

Technologische ontwikkelingen die toegepast kunnen worden in de waterketen en een eerste selectie voor toepassing hiervan bij de verdere ontwikkeling van nieuwe sanitatie



Mirit Hoek
Juli 2020

stowa



Samenvatting

Het doel van dit onderzoek was om in kaart te brengen welke technologieën er in ontwikkeling zijn die toegepast kunnen worden in de waterketen en om aan te geven wat de meest kansrijke ontwikkelmogelijkheden voor decentrale systemen zijn. Hiervoor is een literatuurstudie uitgevoerd en zijn experts benaderd wat heeft geleid tot een database van 144 technieken/projecten die op dit moment in ontwikkeling zijn. De database bestaat uit verschillende elementen, deze moeten uiteindelijk met hun specifieke doelen bijdragen aan het grote geheel. Een groter geheel waarbij de waterketen bijdraagt aan een duurzame wereld: kleinschalig waar het kan, grootschalig waar het moet. Het streven is naar een wereld zonder verspilling en zonder emissies in een eindeloze kringloop. Analyse van de database leidt tot de bevinding dat er weinig aandacht is voor technieken die zich richten op inzameling, transport en besparing. Hier ligt kans voor ontwikkeling want inzamel en transport technieken hebben veel invloed op de rest van de keten en besparen is vaak de meest duurzame optie. Ook is er weinig aandacht voor de gehele waterketen terwijl elke individuele stap wel invloed heeft op de gehele keten. De analyse is besproken in de Sani-meet op grond waarvan vier aanbevelingen ter stimulering van de verdere verduurzaming van decentrale systemen worden gedaan: (1) meer aandacht voor de relatie tussen de inzameling, het transport en uiteindelijk de verwerking is nodig, (2) meer aandacht voor besparing, besparing gaat voor terugwinning, (3) aandacht voor het maatschappelijk draagvlak door bijvoorbeeld multifunctionaliteit en (4) alle belanghebbenden gezamenlijk laten werken aan een totaaloplossing waarbij de conceptuele oplossingen beschreven in dit rapport als eerste aanzet gebruikt kunnen worden. De STOWA zou daarin vanuit haar kennis en met haar statuur goed een centrale rol kunnen spelen.

Sleutel woorden: afvalwaterzuivering, nieuwe sanitatie, waterbeheer, waterketen, zuiveringstechnieken, afvalwatertransport

Inhoud

Samenvatting.....	1
1. Inleiding.....	3
1.1 Doel onderzoek	5
2. Deel A. Inventarisatie recente kennisontwikkeling.....	6
2.1 Methode.....	6
2.1.1 Google Scholar.....	6
2.1.2 H2O artikelen.....	7
2.1.3 Expert interviews.....	7
2.2 Analyse	7
2.3 Resultaten en discussie	7
3. Deel B. Aandachtsgebieden voor de ontwikkeling van decentrale sanitatie.....	12
3.1 Methode.....	12
3.2 Focuspunten.....	12
3.2.1 Waterbesparing.....	12
3.2.2 Waterhergebruik.....	13
3.2.3 Nutriënten hergebruik.....	13
3.2.4 Minimalisatie emissies	14
3.2.5 Monitoring en sturing.....	14
3.2.6 Multifunctionaliteit	15
3.2.7 Punten die buiten de focus vallen.....	15
3.3 Deskundigen peiling (mentimeter).....	16
3.4 Conceptuele oplossingen	16
3.4.1 In de woning.....	16
3.4.2 In de wijk	17
4. Conclusie	18
5. Aanbevelingen.....	19
Bronnen.....	21
Bijlagen.....	22
1. Lijst met benaderde personen	22
2. Criteria voor het onderzoek	22
3. Zoekopdracht Google Scholar	23
4. Uitkomsten deskundigen peiling (mentimeter)	23

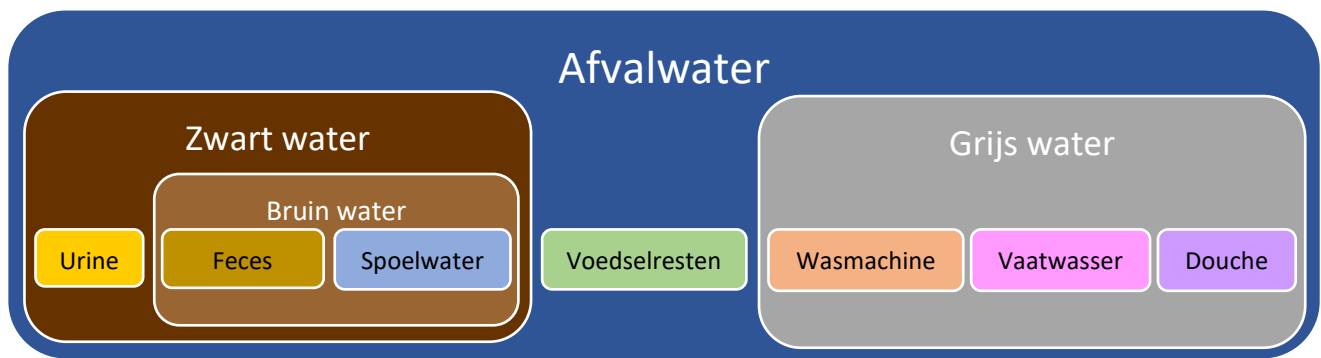
1. Inleiding

Water en fosfaat worden steeds schaarser waardoor het belangrijker wordt om duurzaam om te gaan met deze grondstoffen en er maatschappelijke behoefte aan circulariteit is ontstaan. Klimaatverandering, bevolkingsgroei en verstedelijking dragen onder andere bij aan het schaarser worden van water en fosfaat (Wielemaker, Weijma en Zeeman, 2018; Leusbrock et al., 2015). Ook is er met de techniek van tegenwoordig heel veel mogelijk op gebied van water zuiveren, hergebruiken en besparen. Op centrale RWZI's wordt ook de winning van andere grondstoffen zoals cellulose, Kaumera en stikstof ontwikkeld. De combinatie van enerzijds schaarste op gebied van water en fosfaat en anderzijds de technologische ontwikkelingen die steeds meer mogelijk maken, creëert de noodzaak om anders om te gaan met water en te kijken naar circulariteit, hergebruik en besparing. Deze noodzaak is al enige tijd erkend; zo zijn er in Nederland bijvoorbeeld al energie en grondstoffabrieken opgezet waar afvalwater niet langer als afval maar als grondstof wordt gezien, wordt er momenteel gewerkt aan het realiseren van een waterfabriek (WILP) en zijn er nog vele andere projecten (Energie- en grondstoffenfabriek, z.d.; Waterschap Vallei en Veluwe, z.d.).

In Nederland hebben wij momenteel voornamelijk een centraal sanitatie systeem. Afvalwater stroomt via leidingen naar grote rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) waar het water wordt gezuiverd om vervolgens te worden geloosd op oppervlaktewater. Soms moet het water hier een lange weg voor afleggen en eventueel teruggewonnen grondstoffen hebben vaak nog een lange transport weg te gaan voordat ze opnieuw gebruikt worden.

Vanwege de hoge kosten, transportenergie, capaciteitsproblemen en de groeiende vraag naar duurzaamheid en autarkie wordt er tegenwoordig ook weer naar decentraal zuiveren gekeken. De afgelopen decennia is er gekeken naar verduurzaming van de waterketen met decentrale systemen en technieken als scheiding van stromen aan de bron. Bij decentrale sanitatie kan (afval)water bij de bron gescheiden worden en meer lokaal worden gezuiverd waardoor grondstoffen, warmte en energie maximaal teruggewonnen kunnen worden en lokaal worden hergebruikt. Bovendien wordt ook energie en soms water bespaard omdat afvalwater veel kleinere afstanden hoeft af te leggen en daardoor minder verpompt hoeft te worden (Waternet, 2020).

Afvalwater bestaat uit verschillende componenten met ieder zijn eigen mogelijkheden tot terugwinning. Figuur 1 geeft een schematische weergave van de afvalwaterstromen binnen een woning. Afvalwater kan worden onderverdeeld in zwart water, grijs water en eventueel voedselresten (wanneer een voedselrestenvermaler (VRV) is geïnstalleerd in de keuken). Zwart water is afvalwater afkomstig van toiletten. Dit kan verder worden onderverdeeld in urine ofwel geel water en bruin water. Bruinwater is feces met spoelwater. Grijswater is het overige huishoudelijke water van bijvoorbeeld de wasmachine, vaatwasser en douche. Hierbij komen buiten de woning nog andere stromen zoals grondwater, regenwater en industriewater op de riolering waardoor het afvalwater dat de woning verlaat een heel andere samenstelling heeft dan het afvalwater dat uiteindelijk sterk verdund op de RWZI aankomt. Dit heeft uiteraard consequenties voor de wijze waarop het afvalwater kan worden verwerkt en de mogelijkheden om op de RWZI energie en grondstoffen te winnen.



