

Oktober 2020

**Operationalisering  
Circulaire Economie  
principe voor de  
waterketen**

Water in de Circulaire Economie  
(WiCE) | Efficiënt met grondstoffen |  
Circulair Water 2050



## **Operationalisering Circulaire Economie principe voor de waterketen**

Water in de Circulaire Economie (WiCE) | Efficiënt met grondstoffen |  
Circulair Water 2050

### **Opdrachtnummer**

402324-001 | BTO 2020.020 | Oktober 2020

### **Opdrachtgevers**

BTO Water in de Circulaire Economie (WiCE), STOWA, AquaMinerals, Unie van Waterschappen (UvW), Energie en Grondstoffen Fabriek (EFGF)

### **Begeleidingscommissie**

André Struker (Waternet/WiCE, waterketen), Cora Uijterlinde (STOWA, afvalwaterketen), Aalke Lida de Jong (AquaMinerals, reststoffen), Ruud van Esch (Unie van Waterschappen, beleid), Ruud Peeters (Energie- en Grondstoffenfabriek)

### **Projectmanager**

Kees Roest

### **Auteurs**

Andrew Segrave (KWR), Henk-Jan van Alphen (KWR, WiCE Waarde in de Keten) en Kees Roest (KWR, WiCE Efficiënt met Grondstoffen)

### **Kwaliteitsborger**

Kees van Leeuwen

Meer informatie  
Dr. Andrew Segrave  
T +31 6 15946475  
E [Andrew.Segrave@kwrwater.nl](mailto:Andrew.Segrave@kwrwater.nl)

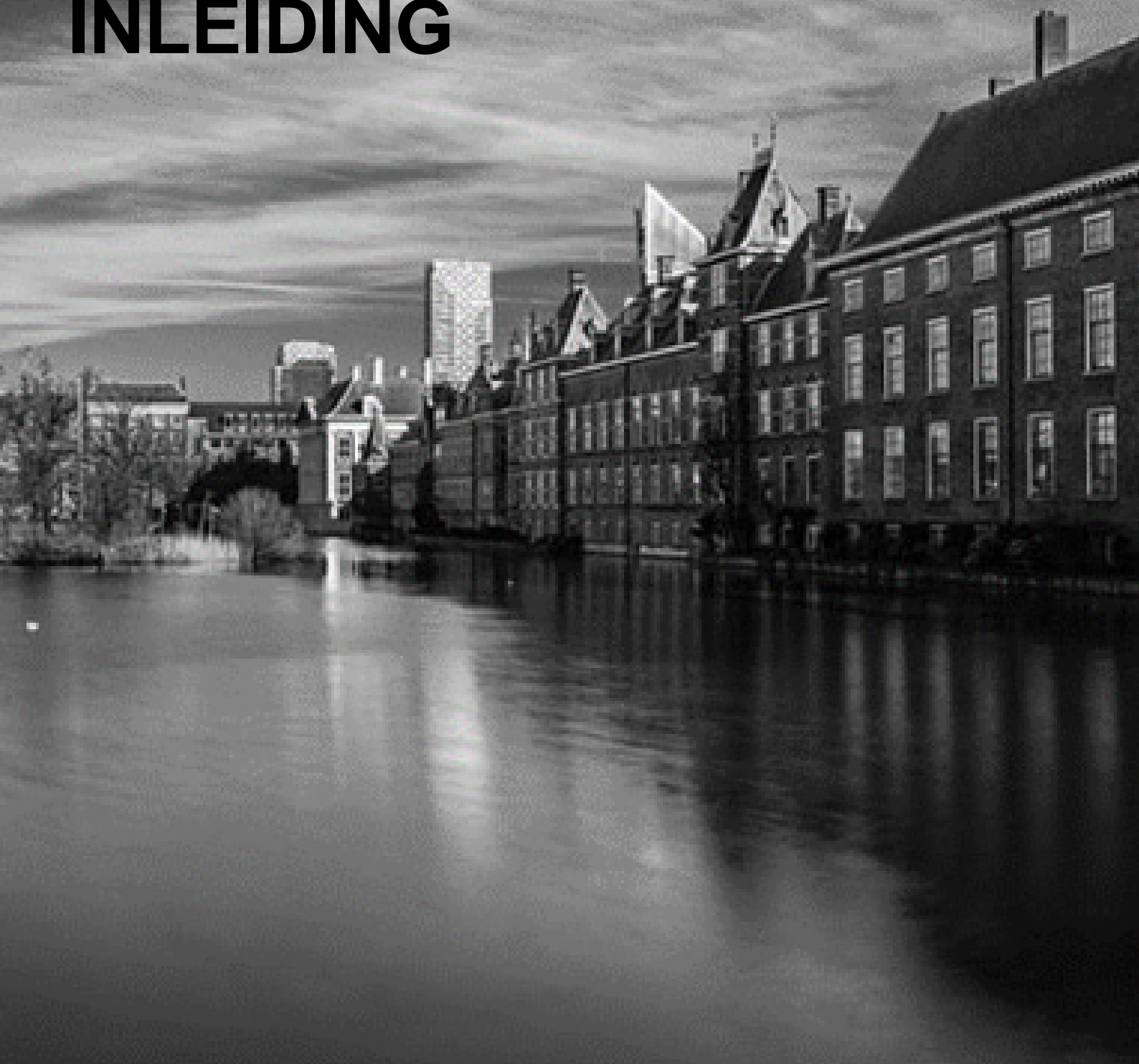
PO Box 1072  
3430 BB Nieuwegein  
The Netherlands

Oktober 2020 ©

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevens bestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

<b>Inleiding en doelstelling</b> .....	6
Water in de Circulaire Economie.....	6
Efficiënt met grondstoffen.....	6
Operationalisering Circulaire Economie principe voor de waterketen.....	6
Projectteam.....	7
<b>Afbakening van het concept</b> .....	9
Definitiekwesties .....	9
Methode: het bepalen van de stip op de horizon.....	13
Kenmerken en indicatoren: de stip op de horizon definiëren .....	15
Energie en stromen.....	16
Waarden voor mensen.....	20
Systeemeigenschappen .....	22
<b>Resultaten: Stip op de horizon</b> .....	24
Scorecard.....	27
Nulmeting 2020.....	29
Vervolg: Aanpak voor het uitstippen van de routekaart.....	37

# INLEIDING



# Inleiding en doelstelling

## Water in de Circulaire Economie

Het collectieve onderzoeksprogramma Water in de Circulaire Economie (WiCE) bestaat uit gezamenlijk onderzoek van de waterbedrijven en partners in en om de waterketen, met als doel een bijdrage te leveren aan de maatschappelijke opgaven in het kader van de circulaire economie, klimaatadaptatie en transitie naar een duurzame energievoorziening.

WiCE onderzoek is gericht op het sluiten van waterkringlopen en het terugwinnen van grondstoffen en energie uit water. Waterbedrijven en partijen in en om de waterketen voeren gezamenlijk onderzoek uit om een bijdrage te leveren aan de klimaatdoelen 2020, Nederland Circulair in 2050 en de energietransitie. Hiertoe zijn verschillende onderzoeksthema's gedefinieerd:

- Waarde in de keten: richt zich op de governance-aspecten van de circulaire economie, zoals de waarde van water, het schaalniveau en de transitie in tijd.
- Kwaliteit in de keten: richt zich op de waterkwaliteit in de gehele waterketen.
- Energie: richt zich op ontwikkeling en inzetten van water-gerelateerde technologieën die bruikbaar zijn in de energietransitie, zoals opslag en terugwinnen van warmte in en uit de ondergrond en het riool.
- Klimaatadaptatie: richt zich vooral op de klimaatadaptatie in de stedelijke omgeving en het ommeland.
- Zuinig met zoet: richt zich op (her)gebruik van water voor een robuuste zoetwatervoorziening.
- *Efficiënt met grondstoffen: richt zich op terugwinnen van grondstoffen en energie uit (afval)waterstromen.*

## Efficiënt met grondstoffen

Dit rapport betreft onderzoek dat is uitgevoerd als onderdeel van het project 'Circulair Water 2050', dat onder het onderzoeksthema 'Efficiënt met grondstoffen' valt. Dit onderzoeksthema is gericht op grondstoffenefficiëntie, inclusief grondstoffenwinning en -hergebruik die van belang zijn voor de gehele watersector. Het project 'Circulair Water 2050' beoogt inzicht te geven in de implicaties van het beleid van de Rijksoverheid om in 2050 volledig circulair te willen zijn. Gaat het dan vooral om een hogere grondstoffenefficiëntie, of spelen andere zaken een belangrijkere rol? Het project heeft drie doelen:

1. Inzichtelijk maken van alle in- en uitgaande stofstromen in de waterketen (drinkwaterbedrijven, waterschappen en mogelijk ook gemeenten) in de huidige situatie.<sup>1</sup>
2. *Onderzoeken, omschrijven, bespreken, afbakenen en vastleggen wat in de waterketen wordt verstaan onder volledig circulair in 2050 (stip op de horizon).*
3. Bepalen welke mogelijke maatregelen en acties nodig zijn (vormgegeven als routekaart) om de huidige waterketen om te vormen tot een volledig circulaire waterketen in 2050.

## Operationalisering Circulaire Economie principe voor de waterketen

Dit rapport is het resultaat van een verkenning naar wat er in de waterketen wordt verstaan onder 'volledig circulair in 2050'. Het startpunt hiervoor was een deskstudie naar de verschillende gehanteerde definities en omschrijvingen. Na het onderzoeken, omschrijven, bespreken, en afbakenen van het concept samen met een projectteam van vertegenwoordigers uit de waterketen zijn de resultaten in dit document vastgelegd.

In een voorgaand onderdeel van dit project zijn Sankey-diagrammen gemaakt om de energie- en materiaalstromen in de waterketen te visualiseren en daarmee de circulaire mogelijkheden beter te kunnen identificeren. Deze huidige stromen zijn een nulmeting, en vertegenwoordigen de stand van zaken voor wat betreft de fysieke dimensie van de circulariteit van de waterketen. In de volgende hoofdstukken worden andere dimensies van circulariteit uiteengezet. Dit resulteert in een overzichtelijk

<sup>1</sup> Roest, K. et al. 2020. Stofstromen in de Nederlandse Waterketen. KWR

aantal, herkenbare, en helder gedefinieerde kenmerken van een circulaire waterketen. Deze kenmerken maken het concept bruikbaar voor toepassing in beleidsvorming en planning.

In het volgende onderdeel van dit project worden de kenmerken van circulariteit gebruikt voor het beoordelen van verschillende ontwerpen van de fysieke /technische oplossingen voor een circulaire waterketen. Deze oplossingen worden in werkateliers met experts uit de watersector ontwikkeld en beoordeeld. Maar operationalisering van 'het circulaire economie principe' voor de waterketen heeft meerdere toepassingen. Gezien het WiCE onderzoeksprogramma bedoeld is om via kennisontwikkeling en innovatie een bijdrage te leveren aan de transitie naar een Circulaire Economie, zijn de uitkomsten van dit project ook relevant voor alle andere WiCE onderzoeksthema's, en het programma als geheel.

### Projectteam

Dit project is onderdeel van het collectieve onderzoeksprogramma Water in de Circulaire Economie (WiCE), gefinancierd door de Nederlandse drinkwaterbedrijven en het Vlaamse De Watergroep en Stowa, met inhoudelijke inbreng door o.a. AquaMinerals en de Energie- en Grondstoffenfabriek.

