

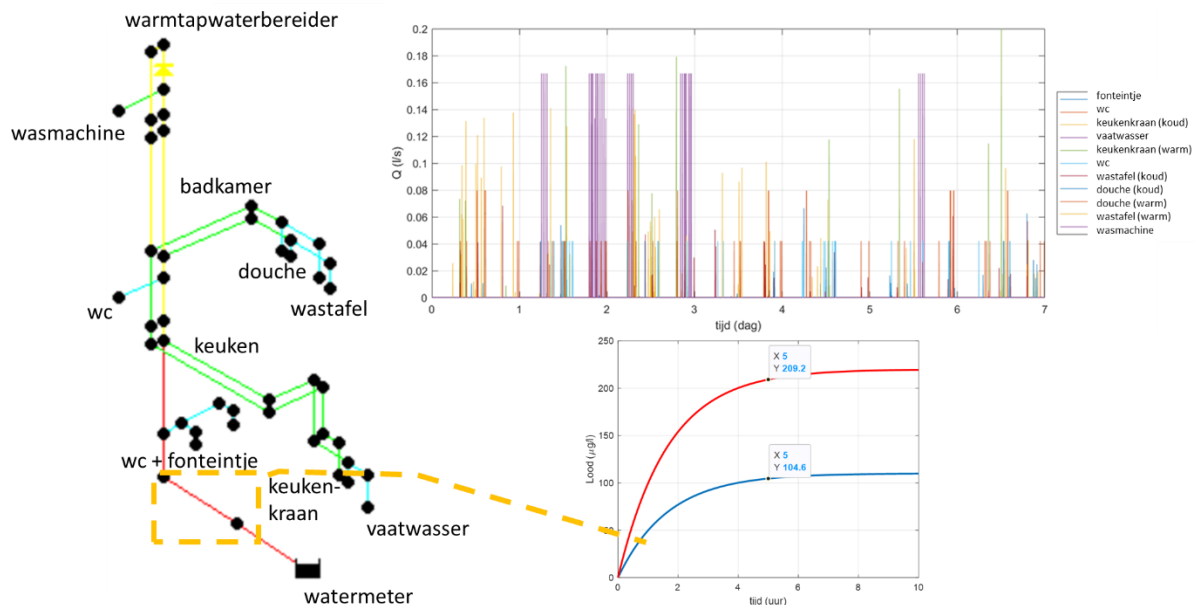
Model van drinkwaterinstallatie geeft inzicht in betekenis van lood, gemeten aan de keukenkraan

Auteur dr. ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Sinds najaar 2019 is er veel aandacht voor lood in drinkwater na meldingen van hoge loodconcentraties aan de tap in Amsterdam. Het Drinkwaterbesluit stelt een maximale waarde aan de hoeveelheid lood die iemand via drinkwater mag binnenkrijgen. Deze norm is gerelateerd aan de gemiddelde wekelijkse inname. Er bestaan verschillende monsternameprotocollen met elk hun specifieke doel.

In dit onderzoek is met behulp van een model van een drinkwaterinstallatie met loden leidingen inzicht verkregen in de loodwaarden die bewoners via drinkwater kunnen binnenkrijgen, en welke waarden met verschillende monsternameprotocollen aan de keukenkraan zijn aan te treffen. Uit de modelberekeningen volgt dat de waardes van RDT-monsters en stagnatiemonsters geen relatie hebben met de gemiddelde wekelijkse loodinnname door de bewoners van de woning waar gemeten wordt, en zijn dus niet geschikt om een uitspraak te doen of de gemiddelde wekelijkse loodinnname de drinkwaternorm overschrijdt. Stagnatiemonsters lijken wel toepasbaar om lood in de drinkwaterinstallatie op te sporen, maar bij welk resultaat daadwerkelijk de norm wordt overschreden, is nog niet vast te stellen. Daarvoor is verder onderzoek nodig. RDT is niet bedoeld en ook minder geschikt dan stagnatiemonsters om in de drinkwaterinstallatie op te sporen.

Uit dit onderzoek blijkt dat een modelaanpak veel inzicht geeft in de waarde van metingen. Verdere ontwikkeling en toepassing van het model kan een belangrijke bijdrage leveren in vervolgonderzoek.



Model van de drinkwaterinstallatie met stochastische verbruikspatronen per tappunt en een diffusiemodel voor de afgifte van lood uit een leiding

Belang: lood in drinkwater moet worden vermeden

Tot ongeveer 1960 is zijn loden leidingen in drinkwaterinstallaties toegepast. Als gevolg van loodafgifte in deze installaties, en de negatieve effecten hiervan op de hersenontwikkeling – met name bij (ongeboren) kinderen – is er veel aandacht voor dit onderwerp. De maximale hoeveelheid lood die iemand volgens het Drinkwaterbesluit via drinkwater mag binnenkrijgen, bedraagt 10 µg/l. Deze norm geldt voor een steekproef, representatief voor de gemiddelde hoeveelheid die de drinkwaterklant wekelijks binnenkrijgt. Voor deze steekproef is de zogenoemde ‘proportionele monstername’ de ultieme methode, bestaande uit een verzamelmonster van het water dat gedurende een week aan de tap wordt gebruikt voor consumptie (koffie, thee, limonade, koken van rijst en pasta, etc.).

Omdat deze bemonstering arbeidsintensief en kostbaar is, gebruiken waterbedrijven de wettelijk voorgeschreven methode RDT (random daytime)-monstername. In dit geval wordt aan de keukenkraan op een willekeurig moment en adres één liter water getapt, zonder deze vooraf door te spoelen. Van een verzameling RDT-monsters in een voorzieningsgebied wordt aangenomen dat deze representatief is voor de gemiddelde loodblootstelling in dat gebied.

In het najaar van 2019 kwamen er meldingen van hoge loodconcentraties aan de tap in Amsterdam. RIVM heeft een methode opgesteld om zicht te krijgen op de aanwezigheid van loden leidingen in een drinkwaterinstallatie. Volgens deze methode wordt na 6 uur stagnatie één liter water aan de keukenkraan bemonsterd en op lood geanalyseerd. Onduidelijk is echter of (en hoe) de waarde van een individuele meting kan worden vertaald naar de gemiddelde wekelijkse inname en in welk geval actie nodig is om de loodbron op te sporen en te verwijderen.

Aanpak: modelleren van installatie met loden leidingen, waterverbruik en monstername

In dit project zijn eventuele relaties tussen de genoemde bemonsteringsmethoden (proportionele monstername, RDT en stagnatiemonsters) onderzocht middels een modelaanpak.

Een model is gebouwd van een Nederlandse drinkwaterinstallatie met verschillende scenario's van leidingmaterialen (koper of lood in de leiding na de watermeter, tot aan de keuken of in de keuken). Voor een tweepersoonshuishouden zijn op elk tappunt patronen van drinkwaterverbruik gesimuleerd met het stochastisch model SIMDEUM.

Met een diffusiemodel is het oplossen van lood uit loden leidingen nagebootst. Dit betekent dat niet in het model is opgenomen dat loden leidingen deeltjes zouden kunnen afgeven. Gevarieerd is met de drinkwaterkwaliteit, wat een effect heeft op het loodoplossend vermogen van het drinkwater. Met name zuurgraad (pH) en temperatuur zijn van invloed. Uit modelberekeningen volgt voor elke configuratie de wekelijkse loodinname onder de gemiddelde watersamenstelling.

Vervolgens zijn de verschillende monsternameprotocollen (RDT- en stagnatiemonsters) gesimuleerd met een variatie in monstervolume (1 of 2 opeenvolgende liters), het moment van monstername, of er voorafgaand aan stagnatie eerst is doorgespoeld of niet, en of er voorafgaand aan de monstername sprake was van normaal of juist geen verbruik (aan alleen de keukenkraan of in het hele huis). De gesimuleerde loodwaarden van de verschillende monsterprotocollen zijn vergeleken met de gesimuleerde gemiddelde wekelijkse inname.

Resultaten: RDT- en stagnatiemonsters niet representatief voor wekelijkse inname woning

De wekelijkse loodinname hangt af van waar de loden leidingen zich in huis bevinden en wat hun diameter en lengte is (leidingconfiguratie), de drinkwaterkwaliteit, en het waterverbruik aan alle tappunten – wat samenhangt met de gezinssamenstelling. Bij de meeste simulaties werd de norm voor wekelijkse inname overschreden.