Figuur 1. Schematische weergaven van de afvalwaterstromen binnen een woning (Thota Radhakrishnan, 2019).

Alle componenten hebben hun eigen mogelijkheden om tot nieuwe grondstoffen te dienen, deze zijn weergegeven in Tabel 1, hier is ook de stroom ‘conventioneel afvalwater’ toegevoegd. Het winnen van grondstoffen is eenvoudiger naarmate de afvalwaterstroom meer geconcentreerd en zoveel mogelijk uniform is en dus zo min mogelijk vervuild. In een conventionele afvalwaterwaterstroom zijn dezelfde grondstoffen te vinden alleen is het moeilijker deze terug te winnen. Conventionele RWZI’s hebben wel het voordeel dat het winnen van grondstoffen door de grotere schaal efficiënter kan zijn.

Tabel 1. Mogelijkheden voor de winning van energie en grondstoffen per deelstroom (Thota Radhakrishnan, 2019).

Water stroom	Energie en grondstoffen
Bruin water	Fosfor, chemische energie
Geel water	Stikstof, fosfor
Grijs water	Warmte, water
Voedselresten	Stikstof, fosfor en chemische energie
Conventioneel afvalwater	Energie, fosfor, stikstof, water, cellulose

Tegenwoordig zijn er technisch gezien veel meer mogelijkheden voor duurzaam en/of circulair afvalwaterbeheer, ook op kleinere schalen. Dat maakt het mogelijk nieuwe afwegingen te maken. Op korte termijn zijn daartoe mogelijkheden in het buitengebied (herinvestering drukriool), maar ook bij nieuwe ontwikkelingen (recreatieparken) of duurzame wijken. De afgelopen jaren is al veel ervaring opgedaan met decentrale systemen. Waterschoon in Sneek is een voorbeeld van een stedelijk project en een recent project is IJburg strandeiland. Ook kiezen ondernemers steeds vaker voor de aanleg van decentrale afvalwatersystemen bij recreatieparken, horecavoorzieningen en tijdelijke wooncomplexen. Soms uit ideële overwegingen maar vaak omdat de aansluiting op de (druk)riolering niet mogelijk of te kostbaar is (Persoonlijke communicatie, Bjartur Swart, 05-06-2020).

Echter, decentraal is niet persé duurzaam. Nieuwe kennis en inzichten kunnen eraan bijdragen om decentrale systemen verder te verduurzamen. Maar wat is er mogelijk en hoe zorgen we ervoor dat die kennis ook daadwerkelijk wordt gebruikt? Ondanks de vele verschillende studies en bestaande technologieën blijkt het lastig te zijn een perfecte combinatie van technologieën in de waterketen te vinden die decentrale sanitatie competitief maakt met centrale sanitatie. Ons hele watersysteem is ingericht op centrale zuivering (persoonlijke communicatie, Saskia van der Kooij, 18-04-2020) en het concept decentrale sanitatie is nog niet erg populair (acceptatie; beheer en onderhoud; zuiveringsrendement/kwetsbaarheid) onder de Nederlandse bevolking, overheden en politiek wat de ontwikkeling moeilijker maakt (persoonlijke communicatie, Paul Telkamp, 22-04-2020). Wereldwijd

zijn veel onderzoeken gaande en meerdere bedrijven zijn ook bezig met nieuwe en decentrale sanitatie en het ontwikkelen van nieuwe technologieën. Hierin spelen ook het waterschap Vallei en Veluwe en STOWA een rol, met hun grote kennis op het gebied van water, o.a. waterzuivering en waterbeheer. Hoewel ogenschijnlijk decentrale systemen goede potenties hebben om ten minste net zo duurzaam te zijn als centrale systemen lijken de technologische ontwikkeling en vooral de toepassing bij decentrale systemen achter te blijven.

1.1 Doel onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om in kaart te brengen welke technologieën er in ontwikkeling zijn die toegepast kunnen worden in de waterketen (deel A) en om aan te geven wat de meest kansrijke ontwikkelmogelijkheden voor decentrale systemen zijn (deel B). Op grond van dit onderzoek zal worden nagegaan of een extra technologie-push bij kan dragen aan het verduurzamen van decentrale oplossingen.

Er zijn vele definities van duurzaamheid. Voor deze studie hanteren we een aantal praktische principes: besparen gaat boven hergebruik en terugwinnen (wat je er niet instopt hoeft je er ook niet uit te halen), minimalisatie van emissies en maatschappelijke inpasbaarheid zoals acceptatie, robuustheid en multifunctionaliteit (iets wat niet in onze maatschappij inpasbaar is zal nooit duurzaam zijn).

De onderzoeksvragen die hierbij horen zijn:

- A. Welke nieuwe technologieën op gebied van nieuwe sanitatie zijn er in ontwikkeling die toegepast kunnen worden in de waterketen?
- B. Welke gebieden in de ontwikkeling van decentrale sanitatie hebben extra aandacht nodig?

Dit rapport gaat eerst in op de methode, analyse, resultaten en discussie van deel A "Inventarisatie recente kennisontwikkeling" van het onderzoek. Vervolgens komen de methode, focuspunten, deskundigen peiling en conceptuele oplossingen van deel B "Aandachtsgebieden voor de ontwikkeling van decentrale sanitatie" aan bod. Tenslotte worden de conclusies van beide delen gegeven met de daaruit gevolgde aanbevelingen.

2. Deel A. Inventarisatie recente kennisontwikkeling

2.1 Methode

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is eerst een beeld gevormd van recent afgeronde en lopende onderzoeken en ontwikkelingen. De innovaties die potentie hebben zijn verzameld in het bijgevoegde Excel bestand. Voor de inventarisatie zijn onder andere de Saniwijzer en gesprekken met Coert Petri en Bjartur Swart gebruikt. Een aantal van de technieken opgenomen in de database zijn ook al opgenomen in de Saniwijzer, maar deze is niet als uitgangspunt gebruikt. Vervolgens is een exploratieve studie gedaan om een beeld te krijgen van onderwerpen omtrent nieuwe sanitatie waar op dit moment ontwikkelingen zijn. Hierbij zijn wetenschappelijke artikelen, vakbladen en interviews met experts van ingenieursbureaus, onderzoeksinstellingen en leveranciers gebruikt. Doel van de interviews was om na te gaan met welke onderwerpen men in de praktijk vooral bezig is en of dat in voldoende mate aansluit bij de meer wetenschappelijke interesses. Voor wetenschappelijke artikelen is Google Scholar gebruikt, daarnaast is het vakblad H2O geraadpleegd. Verder is een artikel geraadpleegd dat een overzicht geeft van verschillende projecten en is informatie van experts gebruikt om tot een vollediger beeld te komen van de ontwikkelingen binnen nieuwe sanitatie. In bijlage 1 staat een overzicht van alle experts die zijn benaderd.

Om gericht te kunnen zoeken zijn eerst onderzoekcriteria opgesteld. Om praktische redenen is er gekeken naar artikelen in het Engels en Nederlands. Verder moesten de artikelen gericht zijn op technieken die toegepast kunnen worden in de waterketen. Artikelen over visies en concepten zijn soms wel gebruikt om verder te zoeken en meer inzicht te krijgen maar zijn niet opgenomen in de database. Tenslotte is het voor dit onderzoek van belang dat de gevonden technieken toegepast kunnen worden in Nederland. Hierbij is vooral gelet op hoe realistisch het is dat een bepaalde techniek geaccepteerd wordt. Dit onderzoek gaat over 'nieuwe ontwikkelingen' en daarom is de zoekopdracht beperkt naar artikelen van 2016 tot heden. Projecten en artikelen aangeraden door experts kunnen wel uit andere jaren komen. Een overzicht van de onderzoekcriteria staat in bijlage 2.

Om een zoekstrategie te ontwikkelen voor Google Scholar, is van de onderwerpen die uit het exploratieve onderzoek zijn gekomen een overzicht gemaakt van de sleutelwoorden. Google Scholar is als database gebruikt om gevarieerde artikelen te vinden. Voor Google Scholar is één zoekopdracht opgesteld zodat er tussen de 500 en 1500 resultaten uit kwamen. Deze zoekopdracht staat in bijlage 3.

