

Waterontharding door drinkwaterbedrijven voorkomt CO₂-uitstoot

Bas Hofst, Bert van der Wal (Evides), Mart Beeftink, Ingrid Odegard (CE Delft), Onno Kramer (Waternet)

De drinkwaterbedrijven rekenen de door ontharding veroorzaakte CO₂-uitstoot mee in hun CO₂-voetafdruk, maar de vermeden uitstoot niet of nauwelijks. Een maatschappijbrede levenscyclusanalyse (LCA) van verschillende technieken voor ontharding van drinkwater laat zien: (1) dat ontharden met bijna alle (centrale) technieken netto CO₂-uitstoot reduceert, (2) vastlegging van CO₂ in kalkpellets en water een significante (circa 16% van het totaal), tot nu toe vergeten bijdrage levert, en (3) dat er potentieel een nog grotere winst (decentraal) te behalen is bij de consument.

Met ontharding wordt de concentratie van calcium (en magnesium) in water gereduceerd. De aanwezigheid van calcium in het drinkwater kan voor kalkaanslag zorgen. De Nederlandse overheid staat centrale ontharding (door drinkwaterbedrijven) toe tot 1,0 mmol calcium per liter.

De invoering van centrale ontharding van het Nederlandse drinkwater is ondertussen vrijwel overal doorgevoerd [1]. Het is economisch nuttig; de besparingen bij de verbruiker zijn groter dan de toename van de waterprijs. Daarnaast is het goed voor de volksgezondheid en het milieu en zijn er esthetische voordelen (zoals minder kalkaanslag). Het resulterende drinkwater heeft een lager oplossend vermogen voor lood en koper, apparaten een langere levensduur en er zijn lagere doseringen mogelijk van schoonmaak- en wasmiddelen [2], [3].

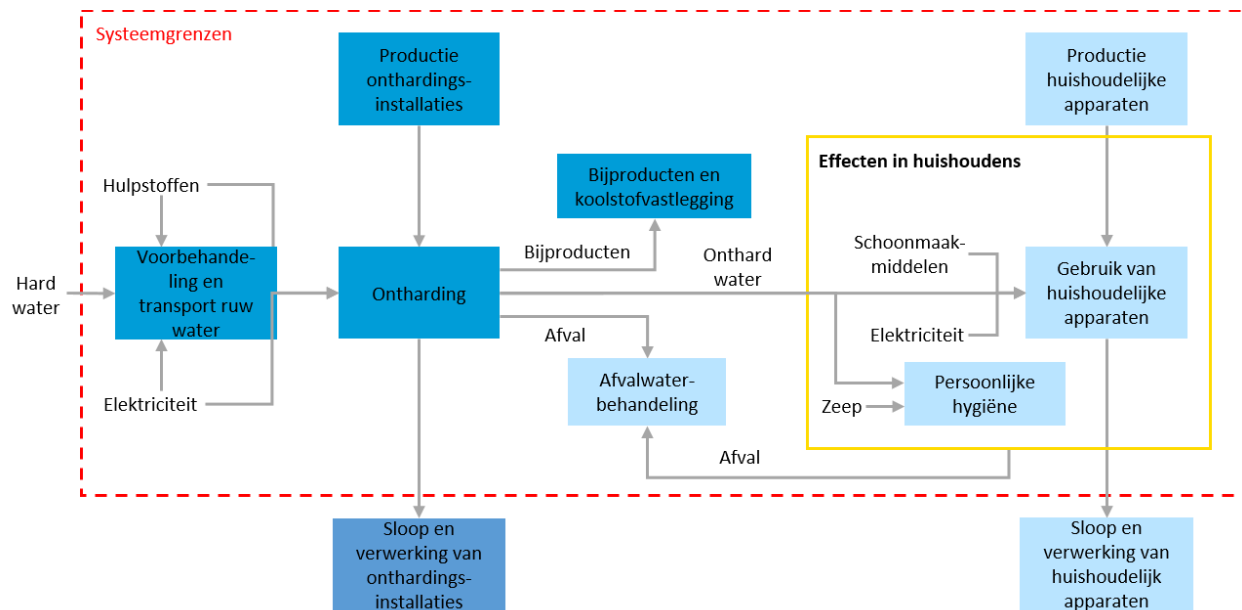
De milieuvordelen zijn al een aantal keren deels in kaart gebracht, maar nog nooit volledig gekwantificeerd. Bij het berekenen van het effect van ontharding op de CO₂-voetafdruk van drinkwaterbedrijven worden tot op heden nauwelijks positieve effecten meegenomen, terwijl het aannemelijk is dat deze effecten wel degelijk significant zijn. Om deze effecten te kwantificeren heeft onderzoeks- en adviesbureau CE Delft in opdracht van en samen met Evides en Waternet een maatschappijbrede levenscyclusanalyse (LCA) opgesteld voor het onthardingsproces [4].

