

# Kwaliteitseisen in verband met de stabiliteit van het te distribueren drinkwater\*

## Inleiding

Oorspronkelijk was de bedoeling van deze bijdrage het geven van aanbevelingen voor de gewenste kwaliteit van drinkwater na hardheidscorrectie. De belangstelling voor centrale ontharding door de Nederlandse waterleidingbedrijven is echter enigszins afgenomen tengevolge van het negatieve advies, dat een Commissie uit de Gezondheidsraad in 1976 uitbracht. Gezien het mogelijke verband tussen de hardheid van drinkwater en het optreden van hart- en vaatziekten werd geadviseerd voorlopig af



DRS. G. OSKAM  
Commissie Methodieken  
Centrale Ontharding

te zien van ontharding op grote schaal. Inmiddels is het voor de Commissie Methodieken Centrale Ontharding duidelijk geworden, dat het formuleren van kwaliteits-eisen in verband met de stabiliteit van drinkwater niet alleen van belang is voor onthard water. In feite is het voor elk type water nodig op stabiliteit te conditioneren, om problemen tijdens distributie en gebruik te voorkomen. De volgende overwegingen hebben daarom een algemeen karakter en hebben evenzeer betrekking op soorten water die van nature zacht of agressief zijn.

De stabiliteitseisen voor te distribueren drinkwater zijn geëvalueerd op grond van vier aspecten:

- de minimalisering van opname van toxische stoffen uit leidingen, met name lood en koper;
- het voorkomen van ontoelaatbare corrosie van leidingmaterialen;
- het voorkomen van hinderlijke afzettingen in leidingen en installaties;
- de buffercapaciteit van het water met betrekking tot een mogelijke pH-daling tijdens de distributie tengevolge van bacteriële oxydatieprocessen.

## Theoretische achtergrond

De stabiliteit van water met betrekking tot corrosieve of afzettende eigenschappen

\* Deze publikatie is een samenvatting van het rapport van de Commissie Methodieken Centrale Ontharding, dat als KIWA-mededeling No. 54 is verschenen. Leden van de Commissie zijn: drs. A. Boes, voorzitter, dr. M. van Ammers, waarnemend voorzitter, ing. P. van Winsen, sekretaris, drs. L. A. C. Fey, dr. ir. A. Graveland, ir. A. Hulsman, drs. B. G. van de Heijden, dr. ir. A. P. Meijers, drs. G. Oskam, ir. J. van Puffelen en ir. J. C. Schippers.

wordt voornamelijk bepaald door het kool-dioxyde-calciumcarbonaat evenwichtssysteem ('kalk-koolzuur evenwicht'). De formule van Langelier voor de verzadigingsindex (SI = saturation index) is heel bruikbaar om het al of niet aanwezig zijn van evenwichtscondities te beschrijven:

$$SI = pH - pH_s \quad (1)$$

en

$$pH_s = \log K_s' - \log K_2' - \log [Ca^{2+}] - \log [HCO_3^-] \quad (2)$$

waarin:

$pH$  = de werkelijke pH van het water;  
 $pH_s$  = de pH, waarbij het water in evenwicht is met calciumcarbonaat;  
 $K_s'$  = het oplosbaarheidsproduct van calciumcarbonaat, gecorrigeerd voor ionensterkte (zoutsamenstelling) en temperatuur van het water;  
 $K_2'$  = de tweede ionisatieconstante van koolzuur, gecorrigeerd voor ionensterkte en temperatuur van het water;  
 $[Ca^{2+}]$  = de calciumconcentratie in mol/l;  
 $[HCO_3^-]$  = de waterstofcarbonaatconcentratie in mol/l.

Een positieve SI geeft aan, dat het water kalkafzettend is; een negatieve SI dat het kalkoplossend is.

Voor een bepaald water met constante ionensterkte en temperatuur kunnen de vergelijkingen (1) en (2) worden gecombineerd tot:

$$SI = pH - pK_L + \log [Ca^{2+}] + \log [HCO_3^-] \quad (3)$$

waarin:

$pK_L$  = een constante, waarvan de waarde kan worden berekend uit de bekende thermodynamische constanten  $K_s$  en  $K_2$  en de ionensterkte en de temperatuur van het water.

