

**Document Version**

Final published version

**Citation (APA)**

Bertelkamp, C., Hofman-Caris, R., Roelandse, A., van der Aa, R., & van der Hoek, J. P. (2017). Regenwater als bron voor drinkwater in Nederland: een haalbare kaart? *H2O: tijdschrift voor watervoorziening en waterbeheer*, 2017(december).

**Important note**

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).  
Please check the document version above.

**Copyright**

In case the licence states "Dutch Copyright Act (Article 25fa)", this publication was made available Green Open Access via the TU Delft Institutional Repository pursuant to Dutch Copyright Act (Article 25fa, the Taverne amendment). This provision does not affect copyright ownership.  
Unless copyright is transferred by contract or statute, it remains with the copyright holder.

**Sharing and reuse**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.  
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## Regenwater als bron voor drinkwater in Nederland: een haalbare kaart?

*Cheryl Bertelkamp, Roberta Hofman-Caris (KWR Watercycle Research Institute), Arjen Roelandse (Oasen), René van der Aa (Waternet), Jan Peter van der Hoek (Waternet, Technische Universiteit Delft)*

**Het idee om van regenwater drinkwater te maken wordt door steeds meer mensen omarmd. Is regenwater schoon, hoeveel neerslag valt er eigenlijk, en wat zijn de gevolgen, voor zowel drinkwaterbedrijven als huishoudens van het gebruik van regenwater om er drinkwater van te maken? Uit literatuuronderzoek blijkt dat er via daken minder neerslag kan worden opgevangen dan veel mensen denken, dat er toch wel verontreinigingen in kunnen voorkomen en dat het heel lastig wordt om de veiligheid te garanderen als hier drinkwater uit gemaakt wordt.**

Innovatieve ideeën over het gebruik van regenwater als bron voor huishoudwater of drinkwater lijken de laatste jaren als paddenstoelen uit de grond te schieten. Drinkwaterbedrijven worden hierdoor steeds vaker geconfronteerd met vragen van klanten over dit onderwerp. Daarom willen drinkwaterbedrijven zich graag voorbereiden op een mogelijk toekomstscenario waarin een significant deel van de bevolking zijn toevlucht zoekt in zelfvoorzienende drinkwatersystemen. Wat voor effect heeft dit op de centrale drinkwatervoorziening? En wat zijn de voor- en nadelen voor consumenten?

Voordat deze vragen beantwoord kunnen worden, moet er eerst gekeken worden naar de volgende aspecten: wat is de kwaliteit van regenwater, valt er genoeg regenwater om in de huidige watervraag te voorzien, mag een burger wettelijk gezien wel drinkwater maken, wat zijn de risico's, en wat zijn ongeveer de kosten van zo'n systeem?

### Huishoudwater en drinkwater

In Nederland wordt gemiddeld 119 liter drinkwater per persoon per dag gebruikt [1]. Lang niet al dit water wordt gedronken; een groot deel wordt gebruikt voor douchen (43 %) en toiletspoeling (28 %). Voor sommige toepassingen, zoals het gebruik voor wasmachines, toiletspoeling en het sproeien van de tuin, zou een minder goede kwaliteit water mogelijk kunnen volstaan: het 'huishoudwater'. Volgens de Nederlandse wet mag huishoudwater alleen worden geproduceerd uit op daken opgevangen regenwater (of grondwater). Nadat begin deze eeuw mensen in de Utrechtse wijk Leidsche Rijn ziek werden doordat drinkwater was besmet met huishoudwater, is het in Nederland niet meer toegestaan huishoudwater voor andere toepassingen dan toiletspoeling te gebruiken. Alleen drinkwaterbedrijven mogen drinkwater distribueren. Het gebruik van regenwater als drinkwaterbron door een drinkwaterbedrijf is juridisch mogelijk. Maar kunnen ook individuele huishoudens zelf drinkwater maken uit regenwater? KWR heeft in samenwerking met Oasen en Waternet getracht deze vraag te beantwoorden.

### Waterkwaliteit

Uit vragen die waterbedrijven krijgen blijkt dat veel mensen denken dat regenwater heel schoon water is, maar klopt dit wel? In de wetenschappelijke literatuur is informatie te vinden over de kwaliteit van regenwater op verschillende plekken op de wereld. Hierbij wordt onderscheid gemaakt

tussen regenwater dat direct is opgevangen, afgespoeld over een dakoppervlak en via het grondoppervlak verzameld.