Vervolgens zijn alle resultaten gescreend op relevantie om tot een beperkt aantal technologieën te komen die aan alle opgestelde onderzoek eisen voldoen, deze zijn te vinden in de database.

2.1.1 Google Scholar

Bij de screening is eerst gekeken naar titels en daarna ook naar de omschrijvingen van de onderzoeken. Niet alle resultaten waren gericht op technieken en ook niet alle resultaten waren gericht op toepassingen voor de westerse wereld. Door naar de titels en beschrijvingen te kijken zijn de meeste onderzoeken die hier niet aan voldeden uit de database gefilterd. Van alle onderzoeken en technieken die overbleven is vervolgens het hele artikel (of project etc.) gelezen om alles eruit te filteren wat buiten dit onderzoek valt. De zoekopdracht leverde 607 resultaten. Na een eerste screening waar gekeken werd naar de titels bleven er 191 artikelen over en na de 2^e screening waar ook het abstract gelezen werd bleven er 101 artikelen over. Deze 101 artikelen zijn gelezen en hier bleven uiteindelijk 43 artikelen van over die aan de zoek criteria voldeden voor de database.

Een van de artikelen gevonden in Google Scholar beschreef zelf geen techniek maar gaf een overzicht van verschillende projecten in Europa met korte omschrijvingen. De beschreven projecten die voldoen aan de onderzoek criteria zijn vervolgens ook opgenomen in de Excel database. Dit zijn 24 projecten.

2.1.2 H2O artikelen

Artikelen van het vakblad H2O konden niet geëxporteerd worden, daarom is bij het selecteren van artikelen naar de titels gekeken om in te schatten of deze artikelen relevant konden zijn, dit leverde 75 resultaten. Na de eerste screening waarbij korte omschrijvingen werden gelezen bleven er 39 artikelen over. Na de 2^e screening waarbij het hele artikel gelezen werd en eventueel extra informatie geraadpleegd werd, bleven er 28 artikelen over voor de database.

2.1.3 Expert interviews

Mail, skype, zoom en telefoongesprekken zijn gevoerd met experts. Kennis van experts heeft inzicht gegeven in welke thema's rondom nieuwe sanitatie belangrijk en in ontwikkeling zijn maar ook welke barrières er zijn (geweest) bij verschillende projecten. Met het netwerk van Bjartur Swart, Coert Petri en Mirit Hoek is een lijst tot stand gekomen met experts die zelf ook met nieuwe sanitatie te maken hebben binnen hun netwerk. Naast interessante thema's en inzicht in barrières hebben verschillende experts ook projecten, artikelen en technieken aangeraden. Deze zijn (wanneer ze aan de onderzoek criteria voldeden) toegevoegd aan de database, dit zijn er 52.

2.2 Analyse

Tenslotte zijn alle bevindingen samengevoegd en eventuele dubbele bevindingen verwijderd uit de database, waarmee de database uiteindelijk uit 144 technieken bestaat. Deze onderzoeken zijn onderverdeeld in delen van de waterketen waar de technologie wordt toegepast: inzameling, transport, zuivering en hergebruik. Vervolgens zijn deze technieken ook onderverdeeld de onderzoeksperspectieven die de technieken bieden. Deze onderzoeksperspectieven zijn verdeeld in drie categorieën; 1. Besparen, 2. Optimaliseren en 3. Winnen. Deze zijn schematisch weergegeven in Figuur 2.



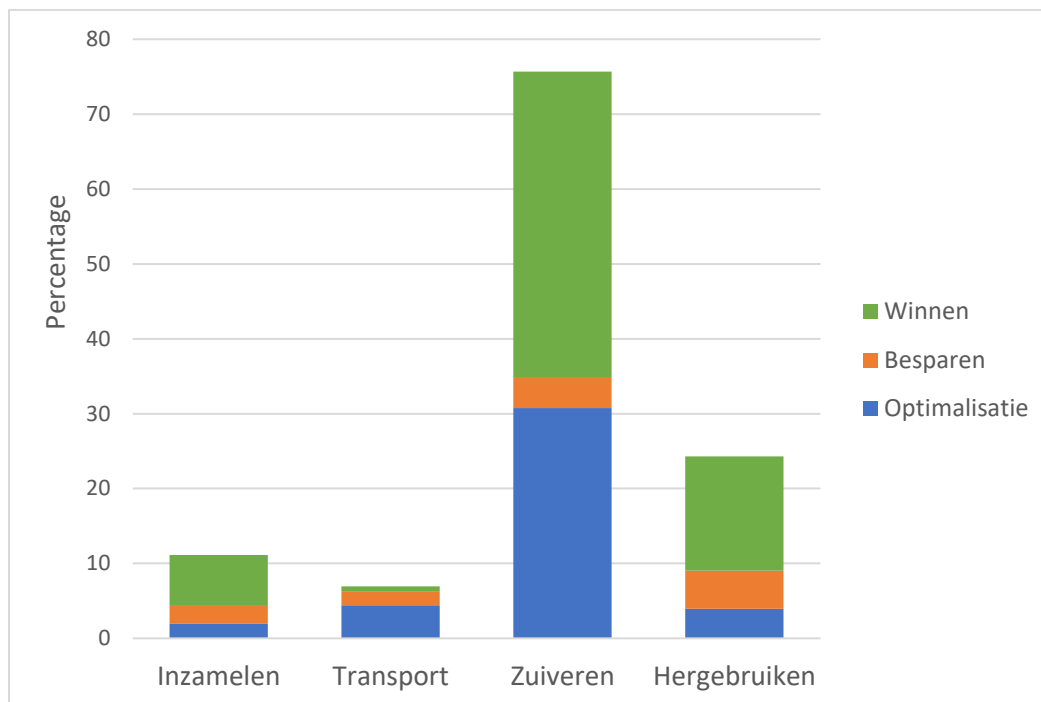
Figuur 2. Onderzoeksperspectieven; 1. Besparen op energie en grondstoffen, 2. Optimalisatie van de waterketen, 3. Het winnen van energie en grondstoffen.

Voor verdere analyse zijn de technieken ook nog verder onderverdeeld op schaal (centraal, decentraal, beide) en verschillende thema's waar de technieken zich op richten (water, nutriënten, energie, waterkwaliteit, microverontreinigingen, monitoring, overig). Dit is te zien in de Excel database, waarin ook gefilterd kan worden op alle verschillende onderdelen.

2.3 Resultaten en discussie

De 144 verschillende onderzoeken/ technieken/ projecten in de database zijn geanalyseerd en de uitkomsten van de analyse worden hier toegelicht.

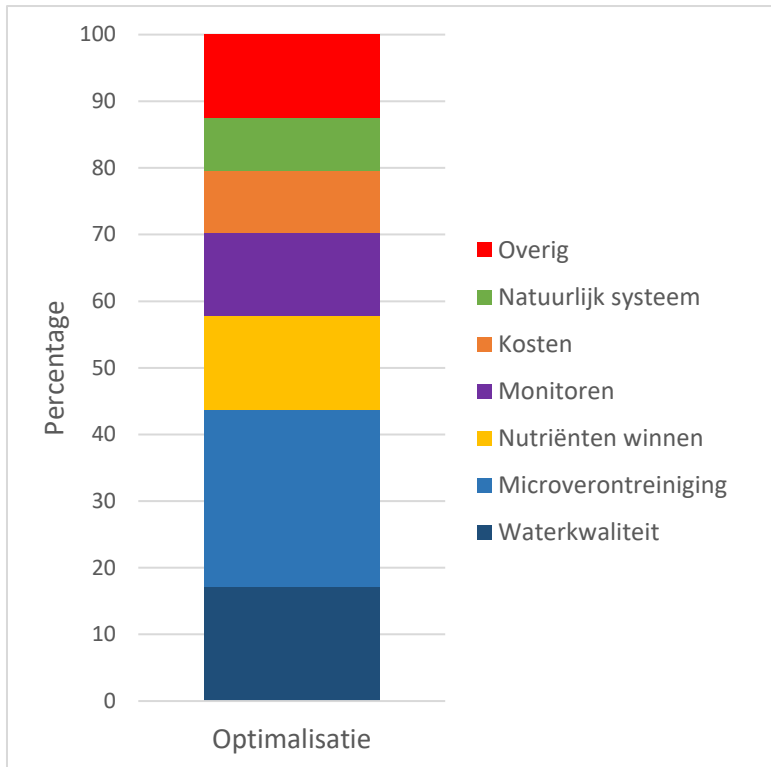
Dit onderzoek laat zien dat er in de waterketen vooral veel aandacht wordt besteed aan zuiveren (109/144). Ook redelijk wat aandacht gaat uit naar technieken die zich focussen op (her)gebruik (35/144) maar relatief weinig projecten en onderzoeken die zich richten op inzameling (16/144) en transport (10/144) binnen de waterketen, zie Figuur 3. Dat is opmerkelijk omdat efficiënt zuiveren van afvalwater en het terugwinnen van grondstoffen sterk afhankelijk is van de wijze waarop zij wordt ingezameld. Voor betere zuivering en terugwinning of hergebruik zijn dus juist de inzameling en transport technieken van groot belang. Deze technieken bepalen de mate van concentratie en welke afvalwaterstromen samen komen. Wanneer zwart en grijswater apart ingezameld worden zijn andere zuiveringstechnieken nodig dan wanneer deze gemixt zijn. Juist de kwaliteit/ samenstelling van het ingezamelde water bepaalt hoe effectief je het kunt verwerken.