Bij RDT hangt de gemeten loodwaarde af van de leidingconfiguratie, de drinkwaterkwaliteit, en het waterverbruik in de woning. Echter, de loodwaarde die gemeten worden met RDT is slechts één willekeurige loodwaarde uit de wekelijkse inname. Deze waarde kan heel hoog zijn, maar er is ook een significante kans om geen lood te meten. Daarmee

geeft RDT geen representatieve waarde voor de gemiddelde wekelijkse inname door de bewoners van de woning waar gemeten is. Het is ook niet mogelijk om van de gemeten waarde via het model een uitspraak te doen over de gemiddelde wekelijkse inname omdat er te veel onbekende parameters zijn bij een meting; er is namelijk onbekend of en hoeveel lood in de drinkwaterinstallatie aanwezig is, onbekend wat de precieze watersamenstelling is, en onbekend hoe het waterverbruik voorafgaand aan de meting eruit zag. N.B. een verzameling van RDT metingen in een voorzieningsgebied geeft wel een beeld van de wekelijkse inname door de bewoners van dat gebied, maar dat is hier niet onderzocht.

Bij stagnatiemonsters hangt de gemeten loodwaarde af van de leidingconfiguratie, de drinkwaterkwaliteit en de stagnatietijd. Deze waarde heeft geen relatie met het waterverbruik. De gemeten loodwaarde in het monster wordt vooral bepaald door de combinatie van maximaal loodoplossend vermogen (dat bepaald wordt door de drinkwatersamenstelling) en de aanwezigheid van loden leidingen, maar in veel mindere mate door de hoeveelheid lood in de woning. Dit betekent dat een stagnatiemonster geen representatieve waarde geeft voor de gemiddelde wekelijkse inname. Het is niet eenvoudig om het model te gebruiken om een gemeten waarde om te rekenen naar de gemiddelde wekelijkse inname omdat er bij de meting nog enkele onbekende parameters zijn. Er is bij een meting onbekend hoeveel lood in de drinkwaterinstallatie aanwezig is (dat lood aanwezig is volgt uit een positieve loodwaarde), en de drinkwatersamenstelling is vaak ook niet precies bekend. Bij voldoende lange stagnatietijd (6 uur) kan mogelijk worden afgeleid uit de meting wat de maximale loodwaarde is voor deze watersamenstelling, omdat wel bekend is hoe het waterverbruik voorafgaand aan de meting eruit zag (namelijk geen verbruik). Om te bepalen of en hoe de waarde van het stagnatiemonster kan worden omgerekend naar wekelijkse inname is het nodig om veel meer modellen door te rekenen, met meer variatie in drinkwaterinstallaties (configuraties), meer variatie in verbruikspatronen en gezinssamenstellingen en waterkwaliteiten.

Conclusie luidt dat in een individuele woning noch RDT noch de stagnatiemonsternamen representatief is voor de gemiddelde wekelijkse loodinname. Daarom kan de norm voor wekelijkse inname niet voor deze monsters worden gehanteerd.

Resultaten: stagnatiemonsters wel geschikt om loden leidingen op te sporen

Bij RDT is er een significante kans om geen lood te meten, bijvoorbeeld omdat het water uit de loden leiding net ververst is door een toiletspoeling. Omdat de kans op een vals negatieve uitspraak (wel lood aanwezig, RDT meet geen lood) significant is, is RDT niet geschikt om loden leidingen in een woning op te sporen. De kans op een vals positieve waarde (er is geen lood aanwezig, RDT meet wel lood) is te verwaarlozen: als met RDT lood wordt gemeten, dan is er een bron van lood in de drinkwaterinstallatie.

Resultaten van stagnatiemonsters kunnen wel een aanwijzing geven voor de aanwezigheid van lood. Bij de gemodelleerde aanwezigheid van een loden leiding, was in vrijwel alle doorgerekende scenario's sprake van een hoge loodwaarde. Echter, ondanks de aanwezigheid van een loden leiding zijn ook lage waarden gevonden in de stagnatiemonsters. Dit kan komen door veel verdunning (slechts 5% van het monster komt uit een loden leiding) of doordat het monstervolume van één liter niet groot genoeg is om hierin ook water uit de loden leiding in te verzamelen. Dit gebeurt bijvoorbeeld als zich alleen vlak na de watermeter een loden leiding bevindt, en het leidingvolume na de loden leiding tot aan de keukenkraan meer is dan één of twee liter. Ook hier geldt dus dat er een kans is op vals negatieve waarde, maar die kans is veel kleiner dan bij RDT en kan worden beperkt door voldoende grote monsters te nemen (in de leidingconfiguratie in het model was 1 liter vaak niet voldoende, maar het nemen van een aanvullende 2^{de} liter wel). De kans op een vals positieve waarde is te verwaarlozen: als in een stagnatiemonster lood wordt gemeten, dan is er een bron van lood in de drinkwaterinstallatie.

Bronnen van lood in de drinkwaterinstallatie zijn niet alleen loden leidingen, maar kunnen ook messing onderdelen of loodsoldeer zijn. Deze laatste bronnen zullen veel minder bijdragen aan de gemiddelde

wekelijkse inname, maar hoeveel moet nog worden onderzocht. Ook moet worden onderzocht wat de bijdragen van deze bronnen is aan de gemeten waarden aan de keukenkraan. Daarmee kan beter worden geïnterpreteerd wat een hoge of lage loodwaarde in een stagnatiemonster precies betekent; of het nodig is om de loodbron op te sporen en te verwijderen of dat het risico voor de gezondheid verwaarloosbaar is.

De conclusie luidt dat RDT-monsters niet geschikt zijn om loden leidingen in woningen op te sporen. Stagnatiemonsters zijn dat wel, mits voldoende lange stagnatietijd (6 uur) en het monstervolume groot genoeg is (bereken de inhoud van keukenkraan tot aan de watermeter). De stagnatiemethode waarbij stagnatie betekent dat er geen verbruik was in de hele woning werkt beter dan wanneer er alleen geen verbruik was aan de keukenkraan.

N.B. I) RDT is ook niet bedoeld om loden leidingen op te sporen; II) een hoge loodwaarde in een RDT-monster is wel een indicatie dat er lood aanwezig is.

Toepassing: gebruik het model voor onderbouwing van de blootstelling aan metalen

Dit onderzoek heeft een proof-of-concept opgeleverd. Met een gedetailleerd model van een drinkwaterinstallatie, metaalafgifte door leidingen, realistische verbruikspatronen en monsternamen-protocollen kan inzicht worden verkregen in blootstelling aan metalen, en de waardes die met bemonstering worden gevonden.


Na toevoegen van een groter aantal scenario's (verschillende typen installaties, variatie in aantal bewoners en meer verbruikspatronen) en validatie van het model in de praktijk, is het model bruikbaar om bijvoorbeeld de bijdrage van verschillende bronnen van lood (bijv. lood uit messing onderdelen) aan de blootstelling (wekelijkse inname) te bepalen, en ook de bijdrage daarvan aan de loodwaardes in monsters. Ook zou het model ingezet kunnen worden om te onderzoeken of het op een of andere manier mogelijk is om de loodwaardes van stagnatiemonsters om te rekenen naar de gemiddelde wekelijkse inname, of om op basis van de berekende blootstelling (gemiddelde wekelijkse

inname) een norm af te leiden voor stagnatiemonsters.

Deze modelaanpak kan ook worden gebruikt om de blootstelling aan andere metalen en de waardes die aan de keukenkraan worden gemeten te interpreteren.

Het rapport

Dit onderzoek is in de vorm van een presentatie beschreven in *Wanneer wordt de loodnorm in een woning overschreden? Feiten en cijfers* (KWR 2021.004).

A network diagram with blue nodes and lines on a dark blue background, positioned on the left side of the slide.

11 maart 2021, Mirjam Blokker

Wanneer wordt de
loodnorm in een
woning overschreden?
Feiten en cijfers

Modelleren loodblootstelling
aan de keukenkraan

KWR

Bridging Science to Practice

N.B. In deze presentatie wordt als decimaal scheidingsteken een punt gebruikt, zodat tekst en figuren (die zijn gemaakt in internationale software) niet verschillen.



Projectopdracht ministerie I&W “Modelleren loodblootstelling aan de tap”

Simuleer een drinkwaterinstallatie met loden aansluitleidingen en/of fittingen en bereken de loodconcentraties in het drinkwater aan de keukenkraan.

Inzicht in invloedsfactoren op de wekelijkse inname
Inzicht in kans op vinden normoverschrijding met alternatieve
monsternameprotocollen

Verschuiving van de opdracht, onder invloed van de inbreng van het Ministerie van Binnenlandse Zaken, in het kader van vragen van de huurcommissie.

Wanneer wordt de loodnorm in een woning overschreden?



Activiteiten

Activiteit 1: voorbereiden van de modellen:

- basismodel drinkwaterinstallatie;
- model loodafgifte;
- testen simulatie.

Activiteit 2: bepalen van de scenario's:

- presentatie eerste resultaten;
- definitie scenario's (bewoning, drinkwaterinstallatie, waterkwaliteit).

