

Profielbemonstering voor het lokaliseren van loodafgevend onderdelen: good practices

Amitosh Dash, Mirjam Blokker (KWR), Marco Dignum (Waternet), Nathasja ten Kate (Evides), Dennis Gardien (Dunea)

Om te kunnen vaststellen of er lood in een drinkwaterinstallatie zit, en zo ja waar, is een bemonsteringsmethodiek, profielbemonstering, uitgewerkt. Profielbemonstering is een methodiek waarin een reeks monsters wordt afgenomen na langdurige stilstand (voorafgegaan door langdurig doorspoelen). Met behulp van modellering, laboratoriumexperimenten en praktijkproeven zijn de werking, de kracht en de valkuilen van profielbemonstering ontrafeld. Op basis van de opgedane ervaring zijn ‘good practices’ gedefinieerd waarin deze robuuste bemonsteringsmethodiek zo veel mogelijk tot zijn recht kan komen. Succesvolle uitvoering van profielbemonstering en het duiden van uitkomsten vereisen gedegen voorbereiding door drinkwaterbedrijven, drinkwaterlaboratoria en bewoners.

Om de gezondheid van de meest kwetsbaren beter te beschermen, is sinds eind 2022 de norm voor lood in drinkwater verscherpt van 10 naar 5 µg/L aan de kraan [1], [2]. Om de norm te toetsen gebruiken de waterbedrijven het zogenoemde Random Daytime (RDT) protocol. Daarbij nemen zij een monster van één liter op een willekeurige dag (doordeweeks) en tijdstip (tijdens kantooruren). Bij een overschrijding van de norm bij een RDT-meting [3] wordt vervolgonderzoek uitgevoerd, bijvoorbeeld visuele inspectie en/of bemonstering bij de kraan met een ander protocol.

Vervolgonderzoek met een gewijzigd meetprotocol leidt idealiter tot een uitspraak over de aanwezigheid van loodafgevend onderdelen en hun locatie. De drinkwaterbedrijven hebben de afgelopen jaren hard hun best gedaan om uit te sluiten dat er nog loden distributie- en aansluitleidingen in hun leidingnet aanwezig zijn. Wel zijn er nog andere loodhoudende onderdelen (zoals loodsoldeer in koperen aansluitleidingen, messing onderdelen in de watermeterbeugel of dienstkraan) overgebleven. Ook is er soms nog lood aanwezig in de drinkwaterinstallatie. Hoewel de waterbedrijven niet verantwoordelijk zijn voor de drinkwaterinstallatie, hebben ze vanuit hun maatschappelijke verantwoordelijkheid de wens geuit om een meetprotocol te hebben waarmee vastgesteld kan worden of (en waar) zich loden onderdelen bevinden. Op basis van internationale ervaring [4] en een theoretische studie door KWR [5] is een nieuw meetprotocol opgesteld – de profielbemonstering. De profielbemonstering is een essentieel onderdeel van het geharmoniseerde meetprotocol dat in een brede samenwerking is opgesteld [6]. In dit artikel worden de meerwaarde en de valkuilen beschreven van profielbemonstering in de praktijk. Dit gebeurt op basis van de theorie, labproeven en praktijkervaring.

Inzichten vanuit theoretische modellering – profielbemonstering is robuust

De profielbemonstering is eerst in een kunstmatige situatie uitgeprobeerd, met behulp van modellering; de belangrijke onderdelen zijn in afbeelding 1 weergegeven.