Uit deze (zeer vereenvoudigde) benadering blijkt, dat verzadigingsindex, pH en de concentraties van calcium en waterstofcarbonaat met elkaar in verband staan en dat door het geven van aanbevelingen voor drie parameters de vierde automatisch wordt vastgelegd.

## Afgifte van schadelijke stoffen

Uitgezonderd voor lood en koper, is de kennis van dit onderwerp zeer gering. Gewoonlijk wordt aangenomen, dat een water een enigszins positieve verzadigingsindex moet hebben, om afgifte van lood en koper uit buizen tegen te gaan. Dit werd niet bevestigd door een in KIWA-verband uitgevoerd onderzoek van 4 Nederlandse waterleidingbedrijven naar het lood- en koperoplossend vermogen van ontharde, sterk kalkagressieve watersoorten. Aangehouden werd, dat daarentegen de pH zelf de belang-

rijkste factor was, terwijl ook het gehalte aan waterstofcarbonaat een rol speelde. Op basis van deze experimenten, gecombineerd met in de literatuur beschreven ervaringen, kunnen de voorwaarden voor minimale lood- en koperafgifte als volgt worden samengevat:

	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -gehalte (mmol/l)	pH
Lood	—	8 < pH < 9
Koper	> 1	8 < pH < 8,5

## Corrosie van leidingen en installaties

De materialen, die in beschouwing zijn genomen, zijn: asbestcement, gietijzer, staal, verzinkt staal, koper, messing en lood. De aantasting van asbestcement wordt bepaald door de agressiviteit van het water t.o.v. calciumcarbonaat, zoals uitgedrukt in de verzadigingsindex. Meestal wordt aangenomen, dat water licht agressief mag zijn, zonder dat asbestcement op de lange duur wordt aangetast. Ervaringen van de Waterleiding Maatschappij Gelderland en de Drinkwaterleiding van de Gemeente Rotterdam zijn hiermee echter in tegenspraak. Zowel voor zacht als voor hard water trad ernstige aantasting van asbestcement leidingen op bij een negatieve verzadigingsindex van 0,3 tot 0,5.

Dit leidde zelfs tot volledig oplossen van het cement, zodat de vezelstructuur van het asbest bloot kwam te liggen, waardoor afgifte van vezeltjes aan het water mogelijk werd. Om een dergelijke ongewenste situatie te voorkomen, is het beter een positieve verzadigingsindex te handhaven.

Vanouds werd altijd aangenomen, dat afzetting van calciumcarbonaat bij de vorming van de zgn. 'kalkroestlaag' een essentiële voorwaarde is om corrosie van gietijzer en staal te voorkomen. Recente onderzoekingen benadrukken echter de rol van ijzer (II)-carbonaat bij het vormen van de beschermende laag. Hoe dit ook zij, de algemene opvatting is dat de verzadigingsindex positief moet zijn en dat het gehalte aan waterstofcarbonaat niet 'te laag' mag zijn. Als suggestie voor een optimale waarde voor de bescherming van ijzer en staal is een gehalte van 2-3 mmol/l waterstofcarbonaat genoemd.

Voor verzinkt staal is gevonden, dat aantasting optreedt bij pH-waarden beneden 7,5 en boven 8,5. Ook is geconstateerd, dat een hoog gehalte aan waterstofcarbonaat ompoling van de beschermende zinklaag bevordert bij temperaturen boven 70 °C, resulterend in versnelde corrosie. Bij hoge temperaturen kan de toepassing van verzinkt staal beter worden vermeden, tenzij het waterstofcarbonaatgehalte kleiner dan 2 mmol/l is. Anderzijds is bij lage temperaturen (< 60 °C) een waterstof-

carbonaatgehalte van minstens 1,5 mmol/l gewenst.