Methode en bronnen

De LCA is attributioneel en uitgevoerd in SimaPro [5], versie 9.1 met Ecoinvent-database V3.6 - behalve daar waar CE Delft beschikt over een recentere of beter passende milieu-inventarisatie. Het softwarepakket SimaPro wordt veelvuldig toegepast bij het uitvoeren van LCA-berekeningen.

In de LCA is gekeken naar centrale en decentrale ontharding en naar effecten bij de consument. De functionele eenheid is het drinkwaterverbruik van één Nederlander per jaar, 43 m³ [6]. Het gekozen onthardingstraject voor de centrale ontharding is van 2,4 naar 1,4 mmol/L, enerzijds omdat dit een onthardingstraject van 1 mmol/L geeft van 'vrij hard' naar 'zacht' water, anderzijds omdat dit een veel voorkomende onthardingsdiepte is voor de Nederlandse situatie. Vijf centrale technieken zijn vergeleken; pelletreactoren (PR), bekkenontharding (BO), omgekeerde osmose (reverse osmosis, RO), nanofiltratie (NF) en ionenwisseling (ion exchange, IEX). Er is uitgegaan van een uitgebreide voorbehandeling voor ontharding (behalve bij BO). Ook decentrale thuisontharding (TO) is, op het niveau van een tweepersoonshuishouden, meegenomen. De uitgewerkte TO betreft het toepassen van IEX van 2,4 naar

0,0 mmol/L hardheid op al het drinkwater dat het huis binnenkomt (Point of Entry). De afbakening van de LCA is weergegeven in afbeelding 1.



Afbeelding 1. Systeemgrens van de LCA voor het berekenen van de CO₂-voetafdruk van ontharding, bedrijfsbreed, zonder effecten bij de klant (omstreept, exclusief het gele kader en productie van huishoudelijk apparaten) en maatschappijbreed, inclusief decentraal en effecten bij de klant (omstreept, inclusief het gele kader)

De gebruikte gegevens voor de beschrijving van de diverse technieken zijn gebaseerd op praktijkgegevens (van Evides en Waternet, bijvoorbeeld [7]), (literatuur)studies, expert-inschattingen en publieke informatie. Voor de pelletreactoren (PR) is uitgegaan van gebruik van natronloog (NaOH) als onthardingschemicalie, en bij bekkenontharding zijn gegevens voor ontharding met gebluste kalk (Ca(OH)₂), omgerekend naar natronloog om makkelijker te kunnen vergelijken. De RO, NF en IEX worden in een relatief kleine deelstroom toegepast aangezien deze dieper ontharden dan PR en BO. Voor de RO en NF is uitgegaan van een recovery (het percentage van de voedingsstroom die als product wordt opgeleverd) van respectievelijk 80 en 88 procent, resulterend in een netto totaal waterverlies van respectievelijk 9,9 en 6,0 procent. De IEX is een kationenwisselaar die met zout (NaCl) wordt geregenereerd.