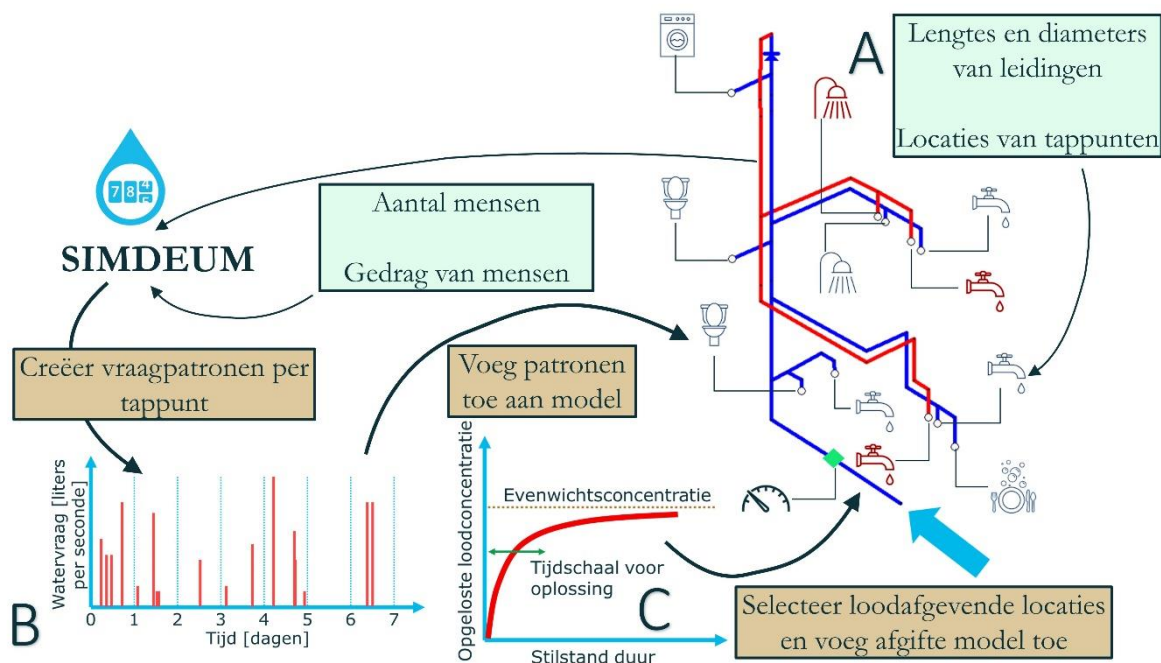
Het model bestaat uit de volgende drie belangrijke ingrediënten:

1. Een geometrie van een typisch Nederlandse drinkwaterinstallatie.

2. Waterverbruikspatronen op basis van het aantal bewoners (twee volwassenen) met bepaalde gewoontes (gemiddeld waterverbruik). De waterverbruikspatronen zijn gegenereerd met SIMDEUM dat stochastische watervraagpatronen bij elk verbruikspunt kan genereren [7]. In deze studie zijn 140 dagen met unieke waterverbruikspatronen bestudeerd.
3. Leidingmateriaal en afgifte van lood uit een aantal geselecteerde leidingen in de drinkwaterinstallatie, bijvoorbeeld bij de aansluitleiding (32 mm binnendiameter, 1 meter lang) met een evenwichtsconcentratiewaarde van 110 µg/L.

De modellering simuleert het complexe samenspel tussen stochastisch waterverbruik en tijdafhankelijke loodafgifte. Met zo'n modelleringskader kunnen niet alleen loodconcentraties aan de verbruikspunten berekend worden maar kunnen ook verscheidene bemonsteringstechnieken beoordeeld worden.