Onderzoek door het KIWA naar de factoren, die de corrosie van koper beheersen, heeft aangetoond, dat de aanwezigheid van voldoende waterstofcarbonaat van essentieel belang is. Als minimum gehalte wordt 1 mmol/l aangegeven, als weinig zuurstof in het water aanwezig is. Is het water wel zuurstofrijk, dan is een hoger waterstofcarbonaatgehalte wenselijk.

De aantasting van messing heeft gewoonlijk betrekking op ontzinking. Uit onderzoek in Engeland is gebleken, dat de pH hiervoor als belangrijkste grootheid kan worden beschouwd. Geen ontzinking treedt op, als de pH van het water lager is dan 8,3.

Ondanks de afgifte van lood uit loden leidingen, leidt dit niet tot een merkbare corrosie. Leckage in loden buizen blijkt eerder het gevolg van erosie dan van corrosie te zijn.

De voorwaarden voor minimale aantasting van verschillende materialen, die voor leidingen en installaties worden gebruikt, laten zich als volgt samenvatten:

	Verzadigings-index	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -gehalte mmol/l	pH
Asbestcement	> 0	—	—
Gietijzer en staal	> 0	> 2	—
Verzinkt staal	—	> 1,5 *	7,5-8,5
Koper	—	> 1	< 9
Messing	—	—	< 8,3

\* t < 60 °C

### Kalkafzetting

Voor 82 verschillende watersoorten is nagegaan, bij welke waarde van de verzadigings-index hinderlijke kalkafzetting gaat optreden. Hierbij werd gevonden, dat bij normale watertemperaturen geen problemen optreden als de verzadigingsindex beneden + 0,5 blijft, tenzij het water zeer hard is. Een groter probleem is de vorming van ketelsteen in warmwatertoestellen, zoals geysers en boilers. Uit het onderzoek bleek, dat hinderlijke afzetting optreedt bij een verzadigingsindex van 1,3 bij 90 °C. Dit houdt in, dat de waarde van de verzadigingsindex bij normale temperaturen minder dan + 0,3 moet bedragen.

### pH-daling tijdens distributie

Bij zuivering van verontreinigd rivierwater of water uit een eutroof spaarbekken kunnen sporen organisch materiaal en/of ammonium het zuiveringssysteem passeren en in het distributienet geraken. In de leidingen kan dan bacteriële oxydatie optreden, waardoor de pH gaat dalen. In de praktijk moet rekening worden gehouden met de afbraak van 0,2 mg/l

organisch materiaal (uitgedrukt als koolstof) of ammonium. Dit zou een pH-daling van ca. 0,2 eenheden tot gevolg hebben bij een waterstofcarbonaatgehalte van 2 mmol/l of zelfs 0,4 eenheden bij een waterstofcarbonaatgehalte van 1 mmol/l.

Hoewel geen exacte gegevens bekend zijn, kunnen lokale effecten zelfs veel groter zijn, daar de bacteriële processen aan de buiswand zelf plaatsvinden. Vanuit dit gezichtspunt is dientengevolge een waterstofcarbonaatgehalte van minstens 2 mmol/l wenselijk om voor voldoende buffering van het water zorg te dragen.

### Diskussie

Samenvattend kan als grootste gemene deler van de tot nu verzamelde informatie de volgende aanbeveling worden opgesteld:

[HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]-gehalte ≥ 2 mmol/l

0 < SI < + 0,3

8 ≤ pH ≤ 8,3

Uit vergelijking (3) kan nu direkt afgelezen worden, dat de hier gegeven begrenzing van de stabiliteitsparameters tevens inhoudt, dat het calciumgehalte aan een boven- en ondergrens is gebonden. Dit is als volgt in te zien. Vergelijking (3) kan ook geschreven worden als:

$$\log [Ca^{2+}] [HCO_3^-] = pK_L - pH_s \quad (4)$$

Met de hierboven vermelde trajecten voor pH en SI kan pH<sub>s</sub> variëren van 7,7 tot 8,3. Als voorbeeld wordt uitgegaan van een water met een ionensterkte van 10 mmol/l en een temperatuur van 10 °C; pK<sub>L</sub> bedraagt dan 2,56. Als nu het waterstofcarbonaatgehalte wordt vastgelegd op het als minimum aanbevolen niveau van 2 mmol/l, dan kan het calciumgehalte als functie van pH<sub>s</sub> worden berekend, zoals weergegeven is in onderstaande tabel.