Uit informatie van AquaMinerals en Evides blijkt dat de kalkpellets en het kalkslib grotendeels voor lange tijd vastliggen. Voor de vastlegging van CO₂ in calciëet (CaCO₃) is ervan uitgegaan dat van de CO₂ die is vastgelegd in de vorm van CO₃²⁻(aq) 45% na de ontharding weer wordt aangevuld uit de lucht. Dit lijkt redelijk, aangezien metingen voor de Petrusplaat (een van de bekkens van Evides in de Biesbosch) laten zien dat zo'n 50% minder CO₂ wordt verwijderd (in de vorm van HCO₃⁻ en CO₃²⁻) dan mag worden verwacht. Bij de andere bekkens in de Biesbosch (de Gijster en de Honderd en Dertig) is de discrepantie tussen de ingaande en uitgaande somconcentratie HCO₃⁻ en CO₃²⁻ een stuk kleiner dan voor de Petrusplaat. Het is echter niet mogelijk om de opname van CO₂ volledig toe te wijzen aan het effect van ontharding, omdat bijvoorbeeld ook biologische processen hierin een rol kunnen spelen.

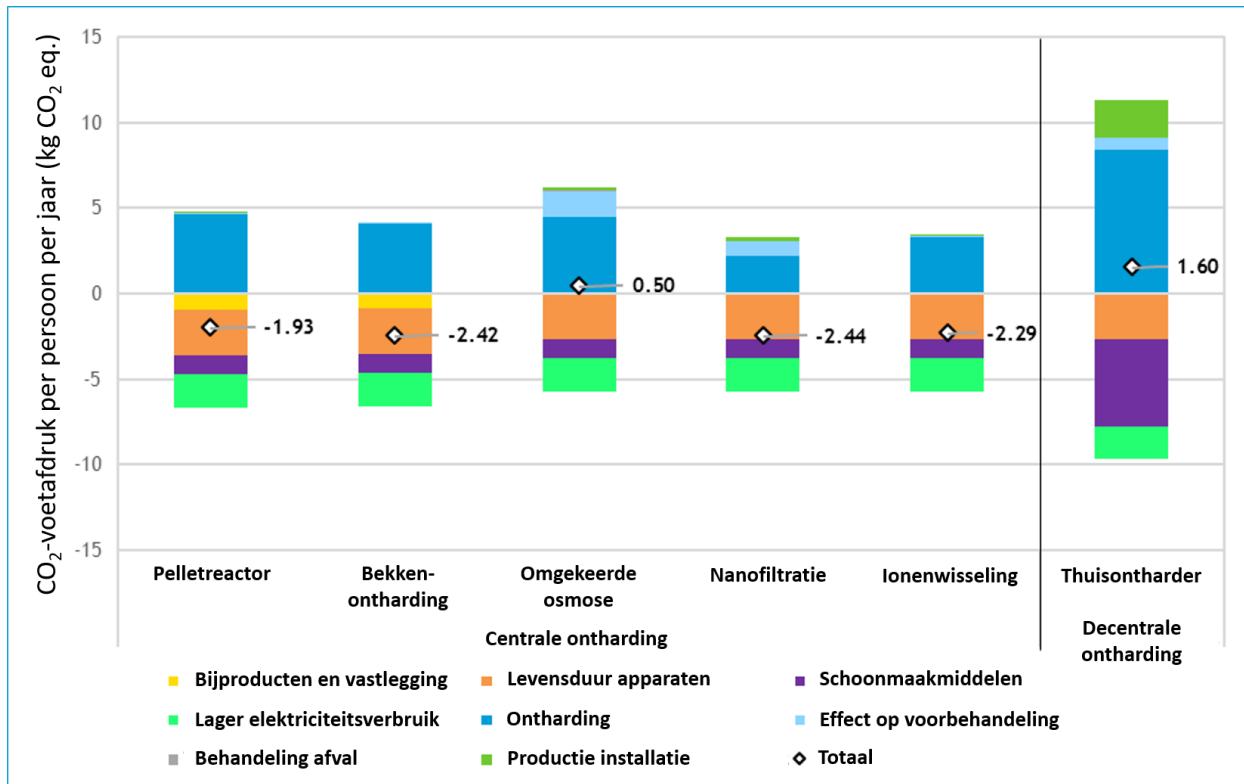
Er zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor voorbehandeling, energietype en -verbruik, schoonmaakmiddelenverbruik, vastlegging van CO₂ in reststof en de CO₂-voetafdruk van natronloog.

Resultaten

Hier worden de CO₂-voetafdruk van de beide scenario's en de gevolgen van de bevindingen voor Evides en Waternet gepresenteerd. De onderliggende resultaten van de inventarisatie zijn beschikbaar en elders gerapporteerd [4].