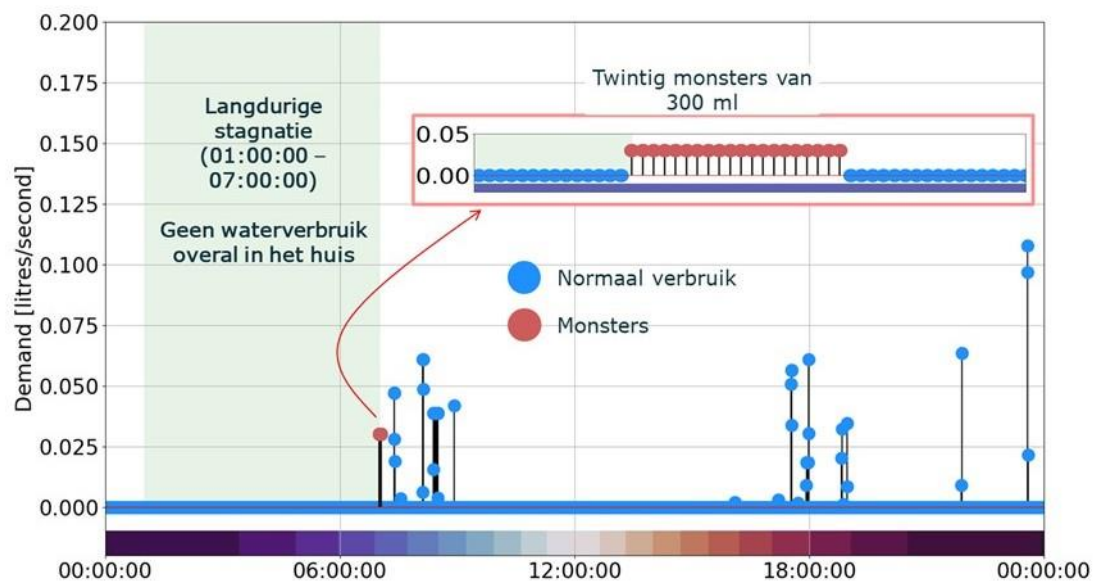
Stel je een huis met een loden leiding voor. Doordat er gedurende de nacht geen water is verbruikt, wordt er lood afgegeven aan een klein volume water. Hierdoor is de loodconcentratie 's ochtends sterk verhoogd. De plaats waar 's morgens als eerste water wordt gebruikt, bepaalt waar het verontreinigde water naartoe stroomt. Als de bewoners bijvoorbeeld naar de wc gaan, zal het met lood verontreinigde water waarschijnlijk in het riool belanden. Maar als de inwoners meteen veel water in de keuken afnemen om het ontbijt en koffie en thee te maken, zullen zij het verontreinigde water waarschijnlijk innemen. Het modelleringskader neemt dit ingewikkelde samenspel mee in de analyse.



Afbeelding 1. De belangrijkste onderdelen in het model dat het complexe samenspel tussen waterverbruik en tijdafhankelijke loodafgifte simuleert. Het model bevat A) een drinkwaterinstallatie (rechtsboven), B) realistische drinkwaterverbruikspatronen (linksonder) die door SIMDEUM worden voorspeld en C) loodafgifte-eigenschappen (rechtsonder)

In afbeelding 2 is een voorbeeld van een simulatie van profielbemonstering weergegeven. Daarin is bij de keukenkraan (koud water) te zien hoe het waterverbruik op een bepaalde dag eruitziet. De blauwe bolletjes vertegenwoordigen waterverbruik zoals voorspeld door SIMDEUM. Daar bovenop zijn twee wijzigingen aangebracht:

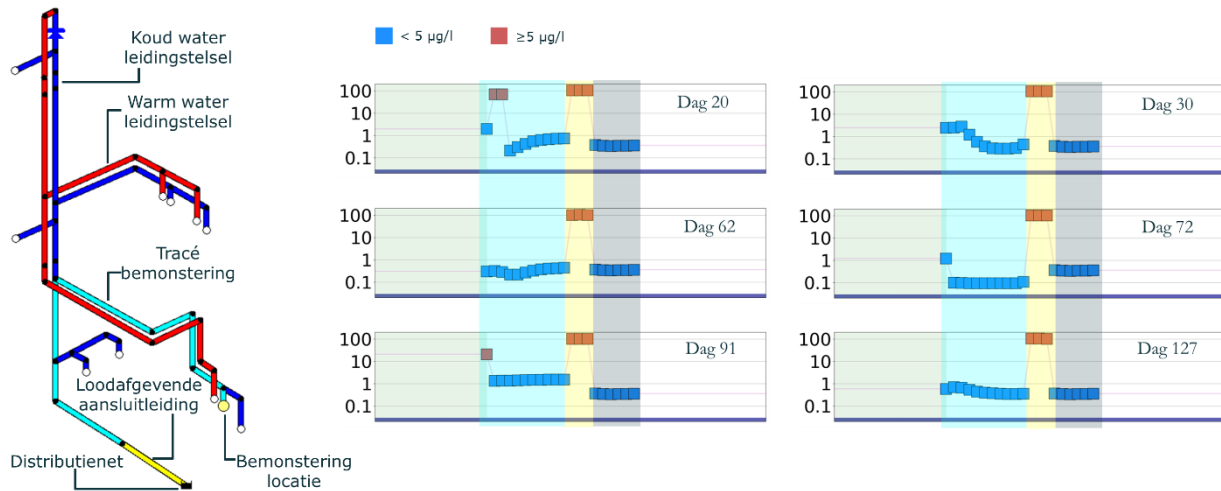
1. Bij de kraan is om 07:00 extra verbruik gedefinieerd (twintig rode bolletjes). Dit vertegenwoordigt twintig monsters die achter elkaar worden afgenomen.
2. Voorafgaand aan de bemonstering is een periode van langdurige stilstand gedefinieerd (groene balk). In die periode is alle door SIMDEUM gedefinieerde waterverbruik overal in het huis verwijderd. Door deze stagnatieperiode vindt bij de loodafgevendende locaties langdurige loodafgifte zonder onderbreking plaats.