pH <sub>s</sub>	Ca <sup>2+</sup> -gehalte mg/l	Beschikbaar mmol/l	Beschikbaar pH-gebied	Beschikbaar SI-gebied
8,3	36,5	0,91	8,3	0
8,2	46	1,15	8,2—8,3	0 —0,1
8,1	58	1,45	8,1—8,3	0 —0,2
8,0	73	1,83	8,0—8,3	0 —0,3
7,9	92	2,30	8,0—8,2	0,1—0,3
7,8	115	2,88	8,0—8,1	0,2—0,3
7,7	145	3,63	8,0	0,3

Deze tabel toont aan, dat de aanbevolen vrij nauwe begrenzing van de stabiliteitsparameters pH en SI een grote invloed uitoefent op het wenselijke calciumgehalte. Als het bijv. wenselijk wordt geacht, dat het water tijdens distributie licht kalkafzettend is (SI = + 0,1), dan bedraagt de 'minimum' calciumconcentratie 46 mg/l bij een pH van 8,3.

Deze waarde is nog hoger als een lagere distributie - pH wordt gewenst of als de

waterstofcarbonaatconcentratie lager is. Uit vergelijking (4) kan afgelezen worden, dat halvering van het waterstofcarbonaatgehalte de voor stabiliteit wenselijke calciumniveau's verdubbelt. Het omgekeerde is natuurlijk ook waar, zodat water met een hoog waterstofcarbonaatgehalte een laag calciumgehalte 'mag hebben'. Deze eisen zijn dikwijls in tegenstelling met de omstandigheden in de praktijk, waar lage niveau's van calcium en waterstofcarbonaat gelijktijdig voorkomen. Dit houdt in, dat voor zulke typen water het gehalte aan calciumwaterstofcarbonaat verhoogd moet worden, om geen agressieve eigenschappen te hebben.

Anderzijds levert correctie van de pH van een zeer hard water naar het wenselijke niveau van minstens 8 ook problemen op. Bij deze pH, gecombineerd met een waterstofcarbonaatgehalte van bijv. 4 mmol/l is een 'maximum' calciumgehalte van 73 mg/l toelaatbaar, althans als hinderlijke ketelsteenvorming in warmwatertoestellen voorkomen moet worden. Ook deze situatie komt bij natuurlijk water nauwelijks voor, zodat onthard zou moeten worden om aan de stabiliteitseisen te voldoen. De zaak ligt nog wat ingewikkelder voor watersoorten, die in temperatuur en ionensterkte variëren, zoals bij oppervlaktewater dikwijls voorkomt. Een temperatuur range van bijv. 4 tot 20 °C geeft een variatie in de faktor pK<sub>L</sub> van vergelijking (4) van 2,69 naar 2,33. Dit zou resulteren in verschillende waarden voor het wenselijke calciumgehalte; respectievelijk 35 % hoger en 40 % lager dan de in de tabel aangegeven waarden. Het zal duidelijk zijn, dat de formulering van aanbevelingen moet geschieden in samenhang met de werkelijke temperatuur en samenstelling van het water.

### Conclusies

Op basis van literatuur- en praktijkgegevens zijn de volgende aanbevelingen voor de stabiliteitseisen van drinkwater opgesteld.

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-gehalte ≥ 2 mmol/l

0 < verzadigingsindex < + 0,3

8 ≤ pH ≤ 8,3

Voor gegeven waarden van deze parameters kunnen optimale calciumgehalten worden berekend m.b.v. de vergelijking van Langelier. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de temperatuur en de ionensterkte van het water.

Hieruit kan de conclusie getrokken worden, dat de hardheid van hard water verlaagd moet worden, maar ook dat zacht water opgehard dient te worden, om aan de geformuleerde stabiliteitseisen te voldoen.