Figuur 3. Het percentage onderzoeken uit de database dat zich richt op inzamelen, transport, zuiveren en (her)gebruik onderverdeeld in de categorieën winnen, besparen en optimalisatie.

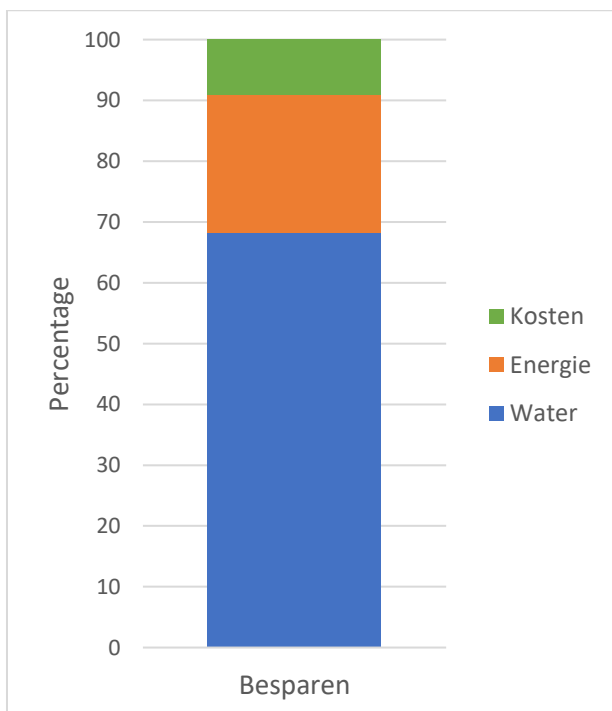
Verder laat dit onderzoek zien dat de aandacht in nieuwe sanitatie vooral uit gaat naar het optimaliseren van bestaande technieken/ processen (63/144) en terugwinning van water, energie en nutriënten (89/144). Er zijn relatief weinig technieken die zich focussen op besparing (19/144), zie Figuur 3. Het besparen van water aan het begin van de waterketen zou de meest duurzame optie zijn, door te vermijden dat kostbaar schoon water onnodig vervuild wordt. Bijvoorbeeld door minder spoelwater te gebruiken, geen spoelwater te gebruiken of een gebruikte waterstroom in plaats van drinkwater te gebruiken voor het spoelen van het toilet. Dit zou zowel water besparen als energie en zuiveringskosten, omdat het geconcentreerde afvalwater efficiënter gezuiverd kan worden.

Figuur 4 laat zien dat de hoofdfocus van optimalisatie technieken vooral ligt op waterkwaliteit. De meeste focus met betrekking tot waterkwaliteit ligt bij het verwijderen van microverontreinigingen zoals medicijnen. Verder focussen optimalisatie technieken zich ook op het winnen van nutriënten, monitoring, kosten en duurzaamheid door bijvoorbeeld de ontwikkeling van natuurlijke systemen of andere optimalisaties die systemen efficiënter maken.



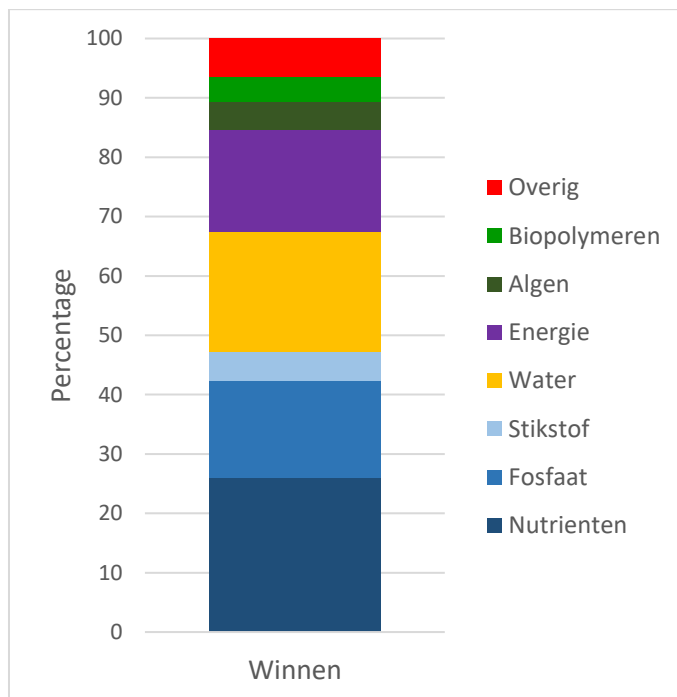
Figuur 4. Percentuele onderverdeling over thema's waar optimalisatie technieken op richten.

De technieken die zich focussen op besparen zijn grotendeels gericht op het besparen van water, maar ook zijn er een aantal technieken die focussen op het besparen van energie en kosten, veel in combinatie met optimalisatie technieken of technieken die zich focussen op winnen, zie Figuur 5.



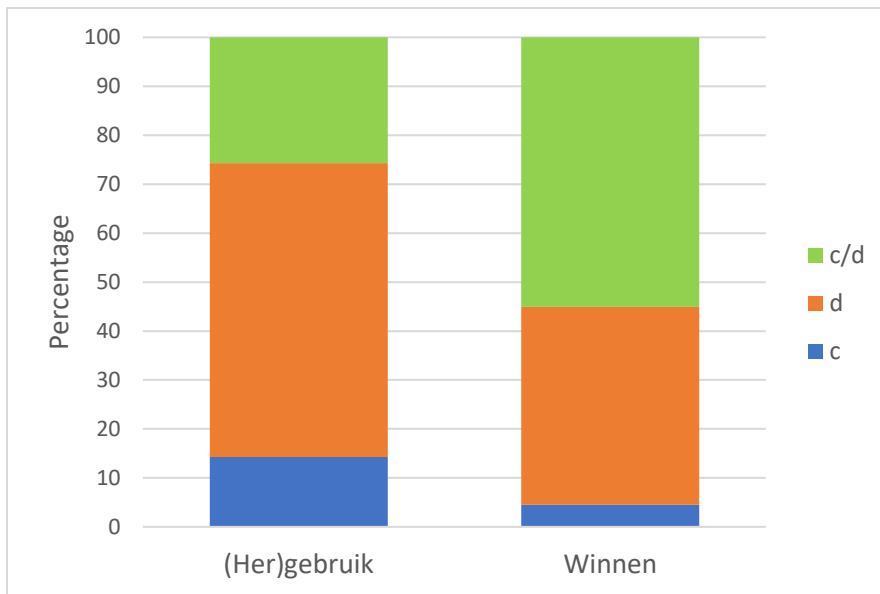
Figuur 5. Technieken die zich richten op besparen percentueel onderverdeeld in de thema's water, energie en kosten.

Figuur 6 laat zien dat bij technieken die vallen onder de categorie winnen de focus veelal ligt op het winnen van nutriënten en in het bijzonder fosfaat. Ook richten veel onderzoeken zich op het winnen van water en energie. Bij het winnen van grondstoffen is de inzamelings techniek van belang omdat deze effect heeft op de efficiëntie van het winnen. Waar in veel onderzoeken grondstoffenwinning en grondstoffenhergebruik als synoniemen gebruikt worden, is dit niet het geval. Grondstoffenwinnen is een stap, daarna volgt het hergebruik. In onze visie spreken we over hergebruik als focus van de techniek wanneer waarden in het afvalwater direct en ter plaatse kunnen worden benut (toepassing dus binnen het eigen project). Over technieken met de hoofdfocus winnen spreken we als die technieken zich richten op het halen van waarden uit afvalwater voordat zij elders en door anderen gebruikt kunnen worden. (toepassing buiten het project). Hier volgt een voorbeeld van hergebruik versus winnen van fosfaat in afvalwater. Als je het afvalwater direct op het land brengt is het hergebruik; ga je eerst de fosfaat er uit halen (struviet van maken) en verkoop je het aan een kunstmestfabriek dan is in onze visie de voornaamste focus het winnen. Ingeval van water: als je afvalwater zuivert en het water direct toepast als spoel of irrigatiewater dan is de focus het hergebruik; zuiver je het tot drinkwaterkwaliteit en lever je aan een waterbedrijf dan is de focus van de techniek het winnen. Uiteraard zijn er grijze gebieden.



