



AUTEURS



Arslan Ahmad
(KWR Water
Cycle Research
Institute)



Stephan
van de Wetering
(Brabant Water)

EFFECT VAN CALCIUM EN BICARBONAAT OP IJZERVERWIJDERING BIJ GRONDWATERZUIVERING

Onderzoek naar de grote invloed van calcium en bicarbonaat op filtreerbaarheid van ijzerdeeltjes bij zandfiltratie leverde een alternatief zuiveringsconcept op met daarin een belangrijke rol voor de natronloogdosering om het bicarbonaat van het ruwwater te verhogen.

Grondwater is een belangrijke bron voor de productie van drinkwater in Nederland. Op de meeste waterproductiebedrijven (WPB's) wordt grondwater behandeld met een beluchting gevolgd door één of twee zandfiltratiestappen. Via beluchting komt zuurstof in het anaerobe grondwater dat vervolgens Fe(II) omzet naar Fe(III). Het gevormde Fe(III) reageert met water en vormt daarbij rood/bruine Fe(III) hydroxide-deeltjes. De Fe(III)-deeltjes worden gescheiden van het water door zandfiltratie. Het filtraat wordt opgeslagen in een reinwaterkelder, waarna het als drinkwater via een distributienetwerk naar de klant wordt gepompt. Hoewel de Nederlandse wet een maximale ijzerconcentratie van 200 µg/L

Parameter	Eenheid	Ruw 1	Ruw 2
pH		6.96	7.18
Bicarbonaat	mg/L HCO ₃	171	139
Geleidbaarheid	μS/cm	260	201
IJzer	mg/L Fe	4392	3456
Calcium	mg/L Ca	34.4	24.7

Tabel 1: Waterkwaliteit ruwwater 1 en 2

(Drinkwaterbesluit 2011) voorschrijft, hanteren de drinkwaterbedrijven lagere ijzergehalten in het drinkwater. Dit om onderhoud aan het distributienet te minimaliseren en om het klantcomfort te verhogen. Bij drinkwaterbedrijf Brabant Water bijvoorbeeld is de bedrijfsnorm voor ijzer in het drinkwater <20 μg/L.

Nieuwe studies

Zoals gezegd is beluchting – zandfiltratie een veelvuldig gebruikte zuiveringstechniek bij drinkwaterbedrijven voor het behandelen van grondwater, waarbij het ontwerp van de zandfilters vaak alleen gebaseerd is op kennis en ervaring [1]. Doorlopend worden er nieuwe studies verricht voor het verkrijgen van nieuwe specifieke inzichten in ijzerverwijdering met zandfiltratie. Zo is in het gezamenlijke onderzoeksprogramma van de drinkwaterbedrijven (BTO) een op kennis gebaseerd model in ontwikkeling om de bedrijfsvoering en procesoptimalisatie van zandfilters te ondersteunen [2]. De pH is bij de meeste grondwatertypen de belangrijkste parameter die de efficiency van ijzerverwijdering bepaalt [3, 4] omdat de mate van Fe(II)-oxidatie toeneemt bij een hogere pH [5]. Ook de ion-samenstelling van het water speelt een belangrijke rol bij de ijzerverwijdering, vooral in de vlokvormingsfase [6]. In de praktijk krijgt de ionensamenstelling niet altijd voldoende aandacht bij het optimaliseren en modelleren van ijzerverwijdering via zandfiltratie. In dit artikel presenteren wij het proefinstallatie onderzoek, uitgevoerd op WPB Eindhoven, waarin wij de belangrijke rol van calcium (Ca) en bicarbonaat (HCO₃) op de ijzerverwijdering met beluchting – zandfiltratie hebben onderzocht. WPB Eindhoven is met een productie van 20 Mm³/jaar veruit het grootste waterproductiebedrijf van Brabant Water. Het geproduceerde drinkwater is van uitstekende kwaliteit. De huidige zuivering bestaat uit een torenbeluchter, voorfilter, Ca(OH)₂ en KMnO₄ dosering aan het voorfiltraat gevolgd door een nafilter. Vanaf 2018 wordt WPB Eindhoven grootschalige



gerenoveerd. Deze studie is onderdeel van het optimaliseren van het zuiveringsconcept.