Activiteit 3: aanpassen van de modellen voor de scenario's

Activiteit 4: doorrekenen van de scenario's

Activiteit 5: rapportage en disseminatie:

- presentatie van de resultaten en discussie met ministerie I&W, BiZa, RIVM
- presentatie aan huurcommissie



Opbrengsten

- realistische simulatie voor loodafgifte in drinkwaterinstallatie;
- 70 scenario's voor installatie en monstername;
- loodconcentraties aan de keukenkraan;
- rapportage van de uitkomsten.



Scenario's – bepaald in overleg 15 oktober

Belangrijk is om te snappen welke informatie verschillende monsternameprotocollen geven in verschillende omstandigheden van de woning:

- verschillende lengte van de loden leidingen;
- beperkte variatie in waterkwaliteit (maximale loodconcentratie);
- verschillende monsternameprotocollen.

De huurcommissie wil de woning beoordelen, onafhankelijk van het aantal bewoners (één persoon, twee personen of een gezin).

Besloten is om in dit project geen uitgebreide set aan verbruiksscenario's door te rekenen, maar het te houden bij 7 dagen (met verschillende verbruiken) in een tweepersoonshuishouden.

Daarmee geven de uitkomsten vooral een illustratie van de relaties tussen aanwezigheid loden leidingen en loodwaardes aan de tap. Het leidt nog niet tot een onderbouwde aanbeveling voor aan ander monsternameprotocol.



Uitgangspunten voor de modellering

Model waterkwaliteit:

- Loodafgifte volgens diffusiemodel, geen deeltjesafgifte;
- 1 waterkwaliteit + 1 variatie.

Model drinkwaterinstallatie (leidingen en doorstroming):

- 1 installatie, met variatie in welke leidingen lood / koper zijn;
- 1 huishouden (2 p), 7 dagen.

Interpretatie resultaten:

- Verschillende monsternameprotocollen;
- Norm is 5 (of 10) microgram/l;
- We kijken naar een huis, niet zo zeer naar de specifieke bewonerssituatie.

Uitgangspunten voor de modellering

Model waterkwaliteit:

- Loodafgifte volgens diffusiemodel, geen deeltjesafgifte;
- 1 waterkwaliteit + 1 variatie.

Model drinkwaterinstallatie (leidingen en doorstroming):

- 1 installatie, met variatie in welke leidingen lood / koper zijn;
- 1 huishouden (2 p), 7 dagen.

Interpretatie resultaten:

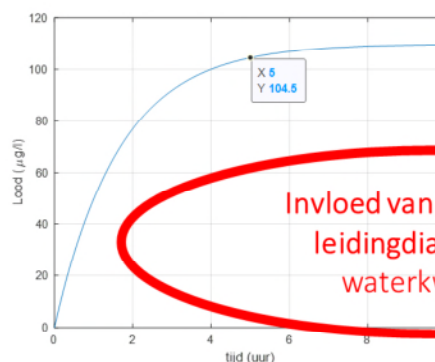
- Verschillende monsternameprotocollen;
- Norm is 5 (of 10) microgram/l;
- We kijken naar een huis, niet zo zeer naar de specifieke bewonerssituatie.

Gebruikt model loodafgifte

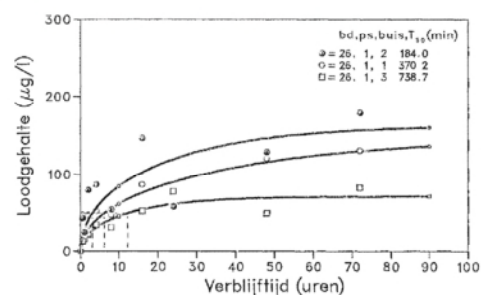
$$P_b = E * (1 - \exp(-t * k))$$

- $E = 110 \mu\text{g/L}$ – evenwichtswaarde
 - k snelheid waarmee afgifte gaat, hangt af van diameter:
 - 0.60 h^{-1} (25 mm);
 - 0.67 h^{-1} (22.4 mm);
 - 0.89 h^{-1} (16.9 mm).
- In 5 uur wordt 95% van de eindwaarde bereikt.

N.B. het gebruikte diffusiemodel komt uit KIWA Mededeling 96. In werkelijkheid wordt er veel variatie rond modelwaarde gevonden.



Invloed van contacttijd,
leidingdiameter en
waterkwaliteit



Figuur 3.6 - Het loodgehalte van drinkwater in loden buizen met tincoating als functie van de verblijftijd

Scenario andere waterkwaliteit (WQ2)

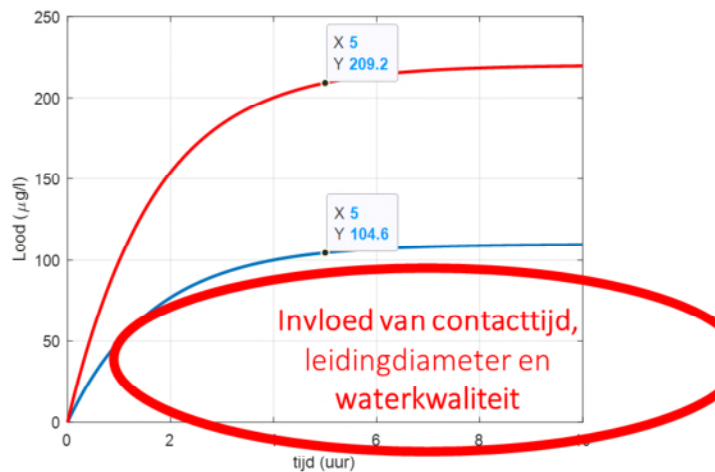
$$P_b = E * (1 - \exp(-t * k))$$

- E kan variëren;
 - k blijft gelijk.
- In 5 uur wordt 95% van de eindwaarde bereikt.
Verloop schaalt lineair.

Waarde van 110 geldt bijv. als

- pH = 8.55 en 15 graden;
- 2x zo hoge waarde bij
- pH = 8.55 en 24.1 graden;
- pH = 7.77 en 15 graden.

(dus onder realistische variatie van drinkwaterkwaliteit)



$$E (\mu\text{g/l}) \approx -141 \text{ pH} + 12 T (^\circ\text{C}) + 1135$$

Uitgangspunten voor de modellering

Model waterkwaliteit:

- Loodafgifte volgens diffusiemodel, geen deeltjesafgifte;
- 1 waterkwaliteit + 1 variatie.

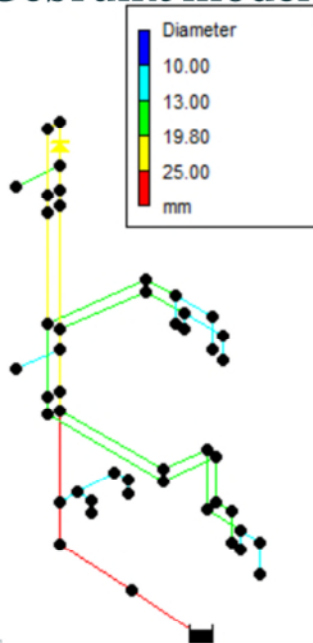
Model drinkwaterinstallatie (leidingen en doorstroming):

- 1 installatie, met variatie in welke leidingen lood / koper zijn;
- 1 huishouden (2 p), 7 dagen.

Interpretatie resultaten:

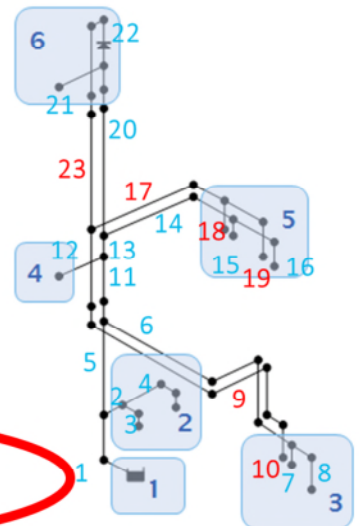
- Verschillende monsternameprotocollen;
- Norm is 5 (of 10) microgram/l;
- We kijken naar een huis, niet zo zeer naar de specifieke bewonerssituatie.