Na het onderzoeken en omschrijven van 'het circulaire economie principe' voor de waterketen zijn de uitkomsten besproken en aangevuld en aangepast op basis van de reacties van vertegenwoordigers uit de waterketen. De volgende mensen hebben geholpen met het afbakenen van het concept:

- Henk-Jan van Alphen, KWR Water Research Institute
- Ruud van Esch, Unie van Waterschappen
- Aalke Lida de Jong, AquaMinerals
- Ruud Peeters, Waterschap de Dommel, De Energie- en Grondstoffenfabriek
- Kees Roest, KWR Water Research Institute
- Ben Römogens, DNV GL
- Andrew Segrave, KWR Water Research Institute
- André Strucker, Waternet
- Cora Uijterlinde, Stowa

# AFBAKENING





# Afbakening van het concept

## Definitiekwesties

Na verschillende opties besproken te hebben heeft het projectteam een bestaande definitie van de Circulaire Economie gekozen voor dit project:

*Een economie die binnen ecologische randvoorwaarden efficiënt en maatschappelijk verantwoord omgaat met producten, materialen en hulpbronnen, zodat ook toekomstige generaties toegang tot maatschappelijke welvaart behouden. Het streven naar een circulaire economie is dus geen doel op zich, maar een middel voor toegang tot toekomstige welvaart. Voor burgers is 'kwaliteit van leven' het centrale begrip.<sup>2</sup>*

Deze definitie is gekozen omdat het zowel de fysieke dimensies (zoals stofstromen) als de sociaal-economische waarden (zoals efficiënt, maatschappelijk verantwoord, en kwaliteit van leven) omvat. Deze benadering past bij de actuele opvattingen over het begrip 'circulair' die inspelen op de metafoer van 'het stedelijk metabolisme'<sup>3</sup>. Planologen en politieke ecologen zien steden als een assemblage van stromen die door zowel sociaal-politieke als fysieke processen tot stand komen en gestuurd worden. Het is dit perspectief dat in de discussies rondom de 'circulaire wijk' ook steeds meer aandacht krijgt.

De 'circulaire economie' en de 'circulaire wijk' zijn ideaaltypen die ontstaan zijn als reacties op de lineaire verbruikseconomie en productieprocessen waarbij eindige grondstofvoorraden worden uitgeput en omgezet in onbruikbaar afval.<sup>4 5</sup> Ideaaltypen worden vaker gedefinieerd als fotonegatieven van bestaande probleem(ervaringen). Waar een benadering 'gefragmenteerd' is wordt 'integraal' het ideaaltype en waar er kritiek is op 'exclusieve, top-down' besluitvorming wordt 'participatief' het ideaaltype.<sup>6</sup> Een oplossing voor een probleem is echter niet per se het tegenovergestelde, of het fotonegatief, van het probleem. Uit de deskresearch blijkt dat door de zoektochten naar werkbare definities van 'circulair' door menigeen geconstateerd is dat het concept meer is dan het omgekeerde van 'lineair'. Deze dispariteit tussen probleem en oplossing voor wat betreft circulariteit wordt versterkt door ambiguïteit en verscheidenheid in de probleemervaringen.

Er zijn uiteenlopende ideeën over welke problemen circulariteit moet gaan oplossen. Om te beginnen zijn de verschillen in probleemdefinities te verklaren aan de hand van een focus op de fysieke, ofwel de sociaaleconomische dimensie. Circulariteit is een veelzijdige, transdisciplinair concept. Over het algemeen denken ingenieurs in materiaalstromen en proberen ze circulariteit te realiseren door het optimaliseren en het sluiten van kringlopen in de fysieke dimensie. Vanuit dit perspectief zou circulariteit concreet bereikt worden door het gebruik van energie en grondstoffen te reduceren en door dat wat gebruikt is fysiek terug te winnen. Economen kijken vanuit een andere perspectief naar circulariteit, omdat ze de problemen met de lineaire verbruikseconomie en productieprocessen beschrijven in termen van kosten en waardeverlies. Grondstoffen zijn kostbaar en afval vertegenwoordigt een verlies. Economische stromen laten zien hoe waarde wordt gecreëerd, getransformeerd, uitgeruild, overgedragen of verloren.



Figuur 1: De Ladder van Lansink

<sup>2</sup> Sociaal-Economische Raad (2016) Advies Werken aan een circulaire economie: geen tijd te verliezen, p. 11.

<sup>3</sup> Pauliuk, S., & Hertwich, E. G. (2015). Socioeconomic metabolism as paradigm for studying the biophysical basis of human societies. *Ecological Economics*, 119, 83-93.

<sup>4</sup> Boulding, K. (1966). E., 1966, the economics of the coming spaceship earth. New York.

<sup>5</sup> Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). Economics of natural resources and the environment. JHU Press.

<sup>6</sup> Molle, F. (2008). Nirvana concepts, narratives and policy models: Insights from the water sector. *Water alternatives*, 1(1), 131-156.

Veranderingen in de volumes en/of de samenstelling van waarden komen niet per se overeen met die van energie en grondstoffen.<sup>7</sup> Behoud van een grondstof betekent evenzeer niet altijd behoud van waarde. Een leidende principe voor de circulaire economie is 'de minimalisering van afval'. Dit concept wordt geoperationaliseerd door middel van de Ladder van Lansink (Figuur 1), die genoemd is naar de Nederlandse politicus Ad Lansink, die veertig jaar geleden (1979) een motie voor deze werkwijze indiende bij de Tweede Kamer. De bovenste drie treden aan deze ladder (Preventie, Hergebruik, en Recyclage) worden gezien als 'circulaire' maatregelen terwijl het verbranden en storten van afval als 'lineair' worden beschouwd. Internationaal wordt dit model aangeduid met de term "afvalhiërarchie". Wat dit voorbeeld bovenal laat zien is dat veel oude (denk)modellen, onder meer ook cradle2cradle ontwerp en levenscyclusanalyses, in het concept "circulair" opgenomen zijn. Het is een soort opstapeling van gerelateerde begrippen.<sup>8</sup>

Economische perspectieven op circulariteit worden ambigu wanneer verschillende soorten waarden in de afwegingen worden geïncorporeerd; dat wil zeggen, meer dan alleen de financiële waarden. De gepercipieerde oplossingen, en dus ook de definities van circulariteit, hangen in dit geval af van welke waarden wel of niet meegenomen worden in de analyses.

Naast de interpretaties van 'circulair' die verschillen vanwege een focus op de fysieke ofwel de sociaal-economische dimensie, en daarbinnen de verschillen aan de hand van welke waarden meewegen, lopen de interpretaties ook uiteen op basis van dat wat er als gewenste uitkomst wordt gezien. Een deel van deze ambiguïteit is functioneel, omdat een minder scherp afgebakend concept ruimte biedt voor meer actoren/belanghebbenden met verschillende doelen om dezelfde oplossing te steunen.<sup>9</sup> Gedeelde ideeën zijn nodig voor collectieve actie<sup>10</sup>. Aan de andere kant zou 'circulair' op deze manier een synoniem voor 'duurzaamheid' kunnen worden, en als allesomvattend paraplu-begrip dan net zo lastig worden om te meten en te realiseren.<sup>11</sup>

Circulariteit wordt meestal gezien als een middel en geen doel op zichzelf. Maar er is geen overeenstemming over wat de uiteindelijke doelen wel zijn. De voor dit project gekozen definitie van de circulaire economie, die van de Sociaal-Economische Raad (SER), verwijst naar 'kwaliteit van leven' en 'maatschappelijke welvaart' voor toekomstige generaties als einddoelen. Aan de ene kant is het belangrijk om 'maatschappelijke welvaart' als belangrijke einddoel te blijven zien. Aan de andere kant moet de operationalisering van 'volledig circulair in 2050' duidelijkheid verschaffen over wat zinvolle en uitvoerbare praktijken zijn voor het beheer van afval en hulpbronnen. Want dit is de toegevoegde waarde van het concept 'circulair' ten opzichte van 'duurzaam'.<sup>12</sup> Er zijn verschillende analytisch kaders ontwikkeld die modellen van fysieke processen combineren met sociaal-politieke concepten om circulariteit te definiëren.<sup>13</sup> Uit deze analyses blijkt dat, in vergelijking met andere duurzaamheidsprincipes, bij de circulaire economie de nadruk ligt op waardebehoud (Figuur 2).

<sup>7</sup> Pauliuk, S., Majeau-Bettez, G., Müller, D. B., & Hertwich, E. G. (2016). Toward a practical ontology for socioeconomic metabolism. *Journal of Industrial Ecology*, 20(6), 1260-1272.

<sup>8</sup> Rizos, V., Rizos, V., Tuokko, K., Tuokko, K., Behrens, A., & Behrens, A. (2017). The Circular Economy: A review of definitions, processes and impacts. CEPS Research Report No 2017/8, April 2017.

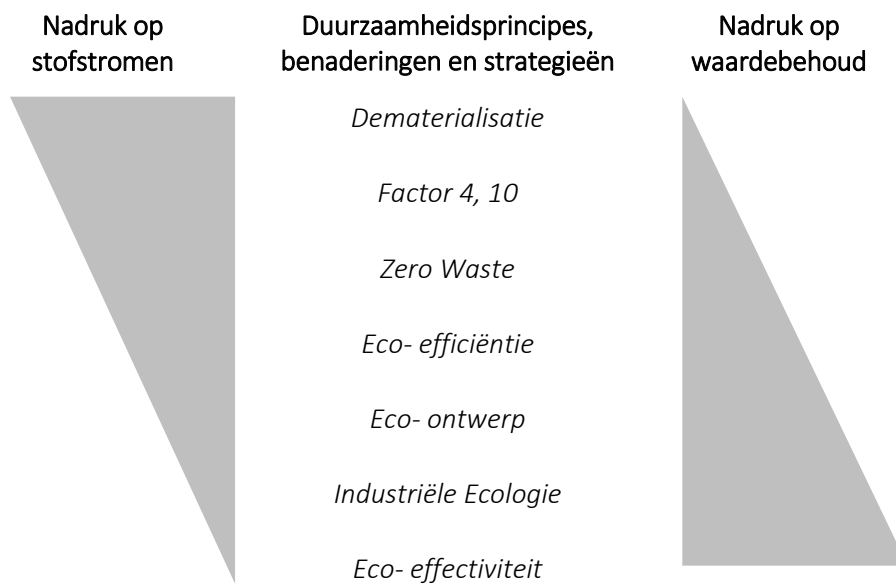
<sup>9</sup> Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: A new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603-614.

<sup>10</sup> Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., ... & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure?. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 452-461.

<sup>11</sup> Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of cleaner production*, 143, 757-768.

<sup>12</sup> Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: A new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603-614.

<sup>13</sup> Iacovidou, E., Millward-Hopkins, J., Busch, J., Purnell, P., Velis, C. A., Hahladakis, J. N., ... & Brown, A. (2017). A pathway to circular economy: Developing a conceptual framework for complex value assessment of resources recovered from waste. *Journal of cleaner production*, 168, 1279-1288.



Figuur 2: Duurzaamheidsbenaderingen gerangschikt op basis van een nadruk op stofstromen versus een nadruk op waardebehoud (aangepast versie van Iacovidou et al., 2017).