Figuur 6. Technieken die zich focussen op winnen procentueel onderverdeeld in verschillende thema's.

Verder is opmerkelijk dat technieken die zich focussen op hergebruik procentueel gezien veelal decentrale technieken zijn en technieken die zich focussen op winnen zijn ook vaak centrale technieken die eventueel ook decentraal toegepast kunnen worden, zie Figuur 7. Wanneer een techniek zich focust op hergebruik is dit vaak kleinschalig, waar technieken die zich focussen op winnen vaak grootschaliger zijn om de techniek rendabel te maken. Als stoffen worden gewonnen worden deze vaak in een heel pure vorm gewonnen waardoor er relatief weinig overblijft en het dus aantrekkelijker is om dit op grote schaal te doen, voor hergebruik is het minder belangrijk om de te (her)gebruiken grondstof zuiver te hebben.



Figuur 7. Technieken die zich focussen op (her)gebruik en winnen onderverdeeld in schaal c (centraal), d (decentraal) en c/d (veelal centrale technieken die ook decentraal toegepast kunnen worden).

Tenslotte laat deze inventarisatie zien dat er niet één specifieke techniek of combinatie van technieken bestaat die perfect is. Het mooie van nieuwe en/of decentrale sanitatie is dat er per lokale situatie (gebruikers, omgeving, ruimte) de juiste oplossing gevonden kan worden. Er bestaan meerdere technieken die ieder in een andere toepassing geschikt zijn. Op 1 focussen zou die kracht van nieuwe sanitatie neerhalen.

3. Deel B. Aandachtsgebieden voor de ontwikkeling van decentrale sanitatie

Deel A en de database geven een overzicht van verschillende publicaties op gebied van afvalwater en sanitatie van de laatste jaren. Dit overzicht laat zien waar iedereen vooral mee bezig is. Hier komen een aantal lijnen uit:

- Er ligt veel focus op het eind van de waterketen (zuiveren en hergebruik) maar weinig op het begin van de waterketen (inzameling en transport).
- Er is relatief veel focus op technieken die zich richten op het winnen van grondstoffen maar weinig focus op besparingstechnieken.
- De systemen functioneren niet optimaal: verbeteringen zijn mogelijk. Daarbij gaat aandacht uit naar verwijderen microverontreinigingen en betere monitoring en sturing.
- De waarde van afvalwater als bron voor grondstoffen wordt erkend met belangrijke producten: nieuwe grondstoffen (organische stof, eiwitten, vetten, Kaumera, etc.), nutriënten (P en N) en water)
- De waarde van afvalwater als energiedrager wordt erkend met twee belangrijke producten (thermische en chemische energie)

Deze bevindingen introduceren het tweede deel van het onderzoek waar is gekeken naar aandachtsgebieden voor de ontwikkeling van decentrale sanitatie.

3.1 Methode

Gesprekken met experts, de projectgroep (Bjartur Swart, Coert Petri en ik) en het bestuderen van de resultaten van deel 1 is gebruikt om focuspunten op te stellen waar in mijn ogen extra aandacht voor nodig is bij de ontwikkeling van decentrale sanitatie. Ten slotte is het onderzoek gepresenteerd tijdens de Sani-meet webinar van STOWA op 18 juni 2020 waar ook verschillende deskundigen hun mening en feedback hebben gegeven. Na de presentatie is er tijdens de webinar een deskundigen peiling gedaan door een aantal stellingen via Mentimeter voor te leggen aan de deelnemers. Een aantal van deze stellingen en de uitkomsten zijn te vinden in de bijlage. Deze input is gebruikt om te kijken of ook deskundigen op gebied van sanitatie de opgestelde focuspunten belangrijk vinden en zich kunnen herkennen in de resultaten van deel 1. Verder is door discussie met de deelnemers ook meer inzicht gecreëerd in reële en noodzakelijke aanbevelingen. Ten slotte worden er in dit hoofdstuk een aantal voorbeelden gegeven van conceptuele oplossingen die zijn ontstaan door het bestuderen van de database en de vele gesprekken met verschillende deskundigen en onze projectgroep.

3.2 Focuspunten

Naar aanleiding van de resultaten van deel A en het spreken met experts zijn er een 6-tal focuspunten opgesteld. Voor de verdere ontwikkeling van decentrale systemen zou de aandacht zich vooral moeten richten op dit 6-tal focuspunten. Binnen deze focuspunten wordt naar interessante technieken uit de database verwezen. Hier wordt ook gekeken naar de vraag welke technologie-push er nodig is bij decentrale systemen door te kijken naar wat er is (in de database) en wat er nodig is, wat heeft meer ontwikkeling nodig. Hieronder worden de 6 focuspunten toegelicht met bijhorende technieken uit de database en 3 punten die buiten de focus vallen met een korte toelichting.

3.2.1 Waterbesparing

Uit dit onderzoek blijkt dat er relatief weinig aandacht is (geweest) voor waterbesparing. Het is maatschappelijk van belang minder water in de waterketen te gebruiken, zeker met de toenemende droogte. Verder is door water te besparen veelal een betere verwerking van urine en feces mogelijk.

Ook wanneer wordt gekeken naar de ladder van Lansink, een standaard op het gebied van afvalbeheer, staat preventie (besparing) bovenaan.

Interessante waterbesparende ontwikkelingen uit de database zijn:

Zo veel mogelijk waterloos:

- Inzameling: Droogtoiletten (composttoilet (126, 129), verbrandingstoilet (140), nanomembraan toilet (28), urine-omleiden droog toilet (66, 127))
- Transport: seepex systeem (9)
- Droog wassen (met hete lucht) (136)

Water besparend:

- Inzameling: Vacuüm toilet (al meer getest in verschillende projecten) (120, 125, 126)
- Transport: coating in toilet en leidingen (3); vacuüm en luchtpersriolen (141, 142)
- Ultrasoon wassen (132)

Vanuit een waterketen aanpak, begint duurzaam omgaan met water met de vraag of water als transportmiddel gebruikt moet worden. Interessante ontwikkelingen zijn de droge toiletten die urine en feces direct verwerken (door verbranding, droging of compostering) maar ook interessant is bijvoorbeeld het Seepex transportsysteem in combinatie met een droogtoilet, wat een efficiëntere grootschaliger verwerking mogelijk maakt. Extra interessant wordt de waterbesparing als tevens ultrasoon/droog wassen in het concept wordt meegenomen.

3.2.2 Waterhergebruik

Door de toenemende droogte is hier steeds meer aandacht voor en wordt het ook steeds belangrijker om (gebruikt/ afval) water niet meer als afval maar als grondstof te zien. Zeker wanneer waterbesparing niet of niet voldoende mogelijk is, is terugwinnen en hergebruiken van water een goede tweede optie. Hergebruik komt ook op de ladder van Lansink na preventie.

Interessante ontwikkelingen die bijdragen aan waterhergebruik zijn:

- Hydraloop (19);
- Recirculatiedouche (138)
- Grijs water zuivering en hergebruik voor toiletspoeling en/ of irrigatie (18, 35)
- Waswater opslaan en gebruiken voor toiletspoeling (144)
- Regenwater opvangen voor irrigatie en/of toiletspoeling (16 (opvangen), 143 (opvangen + hergebruiken))
- Regenwater behandelen tot drinkwater (20)

In principe is grijswater hergebruik wettelijk toegestaan, mits het op huishoudniveau is (Persoonlijke communicatie, Bjartur Swart, 29-06-2020). Er is wel een verschil tussen hoogwaardig hergebruik en downscaling wat ook verschillen in kwaliteitseisen met zich mee brengt. De recirculatiedouche is een voorbeeld van hoogwaardig hergebruik met hoge kwaliteitseisen. Bij het hergebruik van drinkwater voor bijvoorbeeld toiletspoeling wordt gesproken van downscaling, waar de kwaliteitseisen steeds lager worden. Er zijn al verschillende voorbeelden in gebruik, maar grootschaligere vormen van hergebruik zoals de hydraloop worden nog weinig onderzocht.