Afbeelding 2. Uitvoering profielbemonstering (voorafgegaan door langdurige stagnatie) in de modelstudie

De resulterende loodconcentraties in de twintig virtuele monsters zijn op alle 140 gesimuleerde dagen bestudeerd. Resultaten van zes dagen zijn in afbeelding 3 weergegeven. Deze resultaten zijn representatief voor alle 140 gesimuleerde dagen. Het profiel van twintig virtuele monsters kan grofweg in drie stukken gesplitst worden:

1. Het eerste stuk omvat de elf eerste monsters (lichtblauwe achtergrond) die elk bijna altijd een loodconcentratie $< 5 \mu\text{g/L}$ hebben. Deze monsters horen bij het leidingstelsel tussen de keukenkraan en de aansluitleiding waar in het model geen lood is verondersteld. De enkele uitschieters in deze virtuele monsters kunnen vermeden worden door voorafgaand aan de stagnatie de leidingen door te spoelen.
2. Het tweede stuk omvat drie monsters (gele achtergrond) met altijd een loodconcentratie van $> 100 \mu\text{g/L}$. Deze verhoogde concentraties horen bij het lood dat tijdens langdurige stilstand is afgegeven uit de aansluitleiding. Men ziet dat deze drie monsters altijd dezelfde waarde geven.
3. Het derde stuk omvat de zes laatste monsters (grijze achtergrond) met altijd een loodconcentratie van $< 5 \mu\text{g/L}$. Dit hoort bij water vanuit het distributienet dat als water zonder lood is gemodelleerd.



Afbeelding 3. Links: schets van de drinkwaterinstallatie met tracé van de bemonstering en loodafgevend locatie. Rechts: uitkomsten profielbemonstering op zes van de 140 gesimuleerde dagen

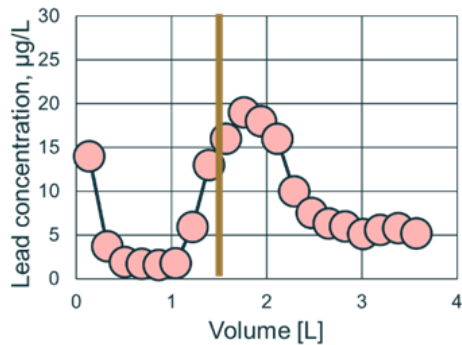
De theoretische studie heeft waardevolle inzichten over de prestatie van profielbemonstering opgeleverd. In het model zijn een aantal aannames en versimpelingen gedaan, zoals de aanname van een propstrooming (de snelheid van het water is gelijk is over de gehele doorsnede van de buis). Dat betekent dat dispersie (verspreiding van opgeloste stof als gevolg van gradiënten in snelheidsprofiel) niet is mee genomen in modelberekeningen [8]. Dit leidt tot een smallere piek dan wanneer deze versimpeling niet zou zijn toegepast. Besloten is om met metingen te toetsen of profielbemonstering ondanks de versimpelingen in het theoretische model goed interpreteerbare resultaten oplevert.