Naast de theoretische analyses van het concept, is er een uitgebreide beleidscontext voor de circulaire initiatieven en visies voor de Nederlandse waterketen. Deze beleidscontext is ook bepalend voor het concept om te worden begrepen en geoperationaliseerd. In 2015 heeft de Verenigde Naties op mondiaal niveau 17 'Global Goals for Sustainable Development'<sup>14</sup> vastgesteld waar initiatieven richting een circulaire economie aan bijdragen<sup>15</sup>. Ook in 2015 heeft de Europese Commissie een 'Circular Economy Package'<sup>16</sup> vastgesteld, inclusief een actieplan<sup>17</sup>. Dit actieplan bevat onder meer een raamwerk met tien indicatoren voor het monitoren van de voortgang en een pakket maatregelen voor het realiseren van de beleidsdoelen. Een uitgebreide voortgangsrapportage over dit actieplan is begin 2019 aangenomen. In deze documenten van de Europese Commissie is er een sterke focus op producten en specifieke stoffen, zoals kunststoffen, waarbij het doel is om de waarde van producten, materialen en hulpbronnen zo lang mogelijk te behouden in de economie, en afval te minimaliseren.

Op Nationaal niveau is in oktober 2016 het Rijksbrede Programma Circulaire Economie gepresenteerd: Nederland Circulair in 2050<sup>18</sup>. De ambitie, die namens meerdere ministeries is uitgesproken, is om in 2030 50% minder primaire grondstoffen te gebruiken dan in 2016 en in 2050 een "volledig circulaire" economie te hebben. In januari 2017 is het Grondstoffenakkoord ondertekend door meer dan 400 bedrijven, ngo's, financiële instellingen, kennisinstututen, en overheden. Vervolgens is er in 2018 ingezoomd op 5 sectoren die belangrijk zijn voor de Nederlandse economie en die tegelijkertijd milieubelastend zijn: Biomassa en voedsel; Kunststoffen; Maakindustrie; Bouw, en Consumptiegoederen. In 2019 presenteerde het kabinet het Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie<sup>19</sup> die de doelen voor deze sectoren concreet maakte. Het uitvoeringsprogramma vertaalt de 5 transitieagenda's naar concrete acties en projecten voor de periode 2019-2023. Deze transitieagenda's zijn ook sterk verbonden aan het nationaal beleid aangaande de energie- en klimaattransitie.

In de nationale beleidsdocumenten wordt vooral naar de waterketen gerefereerd als het om 'circulair terreinbeheer' gaat waarbij biomassa als waardevolle grondstof wordt gezien voor bijvoorbeeld bodemverbetering en productie van papier en karton. Denk bijvoorbeeld aan maaisel uit sloten als

<sup>14</sup> <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

<sup>15</sup> <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/blogpost/circular-economy-indicators-what-do-they-measure>

<sup>16</sup> EU Commission. (2015). Communication from the EU Commission, Closing the Loop-an EU Action Plan for the Circular Economy. COM/2015/0614 final, 02-Dec-2015: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>

<sup>17</sup> <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>

<sup>18</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/nederland-circulair-in-2050>

<sup>19</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/documenten/rapporten/2019/02/08/uitvoeringsprogramma-2019-2023>

biomassa. Het doorontwikkelen van de grondstoffabrieken, die energie en grondstoffen uit afvalwater terugwinnen, wordt gezien als een voorbeeld voor de sector Biomassa en voedsel. De Unie van Waterschappen is trekker van de pilots op dit gebied. Het terugwinnen van medicijnresten uit afvalwater wordt verder ook gezien als circulaire initiatief.

Ook als het gaat om het Nationaal Programma Landbouwbodems komt het watersysteem in het nationale uitvoeringsprogramma in beeld, maar dan niet de (stedelijke) waterketen. Dit geldt ook voor het deelprogramma over microplastics, waarbij het de bedoeling is om de emissies van microplastics naar water te verminderen. Voor het tegengaan van microplastics is in de periode 2018-2021 €10 miljoen beschikbaar gesteld. De transitieagenda voor de bouw is ook voor waterketenpartijen interessant. Als het om duurzaam opdrachtgeverschap gaat worden de waterschappen als voorbeelden van publieke opdrachtgevers aangehaald, met maatschappelijk verantwoord inkoop als concreet initiatief<sup>20</sup>. Dit laatste voorbeeld laat zien dat ook in het nationale beleid kwalitatieve, sociaal-politieke kenmerken van circulaire initiatieven worden beschreven en onderschreven, zoals 'maatschappelijke welvaart'.

Op regionaal niveau hebben de provincies concrete ambities vastgesteld, waarbij '50% minder primaire grondstoffen in 2030' een terugkerend doel is. Er wordt sterk ingezet op proeftuinen en pilots van slimme en schone technologieën. Verder is het Interbestuurlijk Programma (IBP) opgezet om de samenwerking tussen het Rijk en de waterschappen, gemeenten en provincies te organiseren. Voor wat betreft de circulaire economie wil het IBP de transitieagenda's circulaire economie uitvoeren "om te komen tot een circulair Nederland in 2050." Gemeenten, waterschappen en waterbedrijven hebben de nationale en regionale doelstellingen doorvertaald naar de eigen gebieden. De waterschappen hebben onderling een 'Green deal duurzaam' (GWW 2.0) afgesproken om de sector te stimuleren circulair met grondstoffen om te gaan. De individuele organisaties hebben dit beleid verder omgezet in lokaal beleid en initiatieven. Bijvoorbeeld, Waterschap Vallei en Veluwe heeft in 2018 een "Beleidskader circulaire economie"<sup>21</sup> vastgesteld. Ook het waterschap heeft vastgesteld dat het "bij een circulaire economie gaat om waardeketens en om vraaggestuurd werken". Tegelijkertijd is er in de vertaalslag naar de bedrijfsvoering een sterke focus op energie en stofstromen.

Gezien de bovengenoemde overwegingen, vanuit zowel de theorieontwikkeling als de beleidscontext, zijn voor het afbakenen van het concept 'circulaire economie' voor de watersector drie categorieën kenmerken gedefinieerd:

1. Energie en stofstromen: fysieke kenmerken van (onderdelen van) de waterketen in relatie tot de omgeving
2. Waarden voor mensen: sociaal-politieke kenmerken van (onderdelen van) de waterketen
3. Systeemeigenschappen: kenmerken van de waterketen op systeemniveau (meer dan de onderdelen)

De specifieke kenmerken binnen deze categorieën zijn op basis van deskresearch gedefinieerd en staan beschreven in Hoofdstuk 6: Kenmerken en indicatoren. Hoofdstukken 4 en 5 gaan over de beoogde aanpak voor het operationaliseren van dit concept nu het afgebakend is.

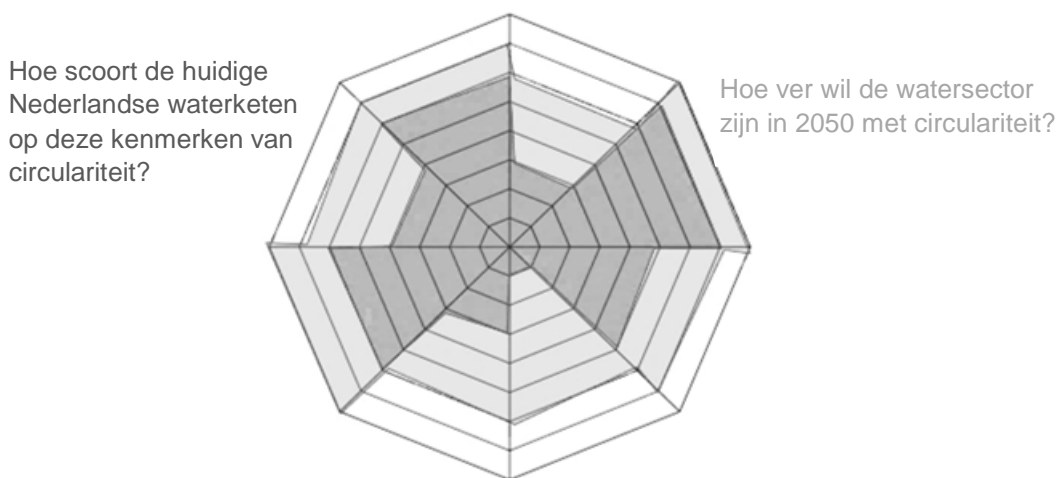
<sup>20</sup> <https://www.duurzaamqww.nl/wp-content/uploads/2018/06/Aanpak-Duurzaam-GWW-schema.pdf>

<sup>21</sup> <https://www.vallei-veluwe.nl/wat-doet-waterschap/circulair/>

### Methode: het bepalen van de stip op de horizon

Om nader te bepalen wat we onder 'volledig circulair in 2050' verstaan is het nodig om dit concept te operationaliseren. Operationaliseren betekent het concreet formuleren van abstracte concepten uit een theorie als (meetbare) variabelen. Het is de bedoeling om de verschillende kenmerken van 'volledig circulair' nauwkeurig, en in herkenbare categorieën, vast te leggen om het concept bruikbaar te maken voor toepassing in beleidsvorming en planning.

De 'stip op de horizon' wordt concreet en meetbaar door de geoperationaliseerde kenmerken van 'volledig circulair'. Voor ieder kenmerk wordt de huidige score vastgelegd, als nulmeting, en een target gedefinieerd voor 2050. Het is visueel overzichtelijk om de nulmeting en de stip op de horizon op een radardiagram te vergelijken (Figuur 3). Het Ambitiweb<sup>22</sup>, dat als afwegingskader wordt gebruikt om de ambities vast te leggen voor de Aanpak Duurzaam GWW van de Spoor- en Grond-, Weg- en Waterbouwsector, is een voorbeeld van een vergelijkbare benadering. De City Blueprint methodologie voor duurzaamheidsanalyse van de stedelijke waterketen werkt ook met dit soort indicatoren die op een radardiagram worden weergegeven als nulmeting.<sup>23</sup>



Figuur 3: Radardiagram om de stip op de horizon te definiëren met kenmerken van "circulair"

Voor de stip op de horizon werken we niet met (een tekening van) een bepaalde techniek (bijv. regenwateropvang) voor een bepaalde gebruiksfunctie van water (bijv. toiletspoelwater) in 2050. De techniek gaat over het 'hoe', en daar zijn verschillende, deels nog niet uitgevonden, mogelijkheden voor. De hoogst mogelijke score op alle indicatoren is "volledig circulair". Maar deze hoogst mogelijke scores gaan sowieso veranderen de komende jaren, bijvoorbeeld met innovaties in de techniek. Een optie zou zijn om met onhaalbare idealen te werken. Bijvoorbeeld voor energieverbruik zou de hoogst mogelijke score voor "volledig circulair" dan nul zijn. Dit is misschien een prima optie als de gebruikers van de tool accepteren dat de stip op de horizon als ideaal/utopie en niet als een realistische streefbeeld bedoeld is. Voor dit project is echter besloten om met realistische streefwaarden te werken, omdat we de sector willen inspireren met iets haalbaars. Dit streefbeeld vormt dan ook de basis voor het identificeren van kennisvragen, innovatiebehoefte, en keuzemomenten in de backcastingstap.

