omzettingen tijdens de bodempassage, die daarop zijn gevolgd. Op veel locaties passeert het grondwater in de bodem nog zoveel oxydeerbare stoffen in de vorm van organisch materiaal en vooral sulfiden, dat het gehalte aan nitraat in het opgepompte



Afb. 1 - Stijging totale hardheid bij 22 pompstations periode 1971-1987.

water en dus in het reine water van het pompstation niet of slechts in geringe mate is toegenomen. De bodem vormt hier nog een voorlopige bescherming tegen het transport van nitraat naar de waterwinputten. De toegenomen belasting met nutriënten gaat echter gezien de sulfaat- en de waterstofcarbonaatstijging niet ongemerkt aan de samenstelling van het gewonnen grondwater voorbij.

Hardheid

Uit de tabel blijkt, dat parallel aan de stijging van genoemde negatieve ionen vooral een toename van de positieve ionen calcium en magnesium en dus van de totale hardheid wordt gesignaleerd. In afb. 1 is de hardheidsstijging bij de pompstations grafisch weergegeven. De hoogste toename bedraagt 0,98 mmol/l, de gemiddelde 0,38 mmol/l. Het samengaan van deze hardheidsstijging met de toename van waterstofcarbonaat, sulfaat en/of nitraat geeft aan, dat deze kwaliteitsveranderingen één en dezelfde oorzaak hebben, namelijk uitspoeling van verzurende stoffen en de neutralisatie daarvan voor of tijdens infiltratie van het water in de bodem.

De processen, die daarbij een rol spelen staan uitvoerig beschreven in Van Bennekom, 1987 en Van Bennekom en Kruithof, 1988.

De toename van het natriumgehalte is niet uitsluitend toe te schrijven aan veranderingen in de ruwwatersamenstelling. Bij bijvoorbeeld de pompstations Lochem en Eibergen speelt ook een pH-correctie via natronloogdosering een rol. Bij analyses van het water in waterwinputten blijkt, dat in veel gevallen de

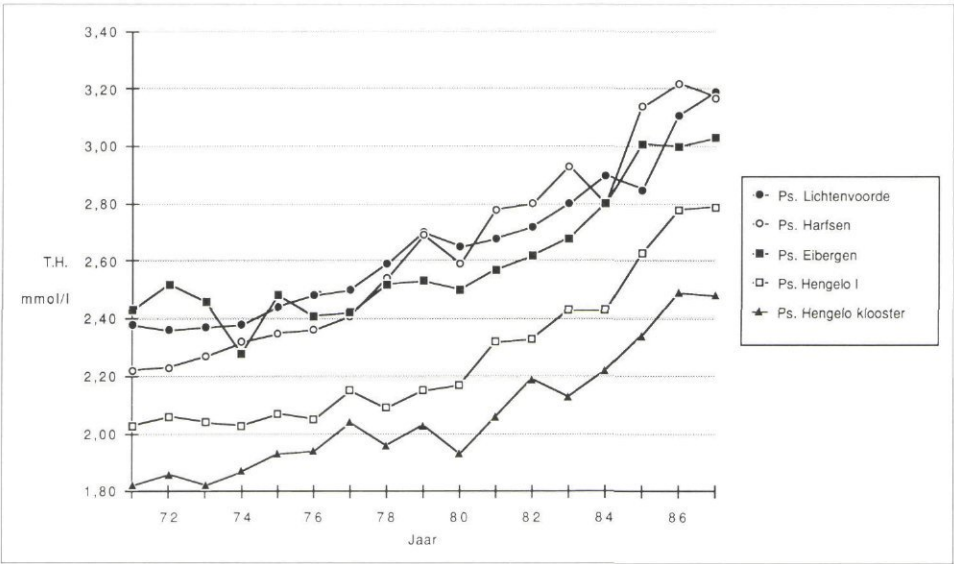
stijging van het natriumgehalte samengaat met die van het chloridegehalte.