Neerslag spoelt 90 procent van de atmosferische verontreinigingen uit en blijkt bovendien verontreinigingen in de atmosfeer over grote afstanden (honderden kilometers) te kunnen vervoeren [2,3]. Dit betekent dat regenwater diverse anorganische verbindingen (zouten) bevat, van natuurlijke (zeewater, bodem), maar ook van antropogene oorsprong (door het verbranden van fossiele brandstoffen, de industrie, het verkeer, enz.). Daarnaast kan het ook organische verontreinigingen bevatten, zoals pesticiden en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs). Uit analyses blijkt dat het regenwater waarschijnlijk ook (kleine) organische zuren bevat [2]. De pH is dan ook meestal lager dan 7 en lijkt de laatste jaren zelfs te dalen.

De exacte samenstelling van opgevangen neerslag is sterk afhankelijk van (lokale) omstandigheden. Een belangrijke bron van verontreiniging vormt het oppervlak waarop de neerslag wordt opgevangen. Hier bevindt zich vuil uit de omgeving, bijvoorbeeld van verkeer en industrie, maar in landelijke gebieden ook bijvoorbeeld pesticiden. Daarnaast zitten op daken vrijwel altijd uitwerpselen van vogels en andere dieren, waardoor vooral de microbiologische kwaliteit van het regenwater over het algemeen slecht is. Bovendien is het regenwater relatief zacht en zuur, waardoor kalk uit beton erin oplost, maar ook metalen uit dakmateriaal en goten. Dit leidt vaak tot te hoge concentraties ijzer, aluminium, zink en lood. Bij het gebruik van materialen voor regenwateropvang moet hier rekening mee gehouden worden.

In Nederland is het bij wet alleen toegestaan water op te vangen op daken om er huishoudwater van te maken. In het buitenland is echter ook onderzoek gedaan naar neerslag die op wegen en parkeerplaatsen valt. Het blijkt dat de kwaliteit daarvan niet veel verschilt met die van water afkomstig van daken. Ten opzichte van oppervlaktewater is opgevangen regenwater vrij van medicijnresten en andere verontreinigingen (verzorgingsproducten, hormonen, zoetstoffen) die normaal gesproken via de rioolwaterzuivering het milieu in komen, maar bevat het vaak meer koper, nikkel, zink, stikstof en fosfaat.