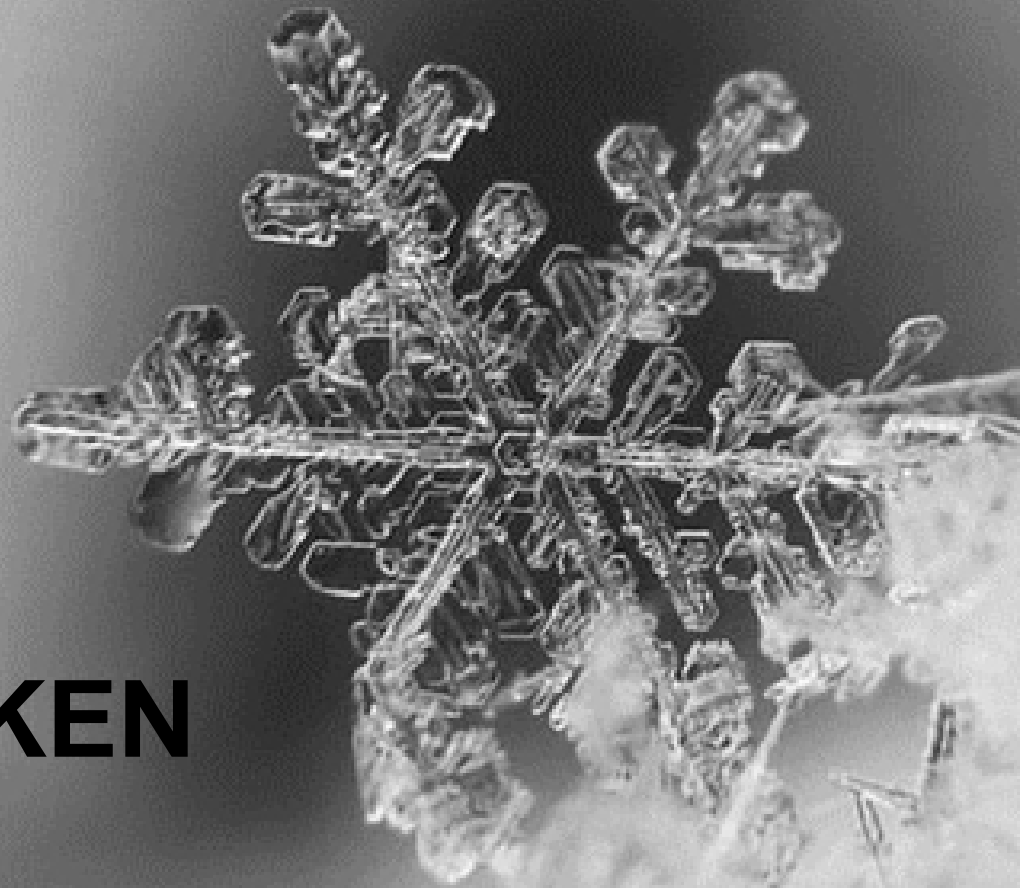
Om een haalbaar streefbeeld te schetsen wordt de kennis uit de watersector benut. Via het projectteam is er contact met experts uit alle onderdelen van de waterketen. De stip op de horizon is gedefinieerd door middel van werkateliers met deze experts. Verschillende groepen experts hebben tijdens de werkateliers een eigen circulaire waterketen ontworpen voor een referentiewijk in 2050. Ze hebben onderscheid gemaakt tussen stedelijke en landelijke gebieden (bijv. bevolkingsdichtheid) en modernisatie van bestaande bouw tegenover nieuwbouw (groene weide). Als onderdeel van de werkateliers zijn de uiteindelijke ontwerpen voor 2050 beoordeeld aan de hand van een scorecard (Hoofdstuk 4: Stip op de horizon). Zo kunnen we een realistisch en inspirerend streefbeeld definiëren met ruimte voor innovatie en zonder bepaalde (technische) oplossingen voor te schrijven.

<sup>22</sup> <https://www.duurzaamgww.nl/ambitiweb/>

<sup>23</sup> Van Leeuwen C.J., Koop S.H.A. and Sjerps R.M.A. (2016). City Blueprints: baseline assessments of water management and climate change in 45 cities. *Environment, Development and Sustainability*, 18(4), pp. 1113-1128.

WiE

**KENMERKEN**



# Kenmerken en indicatoren: de stip op de horizon definiëren

Recent (2018-2019) hebben zowel diverse (gerenommeerde) instanties<sup>24</sup> als academici<sup>25,26</sup> geprobeerd een overzicht te bieden van het concept 'circulair' en de verschillende implementatiemodellen. Maar deze overzichten van bestaande raamwerken zijn binnen de kortste tijd weer achterhaald omdat de interesse in, en de ervaring met, het meten van circulariteit op alle niveaus rap toeneemt. De ontwikkelingen gaan razendsnel. Bijvoorbeeld, eind 2018 publiceerde de wereldgezondheidsorganisatie (WHO) een rapport om het concept af te bakenen en bruikbaar te maken.<sup>27</sup> Ook in 2018 schreven ARUP, AnteaGroup en de Ellen MacArthur Foundation een white paper waarin ze de samenhang tussen de principes van de circulaire economie en die van duurzaam waterbeheer uiteenzetten<sup>28</sup>. Het World Economic Forum maakte een actueel overzicht van trends, onderzoek, en analyses over de circulaire economie.<sup>29</sup> En in 2019 publiceerde het Europees Milieugentschap (EMA) een rapport met een overzicht van de circulaire economie in Europa<sup>30,31</sup>.

Eurostat heeft indicatoren ontwikkeld om de voortgang naar een circulaire economie te monitoren.<sup>32</sup> Deze indicatoren zijn niet direct toepasbaar voor de waterketen, omdat ze voornamelijk voor individuele producten ontwikkeld zijn, en minder voor systemen. Om deze indicatoren over te kunnen nemen zouden we de analyse moeten richten op gebruiksfuncties van water (zoals douchen, zwemmen) in plaats van op de stedelijke waterketen als geheel. Dit project richt zich echter op de waterketen. Voor bedrijven bevat de toolbox van de Ellen MacArthur Foundation wellicht de bekendste indicatoren voor circulariteit<sup>33</sup>. De Rijksoverheid heeft acht circulaire ontwerpprincipes opgenomen in het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT).<sup>34</sup> TNO heeft de kansen voor de circulaire economie in Nederland in kaart gebracht<sup>35</sup> op basis van de definitie van de Ellen MacArthur Foundation. TNO heeft ook meegewerkt aan het 'Circularity Gap Report' van het World Economic Forum.<sup>36</sup> Concepten en modellen overnemen vanuit het bedrijfsleven kan voor de overheid problematisch zijn als er in die modellen en tools impliciete keuzes zijn gemaakt in de vertrekpunten die resulteren in voordelige uitkomsten voor bepaalde actoren. Voor het stadsniveau hebben diverse adviesbureaus, waaronder Metabolic in 2018<sup>37</sup>, monitoringsraamwerken ontwikkeld met indicatoren die de overheid kan monitoren. Deze modellen zijn specifiek voor de overheid ontwikkeld. Deze

<sup>24</sup> [https://ec.europa.eu/newsroom/ENV/item-](https://ec.europa.eu/newsroom/ENV/item-detail.cfm?item_id=624232&newsletter_id=300&utm_source=env_newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Beyond%20GDP&utm_content=Measuring%20circular%20economy%20-%20new%20metrics%20for%20development&lang=en)

[detail.cfm?item\\_id=624232&newsletter\\_id=300&utm\\_source=env\\_newsletter&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Beyond%20GDP&utm\\_content=Measuring%20circular%20economy%20-%20new%20metrics%20for%20development&lang=en](https://ec.europa.eu/newsroom/ENV/item-detail.cfm?item_id=624232&newsletter_id=300&utm_source=env_newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Beyond%20GDP&utm_content=Measuring%20circular%20economy%20-%20new%20metrics%20for%20development&lang=en)

<sup>25</sup> Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of cleaner production*, 115, 36-51.

<sup>26</sup> Iacovidou, E., Velis, C. A., Purnell, P., Zwirner, O., Brown, A., Hahladakis, J., ... & Williams, P. T. (2017). Metrics for optimising the multi-dimensional value of resources recovered from waste in a circular economy: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 166, 910-938.

<sup>27</sup> World Health Organization. (2018). Circular Economy and Health: Opportunities and Risks. World Health Organization Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark.

<sup>28</sup> White paper by ARUP, AnteaGroup and the Ellen MacArthur Foundation: <https://www.circonomist.com/general/white-paper-on-water-and-circular-economy/>

<sup>29</sup> World Economic Forum analyse van trends en onderzoek over de circulaire economie: <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000000pTDMEA2?tab=publications>

<sup>30</sup> <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-in-europe-insights>

<sup>31</sup> European Commission (2018). A monitoring framework for the circular economy. EU: <http://eur-lex.europa.eu>. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1519824844684&uri=CELEX:52018SC0017>

<sup>32</sup> <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/> en <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/policy-context>

<sup>33</sup> <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/circularity-indicators> en <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/toolkit-for-policymakers>

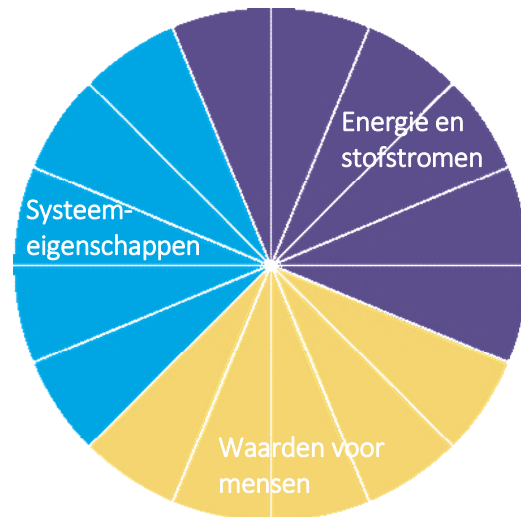
<sup>34</sup> Ministerie van I&W (2020). MIRT Overzicht 2020: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/ruimtelijke-ordening-en-gebiedsontwikkeling/meerjarenprogramma-infrastructuur-ruimte-en-transport-mirt>

<sup>35</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2013/06/20/tno-rapport-kansen-voor-de-circulaire-economie-in-nederland/tno-rapport-kansen-voor-de-circulaire-economie-in-nederland.pdf>

<sup>36</sup> <https://www.circularity-gap.world/netherlands>

<sup>37</sup> <https://www.metabolic.nl/projects/reflow-designing-circular-resource-flows-in-european-cities/>

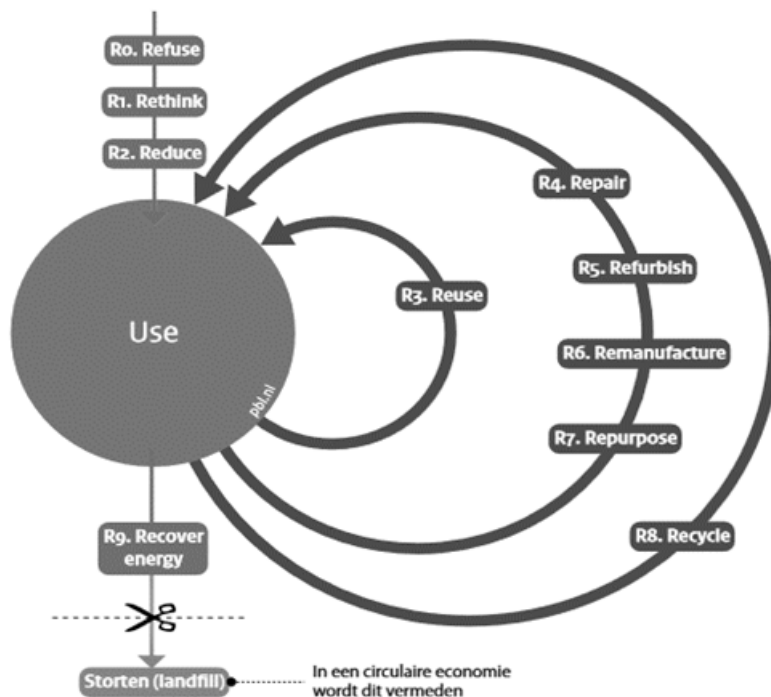
verschillende raamwerken zijn relevant voor het afbakenen en vastleggen wat er in de waterketen wordt verstaan onder volledig circulair in 2050 (stip op de horizon), maar ze zijn nog niet opgenomen in actuele overzichten. Daarom was het nodig om in 2019 een documentenanalyse uit te voeren. Op basis van de literatuurstudie voor afbakening van het concept (Hoofdstuk 2) zijn drie categorieën van kenmerken gedefinieerd (Figuur 4): (1) Energie en stofstromen; (2) Waarden voor mensen, en (3) Systeemeigenschappen. In dit hoofdstuk staan de specifieke kenmerken binnen deze drie categorieën beschreven. In het laatste hoofdstuk 7: Stip op de horizon, worden deze kenmerken zo concreet mogelijk gedefinieerd.