Gevolgen verandering watersamenstelling voor de afnemers

Tot nog toe is zowel in de vakliteratuur als in de nieuwsmidia vooral veel aandacht besteed aan de gezondheidsaspecten van een verandering in watersamenstelling en aan de eventuele kosten die verbonden zijn aan aanvullende zuiveringstechnieken. Daar de drinkwaternormen voldoende scherp zijn om gezondheidsrisico's uit te sluiten en bedenkend, dat het drinkwater bij alle pompstations in het werkgebied van Waterlaboratorium-Oost in 1987 aan die normen voldeed is het duidelijk, dat de verandering in watersamenstelling in de periode 1971-1987 geen invloed heeft gehad voor de afnemers wat betreft gezondheidsaspecten. Kosten voor additionele zuiveringstechnieken zijn door enkele waterleidingbedrijven gemaakt in de vorm van zuiveringsonderzoek. De invloed hiervan op de kostprijs van het water is echter nog gering.

Op basis van de ontwikkeling van de watersamenstelling kan ook worden nagegaan, hoe een aantal eigenschappen van het water zijn veranderd en welke invloed de veranderingen in financieel opzicht reeds hebben gehad voor de afnemers.

De veranderingen in gehalten aan chloride, nitraat, natrium en kalium zijn niet of nauwelijks van invloed geweest op de eigenschappen van het water. Een toename van de gehalten aan waterstofcarbonaat en sulfaat leidt tot een verhoging van de corrosiesnelheid van koper [Van den Hoven en Van Eekeren,



Afb. 2 - Hardheidsontwikkeling periode 1971-1987 voor een vijftal pompstations.

1988]. De aantasting van koperen binnenleidingen is door de geconstateerde kwaliteitsontwikkeling toegenomen. De afvalwaterzuiveringen hebben reeds een positieve correlatie vastgesteld tussen de hardheid van het drinkwater (die samenhangt met het waterstofcarbonaatgehalte) en het kopergehalte in het afvalwater [De Jong e.a., 1984]. Eventuele kosten van vervanging van koperen leidingen zullen afhankelijk van de grootte van de veranderingen van plaats tot plaats verschillen en zijn daardoor moeilijk te kwantificeren.

Een kwaliteitsverandering, die een aantal eigenschappen van het water sterk beïnvloedt, is de toename van de hardheid. Van de typische hardheidsverschijnselen, zoals vliesjes op de thee, opdroogstrepen op ruiten, afzetting van kalk en verhoogd wasmiddelverbruik wordt bij hogere hardheden meer hinder ondervonden. De hardheidstoename werkt door in de samenstelling van het afvalwater, dat tengevolge hiervan meer wasmiddel en dus meer fosfaten zal bevatten. De hardheidsstijging heeft ook financiële gevolgen voor de afnemers. Extra wasmiddelen kosten geld, het onderhoud van apparatuur die gevoelig is voor kalkafzetting neemt toe, het energieverbruik is hoger, enzovoort. Een exacte schatting van de kosten is moeilijk te maken. Een benadering hiervan wordt verkregen door gebruik te maken van de berekening, die door Gemeentewaterleidingen Amsterdam in 1982 is gemaakt om de wenselijkheid van toepassing van centrale ontharding aan te tonen.

De globale besparingen voor de afnemer, die worden verwacht als gevolg van

verlaging van de totale hardheid met ca. 1 mmol/l, bedragen per jaar (in guldens):

- minder verbruik zeep	10,-
- minder verbruik wasmiddelen	22,50
- minder onderhoud geisers	6,-
- minder onderhoud boilers	6,-
- minder onderhoud textiel en vaatwasmachines	15,-
- minder onderhoud overige toestellen	2,-
- minder energieverbruik	10,-
- minder particuliere ontharders	10,-
Totaal	81,50