Opzet proefinstallatie en ruwwaterkwaliteit

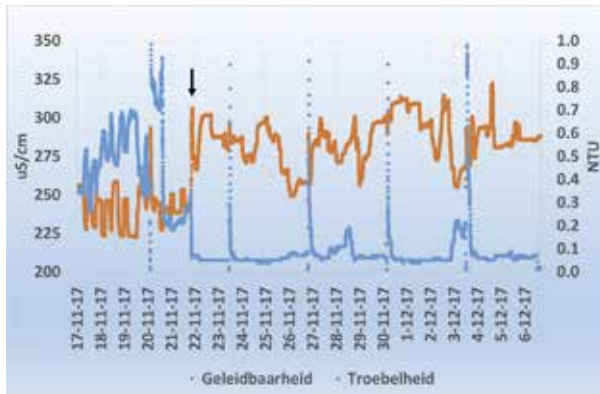
Een proefinstallatie bestaande uit een beluchting en ontgassingstoren gevolgd door een zandfilter is speciaal gebouwd voor onderzoek op WPB Eindhoven. Het zandfilter (oppervlak 0,8 m²) was ingericht als dubbellaagsfilter gevuld met 1,5 m zand (0,5–0,8 mm) en 0,5 m antraciet (1,0–1,6 mm). Het zandfilter is bedreven met een filtratiesnelheid van 5 m/uur. Twee ruwwatertypen van de bestaande zuivering zijn ingezet voor het onderzoek. Beide ruwwatertypen verschillen met name in pH en concentraties Ca en HCO₃ (tabel 1).

IJzerverwijdering in relatie tot de ruwwaterkwaliteit

Afbeelding 1 geeft de troebelheid van het filtraat weer in relatie tot de ruwwaterkwaliteit. De deeltjes die de troebelheid veroorzaken zijn Fe(III)-deeltjes. Duidelijk is te zien dat de troebelheid van het filtraat drastisch daalt van een gemiddelde van 0,5 NTU naar 0,1 NTU bij de overgang van ruw 2 naar ruw 1. Daarnaast is te zien dat ruw 1 een significant hogere geleidbaarheid heeft dan ruw 2. Dit is toe te schrijven aan hogere Ca- en HCO₃-concentraties in ruw 1 (tabel 1). Van HCO₃ is

IJzerverwijdering
bij grondwater-
zuivering

24



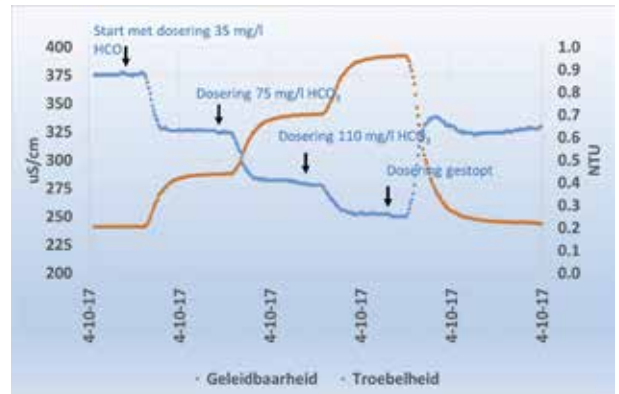
Afbeelding 1: Troebelheid filtraat in relatie tot geleidbaarheid ruw 1 en 2. De pijl geeft het punt aan van overschakelen van ruw 2 naar ruw 1

bekend dat het buffercapaciteit levert om een overmatige pH-daling te voorkomen tijdens Fe(II) oxidatie [7]. Dit is een mogelijke verklaring voor de betere ijzerverwijdering met ruw 1.