## **Waterkwantiteit**

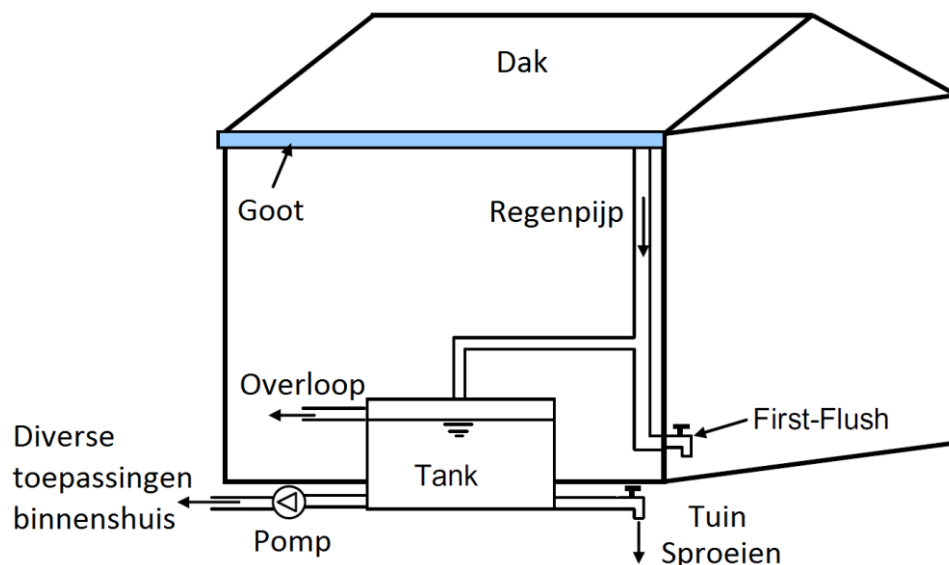
### ***Watergebruik***

In veel landen wordt regenwater al opgevangen en gebruikt als huishoudwater. Niet alle neerslag die op een dak valt blijkt echter gebruikt te kunnen worden. Zo treden er verliezen op doordat niet al het water in de regenpijp wordt opgevangen en door verdamping. Het percentage neerslag dat effectief kan worden opgevangen is de runoffcoëfficiënt. Deze wordt beïnvloed door onder andere het dakmateriaal, de helling van het dak, de windrichting en de richting van het dak zelf en de grootte en intensiteit van de regenbui [4]. Vaak liggen runoffcoëfficiënten van daken tussen 0,7 en 0,95. Voor de berekeningen in deze studie is uitgegaan van een gemiddelde waarde van 0,8.

Op het dak verzamelen zich in een droge periode diverse vervuilingen (blaadjes, stof, uitwerpselen van dieren, etc.). Dit betekent dat de eerste regen die na een droge periode op een dak valt het sterkst vervuild wordt. Vaak wordt dan ook aangeraden deze eerste hoeveelheid (de 'first-flush') af te koppelen en niet te gebruiken om de voorraadtank mee te vullen [5]. Dit betekent echter wel dat er minder neerslag effectief in de tank kan worden opgevangen. Hoe langer de droge periode tussen twee buien, hoe meer vuil zich op het dakoppervlak verzamelt en hoe groter de first-flush zou moeten zijn. In deze studie is een gemiddelde, veilige first-flush aangenomen van 2 millimeter, zoals

die ook in ons omringende landen wordt gehanteerd [6]: de eerste 2 mm van een regenbui wordt niet benut.

Een 'standaard' regenwateropvangsysteem bestaat uit meerdere onderdelen: (1) het dakoppervlak waarop het regenwater opgevangen wordt, (2) de leidingen waarmee de first-flush afgekoppeld kan worden en het overige regenwater de tank in wordt geleid, (3) de opslagtank voor het regenwater en (4) de leidingen waarmee het regenwater (al dan niet behandeld) gedistribueerd kan worden naar de diverse toepassingen (bijv. het sproeien van de tuin of het wassen van kleding in de wasmachine). Deze verschillende onderdelen worden weergegeven in afbeelding 1.



Afbeelding 1. Schematisch overzicht van regenwateropvang- en opslagsysteem [7]

Uit data van het KNMI blijkt dat de spreiding in neerslag over het land voor zes willekeurig gekozen meteorologische stations relatief gering is. Door rekening te houden met de runoffcoëfficiënt en de first-flush blijkt dat ongeveer 48 procent van de totale neerslag effectief gebruikt kan worden. In Nederland viel er in 2016 856 mm neerslag. Hiervan was dus ongeveer 391 mm effectief te gebruiken. In Nederland is een gemiddeld dakoppervlak gelijk aan 60 m<sup>2</sup> [8]. Op jaarbasis valt er in totaal dus 51,4 m<sup>3</sup> op een gemiddeld dak, waarvan ongeveer 25 m<sup>3</sup> effectief te gebruiken is.

### **Waterverbruik**

In tabel 1 is het waterverbruik per persoon en per huishouden weergegeven. Een gemiddeld Nederlands huishouden telde in 2013 2,2 personen [9]. Het jaarlijkse waterverbruik was gelijk aan 95,5 m<sup>3</sup>.

Dit betekent dat, als alle neerslag gebruikt kan worden, slechts ongeveer de helft (54%) van de watervraag van een gemiddeld gezin gedekt wordt. Als er rekening wordt gehouden met een runoffcoëfficiënt van 0,8 en het afkoppelen van de first-flush is die hoeveelheid gelijk aan slechts 26%. De conclusie is dan ook dat de hoeveelheid regenwater die via het dak van een woning kan worden opgevangen onvoldoende is om aan de totale vraag van een huishouden te voldoen. Indien echter ook het water dat op ander verhard oppervlak (wegen, parkeerplaatsen) valt wordt meegenomen in een berekening per wijk of buurt, blijkt dat er in veel gevallen wel ruimschoots voldaan kan worden aan de watervraag.