Figuur 4: Kenmerken van circulariteit vanuit drie perspectieven: energie en stofstromen, waarden voor mensen, en systeemeigenschappen.

### Energie en stofstroom

Voor het analyseren van de energie en stofstromen zijn de “Tien R'en van Circulariteit” (Figuur 5) gekozen. Dit is een algemeen geaccepteerd raamwerk en in feite een uitgebreide versie van de Ladder van Lansink die eind jaren zeventig voor afvalbeheer ontwikkeld is (Figuur 1). Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft dit model toegepast om circulariteit te operationaliseren voor de Nederlandse overheid.



Figuur 5: De Tien R'en van Circulariteit<sup>38</sup>

<sup>38</sup> <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2018-circulaire-economie-wat-we-willen-weten-en-kunnen-meten-2970.pdf>



Bij de R'en ligt de focus op de technische dimensie van circulariteit. De biologische kant, waarbij het materiaal weer terugvloeit 'de natuur' in, is bij de R'en gesimplificeerd tot 'storten'. Daarentegen is voor de waterketen de kwaliteit van dat wat terugvloeit allesbepalend: geloosd effluent kan van betere kwaliteit zijn dan de ontvangende wateren, of juist vervuילend zijn. En het effect op het ontvangende ecosysteem hangt ook af van de tijd van het jaar, bijvoorbeeld tijdens droogte of een natte periode, of in het voorjaar waar jonge levensstadia van organismen, bijvoorbeeld vissen, zeer gevoelig zijn voor vervuiling. Maar voor de waterketen is 'terugvloeiën' van gebruikt water niet iets om te vermijden in een circulaire economie, wat voor afval wel het geval is.

Niet alle tien R'en zijn relevant voor de waterketen, vooral omdat de waterketen geen 'product' is. Energie- en grondstoffenverbruik (Refuse, Rethink, Reduce maatregelen) zijn voornamelijk relevant, samen met terugwinning van energie en grondstoffen (Reuse, Recycle, en Recover maatregelen). Op deze manier wordt (1) het verbruik van primaire grondstoffen, en (2) de productie van afval geminimaliseerd. R4 t/m R7 zijn vooral relevant voor producten, en voor de watersector kunnen ze betrekking hebben op de infrastructuur, zoals de leidingnetten.

Als het de energie en stofstromen in de waterketen betreft is de definitie van 'circulariteit' nog altijd onduidelijk. Bijvoorbeeld, is het de bedoeling om een bepaalde reststof weer in hetzelfde proces als hulpstof in te zetten, of is 100% hergebruik van een reststof in een ander (hoogwaardig) proces ook als volledig circulair aan te merken? Anders gezegd, moeten we het begrip 'volledig circulair' toepassen op de waterketen als geheel, of anders op het micro-niveau van een huis, wijk of stad? Het antwoord op deze kwestie hangt af van schaalvoordeel en kosten-baten analyses (bijv. door middel van levenscyclusanalyses) die per stof en per situatie verschillen. Er is dus geen eenduidig antwoord.

Als richtlijn voor de schaal waarop het begrip 'volledig circulair' wordt toegepast is gekozen voor het principe: niets aan een grotere schaal overlaten wat op een kleinere schaal kan. Dit om de 'tragedie van de meent' (tragedy of the commons)<sup>39</sup> te voorkomen: dat de opbrengsten gaan naar bepaalde individuen op een lokale schaal, terwijl de kosten als externaliteit op grotere schaal en het collectief worden afgewenteld.

Aangezien het verminderen van consumptie essentieel is voor circulariteit, worden verbruik en terugwinning los van elkaar bekeken. Met het operationaliseren van ideaaltypen, zoals duurzaamheid of circulariteit, is het aantrekkelijk om utopische beloften te maken, zoals "zero waste" en "toxic-free", en om modellen te maken die eigenlijk verhullen dat afvalproductie meestal gewoon met de productie en consumptie meegroeit.<sup>40</sup> Om de doelen te halen die in hoofdstuk 2 (Afbakening van het concept) staan beschreven, waaronder "dat toekomstige generaties toegang tot maatschappelijke welvaart behouden" moet het verbruik omlaag.

Diverse rekenmethoden, zoals de Duurzaam Bouwen Calculator van Rijkswaterstaat<sup>41</sup>, kunnen worden toegepast om levenscyclusanalyses te maken voor het energie- en grondstoffenverbruik van verschillende concepten, ontwerp- en uitvoeringvarianten. Om te voorkomen dat de nadruk komt te liggen op kwantificeerbare kenmerken; dat men gaat managen wat wordt gemeten in plaats van dat wat belangrijk is<sup>42</sup>, is echter besloten de kenmerken van alle drie perspectieven op circulariteit (Figuur 4) op een hogere abstractieniveau te beschouwen. Gedetailleerde analyses kunnen wel aanvullende informatie opleveren voor besluitvorming als dat nodig is.

Om tot een overzichtelijk aantal fysieke kenmerken van circulariteit te komen zijn de volgende 6 indicatoren gedefinieerd:

1. Energieverbruik (Refuse, Rethink, Reduce)
2. Grondstoffen- en waterverbruik (Refuse, Rethink, Reduce)
3. Terugwinning energie (Reuse, Recycle, en Recover)
4. Terugwinning grondstoffen en water (Reuse, Recycle, en Recover)

<sup>39</sup> Tragedie van de meent: [https://www.encyclo.nl/begrip/Tragedie\\_van\\_de\\_meent](https://www.encyclo.nl/begrip/Tragedie_van_de_meent)

<sup>40</sup> Valenzuela, F., & Böhm, S. (2017). Against wasted politics: A critique of the circular economy. *ephemera: theory & politics in organization*, 17(1), 23-60.

<sup>41</sup> Duurzaam Bouwen Calculator van de Rijkswaterstaat: <https://dubocalc.nl/wat-is-dubocalc/>

<sup>42</sup> Zetland, D. (2017). Adaptation should secure communities, not property: <https://www.thesourcemagazine.org/adaptation-secure-communities-not-property/>

5. Gebruik duurzame energie (Replace)
6. Gebruik duurzame grondstoffen- en water (Replace)

Water is inbegrepen in de indicatoren voor het verbruik en het terugwinnen van grondstoffen, simpelweg omdat water ook een grondstof is. Dit is in de benaming van de indicatoren expliciet gemaakt omdat de waterketen vaak als (waardeloos) vervoermiddel en/of als gesloten kringloop wordt gezien. Op aarde is water in overvloed aanwezig, terwijl de hoeveelheid zoet (drink)water beperkt is. Het projectteam beschouwt water als grondstof, en zeker als het schoon zoetwater betreft gaat het om een waardevolle stof. Voor deze operationalisering van circulariteit wordt met water als grondstof de volgende typen zoet water bedoeld:

- Grondwater
- Oppervlaktewater
- Oevergrondwater
- Duinwater
- Hemelwater

Om voor een specifieke locatie de mate van circulariteit in de waterkringloop te beoordelen is cascadering een essentieel begrip<sup>43,44</sup>. Cascaderen is het stapsgewijs benutten van de waterkwaliteit: van hoogwaardige naar laagwaardige gebruiksfuncties. Het is bijvoorbeeld niet per se nodig om het toilet (laagwaardig) met water van drinkwaterkwaliteit (hoogwaardig) door te spoelen; (gezuiverd) grijswater van de douche kan voor deze functie een geschikte grondstof zijn. Om de circulariteit in de cascade te maximaliseren worden meerdere typen water gedefinieerd, op basis van de kwaliteit, kwantiteit, locatie, en tijd. Zo kan de uitstroom van een gebruiksfunctie als grondstof (bron) voor een andere gebruiksfunctie worden benut.

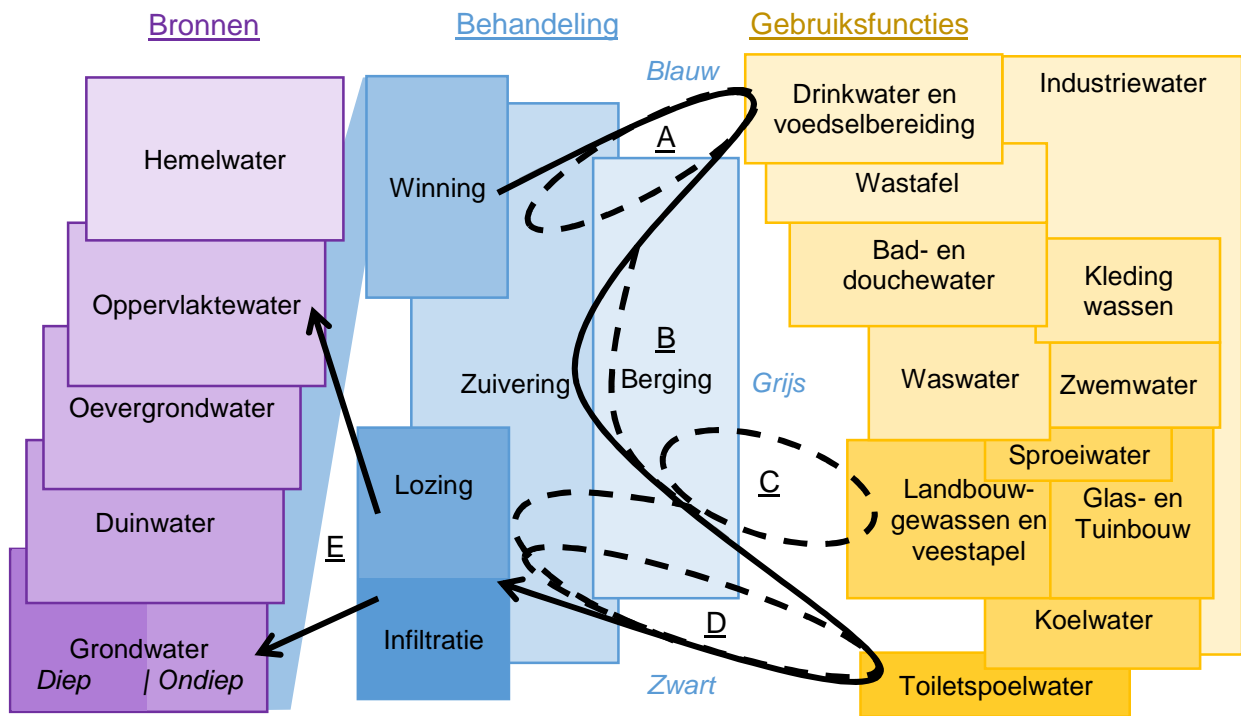
Lozing van gezuiverd grijswater, in of op de bodem of in oppervlaktewater kan van waarde zijn, of niet, afhankelijk van de kwantiteit, kwaliteit, de locatie en de tijd. Water vasthouden en bergen is belangrijk in de watercascade om de vraag en het aanbod van water beter op elkaar af te stemmen en om droogte en overstromingen te voorkomen. Het vergroten van het aantal trappen in de cascade is niet per se bevorderlijk voor de mate van circulariteit. Dit geldt zowel voor de biologische dimensie van de waterketen (de interactie tussen het grote watersysteem/de natuur en de waterketen) als de fysieke waterketen zelf. Figuur 6 is een schematische weergave van bronnen, gebruiksfuncties en watertypen met een zwarte pijl die als voorbeeld een cascade weergeeft met drie gebruiksfuncties: drinkwater, sproeiwater, toiletspoelwater. Naast de cascade is bij elke stap ook kort-cyclische hergebruik mogelijk maar niet per se wenselijk (Figuur 6: met stippellijnen weergegeven).