CO₂-voetafdruk van ontharding

In afbeelding 2 is de CO₂-voetafdruk van het ontharden van 43 m³ drinkwater met vijf centrale technieken en voor thuisontharding met IEX weergegeven. De kosten zijn te verdelen in vier categorieën. De bijdrage van de onthardingsinstallatie (lichtgroen) aan de CO₂-voetafdruk is voor PR, BO en IEX te verwaarlozen en voor RO en NF klein. Het effect van afvalverwerking is in alle gevallen verwaarloosbaar (donkergroen, aanname dat dit via het riool en de rioolwaterzuiveringsinstallatie mogelijk is). Bij RO en NF gaat significant meer water verloren dan bij PR, BO en IEX. Daarom is bij toepassing van deze technieken een grotere voorzuivering nodig (lichtblauw); de extra kosten zijn voor RO en NF ongeveer een kwart. Het grootste deel van de schadelijke impact wordt in alle gevallen veroorzaakt door het chemicaliën- en energieverbruik (in donkerblauw, 'ontharding' genoemd); >95% voor PR, BO en IEX, ~70% voor RO en NF. De positieve effecten op de CO₂-voetafdruk van onthard water (afbeelding 2) zijn vastlegging van CO₂ (geel), energiebesparing door huishoudelijke apparatuur (mintgroen), vermindering in schoonmaakmiddelenverbruik (paars) en verlenging in de levensduur van huishoudelijke apparatuur (oranje) (zie ook [2], [3]). Voor de centrale onthardingsmethoden is aangenomen dat 25 procent van de klanten zijn/haar schoonmaakmiddelengebruik aangepast heeft aan de ontharding en 75 procent niet. Dit levert per 43 m³ drinkwater 5,7 kg CO₂-equivalent (CO₂-ev.) aan vermeden emissies op en laat zien dat centraal ontharden door drinkwaterbedrijven bijdraagt aan het reduceren van de CO₂-voetafdruk, behalve voor RO. Voor RO geldt (net als voor NF) dat deze techniek nooit alleen voor ontharding ingezet zal worden. In de praktijk zal ontharding met RO, door verdeling (allocatie) van de impact van RO over ontharding en andere functies, ook bijdragen aan de reductie van de CO₂-voetafdruk. Bij PR en BO worden respectievelijk kalkpellets en kalkslib geproduceerd. De bij PR en BO vastgelegde kalk levert ongeveer -0,9 kg CO₂-eq. per persoon per jaar op (afbeelding 2, geel). Gerelateerde, niet-in CO₂ vertaaltbare positieve effecten, zoals vervanging van microplastics als schuurmiddel (bijvoorbeeld in de face-scrub van Naïf) zijn hierin niet meegenomen.



Afbeelding 2. CO₂-voetafdruk van het centraal en decentraal ontharden van 43 m³ drinkwater

Naast de al eerder besproken centrale ontharding (-1 mmol/L, van 2,4 tot 1,4 mmol/L) door vijf technieken is ook decentrale ontharding op het niveau van een tweepersoonshuishouden meegenomen (TO) met een onthardingstraject van 2,4 naar 0,0 mmol/L. In de praktijk is de eindhardheid vaak instelbaar, maar voor de analyse is het meest extreme geval van volledige ontharding genomen. Voor TO is de CO₂-voetafdruk, en vooral het chemicaliëngebruik, van de installatie flink hoger dan voor IEX, vanwege het grotere aantal kleinere installaties (per behandelde m³ meer materialen nodig) en de factor 2,4 diepere ontharding (evenredig meer chemicaliën nodig). Dieper ontharden dan 1,4 mmol/L levert geen extra voordelen op wat betreft levensduur en energieverbruik van huishoudelijke apparatuur [2], maar voor schoonmaakmiddelengebruik wel. Aangezien het aannemelijker is dat de mensen met een TO hun gedrag aanpassen en daardoor dus minder schoonmaakmiddelen verbruiken, is voor TO aangenomen dat 50 procent van de mensen met een TO hun gedrag aanpassen in plaats van 25 procent bij de centrale onthardingstechnieken. Door deze beide factoren is de impact van schoonmaakmiddelen voor de TO een factor vijf hoger dan in de andere gevallen.