Een laag HCO_3^- -gehalte in water kan tevens een negatieve invloed hebben op de Fe(II) oxidatie als gevolg van een langzamere oxidatiekinetiek. Calcium daarentegen kan effect hebben op de oppervlaktelading (zeta-potentiaal) van Fe(III)-deeltjes en vlokvorming bevorderen [8-10], bijvoorbeeld door ladingneutralisatie. De betere ijzerverwijdering en daarmee een lagere troebelheid in het filtraat met ruw 1 zou toe te schrijven zijn aan een hoger bicarbonaat of calciumgehalte, of beide. Om dit verder te begrijpen zijn op de proefinstallatie enkele doseerexperimenten uitgevoerd met ruw 2. Aan ruw 2 (vóór de beluchting) zijn verschillende hoeveelheden HCO_3^- (gedoseerd als NaHCO_3 voor minimaal effect op pH) en Ca (gedoseerd als CaCl_2) gedoseerd, en is gekeken naar de prestatie van de zuivering.

Effect van bicarbonaat

In Afbeelding 2 staan de resultaten van de proefinstallatie na dosering van verschillende HCO_3^- -concentraties. We observeerden dat de hoeveelheid opgelost ijzer in het bovenwater van het zandfilter afneemt en dat de totale ijzerverwijdering over de beluchting – zandfiltratie toeneemt bij oplopende HCO_3^- -dosering. Dit impliceert dat doseren van HCO_3^- aan ruwwater de Fe(II) oxidatie en de filtreerbaarheid van de Fe(III)-deeltjes in een zandfilter verbetert. Dit is ook zichtbaar in Afbeelding 2, waar te zien is dat de troebel-



Afbeelding 2: Troebelheid en geleidbaarheid filtraat in relatie tot gedoseerd HCO_3^- aan ruw 2

heid afneemt naarmate de HCO_3^- -dosering toeneemt. Desondanks werden de troebelheid en de hoeveelheid ijzer in het filtraat niet verlaagd tot respectievelijk $<0,15$ NTU en $20 \mu\text{g/L}$ (Bedrijfsnorm Brabant Water) bij het doseren van 35 mg/L HCO_3^- . Bij deze dosering is de HCO_3^- -concentratie in ruw 2 namelijk vergelijkbaar met de HCO_3^- concentratie van ruw 1.

Effect van calcium

Afbeelding 3 geeft de troebelheid van het filtraat weer in relatie tot de geleidbaarheid en de hoeveelheid gedoseerd calcium aan ruw 2. De troebelheid van het filtraat neemt af naarmate meer Ca wordt gedoseerd. Dit bevestigt dat Ca een positieve invloed heeft op ijzerverwijdering met een zandfilter [8-10]. Het lijkt erop dat het hogere calciumgehalte van ruw 1 de lading van de Fe(III)-deeltjes geheel of gedeeltelijk heeft geneutraliseerd, wat tot een betere vlokvorming en ijzerverwijdering heeft geleid. We hebben eenzelfde experiment met het doseren van magnesium (Mg) uitgevoerd, wat resulteerde in vergelijkbare resultaten met verbeterde ijzerverwijdering. Met het doseren van 13 mg/L Ca aan ruw 2 is de concentratie Ca gelijk aan die van ruw 1 (tabel 1). Opvallend is dat de troebelheid van het filtraat in dat geval ook gelijk is aan het filtratie-experiment met ruw 1 (Afbeelding 1).

Conclusie en vooruitzicht

We hebben laten zien dat belangrijke grondwaterionen als HCO_3^- en Ca grote invloed hebben op de filtreerbaarheid van Fe(III)-deeltjes met zandfiltratie. Hogere concentraties van deze ionen in ruwwater leiden tot betere verwijdering van Fe(III)-deeltjes.



Afbeelding 3: Troebelheid en geleidbaarheid filtraat in relatie tot gedoseerd Ca aan ruw 2

Deze nieuwe inzichten hebben al op verschillende WPB's van Brabant Water geleid tot succesvolle optimalisatie van de ijzerverwijdering met zandfilters. Op basis van de bevindingen uit deze studie is een alternatief zuiveringsconcept voorgesteld voor waterproductiebedrijf Eindhoven. Dit zuiveringsconcept bestaat uit een NaOH dosering op het ruwwater waarmee het HCO_3^- -gehalte wordt verhoogd, gevolgd door een beluchting en ontgassingstoren en zandfiltratie. De keuze voor dit alternatieve zuiveringsconcept is gemaakt omdat naast lager chemicaliënverbruik en minder onderhoud er ook een verbetering van de waterkwaliteit is vastgesteld. De specifieke rol van Ca- en HCO_3^- -ionen in de ijzerverwijdering met beluchting - zandfiltratie zal verder moeten worden bestudeerd om het fysisch/chemisch mechanisme te doorgronden.