3.2.3 Nutriënten hergebruik

In tegenstelling tot winnen biedt dit mogelijkheden kringlopen lokaal te sluiten op decentraal niveau. Dit draagt bij aan het meer circulair maken en dus verduurzamen van de waterketen. Het is niet mogelijk om te voorkomen dat nutriënten in het afvalwater terecht komen, de beste optie is dan om van deze nutriënten gebruik te maken. Menselijke mest verschilt qua samenstelling niet veel van dierlijke. In de wetgeving ligt dat anders en is volksgezondheid wel een issue. Toch zou het goed zijn nog eens goed naar de directe toepassing te kijken. Door direct lokaal (of in de buurt) nutriënten te hergebruiken is geen/minder transport nodig en ook geen of weinig opslag. Kringlopen kunnen veel meer lokaal worden gesloten.

Interessante ontwikkelingen zijn:

- Op basis van separate urine inzameling: Urinoirs / urinescheidingstoilet (66, 126, 127) met urine leiding, opslagtank. Uitrijden over het land. Overige bruine en grijze afvalwaterstroom via normale zuivering/riolering; composteren.
- Op basis van vergisting/compostering zwart water (41, 52, 56, 62, 63, 68).
- Op basis van zwart water filteren (51)
- Aquafarm (131)

Mooie initiatieven zijn er al op gebied van aquafarm en stadslandbouw. Aandachtspunt is natuurlijk wel de volksgezondheid. Voor de verdere ontwikkeling van lokaal hergebruik van nutriënten is vooral meer praktijkervaring gewenst.

3.2.4 Minimalisatie emissies

Voor een duurzame waterketen is het van belang dat de waterkwaliteit (en daarmee ook veiligheid) altijd gewaarborgd blijft. Bestaande systemen zuiveren niet altijd even goed en het verwijderen van microverontreinigingen wordt maatschappelijk steeds belangrijker. Door te zorgen voor een goede waterkwaliteit wordt preventief te werk gegaan en kan dit problemen verder in de waterketen voorkomen. Net als bij centrale systemen worden er steeds hogere eisen gesteld aan de kwaliteit van het effluent. Kwaliteit van water is en blijft altijd heel belangrijk zeker als ook hergebruik vaker plaats gaat vinden. Een goede waterkwaliteit zorgt onder andere ook voor veiligheid en goede volksgezondheid waardoor het bijdraagt aan sociale duurzaamheid.

De vraag naar efficiënte en goede manieren voor het verwijderen van microverontreinigingen is erg belangrijk. De literatuur laat zien dat er op dit vlak tal van technologie ontwikkeld wordt soms gebaseerd op natuurlijke processen soms op meer fysische/chemische technieken. Deze verscheidenheid aan ontwikkelingen/ technieken laat echter ook zien dat er in de praktijk nog geen optimale techniek toegepast is en hier nog steeds erg veel vraag naar is.

Technologische ontwikkelingen die plaats vinden zijn:

Medicijnen/ microverontreinigingen:

- Natuurlijke processen: Adsorptie (98), fotolyse (65), anaerobe biodegradatie (97, 98), algen (106), aquafarm (131)
- Kunstmatige processen: membranen (lit.75, 89, 92, 93), geavanceerde oxidatie (8, 17, 24), zonlicht-gestuurde fotokatalyse verbeterd met Fe (III)-citraat (38) , ultraviolet fotolyse (65), actief kool (74, 98), omgekeerde osmose (95)

Algemene waterkwaliteit:

- Natuurlijke processen: Retentie bodemfilters (102), algen (104)
- Kunstmatige processen: elektrochemische flow cel (54), Ozon, elektrolyse en korrelige actieve kool (55), coagulatie/flocculatie/sedimentatie en membraan scheiding (61), actief kool (74), elektrochemische oxidatie (76)

Brongerichte aanpak:

- Medicijnen aanpakken bij bron (17, 22)

Er wordt nog onvoldoende onderzoek gedaan naar schaal verkleining. Een aanpak bij de bron zou effectief en duurzaam kunnen zijn; bijvoorbeeld decentrale zuivering gericht op medicijnen bij verzorgingstehuizen. Een andere interessante optie zijn actiefkool blokjes (of andere adsorptiematerialen) in het toilet (Persoonlijke communicatie, Coert Petri, 06-07-2020).

3.2.5 Monitoring en sturing

Het is niet altijd mogelijk de hele keten op de schop te nemen en het is zeker gewenst om ook te kijken hoe bestaande technologische concepten beter kunnen werken. Met online monitoring en sturing is betere controle mogelijk, wat zorgt voor minder onderhoud en betere anticipatie op wisselende omstandigheden. Op die manier kan worden bijgedragen aan de robuustheid van het systeem, het

gebruiksgemak en daarmee ook de duurzaamheid van het systeem. Veel bedrijven zijn bezig met deze ontwikkelingen.

Interessante ontwikkelingen uit de database zijn:

Monitoren (en bedienen op afstand):

- Functioneren van zandfilters (1), Ammonium in behandeld en ruw of onbehandeld afvalwater (10), Smart actuator (11), Dompelsensor voor proces- en kwaliteitscontroles in afvalwater (12), op afstand met internetaansluiting (20), Druksensor: real-time metingen die zich richten op het detecteren van terugkerende drukafwijkingen (82)

Sturing:

- Intelligente actuatoren die processen kunnen aanpassen (7), Software voor weersvoorspellingen (16), Curapipe, detectie en reparatie defecte leidingen (77)

Interessant voor verder onderzoek is de ontwikkeling van sensortechnologie waarmee realtime de kwaliteit van het influent en effluent gemeten kan worden en dus ook realtime sturing mogelijk wordt.

3.2.6 Multifunctionaliteit

Multifunctionaliteit kan zorgen voor bijdragen aan maatschappelijke inpasbaarheid en acceptatie door bijvoorbeeld meer groen in de wijk of ruimte besparing. Beperkte ruimte in stedelijke gebieden vergen functiecombinaties bij ruimte vragende voorzieningen. Tot slot heeft duurzaam afvalwaterbeheer ook veel te maken met de mate waarin voorzieningen in de omgeving kunnen worden ingepast. De zuiverende kas maakt zijn claims qua efficiënt zuiveren wellicht niet allemaal waar, het concept maakt een waterzuivering in de stad wel tot een publieksvriendelijke voorziening. Met het concept Phytoparking kan er geparkeerd worden boven op een zuiveringsfilter. Juist multifunctionele voorzieningen zouden decentraal wel eens de toekomst kunnen zijn.

Interessante ontwikkelingen:

- Aquafarm (131)
- Phytoparking (135)
- Zuiverende kas Organica (133)

Helaas worden al deze technieken nog weinig in de praktijk gebracht en kunnen wel een push gebruiken.

3.2.7 Punten die buiten de focus vallen

Het aanbrengen van focus betekent automatisch dat er ook onderwerpen zijn die juist buiten de focus vallen:

1. Energiebesparing:

Decentraal leidt al tot (aanzienlijk) geringer energiegebruik in verband met minder transport en er is al veel aandacht voor energie waardoor een extra push niet nodig is.

2. Energie hergebruik

Het terugwinnen en lokaal hergebruiken van de energie is veelal complex en kan alleen uit op grote schaal; op deze schaal vindt al veel onderzoek plaats.

3. Winnen van grondstoffen

Voor het economisch winnen van grondstoffen zijn veelal veel grotere volumes nodig dan decentraal kunnen worden gewonnen; op grotere schaal RWZI vindt al voldoende onderzoek plaats. Decentraal gewonnen grondstoffen kunnen op termijn in de centrale installaties mee verwerkt gaan worden.

Het niet focussen op energiebesparing en energie hergebruik betekent niet dat klimaat en energie niet belangrijk zijn. Dit zijn zeker belangrijke onderwerpen en daar moet ook naar gekeken worden, maar naar aanleiding van het onderzoek wat ik heb gedaan blijkt er al veel aandacht naar die onderwerpen

te gaan in vergelijking met bijvoorbeeld besparing. Dus om nieuwe sanitatie aantrekkelijker te maken en een nieuw leven in te blazen lijkt het interessanter en nuttiger om nu in te zetten op onderwerpen en technieken die nog minder ontwikkeld zijn.

3.3 Deskundigen peiling (Mentimeter)

Aan het eind van de Sani-meet webinar is een deskundigen peiling gedaan met stellingen via Mentimeter. Dit heeft een beeld geschetst over hoe deskundigen denken over het verduurzamen en toekomstbestendig maken van decentrale systemen evenals of deskundigen dezelfde focuspunten als in dit onderzoek aangegeven herkennen. De resultaten van de peiling zijn te vinden in de bijlage. Hieronder noem ik de belangrijkste conclusies uit de peiling.