Inzichten uit laboratoriummetingen

Om de werkelijkheid na te bootsen, onder beheerste omstandigheden, is profielbemonstering in het HomeWaterLab uitgetoetst. Deze opstelling bootst een typische Nederlandse woning na. De daarin gemonteerde kranen worden automatisch aangestuurd [9], [10].

Dicht bij de ingang van de opstelling is een loden leidingstuk gemonteerd (volume ~60 ml). Het volume water tussen de monsternamelocatie en het loden stuk is 1450-1500 ml. In het HomeWaterLab is een aantal profielbemonsteringproeven gedaan, met variaties in volume van het monster. De volgende combinaties zijn onderzocht (volume van monster × aantal monsters): 100 ml × 20; 250 ml × 8; 500 ml × 4; 1000 ml × 2; 2000 ml × 1. Op basis van de bevindingen uit de theoretische modellering, wordt verwacht dat één monster van elke reeks een verhoogde loodconcentratie heeft. Het volume van het loden leidingstuk van 60 ml is kleiner dan het monstervolume. Theoretisch gezien zou men dus verwachten dat verhoogde loodconcentratie enkel bij een monster gezien zal worden waar het pakketje water van 60 ml in de reeks monsters belandt).

Vóór elke monsterreeks is de opstelling doorgespoeld. Vervolgens vond een stilstand van ongeveer 6 uur plaats. Bij het HomeWaterLab is na de stilstand een programma gedraaid waarmee de juiste reeks voor de profielbemonstering automatisch afgespeeld wordt.



Afbeelding 4. Voorbeeldmeting van profielbemonstering in het HomeWaterLab. De bruine lijn geeft de locatie aan van het stuk loden leiding. De hoge waarde van het eerste monster wordt veroorzaakt door lood uit de messing aansturingskleppen (kraan van de opstelling)

Een voorbeeld van een profielbemonsteringmeting is in afbeelding 4 weergegeven. Hier is de overeenkomst tussen de piek in het profiel en de locatie van het loden stuk duidelijk (dicht bij 1,5 L). Te zien is ook dat de verhoogde loodconcentratie in meerdere monsters voorkomt (tussen 1,2 en 2,2 L), wat waarschijnlijk komt door dispersie over de lengte. Dit is ook in andere opstellingen gemeten [11]. Dit geeft aan dat de aanname van propstroming niet altijd bruikbaar is bij waterkwaliteitsberekeningen [8]. In de praktijk betekent dit dat het loodconcentratieprofiel breder zal zijn dan theoretisch verwacht. Desondanks geven de resultaten van de profielbemonstering wel duidelijk aan dat er lood aanwezig is en waar het loodhoudende onderdeel zich bevindt.

De proeven zijn met meerdere monstervolumes gedaan om te onderzoeken of grotere monstervolumes tot lagere waarden van waargenomen loodconcentraties leiden (door verdunning van een klein volume water in contact met lood in een groter volume schoon water). Dit is deels waargenomen. Bij een monstervolume van 100 ml is de maximaal waargenomen concentratie 19 µg/L, bij 500 ml is het 11 µg/L, bij 1000 ml 7,2 µg/L en bij 2000 ml 4,8 µg/L. Dit laat zien dat een groter monstervolume leidt tot verdunning en dat daarmee de conclusie van de analyse kan veranderen.