Kort-cyclisch hergebruik voor hoogwaardige functies door middel van lokale zuivering kan gepaard gaan met meer energie- en/of grondstoffenverbruik (Figuur 6: cyclus A). De lokale terugwinning van water is duidelijk niet de enige indicator van een circulaire waterketen. Afhankelijk van de specifieke situatie kan lokale berging en/of zuivering van grijswater wel gunstig zijn (Figuur 6: B), door de vraag naar primaire grondstoffen (druk op waterbronnen) te verminderen met hergebruikt water als bron voor een andere gebruiksfunctie. Dit geldt alleen als de extra energie en grondstoffen voor lokale berging en/of zuivering gecompenseerd worden door verminderde vraag naar primaire grondstoffen en water. Voor het terugwinnen van (thermische) energie en grondstoffen (zoals calciet) uit de waterketen is dit een ander verhaal; lozing van energie en grondstoffen is per definitie diffuse verontreiniging en/of waardeverlies. Terugwinning van energie en grondstoffen kan onderdeel uitmaken van opwaardering van grijswater of zwartwater voor hergebruik in functies met hogere kwaliteitseisen (Figuur 6: D).

Lozing (of infiltratie) van gebruikt water (Figuur 6: E) zorgt juist voor het sluiten van de watercyclus (water vloeit terug de natuur in). Dit is 'circulair in positieve zin als de kwantiteit, kwaliteit, en het moment in de tijd goed afgestemd zijn op de locatie. Voor een goede afstemming in de tijd is berging vaak wel belangrijk voor een circulaire waterketen (Figuur 6: C). Lozing op grondwater kan ook worden gezien als een vorm van waterberging, door aanvulling van de natuurlijke waterbronnen. Voor een circulaire waterketen is de kwaliteit van dat wat terugvloeit uiteindelijk allesbepalend. Prestaties op de bovengenoemde 6 indicatoren van circulariteit in de fysieke dimensie (energie en stofstroom) worden vooral bepaald door keuzes over de schaal en de mate van (water)zuivering.

<sup>43</sup> Tenpierik, M. M., van Dijk, S. S., Luscuere, P. P., Jansen, S. S., & Geldermans, B. B. (2016) Circulariteit in het watersysteem.

<sup>44</sup> Loohuis, J. O. (2011). Cascadering, nieuwe inrichtingsprincipes voor de ruimtelijke ordening.



Figuur 6: Schematische weergave van bronnen, gebruiksfuncties en watertypen in een watercascade. A. Kort-cyclisch hergebruik voor hoogwaardige functies door middel van lokale zuivering. B. Lokale berging en/of zuivering van bv. grijswater. C. Berging voor afstemming in tijd en locatie. D. Terugwinning van energie en grondstoffen kan onderdeel uitmaken van opwaardering van grijswater of zwartwater voor hergebruik in functies met hogere kwaliteitseisen. E. Lozing (of infiltratie) van gebruikte water (kwantiteit, kwaliteit, en het moment in de tijd moeten goed afgestemd zijn op de locatie). Zie de hoofdstekst voor verdere context.

## Waarden voor mensen

De definitie van de Circulaire Economie die het projectteam voor dit project heeft gekozen verwijst naar 'kwaliteit van leven' en 'maatschappelijke welvaart voor toekomstige generaties' als belangrijke eigenschappen. Deze eigenschappen waren het vertrekpunt voor het definiëren van 'waarden voor mensen' als sociaal-politieke kenmerken van een circulaire waterketen. Er is verder ook gekeken naar de literatuur over ecosystemendiensten en het natuurlijk kapitaal, en specifiek de verschillende soorten diensten gerelateerd aan de watercyclus (Figuur 7).



Figuur 7: Natuurlijk kapitaal bestaat uit diensten die de natuur aan de mens levert<sup>45,46</sup>

Natuurlijk kapitaal wordt door de maatschappij in verschillende functies en producten omgezet, zoals voedselproductie of verkoeling in de stad. Deze ecosystemendiensten zijn echter te talrijk en te divers om samen te brengen onder een beperkt aantal indicatoren. De Atlas Natuurlijk Kapitaal<sup>47</sup> van de Rijksoverheid is opgesteld volgens de zogenaamde CICES-classificatie (Common International Classification of Ecosystem Services) van de Europese Unie. Deze lijst bevat meer dan twintig indicatoren van waarden van natuurlijk kapitaal voor mensen:

### Abiotische bronnen

1. Hernieuwbare energiebronnen
2. Minerale bronnen
3. Niet-hernieuwbare energiebronnen

<sup>45</sup> Rutgers, M., Schouten, T., Bloem, J., Dimmers, W. J., van Eekeren, N. J. M., de Goede, R. G. M., ... & Wattel-Koekoek, E. J. W. (2014). Een indicatorsysteem voor ecosystemendiensten van de bodem: life support functions revisited (No. 2014-0145). Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

<sup>46</sup> <https://insights.goomeedia.nl/vanderwielpage/rivm#/rivm>

<sup>47</sup> <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/natuurlijk-kapitaal>

*Culturele diensten*

4. Groene recreatie
5. Natuurlijk erfgoed
6. Symbolische waarde
7. Wetenschap en educatie

*Productiediensten*

8. Biomassa voor energie
9. Drinkwater
10. Hout, vezels en genetische bronnen
11. Voedsel
12. Water voor overig gebruik

*Regulerende diensten*

13. Absorptie geluid, wind en visuele verstoring
14. Bestuiving
15. Bodemerosie
16. Bodemvruchtbaarheid
17. Koolstofvastlegging
18. Kustbescherming
19. Levenscyclus bescherming
20. Plaagonderdrukking
21. Reinigend vermogen bodem, water, lucht
22. Verkoeling in de stad
23. Waterberging

Veel van deze indicatoren zijn samengevat in een breed ruimtelijk kenmerk, namelijk 'Kwaliteit van de leefomgeving'. Voor het bedrijfsleven, bijvoorbeeld in de rapporten van de Ellen MacArthur Foundation,<sup>48</sup> worden dit soort waarden uitgedrukt in 'groei' en met indicatoren zoals BNP geproduceerd per eenheid primaire grondstof. 'Volksgezondheid' (drinkwater en sanitatie) en 'veiligheid' (onder meer van overstromingen) zijn de belangrijkste uitkomsten van een goed functionerende stedelijke watercyclus in Nederland. Geredeneerd vanuit de overheid wordt hiernaast de mate van 'participatie' regelmatig gebruikt om de kwaliteit van de sociaal-politieke dimensie van waterbeheer te beoordelen. Vanuit de individuele bewoner gezien is 'comfort' bepalend voor klanttevredenheid.

Het zou mogelijk zijn om volksgezondheid en veiligheid te beschouwen als randvoorwaarden of uitkomsten van "een volledig circulaire waterketen in 2050" in plaats van kenmerken van circulariteit op zichzelf. Aan de andere kant, als 'kwaliteit van leven' en 'maatschappelijke welvaart voor toekomstige generaties' als de einddoelen worden beschouwd (zoals in de definitie in hoofdstuk 2: Afbakening van het concept), dan zijn volksgezondheid en veiligheid wel weer kenmerken van omstandigheden die deze hogere doelen mogelijk maken.

Een eigenschap die volksgezondheid en veiligheid anders maakt dan energie en grondstoffen is dat ze niet verloren gaan door verbruik. Het behoud van deze waarden betreft dus een ander type circulariteit. Maar een waterketen die hoog scoort op de kenmerken van circulariteit wat betreft energie en stofstromen, terwijl die niet voldoet aan deze sociaal-politieke kenmerken van 'waarden voor mensen', is in ieder geval ongeschikt. De Donuteconomie<sup>49 50</sup> is een economisch model dat rekening houdt met dit soort sociaal fundamentele tegelijkertijd met de (fysieke) ecologische plafonds. Simpel gezegd is het doel om de behoeften van iedereen te realiseren binnen de draagkracht (carrying capacity) van de Aarde.

In eerste instantie is geprobeerd om een zo nauw mogelijke operationalisering van het circulaire economie principe te maken. Reden hiervoor was dat het projectteam zich niet bezig wilde houden met de operationalisering van 'een ideale waterketen' in plaats van 'een circulair waterketen'. Het doorvoeren van dit besluit bleek echter problematisch te zijn omdat alle sociaal-economische kenmerken van 'circulariteit' waarden betreffen die inherent verbonden zijn aan andere ideaaltypen voor de waterketen. Zo maakt bijvoorbeeld 'inclusiviteit' onderdeel uit van 'welzijn' terwijl in de meeste

<sup>48</sup> <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/achieving-growth-within>

<sup>49</sup> Raworth, K. (2017). Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist. Chelsea Green Publishing

<sup>50</sup> <https://www.vpro.nl/programmas/tegenlicht/kijk/afleveringen/2017-2018/de-donut-economie.html>

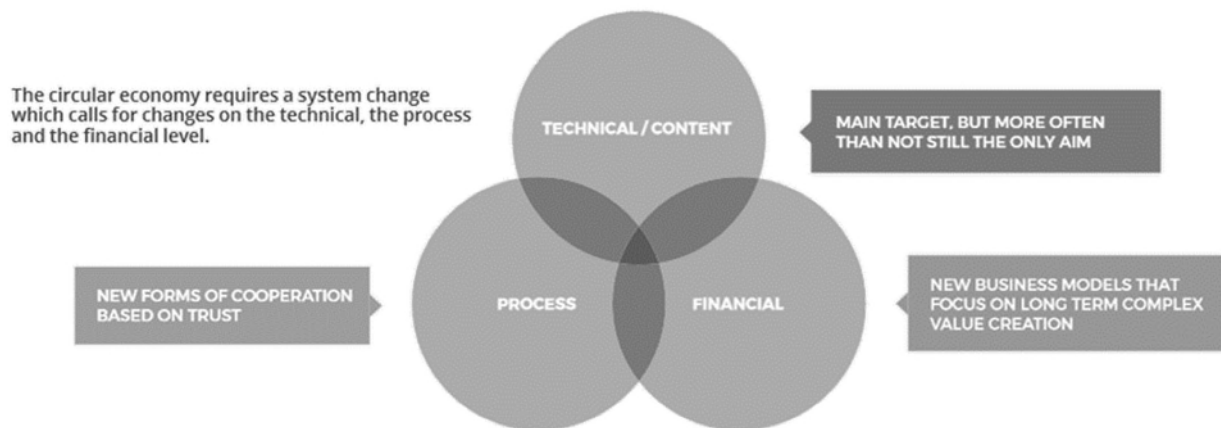
indicatorensets 'welzijn' ook als kenmerk van 'circulariteit' wordt gezien. Om deze reden zijn bredere kenmerken gekozen voor operationalisering van het circulaire economie principe.