Gebruikt model van de drinkwaterinstallatie

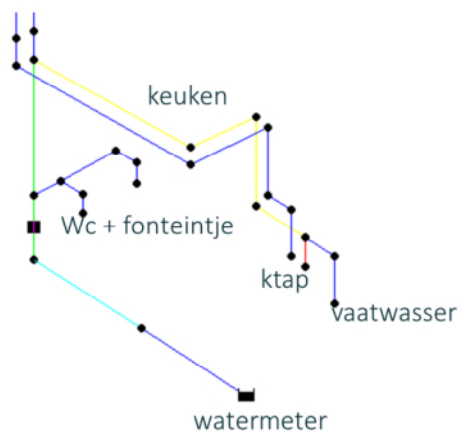


#	Group	Tap points
1	Water meter	N.A.
2	Ground floor toilet	Toilet, wash basin toilet
3	Kitchen	Kitchen tap (C,H) Dishwasher
4	1 st floor toilet	Toilet
5	Bathroom	Shower (C,H) Wash stand (C,H)
6	3 rd floor	Washing machine Central heater (at check valve)

Leidingconfiguratie, diameters en tappunten



Scenario's – welke leidingen zijn koper / lood



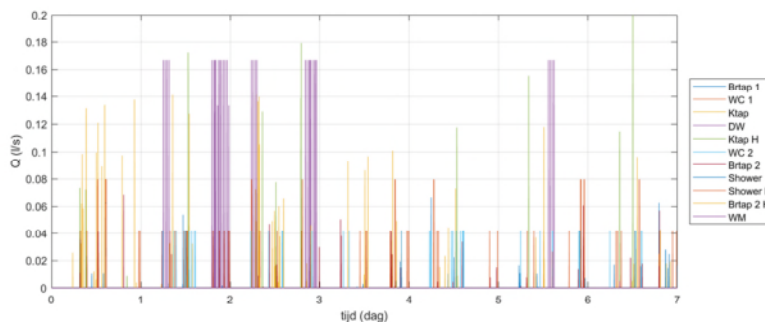
- I. Loden leiding alleen na watermeter
- II. Lood tussen watermeter en keuken
- III. Lood tussen watermeter en keukenkraan
- IV. Alleen 20 cm lood ergens in de keuken

	lengte (m)	Koper		Lood		scenario's lood			
		diam (mm)	vol (L)	diam (mm)	vol (L)	I	II	III	IV
keukenkraan (koud)	0.2	10	0.016	16.9	0.045				x
keuken	0.725	13	0.096	16.9	0.163			x	
keuken	1.575	13	0.209	16.9	0.353			x	
keuken	1.332	13	0.177	16.9	0.299			x	
keuken	2.337	13	0.310	16.9	0.524			x	
			0.808		1.384				
wc-keuken	1.65	25.6	0.849	22.4	0.650		x	x	
watermeter - wc	1	25.6	0.515	22.4	0.394		x	x	
watermeter - wc	2	25	0.982	22.4	0.788	x	x	x	
na watermeter	1	32	0.804	32	0.804				

Gebruikt model drinkwaterverbruik: tweepersoonshuishouden met een week waterverbruik

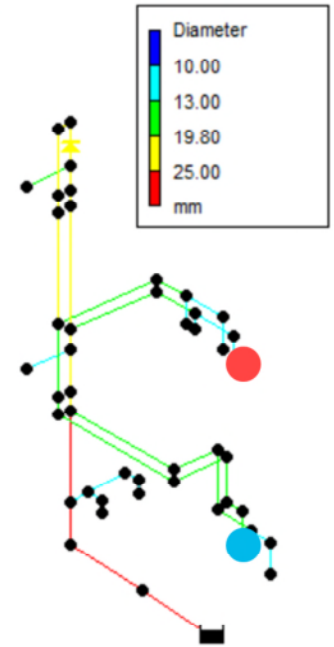
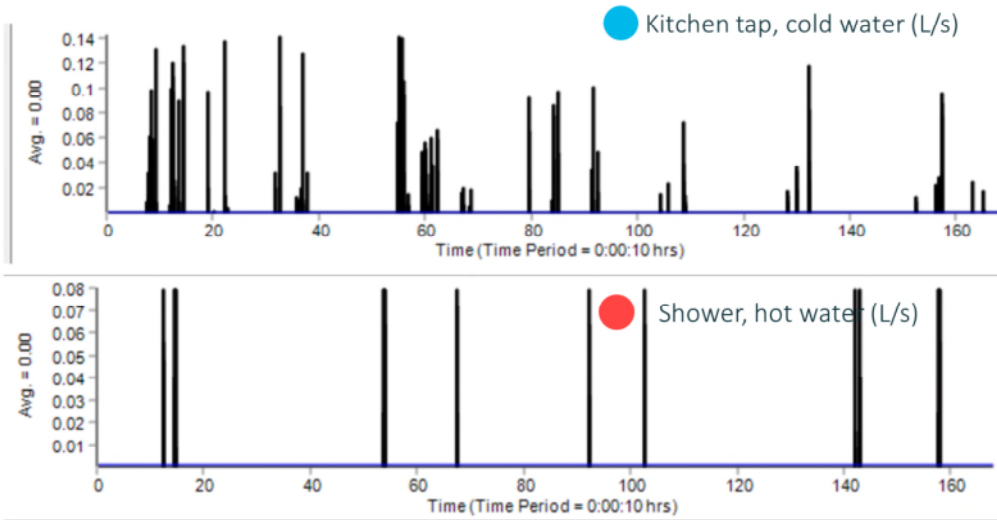
De woning wordt bewoond door twee personen:

- Gemiddeld verbruik 188 liter per dag;
- 50 liter voor WC:
 - Gemiddeld 3.5 liter per spoeling (5/6 halve spoeling van 3 liter, 1/6 hele spoeling van 6 liter);
 - 6-7 keer spoelen per persoon per dag.
- 85 liter voor douche:
 - 0.65 keer per persoon per dag (totaal 9 x), gem. 7.7 min * 0.142 L/s.



Model is 14 dagen gerund (met 2 maal zelfde weekpatroon), analyse van 2^e week.

Voorbeelden van waterverbruikspatroon aan de keukenkraan en douche (1 week)



Uitgangspunten voor de modellering

Model waterkwaliteit:

- Loodafgifte volgens diffusiemodel, geen deeltjesafgifte;
- 1 waterkwaliteit + 1 variatie.

Model drinkwaterinstallatie (leidingen en doorstroming):

- 1 installatie, met variatie in welke leidingen lood / koper zijn;
- 1 huishouden (2 p), 7 dagen.

Interpretatie resultaten:

- Verschillende monsternameprotocollen;
- Norm is 5 (of 10) microgram/l;
- We kijken naar een huis, niet zo zeer naar de specifieke bewonerssituatie.

Monsternameprotocollen aan de keukenkraan

Monstername ID	Bron	Uitgangssituatie (start)	Waterverbruik tijdens protocol	Duur van het protocol	K / W kraan	Volume monstername	Toelichting model
30 min stagnatie	?	Keukenkraan voldoende	Op keukenkraan geen verbruik;	30 min stagnatie		1 liter, direct daarna nog 1 liter	Omdat er wel verbruik is op de overige kranen wordt meerdere dagen doorgerekend
4 uur stagnatie	Duitse norm	lang doorspoelen	overige kranen normaal verbruik	4 uur stagnatie			
6 uur stagnatie	RIVM norm	Niet gespecificeerd	Geen verbruik (op geen enkele kraan)	6 uur	Koude kraan	1 liter	Omdat alle verbruik op 0 wordt gezet, wordt slechts 1 dag doorgerekend, ondanks dat de uitgangssituatie die is van de vorige dag
24 uur tappatroon	EN 15664	Keukenkraan voldoende lang doorspoelen	Tappatroon op keukenkraan, overig op 0	24 uur		5-10 liter per keer, in totaal 145 liter	Omdat de uitgangssituatie een volledig doorgespoeld systeem is, en er alleen verbruik is op de keukenkraan, wordt slechts een dag doorgerekend
RDT	DWB	Normale situatie	Normaal verbruik, op alle kranen	1 sample (kantooruren)	Koude en warme kraan	1 liter	7 dagen worden doorgerekend
Proportionele monstername	EU			Tijdens consumptie		Verzamelmonster week	

16

EN 15664-1 (2014) Invloed van metallische materialen op water bestemd voor menselijke consumptie - Dynamische test met buizenopstelling ter beoordeling van de metaalafgifte - Deel 1: Ontwerp en bediening, NEN. Is dus geen echt monsterprotocol.
RDT: Random Daytime monitoring.