Tabel 1. Waterverbruik per persoon en per huishouden in 2013 (Kerngegevens Drinkwater 2016, VEWIN) [1]

Onderdeel	Liter per persoon per dag	m <sup>3</sup> per persoon per jaar	m <sup>3</sup> per huishouden (2,2 personen) per jaar
Douche	51,4	18,8	41,4
Bad	1,8	0,7	1,5
Wastafel	5,2	1,9	4,2
Toiletspoeling	33,8	12,3	27,1
Kleding wassen (hand en machine)	15,7	5,7	12,5
Afwassen (hand en machine)	5,6	2,0	4,4
Voedselbereiding	1,0	0,4	0,9
Koffie, thee, water drinken	1,0	0,4	0,9
Overige	3,4	1,2	2,6
TOTAAL	118,9	43,4	95,5

### Decentraal drinkwater maken

Zoals hierboven aangegeven is de microbiologische kwaliteit van opgevangen regenwater vaak slecht. Daarom is het vanuit het oogpunt van volksgezondheid niet verantwoord consumenten zelf drinkwater te laten maken uit regenwater. De (kosten voor de) benodigde kwaliteitsanalyses vormen een groot struikelblok, maar ook is het niet realistisch om dit bij elk huishouden te controleren. Kleinschalig gebruik als huishoudwater is natuurlijk wel mogelijk. Toch is ook hier voorzichtigheid geboden. De ervaring, zowel in Leidsche Rijn [10] als vergelijkbare ervaringen in Vlaanderen, leert dat besmetting van drinkwater met huishoudwater niet altijd te voorkomen is. Een ander probleem is dat er vaak langere periodes (zes tot acht weken) van droogte kunnen voorkomen, waardoor een centraal leidingnet waarschijnlijk toch noodzakelijk blijft om altijd voldoende water te kunnen garanderen. Bij een sterk afnemende vraag naar drinkwater zullen de verblijftijden in het leidingnet langer worden, wat de kwaliteit niet ten goede komt. Een kleiner leidingnet is waarschijnlijk niet mogelijk vanwege wettelijke leveringseisen.

Als alternatief zou regenwater van al het verharde oppervlak opgevangen kunnen worden op wijk- of buurtniveau, waar vervolgens het drinkwaterbedrijf drinkwater uit maakt. Dit heeft als voordeel dat er dan voldoende water beschikbaar is, de veiligheid gegarandeerd kan worden en bovendien schade door wateroverlast bij hevige regenval kan worden voorkomen. Een bijkomend voordeel is dat een groot deel van het bestaande leidingnet kan worden gebruikt. Er zijn geen extra leidingen nodig om het water naar de zuivering te transporteren: dat kan via wadi's en slotjes.

### Kosten

Het maken van drinkwater uit regenwater op huishoudniveau is niet doorgerekend, omdat er onvoldoende regenwater valt en de microbiologische kwaliteit niet gegarandeerd kan worden. Alleen als er goede sensoren beschikbaar komen om die kwaliteit te monitoren zou zo iets in de toekomst mogelijk kunnen worden.

Regenwater opvangen op daken en ander verhard oppervlak en hier drinkwater van maken op wijk- en/of buurtniveau lijkt wel mogelijk. Daarnaast is het in Vlaanderen sinds enige tijd verplicht om bij nieuwbouw en grote verbouwingen regenwateropvang te installeren. Dit water wordt via een apart leidingstelsel de woning ingebracht, waar het kan worden gebruikt voor toiletspoeling of het wassen van kleding in de wasmachine. Aangezien men in Vlaanderen uitgaat van een gemiddeld dakoppervlak van 100 m<sup>2</sup> in plaats van 60 m<sup>2</sup>, is opvang van regenwater hier interessanter dan in Nederland. Het opgevangen water ondergaat geen zuivering. Er wordt alleen een zeef of rooster gebruikt voor het verwijderen van grof vuil. Het is niet gebruikelijk de first-flush voor deze toepassing af te koppelen, maar dit kan wel.

Voor het berekenen van de kosten zijn vier scenario's bekeken:

- **Scenario 1: Drinkwater uit regenwater op wijkniveau**

Ter illustratie wordt uitgegaan van een wijk in Hilversum met 9.682 inwoners. De zuivering van regenwater bestaat uit: zeef/grof rooster – buffervat – omgekeerde osmose – UV-desinfectie – remineralisatie.