De netto CO₂-voetafdruk op bedrijfsniveau is per techniek weergegeven (afbeelding 2, witte ruit) en is ongeveer even groot voor PR, BO, NF en IEX. RO heeft duidelijk meer impact, BO en IEX hebben de laagste impact. De netto impact van TO komt in deze analyse uit op 1,6 kg CO₂-eq./43 m³ drinkwater.

Gevoeligheidsanalyses

Voor voorbehandeling, energietype en -verbruik, schoonmaakmiddelenverbruik, vastlegging van CO₂ in de reststof en de CO₂-voetafdruk van natronloog zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd [4].

Deze analyses laten zien dat de voorbehandeling (uitgebreid of minimaal) een verwaarloosbaar tot klein effect heeft op de resultaten [4]. RO, NF en TO vallen significant beter uit, maar aan de onderling rangorde veranderd niets. Als er geen vastlegging van CO₂ in de kalkpellen en kalkslib is, komen NF en IEX als beste uit de vergelijking van de centrale onthardingstechnieken.

Tabel 1. Gevoeligheidsanalyse voor de bijdrage van natronloog, in kg CO₂-eq. per 43 m³ drinkwater

	PR	BO	RO	NF	IEX	TO
EcolInvent (1,37 kg CO ₂ -eq./kg)	-1,93	-2,42	0,50	-2,44	-2,29	1,60
Waternet* (1,92 kg CO ₂ -eq./kg)	-0,80	-0,78	0,82	-2,34		
Fabrikant* (0,86 kg CO ₂ -eq./kg)	-2,99	-3,93	0,20	-2,53		

* Overgenomen van [7].

De gebruikte chemicalie, natronloog, drukt zwaar op de CO₂-voetafdruk. In tabel 1 is deze uitgewerkt voor drie kentallen; de EcolInvent-waarde van 1,37 kg CO₂-eq./ kg NaOH is gebruikt voor de eerder beschreven LCA's. Waternet heeft in 2016 LCA's laten uitvoeren voor PR en RO [7] en met de twee extreme voetafdrukken voor NaOH uit dit rapport is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Dit laat zien dat centrale ontharding ook bij een waarde van 1,92 kg CO₂-eq./ kg NaOH netto CO₂ reduceert (maatschappijbreed), behalve uiteraard voor RO (wat ook voor de referentiewaarde al niet zo was). Bij het gebruik van de waarde volgens de fabrikant van 0,86 kg CO₂-eq./ kg NaOH, neemt de winst voor de technieken waarbij natronloog wordt gebruikt toe (PR, BO, RO, NF).

Tabel 2 geeft de gevoeligheidsanalyse weer voor de bron van de energie. Voor de eerder besproken LCA's is uitgegaan van de inkoop van groene stroom door de (Nederlandse) drinkwaterbedrijven. Hier is nog een verdere verbeteringsslag mogelijk door zelf meer groene stroom te produceren. Voor de processen die veel energie verbruiken (RO en NF) levert dit een grote verbetering op, waarbij RO op een lagere klimaatimpact uitkomt dan PR (met NaOH). Als productie van NaOH met groene stroom zou plaatsvinden, zou PR waarschijnlijk een lagere klimaatimpact houden.