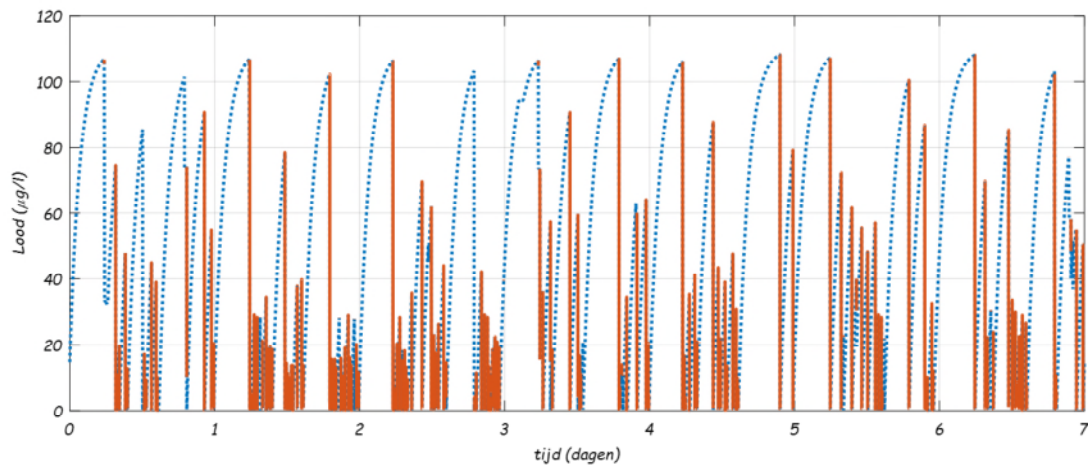
Monsternameprotocollen aan de keukenkraan

Monstername ID	Bron	Uitgangssituatie (start)	Waterverbruik tijdens protocol	Duur van het protocol	K / W kraan	Volume monstername	Toelichting model
30 min stagnatie	?	Keukenkraan voldoende	Op keukenkraan geen verbruik;	30 min stagnatie		S1 (1 liter)	Omdat er wel verbruik is op de overige kranen wordt meerdere dagen doorgerekend
4 uur stagnatie	Duitse norm	lang doorspoelen	overige kranen normaal verbruikt	4 uur stagnatie		S2 (1 liter)	
6 uur stagnatie	RIVM norm	Niet gespecificeerd	Geen verbruik op keukenkraan	6 uur	Koude kraan	S1 (1 liter)	Omdat alle verbruik op 0 wordt gezet, wordt slechts 1 dag doorgerekend, ondanks dat de uitgangssituatie die is van de vorige dag
24 uur tappatroon	EN 15664	Keukenkraan voldoende lang doorspoelen	Tappatroon op keukenkraan, overig op 0	24 uur		1 liter per keer, in totaal 145 liter	Omdat de uitgangssituatie een volledig doorspoeld systeem is, en er alleen verbruik is op de keukenkraan wordt slechts een dag doorgerekend
RDT	DWB	Normale situatie	Normaal verbruik, op alle kranen	1 sample (kantooruren)	Koude en warme kraan	1 liter	7 dagen worden doorgerekend
Proportionele monstername	EU			Tijdens consumptie		Verzamelmonster week	

De monsternameprotocollen verschillen in

- of er wel of niet normaal waterverbruik plaatsvindt
- De grootte van het monster
- Het aantal monsters

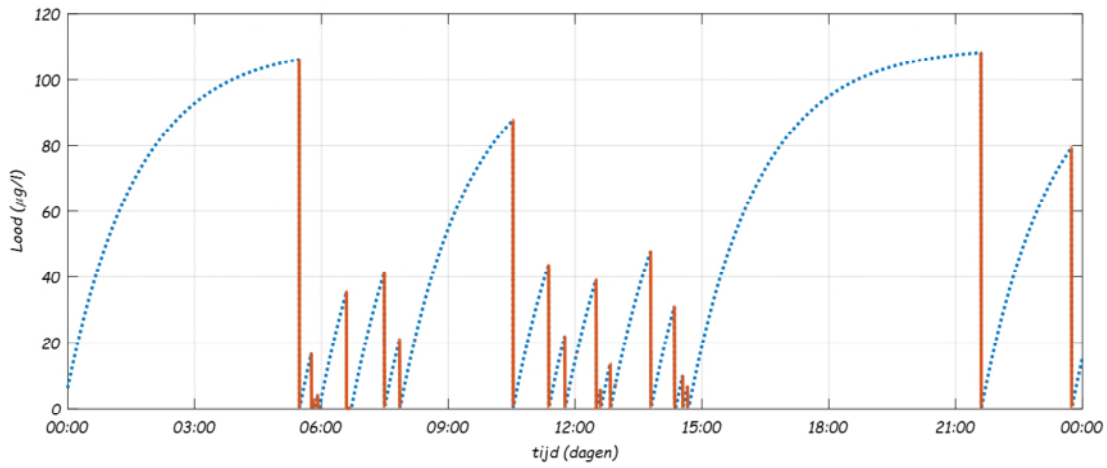
Loodgehalte in de loden leiding (...) en wat gemeten zou worden bij aftappen direct na de leiding (--, alleen bij verbruik, als er een tappunt zou zijn)



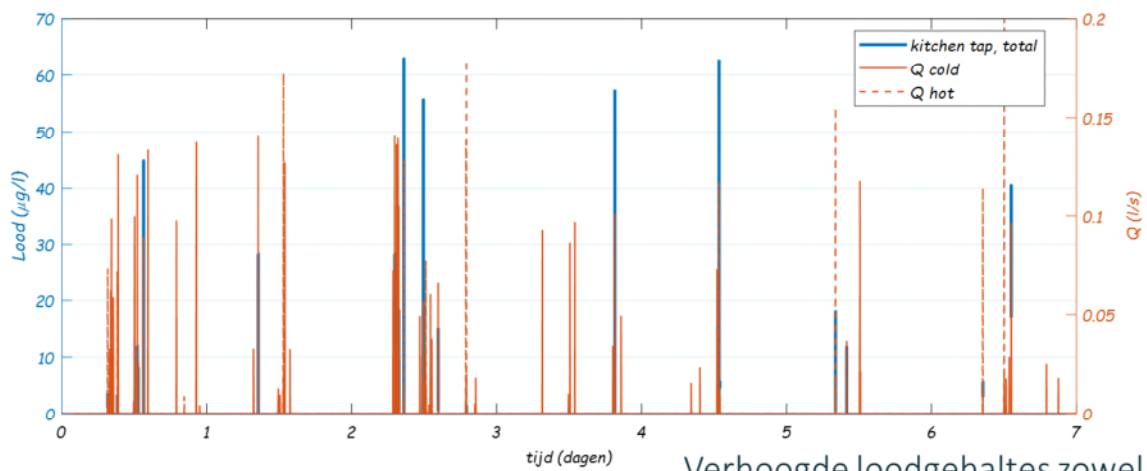


Idem, op dag 4

Zowel in nacht als overdag is er voldoende tijd van stilstand voor flinke loodafgifte



Aan de keukenkraan – in blauw lood (som van koud en warm), in rood verbruik aan de kraan

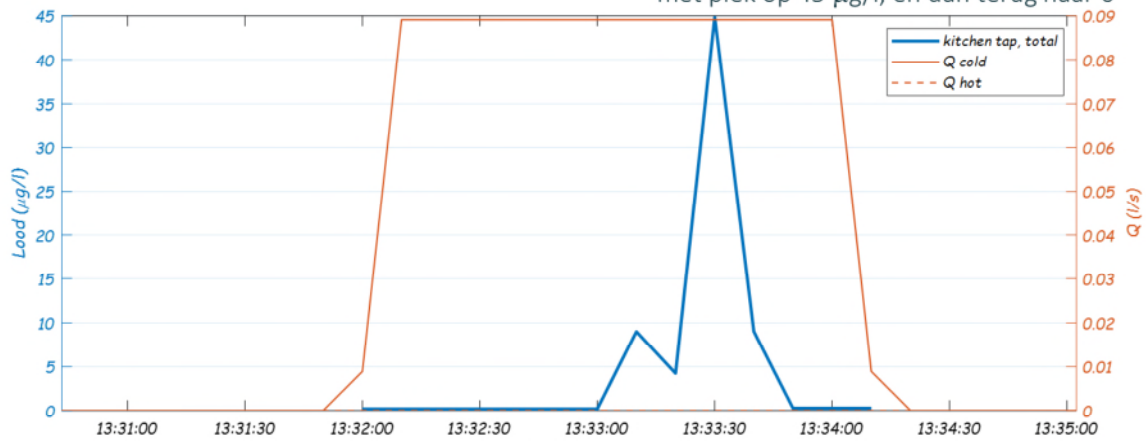


Verhoogde loodgehaltes zowel via koud als warmwater aan de keukenkraan geleverd

Inzoomen op 1^e dag (dag 0-1)

Het loodgehalte aan de keukenkraan wordt bepaald door het tappatroon aan de keukenkraan, maar ook van douche, vaatwasser etc.