Er is veel belangstelling voor en geloof in toekomstbestendige decentrale systemen, maar hier moet nog wel veel voor gebeuren. De meeste focus zou zich moeten richten op waterbesparing, waterhergebruik en het verwijderen van microverontreinigingen (focuspunten 1,2 en 4). De peiling liet zien dat volgens deskundigen inzameling en transport en de inrichting van de waterketen in zijn geheel onderwerpen zijn waar echt op vernieuwd moet worden. Er was wat miscommunicatie over een fout waar “eens” en “oneens” omgedraaid waren in de Mentimeter maar na discussie werd duidelijk dat bovengenoemde onderwerpen inderdaad de onderwerpen waren met de meeste stemmen. Verder kwam er uit de peiling dat bij afwegingen tussen centraal en decentraal vooral de mate van robuustheid en het maatschappelijke draagvlak belangrijke criteria zijn. Ten slotte liet de peiling zien dat er weinig vertrouwen is in de markt als het gaat over de verantwoordelijkheid om decentrale systemen duurzamer te maken. Veel deskundigen zijn van mening dat er voorbeeldprojecten nodig zijn waar STOWA, overheden en marktpartijen samenwerken. Ook zouden duidelijke eisen van de overheid bij kunnen dragen aan het verduurzamen van de decentrale systemen.

3.4 Conceptuele oplossingen

Hieronder worden een aantal voorbeelden gegeven van conceptuele oplossingen die als inspiratie kunnen dienen bij het inrichten van nieuwe woningen en wijken.

3.4.1 In de woning

1. Afvalwatervrije woning

Feces en urine worden spoelwatervrij ingezameld en terplekke omgezet in as. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van een verbrandingstoilet; de as kan indien het niet lokaal kan worden toegepast (in de tuin) worden meegegeven met het GFT afval. Alternatief is een droogtoilet waarbij de droge resten wellicht in een gesloten afbreekbare zak met het GFT mee zouden kunnen.

De energie uit het grijze water wordt deels herwonnen met een recirculatiedouche deze draagt ook bij aan waterbesparing. Het resterende grijze water (ca. 50 l p.p.p.d.) wordt gezuiverd op een groen dak of groene wand. Dit dakhelofytenfilter draagt bij aan de temperatuur beheersing van het pand en maakt het mogelijk dit concept ook in de stad toe te passen. De continue wateraanvoer zorgt dat de koelende werking ook zomers optimaal is. Het effluent uit het helofytenfilter (alleen in natte perioden) wordt geïnfiltrerd in de bodem.

2. Afvalwater besparende woning

Feces en urine worden in een normaal toilet ingezameld; het spoelwater bestaat uit gezuiverd grijs water uit de woning (bijvoorbeeld door de Hydraloop), hiermee wordt (drink)water bespaard. Het restant aan grijs water dat niet voor spoelwater hoeft te worden gebruikt wordt in een compact helofytenfilter (bijvoorbeeld een phytocube) gezuiverd en geïnfiltrerd. Hiermee wordt circa 90 l water

p.p. minder afgevoerd en is het afvalwater een factor 3 geconcentreerder. Dit concept is geschikt voor woningen in buitengebieden waar helofytenfilters goede oplossingen zijn.

3. Richting autarkisch wonen

Regenwater kan worden ingezameld om hier eigen drinkwater van te maken (met bijvoorbeeld de drop2drink unit, zie Excel database (20)). Deze oplossing bespaart water (vooral in de natte maanden) en maakt het in combinatie met andere technieken (grijswater hergebruik) mogelijk om meer zelfvoorzienend te leven. Ook kan met oplossingen als deze hemelwater afgekoppeld worden van het riool waardoor afvalwater op de RWZI's minder verdund wordt en niet overbelast worden. Wanneer regenwater opgeslagen kan worden in bijvoorbeeld wadi's bied dit tevens de mogelijkheid meer aan het droogte probleem te doen. Afhankelijk van de ligging kan deze techniek gekoppeld worden met de andere conceptuele oplossingen voor woningen.

3.4.2 In de wijk

1. Een waterketen die grondstoffen levert aan de stadslandbouw

Feces en urine worden spoelwatervrij ingezameld door de combinatie van een droogtoilet met het seepex transport systeem. De droge stof wordt omgezet in compost en kan lokaal toegepast worden voor stadslandbouw. Feces en urine kunnen ook apart worden ingezameld, deze twee stromen bevatten veel nutriënten die toegepast worden als stikstofrijke meststof (van urine) en bodemverbeteraar (fosfaatrijke compost van feces) voor de stadslandbouw

Grijswater wordt apart ingezameld en gezuiverd met een natuurlijk systeem (helofytenfilter) in de vorm van een parkeerplaats. Het effluent van de helofytenfilter wordt vervolgens ook toegepast als irrigatiewater voor stadslandbouw. Zo wordt de wijk actief betrokken bij het belang en de positieve effecten van de stap naar een circulaire economie. Afvalstromen van de wijkbewoners komen weer tot waarde bij lokale stadslandbouw en zo wordt de lokale kringloop heel duidelijk zichtbaar. Dit concept focust op natuurlijke sanitatie oplossingen.

2. Meerwaarde creëren met de waterketen

Zwart en grijswater wordt apart ingezameld. Het zwarte water wordt gezuiverd met het phytosystem concept: parkeerplaatsen waar afvalwater gezuiverd wordt. Het effluent kan geloosd worden op het plantsoen. Grijswater zorgt voor meer water in de wijk. Het kan grof voorgezuiverd worden met een filter waarna het onder voetpaden in groenzones van de wijk geloosd kan worden. Op deze manier wordt het water gezuiverd door middel van zandfiltratie en wordt de groenzone voorzien van water. Een andere oplossing voor het grijze water dat ook bijdraagt aan meer water en groen in de wijk is het aanleggen van een helofytenfilter of wilgenfilter met wandelpaden.

3. Nieuwe technologie wijk

Dit concept bevat veel nieuwe elementen en is bedoeld om meer praktische ervaring te verkrijgen. Het voornaamste doel van deze wijk is om te experimenteren met nieuwe technieken, die wel allen op hun manier bijdragen aan een meer duurzame wijk. In de wijk wordt water bespaard door: coating van toiletten waardoor 50 procent minder spoelwater nodig is, experimenteren met ultrasoon wassen en douchen met de recirculatiedouche (verbruik van 1,5 liter in plaats van 6 liter water per minuut). Tijdens het afvalwatertransport wordt door middel van riothermie warmte gewonnen wat gebruikt wordt om huizen in deze wijk te gasloos te verwarmen of te verkoelen. Ook wordt in dit concept gekeken naar het verwijderen van microverontreinigingen zoals medicijnresten. Wanneer zich een verzorgingstehuis in de wijk bevindt, wordt er gekeken naar medicijnverwijdering bij de bron (met bijvoorbeeld MediOxi) anders komt er bij de decentrale zuivering een membraantechniek voor het

verwijderen van medicijnresten. Hier kan ook realtime sensortechnologie gebruikt worden wat er voor kan zorgen dat er aanpassingen worden gedaan wanneer een bepaalde waarde wordt overschreden. Afvalwater wordt decentraal gezuiverd op een helofytenfilter met eerst de nodige voorbehandeling zoals zandfiltratie. Ook kan het concept van waterfabriek WILP gebruikt worden voor de zuivering; een technisch concept dat met 7 technieken (grofvuilrooster, zandvang, fijnzeef, electro coagulatie, DAF, nanofilter en ionenwisselaar) het water voorbehandelt tot het een goede kwaliteit heeft om via een helofytenfilter geloosd te worden of hergebruikt (Waterschap Vallei en Veluwe, z.d.).

4. Richting een autarkische wijk

Wanneer de hele wijk wordt betrokken, kan ook hoger worden ingestoken naar meer autarkisch wonen. Zo kan er worden gekeken naar een oplossing waar van het drinkwaternet afgegaan wordt. Hier zitten nog een aantal haken en ogen aan, maar biedt perspectief voor de toekomst. Wanneer van het drinkwaternet afgegaan wordt zullen er een aantal dingen moeten veranderen. Drinkwater moet mogelijk verkregen worden met flessen (en/of aangevuld met de drop2drink techniek waar drinkwater van hemelwater wordt verkregen). Ook moeten er oplossingen worden gevonden voor douchen, wassen en vaatwassen. Een mogelijkheid kan zijn dit buitenshuis te doen. In de wijk van de toekomst zou je dan centraal kunnen wassen (in een buurthuis), douchen (in centrale fitness/sauna/zwemruimte vlakbij een buurthuis) en eten/ vaatwassen (in een buurthuis). Naar het toilet gaan moet ook in deze toekomstige wijk wel thuis kunnen, maar er zijn tal van mogelijkheden om hier geen drinkwateraansluiting voor te gebruiken. In het huis is dan (bijna) geen drinkwater nodig waardoor met oplossingen zoals een hydraalooop veel water bespaard en hergebruikt kan worden binnenshuis.