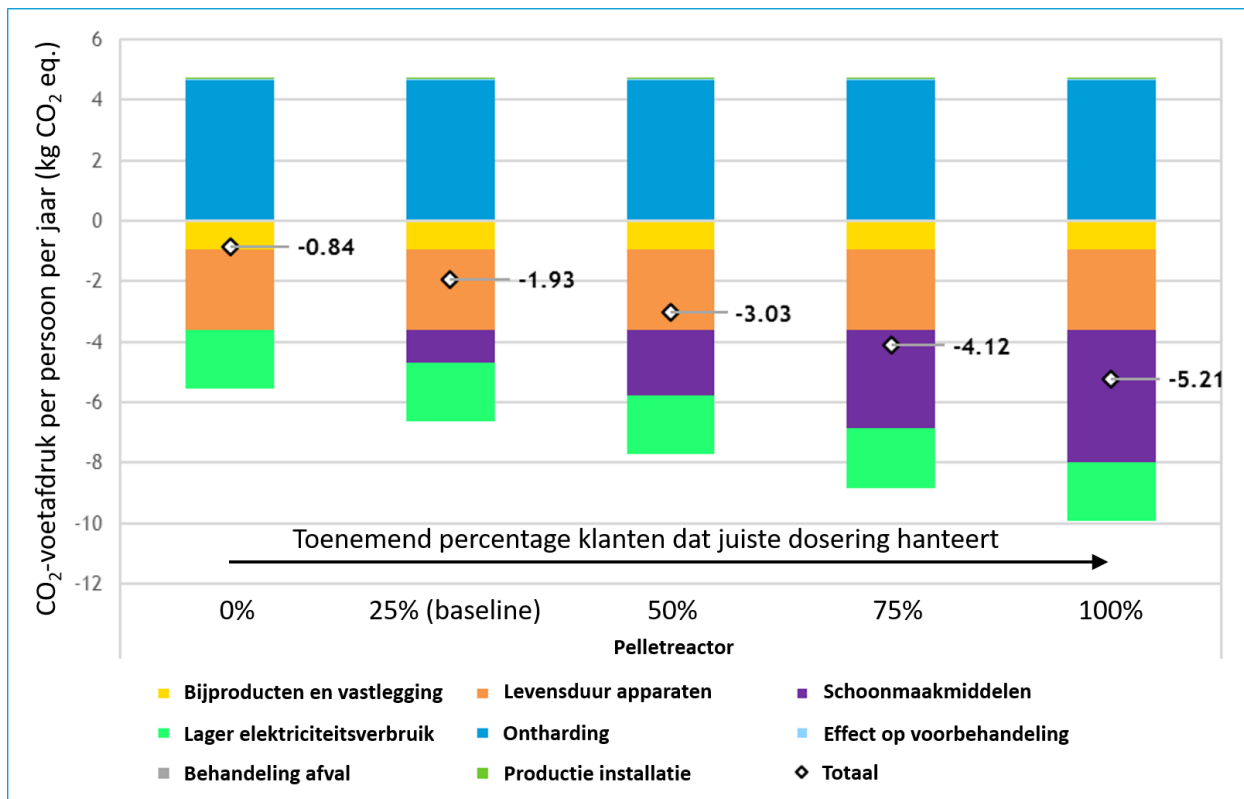
Tabel 2. Gevoeligheidsanalyse voor de bijdrage van de bron van gebruikte energie, in kg CO₂-eq. per 43 m³ drinkwater

	PR	BO	RO	NF	IEX	TO
Windmolen (0,072 kg CO ₂ eq./kWh)	-2,06	-2,48	-3,37	-4,47	-2,48	1,13
Nederlandse mix (default) (0,413 kg CO ₂ eq./kWh)	-1,93	-2,42	0,50	-2,44	-2,29	1,60

Voor achtergrond van de gebruikte kentallen voor energiemix/bron: zie [4], [8].

Een van de grootse potentiële effecten betreft het schoonmaakmiddelenverbruik. Voor de centrale onthardingstechnieken is aangenomen dat 25 procent van de klanten zijn/haar gedrag optimaal aanpast. Indien een groter deel van de klanten zijn/haar gedrag aanpast (afbeelding 3) is een significant lagere klimaatimpact te behalen. Voor TO is deze mogelijke winst kleiner, omdat aangenomen is dat meer van de klanten met een TO hun schoonmaakmiddelengebruik hebben aangepast ten opzichte van de

gemiddelde klant (50% vs. 25%). De verwachting is dat in de toekomst met de opkomst van ‘slimme’ apparaten, zoals wasmachines die zelf de dosering afstemmen op de gemeten waterkwaliteit, het percentage van consumenten dat de juiste dosering gebruikt zal stijgen en verdere milieuwinst is te behalen.



Afbeelding 3. Invloed van vermindering van schoonmaakmiddelengebruik op de CO₂-voetafdruk van ontharding met een pelletreactor. Van links naar rechts: oplopend percentage van consumenten dat de optimale hoeveelheid schoonmaakmiddelen gebruikt

Wat betekent dit voor de CO₂-voetafdruk?