- **Scenario 2: Drinkwater uit regenwater op buurtniveau**

Ter illustratie wordt uitgegaan van een buurt in Hilversum met 2.073 inwoners. De zuivering van regenwater bestaat uit: zeef/grof rooster – buffervat – omgekeerde osmose – UV-desinfectie – remineralisatie.

- **Scenario 3: Huishoudwater zonder afkoppeling van de first-flush**

Op huishoudelijk niveau wordt regenwater opgevangen op het dak en via een zeef in een opslagtank verzameld. Dit water wordt gebruikt voor het wassen van kleding in de wasmachine en het spoelen van het toilet.

- **Scenario 4: Huishoudwater waarbij de first-flush wordt afgekoppeld**

Zie hierboven met dat verschil dat de first-flush nu wel wordt afgekoppeld.

Een eerste schatting van de kosten is gemaakt met behulp van de kostencalculator van de CoP Kostencalculator van Royal HaskoningDHV [11] voor kleinschalige systemen. Voor alle scenario's is een afschrijvingstermijn van 20 jaar gehanteerd. Een overzicht van de productiekosten per m<sup>3</sup> drinkwater in elk scenario wordt weergegeven in tabel 2.

*Tabel 2. Kosten per m<sup>3</sup> drinkwater voor de verschillende scenario's*

<b>Scenario</b>	<b>€ per m<sup>3</sup></b>
1 – Drinkwater uit regenwater, wijkniveau	1,6
2 – Drinkwater uit regenwater, buurtniveau	2,5
3 – Huishoudwater zonder afkoppeling first-flush	10,4
4 – Huishoudwater met afkoppeling first-flush	19,9

Zoals in tabel 2 te zien is zijn de kosten voor scenario's 3 en 4 erg hoog. Dit komt doordat er relatief weinig regenwater kan worden opgevangen en de investeringskosten voor zo'n opvangsysteem aanzienlijk zijn (ongeveer 4.000 euro [12,13]). Bij opvang op wijk- of buurniveau wordt de hoeveelheid regenwater die behandeld moet worden door het waterschap kleiner en vindt er minder verdunning plaats in het geval van een gecombineerd rioolstelsel. Dit laatste kan een positieve uitwerking hebben op de zuiveringscapaciteit van het actiefslib in een RWZI (en dus de gehele afvalwaterzuivering). Om deze reden is in Berlijn inmiddels al een 'tegeltaks' ingevoerd, waarbij burgers belasting moeten betalen voor de hoeveelheid verhard oppervlak vanwaar het regenwater naar het riool stroomt. Ook sommige Nederlandse gemeenten denken over een dergelijk systeem na. De kosten van scenario's 1 en 2 zijn hoger dan de huidige productiekosten voor drinkwater in Nederland, die variëren van 0,50 tot 1,30 €/m<sup>3</sup>. Hierbij dient echter wel vermeld te worden dat deze kostprijs (voor alle vier de scenario's) een onzekerheid kent van ongeveer 30%. Dit betekent dat de kosten voor drinkwatersystemen op wijk- en buurniveau misschien in de buurt kunnen komen van de huidige drinkwaterprijzen. Wanneer de kosten van de hele watercyclus worden beschouwd zou een dergelijk lokaal systeem interessant kunnen worden.

In dit onderzoek is het milieueffect van decentraal zuiveren nog niet doorgerekend. In een vervolgproject waar KWR en Waternet momenteel aan werken gebeurt dit wel.

## Conclusies

Opgevangen regenwater is schoner dan oppervlaktewater, maar zeker niet schoon. Neerslag bevat meestal (lage) concentraties ionen, maar ook organische microverontreinigingen, zoals pesticiden en PAKs kunnen voorkomen. Microbiologische verontreiniging door vervuiling van het oppervlak vormt het grootste gevaar bij gebruik als drinkwater. Bovendien bevat het opgevangen water vaak hoge concentraties metalen. Wel is regenwater vrij van bijvoorbeeld medicijnresten, verzorgingsproducten en zoetstoffen. Welke verontreinigingen precies voorkomen en in welke concentraties, is sterk afhankelijk van de specifieke omstandigheden op een locatie.