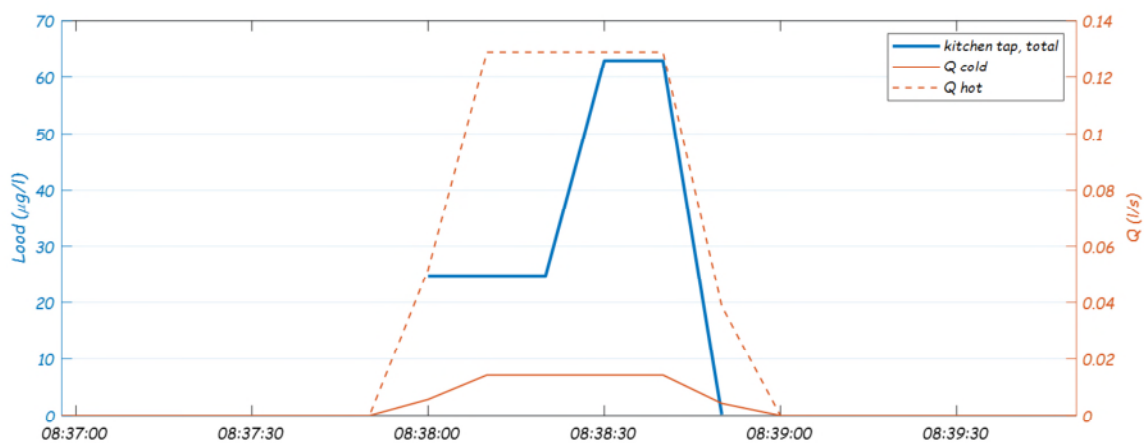
In dit voorbeeld: eerste minuut 0, dan verhoogde waarde, met piek op 45 µg/l, en dan terug naar 0



Inzoomen op 3^e dag (dag 2-3)

Het loodgehalte aan de keukenkraan wordt bepaald door het tappatroon aan de keukenkraan, maar ook van douche, vaatwasser etc.

In dit voorbeeld: eerste 15 s 25, dan max 65 $\mu\text{g/l}$



Resultaten wekelijkse loodinname

De drinkwaternorm (10 µg/l; nieuw 5 µg/l) geldt voor wekelijkse loodinname aan de keukenkraan.

Totaal aan keukenkraan 11.8 liter per persoon per dag. Hiervan is 2 liter voor consumptie (thee, koffie, limonade, koken van rijst, pasta).

In het model weten we niet precies wanneer water voor consumptie wordt gebruikt. Water voor consumptie kan zowel uit koud- als warmwaterleiding komen.

→ Alle tappingen worden beschouwd in model

Gemiddelde loodconcentratie aan de keukenkraan

- $Q \text{ (l/s)} * Pb \text{ (}\mu\text{g/l)} / Vol \text{ (l)}$

Resultaten (µg/L)	pipe_I	pipe_II	pipe_III	pipe_IV	WQ_2
Wekelijkse loodinname:	8.8	23.3	39.4	7.6	46.6

Overschrijding van de norm van 10 µg/L (vaak) en 5 µg/L (alle scenario's)

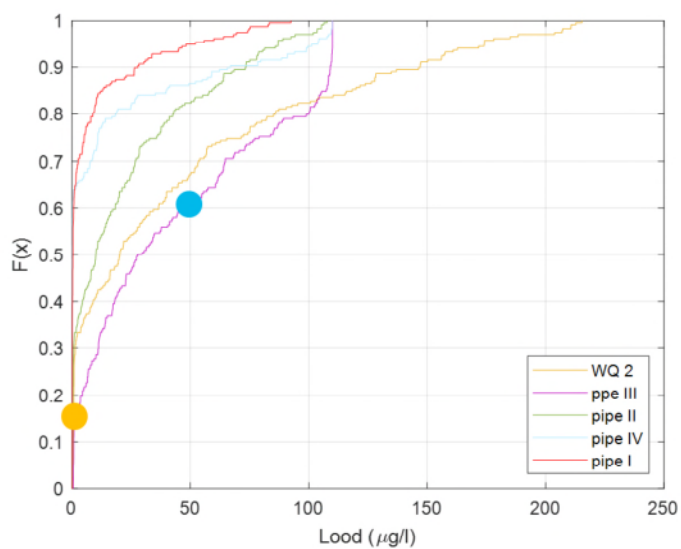
Leidingconfiguratie en waterkwaliteit bepalen de waarde van de wekelijkse inname

Uitleg grafiek,

leidingconfiguratie III (paarse lijn)

De grafiek laat een cumulatieve frequentieverdeling zien van potentiële monsterwaardes. Wanneer er in de (gesimuleerde) week een monster wordt genomen, dan is de kans

- ca. 15% dat een loodconcentratie van 0 wordt gevonden (●),
- en 60% dat een loodconcentratie van minder dan 50 $\mu\text{g/l}$ wordt gevonden (●)



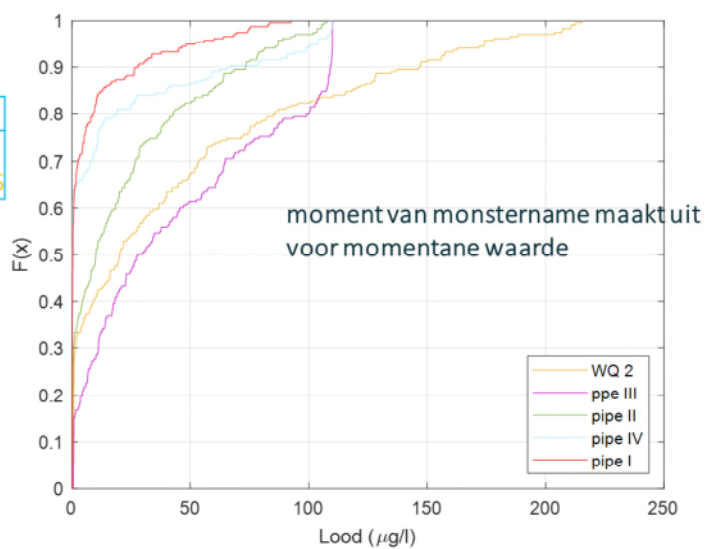
Resultaten proportionele monsternamen

Proportionele monsternamen zijn gelijk aan wekelijkse inname

Resultaten ($\mu\text{g/L}$)	pipe_I	pipe_II	pipe_III	pipe_IV	WQ_2
Proportionele monsternamen	8.8	23.3	39.4	7.6	46.6

WQ 2 is gelijk aan leidingconfiguratie II, maar 2 x zo hoge eindwaarde

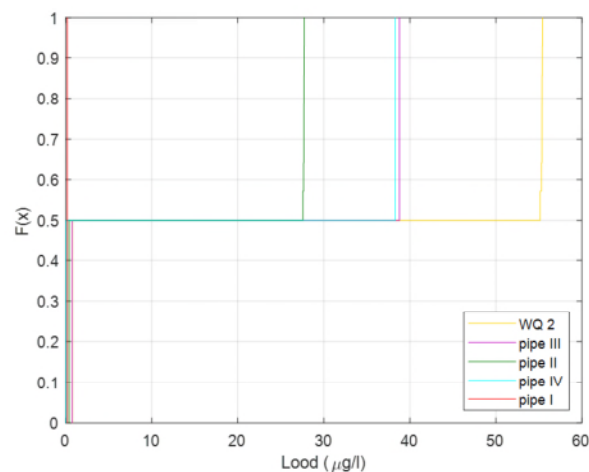
De figuur geeft alle individuele tappingen weer, de tabel is het gemiddelde.



Resultaten 30 min stagnatie – 2 monsters (2 x 1 liter)

Iedere dag geeft zelfde resultaat → laag ($<1 \mu\text{g/l}$, in de 1^e liter) of hoog (2^e liter), bij configuratie IV andersom

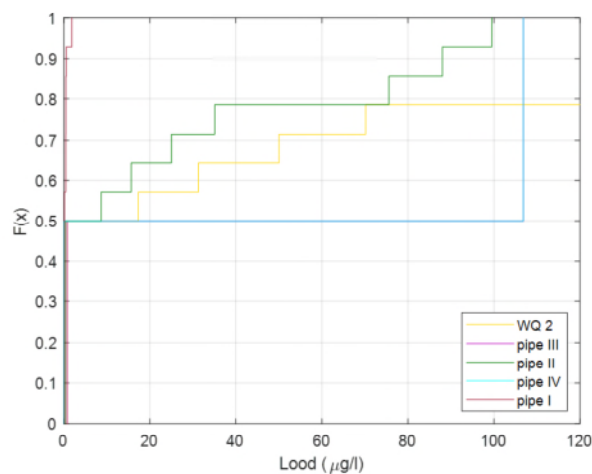
Wel invloed van leidingconfiguratie en waterkwaliteit wat de waardes zijn, in geval van leidingconfiguratie I (alleen na watermeter) wordt nooit een verhoogd loodgehalte gemeten, in de andere gevallen wordt altijd een overschrijding van $10 \mu\text{g/l}$ gevonden.