Om tot een overzichtelijk aantal sociaal-politieke kenmerken / fundamenteën van circulariteit te komen zijn de volgende indicatoren gedefinieerd:

- Volksgezondheid
- Veiligheid
- Inclusiviteit
- Comfort
- Kwaliteit van de leefomgeving

## Systemeigenschappen

Beschrijvingen van de beoogde circulaire economie en de ambities daaromtrent verwijzen regelmatig naar de noodzaak van systeemveranderingen, paradigmaverschuivingen en/of transities. Om een circulaire economie te realiseren wordt over het algemeen geconcludeerd dat incrementele veranderingen van deelaspecten ontoereikend zijn. Systeemdenken wordt gezien als een belangrijke eigenschap van de benaderingen om een circulaire economie te realiseren: we moeten overzicht van het geheel behouden, in plaats van de afzonderlijke onderdelen optimaliseren zonder te overwegen welke rol deze delen in het groter geheel spelen. Bijvoorbeeld, in een evaluatie van de stad Amsterdam, met actieperspectieven voor het realiseren van een circulaire economie (Figuur 8)<sup>51</sup> beschrijven de adviesbureaus Circle Economy en Copper8 de noodzaak om systeemveranderingen te bewerkstelligen, onder meer met nieuwe businessmodellen.



Figuur 8: De transitie naar een circulaire economie vraagt om systeemveranderingen en/of een paradigmaverschuiving

Ook voor de kenmerken van circulariteit van de waterketen zijn indicatoren op systeemniveau nodig (meer dan de onderdelen). De metafoor van 'het stedelijk metabolisme' is hiervoor bruikbaar: de stad is een assemblage van stromen die door zowel sociaal-politieke als fysieke processen tot stand komt en gestuurd wordt<sup>52, 53</sup>. Een voorbeeld van een gewenst kenmerk van een circulair systeem is 'veerkracht'. Veerkracht (in het Engels: resilience) is op zichzelf een eigenschap waar steeds meer aandacht voor is als het gaat om het ontwerp van (essentiële diensten voor) steden. Dit concept dreigt een parapluconcept te worden, zoals duurzaamheid, en daarom is gekozen voor specifieke aspecten daarvan zoals 'Adaptiviteit'. Om tot een overzichtelijk aantal kenmerken van circulariteit op systeemniveau te komen zijn de volgende indicatoren gedefinieerd:

- Zelfvoorzienendheid
- Hergebruikspotentie en Adaptiviteit
- Financiële waarde
- Integraliteit
- Ecologische waarde

<sup>51</sup> <https://www.circle-economy.com/insights/amsterdam-circular-evaluation-and-action-perspectives>

<sup>52</sup> Pauliuk, S., & Hertwich, E. G. (2015). Socioeconomic metabolism as paradigm for studying the biophysical basis of human societies. *Ecological Economics*, 119, 83-93.

<sup>53</sup> Geldermans, R. J. (2016). Design for change and circularity: Accommodating circular material & product flows in construction. *Energy Procedia*, 96, 301-311

**STIP  
OP DE  
HORIZON**



## Resultaten: Stip op de horizon

In het vorige hoofdstuk zijn zestien kenmerken van “volledig circulair” gekozen. In dit hoofdstuk zijn deze kenmerken in duidelijk afgebakende en herkenbare categorieën vastgelegd om het concept bruikbaar te maken voor toepassing in beleidsvorming en planning:

### Energie- en stofstroom: fysieke kenmerken van (onderdelen van) de waterketen

1. Energieverbruik
2. Grondstoffen- en waterverbruik
3. Terugwinning energie
4. Terugwinning grondstoffen en water
5. Gebruik duurzame energie
6. Gebruik duurzame grondstoffen- en water

### Waarden voor mensen: sociaal-politieke kenmerken van (onderdelen van) de waterketen

7. Volksgezondheid
8. Veiligheid
9. Inclusiviteit
10. Comfort
11. Kwaliteit van de leefomgeving

### Systeemeigenschappen: kenmerken van de waterketen op systeemniveau

12. Zelfvoorzienendheid
13. Hergebruikspotentie en Adaptiviteit
14. Financiële waarde
15. Integraliteit
16. Ecologische waarde

De projectgroep Circulair Water 2050 heeft besloten om een ordinale (Likert) schaal te gebruiken (--; ;0;+;++) om de verschillende bundels van maatregelen en technieken te scoren op de kenmerken van circulariteit. Een ratio, meetniveau, of schaal (bijv. KJ/m<sup>3</sup>) is te gedetailleerd: de gegevens zijn niet beschikbaar en de eenheden wekken een verkeerd beeld over de precisie van de beoordelingen. Dit deel van het project is bedoeld om een stip op de horizon neer te zetten en alternatieve oplossingen te vergelijken op hoofdlijnen. Om deze redenen is voor een semi-kwantitatieve, ordinale schaal gekozen.

Het referentiekader voor het toekennen van de semi-kwantitatieve scores op de kenmerken is een nulmeting van Nederland in 2020. De toestanden per kenmerk zijn beschreven als referentiekader ('0') om de scores relatief toe te kennen (Tabel 2). Toekomstige oplossingen en ontwerpen worden gescoord als meer (+, ++) of minder (-,--) circulair volgens deze kenmerken, relatief ten opzichte van de nulmeting. Het is dus niet zo dat de scores overeenkomen met een absolute schaal/meetlat, of dat een positieve score aangeeft dat een systeem meer genereert dan dat het verbruikt, bijvoorbeeld. Alle scores moeten worden gezien in relatie tot de nulmeting in 2020. “Volledig circulair” wordt gedefinieerd als “++” op alle kenmerken, en dit is de stip op de horizon voor 2050.

Om de nulmeting (Tabel 2) nog duidelijker te maken wordt in de volgende fase van dit project alle nationale data geschaald naar het niveau van een doorsnee Nederlandse wijk. Deze stap is onderdeel van de backcasting methode, waarvoor de experts uit de sector eerst toekomstbeelden hebben geschetst voor een Nederlandse wijk/stad (100.000 inwoners) in 2050. Om een routekaart te ontwikkelen moeten we voor dezelfde referentiewijk de huidige situatie (2020) ook in kaart brengen met scores op dezelfde kenmerken. Zo kunnen we het verschil tussen de huidige en gewenste situatie duiden om de benodigde maatregelen en acties helder krijgen.

Voor dit project is het de bedoeling om alle kenmerken van ‘circulair’ in positieve zin te formuleren – dat wil zeggen dat waar Eurostat naar de hoeveelheid afvalproductie kijkt, kijken wij naar bijvoorbeeld het behoud van energie en grondstoffen. Hoe meer energie en grondstoffen gerecycleerd worden, hoe meer ze in het systeem worden behouden. Dit is een ontwerpkeuze die bedoeld is om meer ruimte te scheppen voor oplossingen die een netto positieve impact hebben in plaats van oplossingen die



geoptimaliseerd zijn rondom het beperken van negatieve impacts.<sup>54</sup> Gregory Norris van de Harvard School of Public Health, drukt dit concept uit als 'handafdrukken' tegenover de 'voetafdrukken' die gebruikt worden voor levenscyclusanalyses.

In theorie kan een oplossing/ontwerp (van een toekomstige waterketen) hoog scoren op de mate van 'circulariteit' terwijl deze laag scoort op andere ideaaltypen voor waterketens (waaronder: Duurzaam; Integraal; Inclusief/participatief; Adaptief/flexibel; Robuust; Veerkrachtig; Efficiënt; Effectief; Anticipatief; Slim/Smart). Het ontwerpproces omvat daarom ook afwegingen tussen verschillende ideaaltypen. In de praktijk wordt 'circulariteit' echter wel gekoppeld aan andere idealen, zoals 'duurzaam', flexibel', en 'veerkrachtig', alsof de prestaties op deze idealen altijd positief correleren. Bijvoorbeeld, de mate van zelfvoorziening wordt vaak beschouwt als kenmerk van circulariteit: zelfvoorziening zou een maatstaf zijn voor geringe in- en uitstromen. Maar het nastreven van zelfvoorzienendheid kan bijvoorbeeld resulteren in een hogere energieverbruik. Het is daarom nodig om een scorecard te ontwikkelen die deze afwegingen zichtbaar maakt. De 16 kenmerken en de achterliggende logica staan samengevat in de onderstaande tabel:

Tabel 1: De 16 kenmerken van een circulaire waterketen en de achterliggende logica

#	KENMERK	LOGICA
<b>Energie en stofstroom: fysieke kenmerken van (onderdelen van) de waterketen</b>		
1	Energieverbruik	Hoe lager het energieverbruik, tijdens de bouw en de operatie voor de levensduur van het systeem, hoe hoger de score (--/-/0/+/>++). Onder verbruik wordt zowel oorspronkelijke/ ruwe/ nieuwe energie als teruggewonnen energie verstaan. Innovaties dragen hieraan bij met 'Refuse/ Rethink/ Reduce' maatregelen.
2	Grondstoffen- en waterverbruik	Hoe lager het verbruik van grondstoffen en water, tijdens de bouw en de operatie voor de levensduur van het systeem, hoe hoger de score (--/-/0/+/>++). Onder verbruik worden zowel oorspronkelijke/ ruwe/ nieuwe grondstoffen als teruggewonnen grondstoffen verstaan. Innovaties dragen hieraan bij met 'Refuse/ Rethink/ Reduce' maatregelen.
3	Terugwinning energie	Hoe hoger het percentage van het totale energieverbruik dat wordt teruggewonnen, tijdens de bouw en de operatie voor de levensduur van het systeem, hoe hoger de score (--/-/0/+/>++). Een "++" score geeft aan dat het systeem meer energie genereert dan dat het verbruikt. Innovaties dragen hieraan bij met 'Reuse/ Recycle/ Recover' maatregelen.
4	Terugwinning grondstoffen en water	Hoe hoger het percentage van het totale grondstoffen- en waterverbruik (bijv. grijswater) dat wordt teruggewonnen, tijdens de bouw en de operatie voor de levensduur van het systeem, hoe hoger de score (--/-/0/+/>++). Innovaties dragen hieraan bij met 'Reuse/ Recycle/ Recover' maatregelen.
5	Gebruik duurzame energie	Hoe hoger het percentage van het energieverbruik dat met duurzame energie wordt ingevuld, tijdens de bouw en de operatie voor het levensduur van het systeem, hoe hoger de score (--/-/0/+/>++). Onder 'duurzame energie' wordt uitsluitend verstaan windenergie, zonne-energie, waterkracht, aard- en bodemwarmte, groene waterstof, en duurzame biomassastromen (niet alle biomassa). Innovaties dragen hieraan bij met 'Replace' maatregelen.
6	Gebruik duurzame grondstoffen- en water	Hoe hoger het percentage van het verbruik van grondstoffen en water dat met hergebruikte materie wordt ingevuld, tijdens de bouw en de operatie voor het levensduur van het systeem, hoe hoger de score (--/-/0/+/>++).

<sup>54</sup> <https://www.extension.harvard.edu/introducing-handprints>

Alleen hergebruikte materie wordt als duurzaam beschouwd om uitputting van grondstof- en waterreserves uit te sluiten.  
Innovaties dragen hieraan bij met 'Replace' maatregelen.