Dankwoord

Speciale dank aan Tim van Dijk (Brabant Water) en Jozef van den Eerenbeemt (Brabant Water) voor hun inzet en ondersteuning gedurende het onderzoek.

Arslan Ahmad
(KWR Water Cycle Research Institute)
Stephan van de Wetering
(Brabant Water)

Referenties

[1] P. Mouchet, From conventional to biological removal of iron and manganese in France, AWWA, 84 (1992) 158-167.
 [2] D. Vries, C. Bertelkamp, F. Schoonenberg Kegel, B. Hofs, J. Dusseldorp, J.H. Bruins, W. de Vet, B. van den Akker, Iron and manganese removal: Recent advances in modelling treatment efficiency by rapid sand filtration, Water Research, 109 (2017) 35-45.
 [3] C.G.E.M. van Beek, J. Dusseldorp, K. Joris, K. Huysman, H. Leijssen, F. Schoonenberg Kegel, W.W.J.M. de Vet, S. van de Wetering, B. Hofs, Contributions of homogeneous, heterogeneous and biological iron(II) oxidation in aeration and rapid sand filtration (RSF) in field sites, Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA, 65 (2016) 195-207.
 [4] C.G.E.M. Van Beek, T. Hiemstra, B. Hofs, M.M. Bederlof, J.A.M. van Paassen, G.K. Reijnen, Homogeneous, heterogeneous and biological oxidation of iron(II) in rapid sand filtration, Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA, 61 (2012) 1-2012.
 [5] B. Morgan, O. Lahav, The effect of pH on the kinetics of spontaneous Fe(II) oxidation by O_2 in aqueous solution – basic principles and a simple heuristic description, Chemosphere, 68 (2007) 2080-2084.
 [6] X. Guan, H. Dong, J. Ma, L. Jiang, Removal of arsenic from water: Effects of competing anions on As(III) removal in KMnO_4 -Fe(II) process, Water Research, 43 (2009) 3891-3899.
 [7] Stumm, J.J. Morgan, Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters, John Wiley & Sons, Incorporated, 2013.
 [8] X. Guan, J. Ma, H. Dong, L. Jiang, Removal of arsenic from water: Effect of calcium ions on As(III) removal in the KMnO_4 -Fe(II) process, Water Research, 43 (2009) 5119-5128.
 [9] R. Liu, X. Li, S. Xia, Y. Yang, R. Wu, G. Li, Calcium-Enhanced Ferric Hydroxide Co-Precipitation of Arsenic in the Presence of Silicate, Water Environment Research, 79 (2007) 2260-2264.
 [10] C.C. Davis, M. Edwards, Role of Calcium in the Coagulation of NOM with Ferric Chloride, Environ. Sci. Technol., 51 (2017) 11652-11659.
 [11] M.M. Benjamin, D.F. Lawler, Water Quality Engineering: Physical/Chemical Treatment Processes, John Wiley & Sons, New Jersey and Canada, 2013.

Ijzerverwijdering bij grondwaterzuivering

SAMENVATTING

Dit onderzoek ging over de grote invloed van calcium en bicarbonaat op filtreerbaarheid van ijzerdeeltjes bij zandfiltratie. Pilottesten wezen uit dat het doseren van deze ionen leiden tot verbeterde ontijzering met zandfiltratie. Nieuwe studies moeten worden uitgevoerd om het fysisch/chemisch mechanisme te doorgronden. Met de resultaten van deze studie is een alternatief zuiveringsconcept voor WPB Eindhoven ontworpen met daarin een belangrijke rol voor de natronloogdosering om het bicarbonaat van het ruwwater te verhogen. Het toepassen van deze kennis op andere waterproductiebedrijven bij Brabant Water heeft al geleid tot succesvolle optimalisaties van ijzerverwijdering met zandfilters.