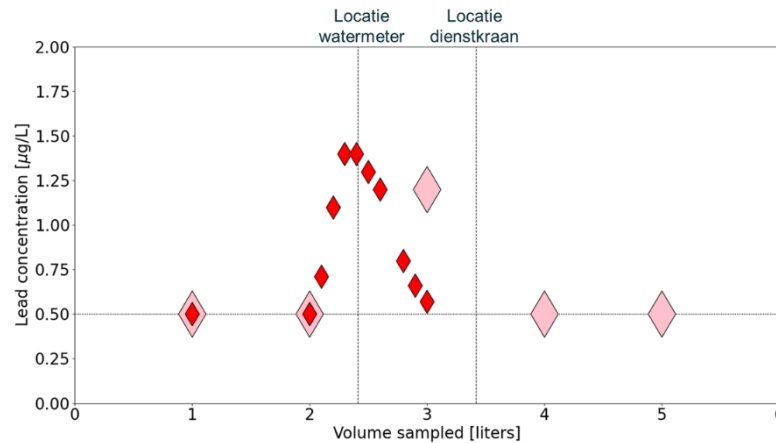
Inzichten uit praktijkmetingen

Met modelberekeningen en labmetingen is aangetoond dat profielbemonstering een krachtig middel kan zijn om loodafgevend onderdelen te lokaliseren. De volgende stap was het testen van het meetprotocol in de praktijk. Er is er een uitgebreide vragenlijst opgesteld waarmee veel metadata rondom metingen zijn verzameld. Denk hierbij aan hoe monsters zijn afgenomen, schetsen van woningen en informatie over stilstandduur [12]. De antwoorden zijn samen met de uitslagen van de profielbemonstering geanalyseerd.

Er zijn tien praktijkmetingen gedaan met profielbemonstering. Een voorbeeld daarvan is in afbeelding 5 weergegeven. Bij deze woning is twee keer bemonsterd, met een tussenperiode van twee weken. De metingen zijn voorafgegaan door een periode van langdurige stilstand. Vlak voor aanvang van de stagnatie is de kraan op maximale snelheid doorgespoeld. De kraan is tussen de metingen niet gesloten en de flessen zijn achter elkaar gevuld met korte tussenpozen van 1 seconde.

Bij de eerste bemonstering zijn vijf monsters van 1000 ml afgenomen. De loodconcentraties in de reeks zijn over het algemeen laag, met een lichte verhoging in het derde monster. Deze verhoging wijst op een bron van lood ergens dicht bij de watermeter. Naar aanleiding van de uitslag hiervan is een tweede bemonstering uitgevoerd door alleen het derde monster van 1000 ml uit te splitsen in tien monsters

van 100 ml (kleiner monstervolume = minder verdunning = betere lokalisatie). De tweede reeks toont duidelijk een piek bij de watermeter. Er is berekend dat de totale massa lood (som van volume monster × loodconcentratie voor alle monsters) in de derde liter voor beide metingen gelijk is. Dit toont de robuustheid van de techniek ook in de praktijk aan.



Afbeelding 5. Voorbeeld van toepassing profielbemonstering bij een woning. Roze ruiten: eerste profielbemonstering, rode ruiten: tweede profielbemonstering. De horizontale lijnen tonen waarden gemeten tijdens RDT, de verticale lijnen tonen locaties van overgangen in de drinkwaterinstallatie

‘Good practices’ voor effectieve profielbemonstering

De opgedane kennis en ervaring hebben veel inzichten opgeleverd over hoe profielbemonstering uitgevoerd moet worden om de resultaten goed te kunnen duiden. De volgende ‘good practices’ worden aanbevolen. Details hiervan zijn elders beschikbaar [12]:

1. Schets de geometrie van de drinkwaterinstallatie (met dimensies) en bepaal de overgang naar aansluitleiding.
2. Bepaal de optimale monstervolumes (het is prima om uiteenlopende monstervolumes te hebben) en houd bij grotere monstervolumes rekening met verdunning.
3. Bemonstering werd voorafgegaan door een langdurige stagnatie (om verhoogde loodafgifte te krijgen). Langdurige stagnatie werd voorafgegaan door een langdurige doorspoeling (om de inhoud van de leidingen te verversen).
4. Geen verspilling van water tijdens bemonstering.
5. Analyseer alle monsters (geen monsters overslaan om kosten te besparen).
6. Lokaliseer loodafgevend onderdelen door een grafiek van de loodconcentratie uitgezet tegen het afgenomen volume te analyseren.

Het is onwenselijk dat de kraan open blijft tussen de afname van twee monsters in de reeks. Verspilling van water is een verspilling van data. Zo’n verspilling beïnvloedt de duiding van de resultaten en kan leiden tot een verkeerde lokalisatie van het loodafgevend onderdeel.