Resultaten 4 uur stagnatie – 2 monsters (2 x 1 liter)

Iedere dag geeft ander resultaat → laag (<1 µg/l, in de 1^e liter) of hoog (2^e liter), bij configuratie IV andersom

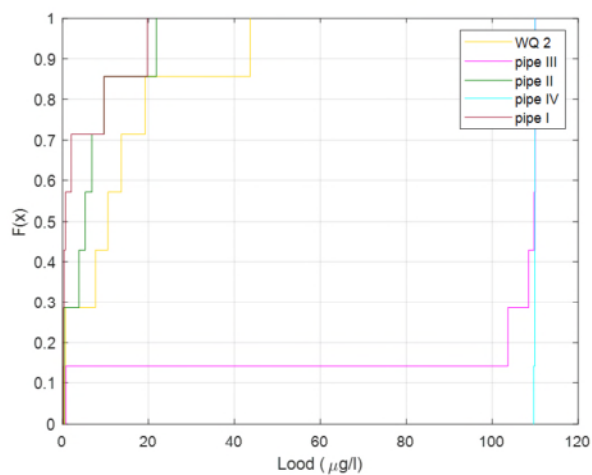
Wel invloed van leidingconfiguratie en waterkwaliteit wat de waardes zijn, in geval van leidingconfiguratie I (alleen na watermeter) wordt nooit een verhoogd loodgehalte gemeten, in de andere gevallen wordt bijna altijd een overschrijding van 10 µg/l gevonden.



Resultaten 6 uur stagnatie – 1 monster (1 L), huidige protocol RIVM

Iedere dag geeft ander resultaat;
voorgeschiedenis telt dus (behalve bij
configuratie IV)

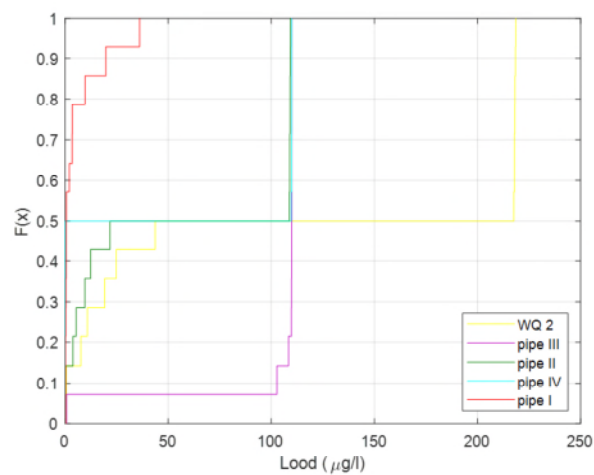
Bij verschillende leidingconfiguraties is er een
gerede kans dat er een waarde van $< 5 \mu\text{g/l}$
wordt gevonden (configuratie I: 70%, II: 45%)



Resultaten 6 uur stagnatie – 2 monsters (2 x 1 liter)

Iedere dag geeft ander resultaat voor met name 1^e monster, iets minder voor 2^e monster; voorgeschiedenis telt dus

In een van beide monsters wordt vrijwel altijd > 5 µg/l gevonden, alleen voor leidingconfiguratie I is er een gerede kans dat geen verhoogde loodconcentratie wordt gevonden.



Resultaten RDT, leidingconfiguratie II

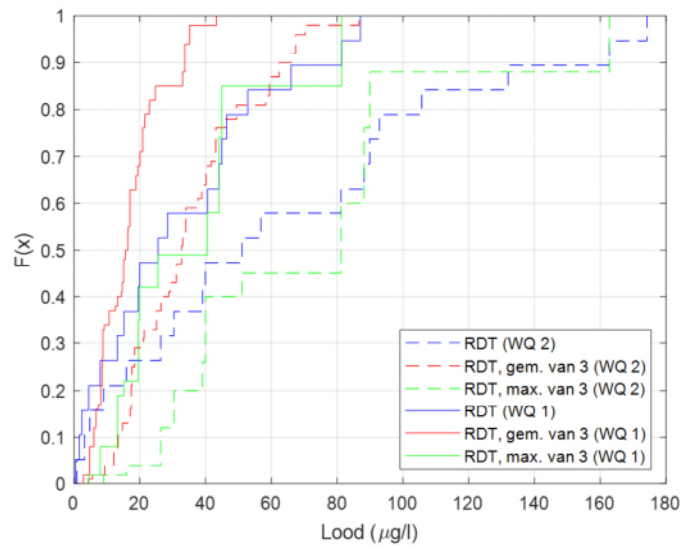
1 monster, gemiddelde van 3 monsters en max van 3 monsters

RDT – 1 Liter monsters uit normale tappatroon
tussen 8.00 en 16.00

- RDT: grote kans op $< 5 \mu\text{g/l}$
- Gemiddelde van 3 RDT (ma/wo/vrij): meestal $> 5 \mu\text{g/l}$
- Max van 3 RDT (ma/wo/vrij): vrijwel altijd $> 5 \mu\text{g/L}$

(stippelijijn WQ2 – schaal x 2)

De kans dat normoverschrijding wordt
gevonden: RDT geeft slecht resultaat, gem. van 3
RDT is beter, max. van 3 RDT nog beter



Samenvatting resultaten (1a)

N.B. de getallen zijn illustratief, de absolute waarden gelden bij de gebruikte uitgangspunten

De tabel geeft de waarden weer die met de verschillende monsternamprotocols worden gemeten. Soms is dat slechts één waarde, soms is dat een range aan waarden.

Theoretisch kan voor alle configuraties de maximale waarde worden berekend voor de stagnatiemonsters. Als die maximale waarde inderdaad gemeten wordt, is die waarde in blauw weergegeven. Het betekent dat het monstervolume ook het volume is waarin lood is opgelost. Voor configuratie pipe_I is dat dus niet het geval; daar worden lagere waarden gemeten.

Gem. waarden (µg/L)	pipe_I	pipe_II	pipe_III	pipe_IV	WQ_2
Proportionele monsternam = gem. wekelijkse inname	8.8	23.3	39.4	7.6	46.6
EN 15664	5.6	10.7	19.2	5.9	21.5
Stag30min (max S1, S2)	0.2	27.6	38.8	38.3	55.3
Stag4H (max S1, S2)	- 1.9	8.7	106.9	106.8	17.3
Stag6H (max S1, S2)	0.7	- 99.5	110.0	110.0	- 199.0
	- 36.2	109.0	110.0	110.0	218.0

Er zijn geen waarden voor RDT opgenomen in de tabel, deze kunnen wel worden afgelezen uit de grafiek (slide # 30)

Oranje als de norm voor wekelijkse inname niet wordt overschreden
 Blauw als verwachte (maximale) waarde vrijwel gehaald wordt (Eind: 110; na 6 uur: 106; na 4 uur: 100.1; na 30 min: 28.6).
 N.B. I WQ 2 tweemaal zo hoog als pipe_II,
 N.B. II pipe III en IV hebben kleinere diameter, daardoor zijn waarden anders (Eind: 110; na 6 uur: 109.5; na 4 uur: 106.9; na 30 min: 39.5).

Samenvatting resultaten (1b)

N.B. de getallen zijn illustratief, de absolute waarden gelden bij de gebruikte uitgangspunten

Verhouding tussen proportionele monsternamen en EN 15664 is 1.3 tot 2.2

- Niet constant: geen goed alternatief voor de proportionele monsternamen

De max (S1, S2) waarden bij de stagnatiemethodes hebben geen relatie met de wekelijkse inname, ze worden eerder bepaald door de maximale (of evenwichts-)waarde.

- De evenwichtswaarde bepaald wordt door waterkwaliteit, de eindwaarde door contacttijd en leidingdiameter
- Doordat evenwichtswaarde en leidingdiameter onbekend zijn kan niet uit de gemeten waarden worden omgerekend wat de wekelijkse inname

is

Gem. waarden ($\mu\text{g/L}$)	pipe_I	pipe_II	pipe_III	pipe_IV	WQ_2
Proportionele monsternamen = gem. wekelijkse inname	8.8	23.3	39.4	7.6	46.6
EN 15664	5.6	10.7	19.2	5.9	21.5
Stag30min (max S1, S2)	0.2	27.6	38.8	38.3	55.3
Stag4H (max S1, S2)	0.2	8.7			17.3
	- 1.9	- 99.5	106.9	106.8	- 199.0
Stag6H (max S1, S2)	0.7				
	- 36.2	109.0	110.0	110.0	218.0

Oranje als de norm voor wekelijkse inname niet wordt overschreden
Blauw als verwachte (maximale) waarde vrijwel gehaald wordt (Eind: 110; na 6 uur: 106; na 4 uur: 100.1; na 30 min: 28.6).

N.B. I WQ 2 tweemaal zo hoog als pipe_II,

N.B. II pipe III en IV hebben kleinere diameter, daardoor zijn waarden anders (Eind: 110; na 6 uur: 109.5; na 4 uur: 106.9; na 30 min: 39.5).