Evides onthardde in bekken de Petrusplaat in 2017 ongeveer 180 Mm³ water (-0,2 mmol Ca²⁺/L). Hiervoor is gebluste kalk gebruikt, met een totale CO₂-voetafdruk van 5 kton CO₂ eq. Dit is in de CO₂-voetafdruk van Evides over 2017 – als peiljaar – meegenomen, maar de opbrengsten door vastlegging van kalkslib in het bekken en door effecten bij de klant van ongeveer 9 kton CO₂ eq. waren op dat moment nog niet kwantitatief in beeld. Het netto-effect over 2017 voor de bekkenontharding is niet 5 (uitstoot) maar -4 (vastlegging) kton CO₂-eq. (ongeveer 20 procent van de CO₂-voetafdruk van Evides drinkwater over 2017). Waternet onthardt (gemiddeld -1 mmol Ca²⁺/L) ongeveer 95 Mm³ water per jaar. Hiervoor wordt in de pelletreactoren in Leiduin en Weesperkarspel natronloog gedoseerd en na de reactoren een beperkte hoeveelheid CO₂. In totaal zijn de kosten van deze chemicaliën ongeveer 4 kton CO₂ eq./jaar. Vastlegging in pellets en effecten bij de klant beslaan circa 13 kton CO₂ eq./jaar aan vermeden emissies. Het netto-effect van ontharden op de CO₂-voetafdruk voor Waternet is daarmee ongeveer -9 kton CO₂-eq./jaar.

Conclusie

De CO₂-voetafdruk van ontharding door Nederlandse drinkwaterbedrijven is bepaald op het niveau van de maatschappij. Uit de LCA blijkt (1) dat centraal ontharden van 2,4 naar 1,4 mmol/L goed is voor de CO₂-voetafdruk (CO₂-eq. vastlegt en uitstoot voorkomt), (2) dat de gevormde kalkpellets en het kalkslib en opname van CO₂ door het water hieraan een significante en tot nu toe vergeten bijdrage leveren (circa 16% van het totaal), en (3) dat bij de consument nog een grote winst is te behalen als deze goed geïnformeerd is en zijn/haar schoonmaakmiddelenverbruik optimaal aanpast aan het zachtere drinkwater. Voor Evides betekent deze analyse een gunstige bijstelling van de CO₂-voetafdruk voor ontharden in de Petrusplaat van -9 kton CO₂-eq. voor 2017. Dit komt neer op een verlaging van ongeveer 40% van de CO₂-voetafdruk van het drinkwaterdeel van Evides. Voor Waternet komt de bijstelling op -13 kton CO₂-eq./jaar, ongeveer 90% van de CO₂-voetafdruk van het drinkwaterdeel.

Mede vanwege de forse impact dienen deze LCA-methode en de resultaten ervan meegenomen te worden bij het (beleidsmatig) bepalen van de inspanningen en het behalen van het doel om als drinkwaterbedrijf klimaatneutraal te worden en daar de consument waar mogelijk in te betrekken.

Referenties

1. Hofman, J. et al. (2007). 'Twenty years of experience with central softening in the Netherlands: water quality, environmental benefits, and costs'. *Water* 21, 21-24
2. Bruggen, B. van der et al. (2009). 'Cost-benefit analysis of central softening for production of drinking water'. *Journal of Environmental Management*, 91, 541-549
3. Godskesen, B. et al. (2012). 'Life cycle assessment of central softening of very hard drinking water'. *Journal of Environmental Management*, 105, 83-89
4. Beeftink, M., Hofs, B., Kramer, O., Odegard, I., Wal, A. van der (2020). 'Carbon footprint of drinking water softening as determined by life cycle assessment'. *Journal of Cleaner Production*, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123925>
5. <https://simapro.com/>, geraadpleegd oktober 2019
6. VEWIN (2018). *Kerngegevens drinkwater 2018*
7. Hofman-Caris, R. et al. (2016). *BTO2016.001a Ontharding 2.0 bij Waternet, Productielocatie Leiduin*: herziene versie. Nieuwegein
8. Graaff, L. de et al. (2019). *Footprint duurzame bedrijfsvoering Rijk*. Delft. CE Delft.