Vanwege het zeer globale karakter van deze schattingen werden de totale besparingen per huishouden per jaar geraamd op f 75,- tot f 100,-. Door de kostendaling bij centrale ontharding te vertalen naar een kostenstijging bij een hardheidstoename is het mogelijk na te gaan wat de kwaliteitsverandering sinds 1971 voor de afnemer in financieel opzicht tot gevolg heeft gehad. Uitgaande van de bedragen in 1982 blijkt dat de gemiddelde hardheidsstijging van 0,38 mmol/l voor de consument leidt tot een bedrag van f 28,- tot f 38,- aan extra kosten. De afnemers van drinkwater, dat in sterke mate is beïnvloed door uitspoeling van meststoffen betalen meer aan onkosten. Uit tabel I blijkt na berekening met bovenstaande gegevens, dat voor de afnemers van de pompstations Eibergen tot met Harfsen de stijging van de onkosten per jaar kan oplopen van f 45,- à f 65,- tot f 75,- à f 100,-. Een nadere beschouwing van de hardheidsontwikkelingen van jaar tot jaar bij een vijftal van deze pompstations leert, dat er een duidelijke progressie in de hardheidsstijging waarneembaar is (afb. 2). Een

verdere stijging in de komende jaren is gezien deze ontwikkeling vrij waarschijnlijk. Als de kostenstijging wordt gerelateerd aan het gemiddelde jaarverbruik per huishouden van ca. 150 m³ valt te berekenen, dat de hardheidsstijging op diverse plaatsen nu reeds f 0,30 à f 0,60 per m³ kost. In tegenstelling tot de kosten van een eventueel in de toekomst noodzakelijke nitraatverwijdering zijn dit kosten, die men momenteel reeds als gevolg van bemestingsinvloeden betaalt.

Literatuur

Bennekom, C. A. van (1987). *Kwaliteitsverandering van grondwater als gevolg van uitspoeling van meststoffen*. H₂O (20) nr. 9, 1987, p. 194-199.

Bennekom, C. A. van en Kruijthof, J. C. (1988). *Kwantificering van verzurende processen in grondwater*. H₂O (21) nr. 10, 1988, p. 252-257.

Gem. Waterleidingen Amsterdam. (1983). *Centrale hardheidsverlaging van drinkwater*. Toelichting op subsidie-aanvraag door gemeentewaterleidingen Amsterdam inzake 'Stimuleringsregeling Milieuvriendelijke Technologie' (bijlage 2, juli 1983).

Hoven, Th. J. J. van, en Eekeren, M. W. M. van. (1988). *Optimale samenstelling van drinkwater*. KWA-mededeling nr. 100.

Jong, J. W. de e.a. (1984). *De invloed van de drinkwaterkwaliteit op het kopergehalte in afvalwater en in het zuiveringslib in de provincies Friesland, Groningen en Drenthe*. H₂O (17) nr. 24, 1984, p. 556-560.

Kölle, W. e.a. (1983). *Denitrification in einem reduzierender Grundwasserleiter*. Vom Wasser, 61 band, p. 125-149.

Schippers, J. C. e.a. (1987). *Nitraatverwijdering met langzame zwavel-kalksteeninfiltratie*. H₂O (20) nr. 2, 1987, p. 30-34.

Zuidhollands convenant drinkwater getekend

Drie waterleidingbedrijven hebben een convenant getekend waarbij hun fusie wordt vastgelegd. De Duinwaterleiding van 's-Gravenhage, drinkwaterleiding De Vlietstreek en drinkwaterleiding De Tien Gemeenten verenigen zich op 1 januari 1990 in een nieuwe organisatie: de nv Duinwaterbedrijf Zuid-Holland (DZH). Dat Duinwaterbedrijf moet uiteindelijk ook de drinkwatervoorziening in Leiden en omgeving gaan verzorgen. De waterbedrijven hebben beloofd dat de samenvoeging geen tariefsverhoging voor de klanten oplevert. Dat de prijs komende jaren toch omhoog gaat, komt volgens de bedrijven door noodzakelijke investeringen in zuivering en ontharding van het drinkwater.