Conclusies

Aan de hand van de voorbeelden uit theorie, lab en praktijk wordt geconcludeerd dat profielbemonstering een krachtig middel is voor het aantonen van de aanwezigheid en locatie van loodafgevend onderdelen in de drinkwaterinstallatie. Daarbij geldt dat er meer voorbereiding nodig is dan voor de RDT-bemonstering en dat een zorgvuldige uitvoering extra belangrijk is. Een slechte voorbereiding en/of uitvoering leidt ertoe dat een goede interpretatie van de uitkomsten niet mogelijk is. De good practices in dit artikel bieden handvatten voor een optimale uitvoering. Dit onderzoek toont ook de meerwaarde van modellering en laboratoriumproeven voor het ondersteunen van praktijkmetingen. De onderzoeksmiddelen uit deze studie kunnen ook toegepast worden voor andere stoffen die in de drinkwaterinstallatie worden afgegeven.

Dankwoord

Dit onderzoek is gefinancierd vanuit het gezamenlijke Bedrijfstakonderzoek van de Nederlandse waterbedrijven, het Vlaamse waterbedrijf De Watergroep en de Vereniging van Drinkwaterbedrijven in Nederland (Vewin). De auteurs danken alle leden van de begeleidingsgroep van de bijbehorende onderzoeksprojecten, vooral voor de praktijkmetingen met profielbemonstering. Daarnaast gaat dank uit naar Robbie van Pelt, Harry van Wegen, Sidney Meijering, Nanda Huijbens-Berg, Alex Zoontjes en Claudia Kooijman (KWR) en Christophe Deleersnyder (Catael) voor hun ondersteuning bij de laboratoriumproeven.

Referenties

1. 'Norm voor lood in drinkwater eind 2022 omlaag'. *H2O actueel*, 7 Juli 2020. <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/norm-voor-lood-in-drinkwater-eind-2022-omlaag>
2. Overheid.nl (2022). *Drinkwaterbesluit* (geldend van 01/01/2024) <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/2024-01-01/0?VergelijkMet=BWBR0030111%3fg%3d2022-07-01%26v%3d0>, geraadpleegd op 8 november 2024
3. Inspectie Leefomgeving en Transport (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) (2023). *Drinkwaterkwaliteit 2022*. Inspectie Leefomgeving en Transport, Den Haag, 2023.
4. S. Triantafyllidou, S. et al. (2021). 'Variability and sampling of lead (Pb) in drinking water: Assessing potential human exposure depends on the sampling protocol'. *Environment International*, vol. 146, p. 106259, 2021.
5. Dash, A., Steen, J. van en Blokker, M. (2022). 'Robustness of profile sampling in detecting dissolved lead in household drinking water' in *2nd International Joint Conference on Water Distribution Systems Analysis & Computing and Control in the Water Industry*, Valencia (Spain), 2022.
6. Carpentier, C. (2022). *Harmonisatie van een bemonsteringsprotocol voor het bepalen van loodafgifte in binneninstallaties*. Sensileau B.V, 2022.
7. Blokker, E. J. M., Vreeburg, J. H. G. en Dijk, J. C. van (2010). 'Simulating residential water demand with a stochastic end-use model'. *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 19, nr. 1, pp. 19-26, 2010.
8. Burkhardt, J. B. et al. (2020). 'Framework for modeling lead in premise plumbing systems using EPANET'. *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 146, nr. 12, p. 04020094, 2020.

9. Summeren, J. van en Dash, A. (2023). *HomeWaterLab - ontwerp en bouw proefopstelling drinkwaterinstallatie*. KWR 2023.016, KWR Water Research Institute, Nieuwegein, 2023.
10. Dash, A., Summeren, J. van en Blokker, E. (2023). 'Beter begrip van de laatste loodjes met het HomeWaterLab'. *TVVL Magazine*, vol. 5, pp. 12-15, 2023.
11. Achtemeier, R. et al (2022). 'Full scale home plumbing system pilot plant', in *Small systems drinking water workshop*, Covington, Kentucky, 2022.
12. Dash, A. Galama-Tirtamarina, A., Dignum, M., Kate, N. ten en Leer, R. van der (2024). *Lood uit messing onderdelen en loodsoldeer*. BTO 2024.058, KWR, 2024.