De oppervlakte van Nederlandse daken is gemiddeld 60 m<sup>2</sup>. De hoeveelheid regenwater die hierop kan worden opgevangen dekt slechts een klein deel van de waterbehoefte van huishoudens: indien al het regenwater zou kunnen worden opgevangen maximaal 54% van de waterbehoefte van een gemiddeld huishouden (2,2 personen). Indien echter rekening wordt gehouden met de runoffcoëfficiënt en first-flush komt men uit op ongeveer 25%.

Het wordt afgeraden om drinkwater per huishouden te produceren. Enerzijds kan er niet voldaan worden aan de watervraag, maar veel belangrijker nog is dat de (microbiologische) kwaliteit niet gegarandeerd kan worden. Waar drinkwaterbedrijven uitgebreide monitoringsprogramma's hebben, is dit op kleine schaal op dit moment nog zeer duur. Eenvoudige sensoren om de kwaliteit te monitoren zijn nog niet beschikbaar. Tenslotte zijn de kosten voor drinkwaterzuiveringssystemen voor individuele huishoudens zeer hoog.

Concepten zoals in België, waar regenwater wordt opgevangen en gebruikt als huishoudwater, blijken ook duur te zijn. In deze berekeningen zijn bijkomende voordelen, zoals het ontlasten van rioolwaterzuivering en minder waterschade op straat in het geval van piekbuien, echter niet meegenomen.

Het opvangen van regenwater van al het verharde oppervlak op wijk- of buurniveau en transport naar een centrale lokale zuivering voor de productie van drinkwater lijkt wel mogelijk. Vervolgens

kan dit water via het reguliere net naar de huizen worden getransporteerd. Het is waarschijnlijk wel duurder dan het huidige, centraal geproduceerde drinkwater. Een voordeel is dat het drinkwaterbedrijf verantwoordelijk blijft voor de kwaliteit van het geproduceerde water. Het transport van het drinkwater via het reguliere net naar de klanten heeft als voordeel dat te lange verblijftijden in het leidingnet worden voorkomen. Economisch voordeel van dit systeem zou vooral kunnen zitten in afkoppeling van het regenwater van het riool en een kleinere kans op schade door overstromingen tijdens piekbuien.

## Referenties

1. Kerngegevens drinkwater 2016, VEWIN
2. Bhaskar, V.V. and Rao, P.S.P. (2017) Annual and decadal variation in chemical composition of rain water at all the ten GAW stations in India. *Journal of Atmospheric Chemistry* 74(1), 23-53
3. Beysens, D., Mongruel, A. and Acker, K. (2017) Urban dew and rain in Paris, France: Occurrence and physico-chemical characteristics. *Atmospheric Research* 189, 152-161
4. Farreny, R. et al. (2011). Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and quality assessments in Spain. *Water Research* 45(10), 3245-3254.
5. Hofman, J.A.M.H., Paalman, M. (2014). KfC 142/2014, BTO 2014.042 *Rainwater harvesting, a sustainable solution for urban climate adaptation? KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, Nederland*
6. Butler, D. and Davies, J.W. (2011) *Urban Drainage*, London: Spon Press.
7. Gikas, G.D., Tsihrintzis, V.A. (2012) Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. *Journal of Hydrology* 466-467, 115-126
8. [www.zonnepanelen-weetjes.nl/blog/afmetingen-van-zonnepanelen/](http://www.zonnepanelen-weetjes.nl/blog/afmetingen-van-zonnepanelen/), geraadpleegd op 28 december 2017.
9. <http://www.clo.nl/indicatoren/nl2114-huishoudens>, geraadpleegd op 28 december 2017.
10. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-26484-1.html>, geraadpleegd op 28 december 2017
11. <http://www.kostenstandaard.nl/wp-content/afbeeldingen/20150928-Handleiding-CoP-Kostencalculator.pdf>, geraadpleegd op 28 december 2017.
12. <https://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/bouwen-en-verbouwen/subsidie-voor-een-regenwaterput-hemelwaterput>, geraadpleegd op 29 december 2017.
13. <https://www.livios.be/nl/bouwinformatie/techniek/sanitair-en-water/regenwater/wat-kost-een-regenwaterinstallatie/>, geraadpleegd op 29 december 2017