Samenvatting resultaten(2a)

N.B. de getallen zijn illustratief, de absolute waarden gelden bij de gebruikte uitgangspunten

De tabel geeft de resultaten bij 5 en 10 µg/L

- Bij alle doorgerekende scenario's was lood aanwezig, en m.b.t. de norm voor de wekelijkse inname was er bij alle scenario's een overschrijding van de nieuwe norm van 5 µg/l, en bij 3 van de 5 scenario's een overschrijding van de huidige norm van 10 µg/l (oranje vlakken)
- Voor de waarden bij RDT en stagnatie is berekend hoe groot de kans is (in %) om een waarde boven de 5 of 10 µg/l te vinden, bij gebrek aan een norm voor deze monsternamemethodes. Hoge kans in groen, lage kans in rood.

Norm: 5 µg/L	pipe_I	pipe_II	pipe_III	pipe_IV	WQ_2
Stag30min (max S1, S2)	-1%	100%	100%	100%	100%
Stag4H (max S1, S2)	-1%	100%	100%	100%	100%
Stag6H (S1)	30%	52%	92%	100%	69%
Stag6H (max S1, S2)	46%	100%	100%	100%	100%
RDT	46%	80%	90%	61%	86%
gem. van drie RDT	34%	93%	98%	78%	96%
max. van drie RDT	77%	94%	100%	91%	100%

Norm: 10 µg/L	pipe_I	pipe_II	pipe_III	pipe_IV	WQ_2
Stag30min (max S1, S2)	-1%	100%	100%	100%	100%
Stag4H (max S1, S2)	-1%	90%	100%	100%	100%
Stag6H (S1)	20%	20%	91%	100%	52%
Stag6H (max S1, S2)	35%	100%	100%	100%	100%
RDT	30%	74%	83%	49%	80%
gem. van drie RDT	31%	70%	95%	62%	88%
max. van drie RDT	45%	93%	97%	79%	92%

33

Rood < 50%, groen > 85% (en vetgedrukt bij 100%)

Oranje in welke configuraties een normoverschrijding plaatsvindt

Samenvatting resultaten(2b)

N.B. de getallen zijn illustratief, de absolute waarden gelden bij de gebruikte uitgangspunten

De tabel geeft de kans dat een monster een hogere waarde heeft dan 5 of 10 µg/L

- Stagnatiemonsters (max van S1 en S2) bij 30 min, en 4 uur hoge kans.
- Stagnatie bij 6 uur minder hoge kans, doordat maar 1 monster van 1 liter wordt genomen. Door 2 x 1 liter te nemen wordt kans sterk verhoogd.
- Leidingconfiguratie I wordt met geen enkele monsternamen met hoge kans gevonden, (max 3 RDT hoogste kans).
- RDT is onbetrouwbaar (lage kans) gem. van 3 is betrouwbaarder, max. van 3 nog meer.
- Bij lagere norm hogere kans, bij hoge temperatuur of lage pH hogere kans (vgl. WQ_2 met pipe_II)

Norm: 5 µg/L	pipe_I	pipe_II	pipe_III	pipe_IV	WQ_2
Stag30min (max S1, S2)	-1%	100%	100%	100%	100%
Stag4H (max S1, S2)	-1%	100%	100%	100%	100%
Stag6H (S1)	30%	52%	92%	100%	69%
Stag6H (max S1, S2)	46%	100%	100%	100%	100%
RDT	46%	80%	90%	61%	86%
gem. van drie RDT	34%	93%	98%	78%	96%
max. van drie RDT	77%	94%	100%	91%	100%

Norm: 10 µg/L	pipe_I	pipe_II	pipe_III	pipe_IV	WQ_2
Stag30min (max S1, S2)	-1%	100%	100%	100%	100%
Stag4H (max S1, S2)	-1%	90%	100%	100%	100%
Stag6H (S1)	20%	20%	91%	100%	52%
Stag6H (max S1, S2)	35%	100%	100%	100%	100%
RDT	30%	74%	83%	49%	80%
gem. van drie RDT	31%	70%	95%	62%	88%
max. van drie RDT	45%	93%	97%	79%	92%

34

Rood < 50%, groen > 85% (en vetgedrukt bij 100%)

Oranje in welke configuraties een normoverschrijding plaatsvindt

Samenvatting resultaten(2c)

N.B. de getallen zijn illustratief, de absolute waarden gelden bij de gebruikte uitgangspunten

In alle doorgerekende scenario's was lood aanwezig, wat leidt tot een gemiddelde wekelijkse inname van > 7.5 µg/l.

- Leidingconfiguratie I wordt met geen enkele monsternamen met hoge kans gevonden.
- RDT is onbetrouwbaar: er is een kans van 30-83% dat een waarde hoger dan 10 µg/l wordt gemeten; er is een kans van 46-90% dat een waarde hoger dan 5 µg/l wordt gemeten. Er is dus een 10-70% kans dat een lage waarde wordt gevonden.
- Stagnatiemonsters die voldoende volume bemonsteren (2 liter in dit model) geven tot 100% kans op waarden boven de 5 en 10 µg/l.

Norm: 5 µg/L	pipe_I	pipe_II	pipe_III	pipe_IV	WQ_2
Stag30min (max S1, S2)	-1%	100%	100%	100%	100%
Stag4H (max S1, S2)	-1%	100%	100%	100%	100%
Stag6H (S1)	30%	52%	92%	100%	69%
Stag6H (max S1, S2)	46%	100%	100%	100%	100%
RDT	46%	80%	90%	61%	86%
gem. van drie RDT	34%	93%	98%	78%	96%
max. van drie RDT	77%	94%	100%	91%	100%

Norm: 10 µg/L	pipe_I	pipe_II	pipe_III	pipe_IV	WQ_2
Stag30min (max S1, S2)	-1%	100%	100%	100%	100%
Stag4H (max S1, S2)	-1%	90%	100%	100%	100%
Stag6H (S1)	20%	20%	91%	100%	52%
Stag6H (max S1, S2)	35%	100%	100%	100%	100%
RDT	30%	74%	83%	49%	80%
gem. van drie RDT	31%	70%	95%	62%	88%
max. van drie RDT	45%	93%	97%	79%	92%

35

Rood < 50%, groen > 85% (en vetgedrukt bij 100%)

Oranje in welke configuraties een normoverschrijding plaatsvindt



Conclusies

1. De gemiddelde wekelijkse inname hangt af van waterverbruik, aantal personen, de waterkwaliteit (pH en temperatuur) en de drinkwaterinstallatie.
2. Deze waarde kan worden gemeten met de zogenaamde “proportionele monstername”, niet met een ander monsternameprotocol.
3. Wel kan de kans op overschrijding van de norm voor wekelijkse inname worden bepaald door 2 maal een liter na een bepaalde stagnatietijd te bemonsteren. Het criterium ($\mu\text{g/L}$) dat daarbij hoort moet nog worden vastgesteld.
4. In een gemiddelde woning leidt vrijwel iedere leidingconfiguratie met een loden leiding tot overschrijding van de norm voor de gemiddelde wekelijkse inname.
5. Zelfs een 20 cm loden leiding kan tot overschrijding van de norm leiden.
6. Bij een hoge temperatuur (in de zomer of in een verwarmde woning in de winter) of een lagere pH wordt de norm sterker overschreden.



Aanbevelingen

Aanbevelingen voor toepassingen van het model:

- Bepaal welk criterium gehanteerd zou moeten worden bij alternatief monstername, waarmee kans op overschrijding van de norm voor wekelijkse inname kan worden bepaald.
- Onderzoek effect lood in fittingen en kranen.
- Onderzoek een handelingsperspectief t.a.v. gedrag: zoals bv. eerst altijd handen wassen of glas omspoelen voor drinken.
- Onderzoek effect van leefstijl (vaker of langer douchen, buitenshuis of thuis werken, etc.)

Aanbevelingen voor modelontwikkeling:

- Onderbouw modelresultaten met metingen uit de praktijk.
- Onderbouw modelresultaten met metingen in lab, onderzoek specifiek of dispersie en diffusie significante processen zijn.
- Breng een grotere variatie aan in stochastische verbruikspatronen (meer patronen, en verschillende gezinssituaties) en type drinkwaterinstallatie om tot betekenisvolle statistieken te komen.

KWR

Groninghaven 7
3433 PE Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl



@KWR_Water



KWR



KWR_Water



Mirjam Blokker

E-mail: mirjam.blokker@kwrwater.nl

KWR | 11 maart 2021 | KWR 2021.004

Opdrachtnummer
403480

Projectmanager
Drs. P.G.G. (Nellie) Slaats

Opdrachtgever
Ministerie I&W

Kwaliteitsborger(s)
Dr. P. (Peter) van Thienen

Auteur(s)
Dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

De presentatie is gegeven aan

- Opdrachtgever, in bijzijn van RIVM en ministerie van Binnenlandse zaken op 9-12-2020 (online)
- De huurcommissie, in bijzijn van ministerie van Binnenlandse zaken op 13-1-2021 (online)

Trefwoorden
Lood, drinkwaterinstallatie,
monstername

Verzonden aan
Dit rapport is openbaar.