

## Waterontharden

Oppervlaktewater bevat onder andere  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en  $\text{HCO}_3^-$  ionen. In drinkwater dat uit oppervlaktewater wordt bereid, zijn deze ionen ook aanwezig. Dit water wordt hard water genoemd. Hard water heeft nadelen. Daarom wordt dikwijls de hardheid van het drinkwater tijdens het productieproces verlaagd. Men noemt dat ontharden. In een voorlichtingsfolder van de Gemeentewaterleidingen Amsterdam staat over het ontharden onder meer de volgende tekst:

### tekstfragment

De hardheid wordt verlaagd door een kristallisatieproces. Door toevoeging van natronloog zet de kalk zich af op zandkorrels waardoor marmerachtige korrels worden gevormd.

De marmerachtige korrels zijn zandkorrels met daaromheen een laagje vast calciumcarbonaat dat bij de ontharding is gevormd. Bij dit proces ontstaat geen vast magnesiumcarbonaat.

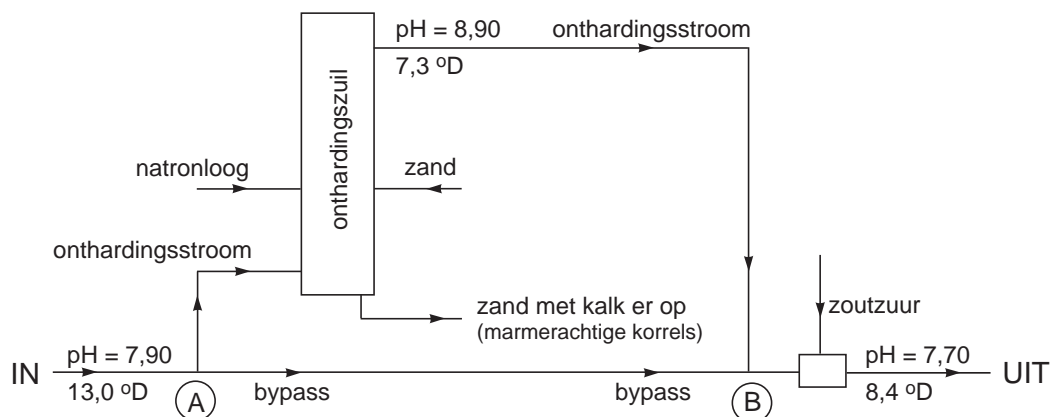
2p **8** Geef deze ontharding in een reactievergelijking weer.

Een onthardingsinstallatie, zoals die door Gemeentewaterleidingen Amsterdam op een bepaalde locatie wordt gebruikt, is in onderstaande figuur weergegeven. In deze figuur zijn ook gegevens over de pH en de hardheid van het water opgenomen. Deze gegevens zijn gemiddelde waarden over een langere periode en mogen in deze opgave worden gebruikt.

De hardheid van drinkwater wordt uitgedrukt in Duitse hardheidsgraden ( $^{\circ}\text{D}$ ). Een hardheid van  $1,0^{\circ}\text{D}$  geeft aan dat de totale hoeveelheid  $\text{Ca}^{2+}$  ionen en  $\text{Mg}^{2+}$  ionen in het water  $0,18 \text{ mmol per liter}$  is.

Het water dat de onthardingsinstallatie ingaat, wordt in twee stromen gesplitst. Eén stroom (de bypass) gaat onbehandeld verder. De andere stroom (de onthardingsstroom) gaat door een onthardingszuil (zie figuur).

**figuur: Onthardingsinstallatie voor drinkwater**



Er stroomt  $520 \text{ m}^3$  water per uur door zo'n onthardingszuil. Om een grote productie van onthard water te verkrijgen, werken er twaalf onthardingszuilen tegelijkertijd. Elke onthardingszuil werkt 98% van de tijd.

- 4p **9** Bereken hoeveel kg calciumcarbonaat in totaal per jaar in die twaalf onthardingszuilen ontstaat. Ga er bij de berekening van uit dat de daling van de hardheid uitsluitend wordt veroorzaakt door het ontstaan van calciumcarbonaat.

De temperatuur van het water in de gehele onthardingsinstallatie is  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Het water dat de onthardingszuilen verlaat, heeft een  $\text{pH} = 8,90$ . In de zuilen is de  $\text{pH}$  in de buurt van de doseerkoppen waardoor de natronloog wordt toegevoegd, hoger dan  $8,90$ . Het gevolg is dat bij de doseerkoppen vast magnesiumhydroxide wordt gevormd. Men kan zich indenken dat rondom de doseerkoppen zich een heterogeen evenwicht heeft ingesteld:



De evenwichtsconstante  $K_s$  voor dit heterogene evenwicht wordt oplosbaarheidsproduct genoemd. Bij de omstandigheden in de onthardingszuilen is de waarde van  $K_s$  gelijk aan  $1,1 \cdot 10^{-12}$ . De concentratie van de  $\text{Mg}^{2+}$  ionen in het water in de buurt van de doseerkoppen is  $0,38 \text{ mmol L}^{-1}$ .

- 3p **10** Bereken met behulp van bovenstaande gegevens de  $\text{pH}$  rondom de doseerkoppen. Gebruik onder andere een gegeven uit Binas-tabel 50A. Ga ervan uit dat bovengenoemd evenwicht zich heeft ingesteld.

Nadat de onthardingsstroom en de bypass bij **(B)** zijn samengevoegd, is de  $\text{pH}$  van het water te hoog. Met geconcentreerd zoutzuur wordt de  $\text{pH}$  op een waarde van  $7,70$  gebracht. Daarna wordt het als drinkwater naar de verbruikers getransporteerd.

Bij **(B)** wordt per uur  $520 \text{ m}^3$  water uit de onthardingsstroom gemengd met  $125 \text{ m}^3$  water uit de bypass. Wanneer wordt aangenomen dat de  $\text{pH}$  uitsluitend wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van  $\text{OH}^{-}$ , kan worden berekend hoe hoog de  $\text{pH}$  is van het mengsel dat bij **(B)** ontstaat.

- 4p **11** Bereken de  $\text{pH}$  van het mengsel dat bij **(B)** ontstaat.