4. Conclusies

Uit het onderzoek kunnen 8 belangrijke conclusies getrokken worden, deze zijn:

1. In onderzoeken is er veel aandacht voor zuivering en hergebruik, maar aandacht voor inzameling en transport blijft achter.
2. In onderzoeken is er vooral aandacht voor het winnen van (grond)stoffen en energie en veel minder aandacht voor het besparen of direct hergebruiken van grondstoffen.
3. Er is relatief weinig aandacht voor het verder beperken van emissies, monitoring en sturing en multifunctionaliteit.
4. In de onderzoeken is er weinig aandacht voor de totale keten (inzameling – transport – verwerking); met twee uitzonderingen:
 - De UASB-beweging waar vanuit de verwerking is nagedacht over inzameling (in combinatie met GFT) en transport (vacuüm)
 - Het scheiden van stromen (urine, grijswater)
5. Voor de verdere ontwikkeling van decentrale systemen zou de aandacht zich vooral moeten richten op de 6 focuspunten: waterbesparing, waterhergebruik, nutriënten hergebruik, minimalisatie emissies, monitoring en sturing en multifunctionaliteit. Deze 6 punten zijn belangrijk voor de ontwikkeling van nieuwe sanitatie en krijgen nog niet voldoende aandacht, dit wordt ook ondersteund door de deskundigen peiling (Mentimeter).
6. Geen extra aandacht is nodig voor de ontwikkeling van energiebesparing, energie hergebruik en winnen van grondstoffen omdat deze 3 punten al veel worden onderzocht. Dit neemt niet weg dat dit belangrijke punten zijn voor nieuwe sanitatie, maar voor ontwikkeling is hier minder aandacht voor nodig.
7. Decentrale systemen moeten vooral gebaseerd zijn op maatschappelijk draagvlak en voldoende robuust en betrouwbaar zijn.
8. Pilotprojecten en wet-regelgeving zijn belangrijke drijfveren voor technologische vernieuwing zonder dat zal de markt niet snel zelf initiatieven ontplooien.

5. Aanbevelingen

De bovenstaande conclusies hebben tot de volgende 4 aanbevelingen geleid:

1. Er zou meer aandacht moeten komen voor de relatie tussen de inzameling, het transport en uiteindelijk de verwerking. Aanbevolen wordt elk project primair vanuit dit totaal perspectief te benaderen, ook als de directe aanleiding vanuit één bepaalde invalshoek komt.
2. Ook voor sanitatie geldt de ladder van Lansink; besparing gaat voor terugwinning. Aanbevolen wordt bij elk project vanuit de doelstelling na te gaan in welke mate deze kan worden bereikt met besparing of met (terug)winning.
3. De Sani-meet maakt duidelijk dat decentrale systemen uitsluitend kans hebben als deze op maatschappelijk draagvlak mogen rekenen. Dit kan onder meer worden verkregen door voorzieningen goed inpasbaar te maken in onze dagelijkse leefomgeving. Voorwaarde is om goed inzicht te hebben in de wensen van gebruikers van deze leefomgeving. Multifunctionaliteit is daarvoor een sleutelwoord. Aanbevolen wordt hieraan extra aandacht te besteden.
4. Er lijken (op basis van de literatuurstudie) voldoende mogelijkheden te zijn om ook decentrale systemen verder te verduurzamen en daarmee toekomstbestendig te maken. In de praktijk gaat de ontwikkeling echter nog langzaam. Aanbevolen wordt de ontwikkeling een boost te geven door gebruikers, leveranciers, kennisinstellingen en overheden gezamenlijk te laten werken aan een totaaloplossing. De conceptuele oplossingen (hoofdstuk 3.4) zouden hierbij

als eerste aanzet gebruikt kunnen worden. De STOWA zou daarin vanuit haar kennis en met haar statuur goed een centrale rol kunnen spelen.

Bronnen

Energie-en grondstoffenfabriek (z.d.). Geraadpleegd van <https://www.efgf.nl/>

Leusbrock, I., Nanninga, T.A., Lieberg, K., Agudelo-Vera, C.M., Keesman, K.J., Zeeman, G. and Rijnaarts, H.H.M. (2015). The urban harvest approach as framework and planning tool for improved water and resource cycles. *Water Science Technoly*, 72 (6), 998–1006.

Thota Radhakrishnan, A.K. (2019). Domestic Slurry Hydraulics in Transport. Geraadpleegd van https://www.saniwijzer.nl/media/stowa_saniwijzer_v2/org/1/documents/thesis_slurry_hydraulics_radhakrishnan.pdf

Waternet (2020). Nieuwe Sanitatie, De circulaire afvalwaterketen. Geraadpleegd van <https://www.waternet.nl/innovatie/co2-reductie/nieuwe-sanitatie/>

Waterschap Vallei en Veluwe (z.d.). Waterfabriek WILP. Geraadpleegd van <https://www.vallei-veluwe.nl/toptaken/bij-mij-in-de-buurt/in-voorbereiding/waterfabriek-wilp/>

Wielemaker, R.C., Weijma, J. and Zeeman, G. (2018). Harvest to harvest: Recovering nutrients with New Sanitation systems for reuse in Urban Agriculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 128,426-437.

Bijlagen

1. Lijst met benaderde personen

Personen	Werkzaam bij
Jouke Boursma	Aquaminerals
Sanna Melita, Jan Weijma, Tiemen Nanninga, Grietje Zeeman	LeAF
Saskia van der Kooij, Grietje Zeeman, Rosanne Wielemaker	Wageningen Universiteit
Arjan Budding	WeNR
Coert Petri, Jasper Timmer, Ernst van Leussen, Wim van Vilsteren	Waterschap Vallei en Veluwe
Paul Telkamp	Tauw
Sybrand Metz	DeSah
Heleen de Fooij	Witteveen en Bos
D. Vandy	Ecosave
Dion van Oirschot	Rietland
Tinus Vos	Wetlantec
Roemer Goossensen	
Bjartur Swart, Imke Leenen, Bert Palsma	STOWA
Dries Parmentier	NOAH water solutions
Frank van Dien	Ecofyt
Via watervent webinar	Axine Water
	Aclarity
	Geyser
	Ionic water
	Aquarius brands
	Curapipe
	Ecospears
	Tappwater
Kees Roest	KWR
Joris de Grooth	Technische universiteit Twente
Hamse Kjerstadius	Helsinborg project
Jan Schoemaker	Copier
	Wetsus
Tania Fernandez	NIOO
Dries Jansma	
Arnoud de Wilt	Royal Haskoning
Wilfred Appelman	WFBR

2. Criteria voor het onderzoek

- Engels en Nederlandse artikelen
- Technieken moeten toepasbaar zijn in Nederland en geaccepteerd worden in Nederland
- Recente ontwikkelingen: publicaties sinds 2016 tot heden

Voor H2O kan geen zoek query ingevuld worden, hiervoor worden de artikelen onder techniek eerst gescreend op relevantie van titel, zodat niet alle artikelen gelezen hoeven worden. De criteria is hetzelfde als voor Google Scholar.

3. Zoekopdracht Google Scholar

("new sanitation" OR "decentralised sanitation") AND ("Wastewater" OR "black water" OR "grey water") AND ("technology" OR "treatment" OR "transport" OR "collection" OR "resource recovery")

4. Uitkomsten deskundigen peiling (Mentimeter)

1. Om decentrale systemen echt toekomstbestendig te maken
 - o Zijn we eigenlijk al te laat (1)
 - o Moeten we de komende 10 jaar forse stappen zetten (33)
 - o Hebben we nog genoeg tijd (6)
2. Om decentrale systemen echt toekomstbestendig te maken zal meer in duurzame technologie geïnvesteerd moeten worden met name ten behoeve van:



3. Onderwerpen waarop we echt moeten vernieuwen zijn:



**Een fout in de dia, eens en oneens moeten omgewisseld worden.*

4. In de afweging tussen centraal en decentraal gaat het vooral om:



5. Om decentrale systemen duurzamer te maken

- Zal de markt zijn verantwoordelijkheid wel nemen (6)
- Zullen overheden duidelijke eisen moeten stellen (24)
- Zijn voorbeeld projecten nodig waar STOWA, overheden en marktpartijen samenwerken (32)