### Waarden voor mensen: sociaal-politieke kenmerken van (onderdelen van) de waterketen

7	Volksgezondheid	Hoe lager het risico op ziekte en hoe meer bevorderend het systeem is voor de volksgezondheid, van mensen zowel lokaal als mondiaal (MvO) tijdens de bouw en gedurende de operatie voor de levensduur van het systeem, hoe hoger de score (--/-/0/+/>
8	Veiligheid	Hoe hoger het beschermingsniveau tegen overstromingen, van zowel de zee als de rivieren, en andere risico's, zoals bijvoorbeeld de risico op ontploffing of brand inclusief economische risico's en slachtofferrisico's, hoe hoger de score (--/-/0/+/>
9	Inclusiviteit	Hoe hoger de mate van <i>participatie</i> (hoger op de participatieladder), <i>pluralisme</i> (diversiteit aan culturele en sociale (belangen)groepen die betrokken zijn), en <i>bewustzijn</i> (de mate van kennis over de waterketen), lokale kennis benutten, hoe hoger de score (--/-/0/+/>
10	Comfort	Hoe hoger de mate van ontzorging (bijv. geen wateroverlast), gebruiksgemak (bijv. geen gedragsaanpassing gevraagd) en (klant)tevredenheid (bijv. door een hoge mate van leveringszekerheid), hoe hoger de score (--/-/0/+/>
11	Kwaliteit van de leefomgeving	Hoe hoger het geestelijke (geluk), lichamelijke en sociale welbevinden van mensen, als resultaat van een aantrekkelijke (aesthetische en culturele aspecten) en gevarieerde openbare ruimte die voorziet in prettig wonen en recreëren (belevingswaarde), hoe hoger de score (--/-/0/+/>

### Systeemeigenschappen: kenmerken van de waterketen op systeemniveau

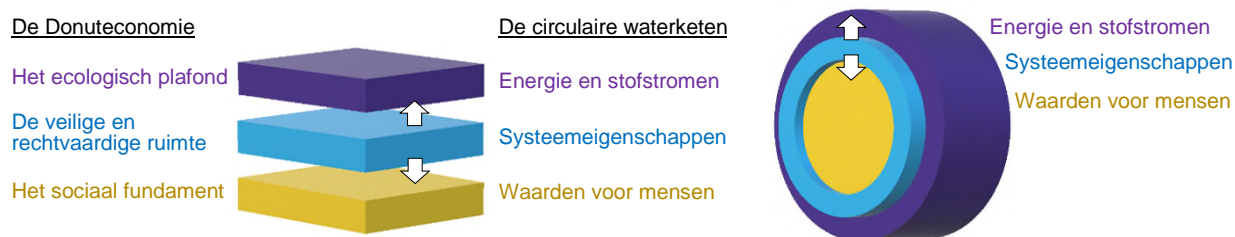
12	Zelfvoorzienendheid	Hoe minder afhankelijk het lokale watersysteem is van andere locaties, landen, mensen enzovoort, hoe hoger de score (--/-/0/+/>
13	Hergebruikspotentie en Adaptiviteit	Hoe hoger het percentage van de componenten en installaties die hergebruikt kunnen worden hoe hoger de score (--/-/0/+/>
14	Financiële waarde	Hoe hoger het percentage Totale Revenu gedeeld door de Totale Kosten, over de hele waterketen genomen, hoe hoger de score (--/-/0/+/>
15	Integraliteit	Hoe meer verbondenheid en synergie tussen de (deel)systemen voor het leveren van water, energie, voedsel, mobiliteit, en klimaat oplossingen, hoe hoger de score (--/-/0/+/>
16	Ecologische waarde	Hoe hoger de kwaliteit van het ecosysteem en het milieu (lucht, bodem, groen, water, geluid) met directe baten (zoals ecosysteemdiensten) en indirecte baten (zoals biodiversiteit en bescherming van kwetsbare soorten) zowel lokaal als mondiaal (MvO), hoe hoger de score (--/-/0/+/>

## Scorecard

De zestien kenmerken van de circulaire waterketen, en de achterliggende logica, staan onder drie hoofdcategorieën in Tabel 1 samengevat: (1) Energie en stofstroom; (2) Waarden voor mensen, en (3) Systeemeigenschappen. Om deze kenmerken bruikbaar te maken voor toepassing in beleidsvorming en planning, bijvoorbeeld voor het beoordelen van concepten en ontwerp- of realisatieopties voor de waterketen van een wijk, is een visueel model meer overzichtelijk. Daarom is een "scorecard" ontwikkeld (Figuur 10) die geïnspireerd is door het economisch model van De Donuteconomie<sup>55</sup>.

Het model van de Donuteconomie laat zien hoe de mens een sociaal fundament moet proberen te realiseren zonder het overschrijden van het ecologisch plafond<sup>56</sup>. Het ecologische plafond vertegenwoordigt de draagkracht van de aarde; het vermogen van de aarde om de bevolking van hun levensbehoeften te voorzien op lange termijn, zonder uitputting van hulpbronnen (duurzaam). Het sociaal fundament betreft de (basis)levensbehoeften van de bevolking en de indicatoren hiervoor zijn afgeleid van de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen van de Verenigde Naties, zoals 'voedsel', 'huisvesting', en 'gezondheid'. Volgens het model van de Donuteconomie is een economie pas welvarend als alle kenmerken van het sociale fundament worden voorzien zonder (een kenmerk van) het ecologisch plafond te overschrijden. De Milieueffectrapport Nationale Omgevingsvisie maakt gebruik van vergelijkbare figuren om de kansen en bedreigingen te communiceren.<sup>57</sup>

In het model van de Donuteconomie staat de ruimte tussen het sociaal fundament en het ecologisch plafond voor 'de veilige en rechtvaardige ruimte voor de mensheid'. Zo heeft iedereen dat wat ze nodig hebben en wordt de aarde niet uitgeput. Voor het operationaliseren van het Circulaire Economie principe voor de waterketen zijn eigenschappen van het watersysteem zelf als intermediaire laag toegevoegd, tussen het sociaal fundament en het ecologische plafond (Figuur 9). De indicatoren voor het sociaal fundament zijn vervangen door de circulaire kenmerken van 'waarden voor mensen', zoals 'volksgezondheid'. Op een vergelijkbare manier als in het model van de Donuteconomie gaan deze kenmerken over behoeften waarin het systeem moet voorzien. De indicatoren voor het ecologische plafond zijn evenzeer vervangen, in dit geval door de kenmerken van de 'energie en stofstromen', zoals 'energieverbruik'. Deze kenmerken betreffen verwerking van (natuurlijke) hulpbronnen, net als in het model van de Donuteconomie. Zoals in het oorspronkelijke model van de Donuteconomie zijn de lagen gevisualiseerd als cirkel met twee ringen eromheen (Figuur 10).



Figuur 9: Visualisatie van de Donuteconomie als inspiratie voor een scorecard voor de circulaire waterketen

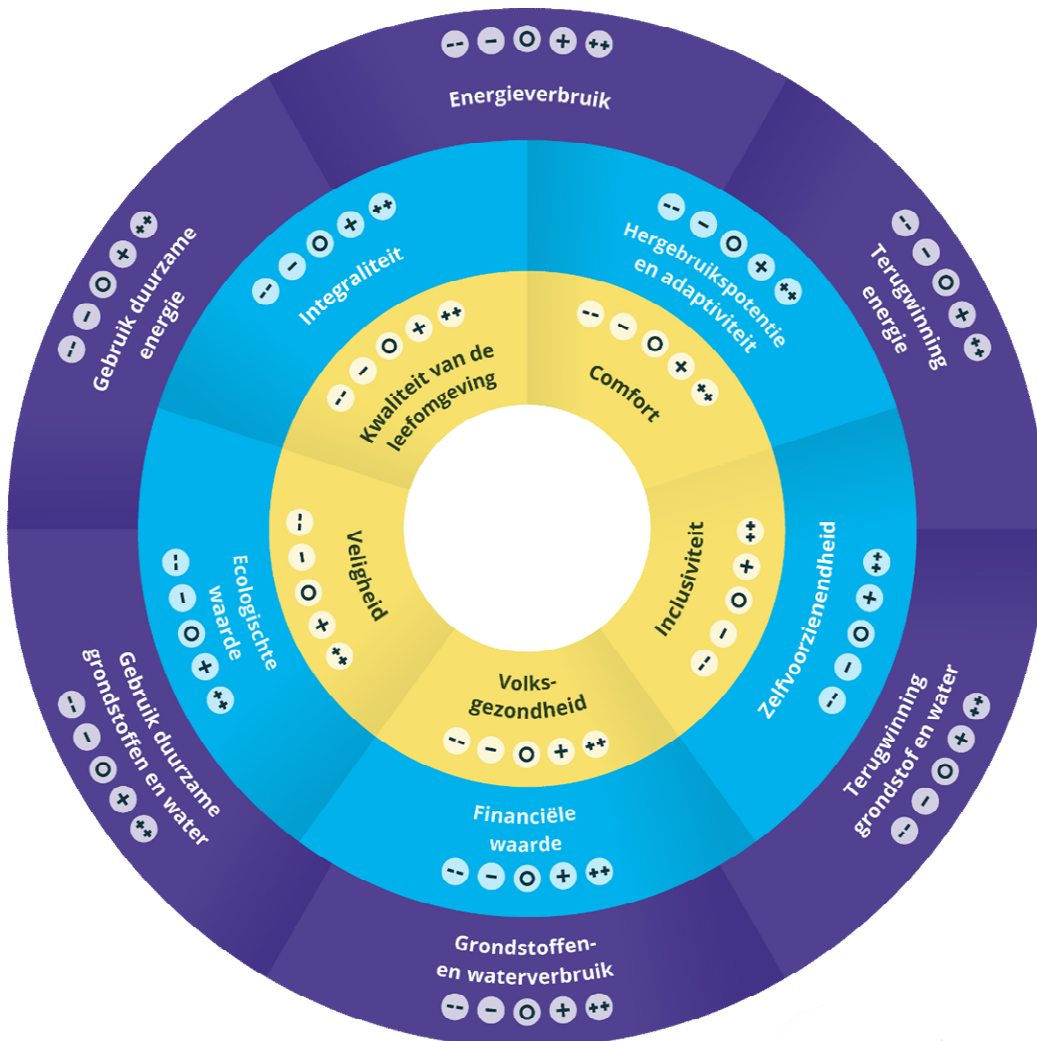
Maatregelen die bedoeld zijn om een verandering te realiseren in de systeemeigenschappen, zoals 'zelfvoorzienendheid', kunnen resulteren in meer/minder druk op de energie en stofstromen (ecologische plafonds), zoals 'energieverbruik', en ook van invloed zijn op de waarden voor mensen (het sociaal fundament), zoals 'volksgezondheid'. De zestien kenmerken van een circulaire waterketen zijn verdeeld over deze drie lagen met een scorecard (---/0/+/++) per kenmerk. De scorecard kan gebruikt worden om verschillende conceptontwerpen voor de waterketen van een wijk met elkaar te vergelijken of om een ontwerp met de huidige situatie te vergelijken. Dit is een tool om ontwerpers, beleidsmakers, en beslissers te ondersteunen bij het omschrijven, bespreken, afbakenen en vastleggen van wat in de waterketen wordt verstaan onder volledig circulair in 2050 (stip op de horizon).

<sup>55</sup> Raworth, K. (2017). Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist. Chelsea Green Publishing.

<sup>56</sup> Rockström, J. et al (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. Ecology and Society 14(2). DOI: 10.5751/ES-03180-140232.

<sup>57</sup> Milieueffectrapport Nationale Omgevingsvisie: <https://www.planmernovi.nl/>

Deze operationalisering van het circulaire economie principe is niet waarde vrij. De vergelijking van verschillende oplossingen/ontwerpen voor een toekomstige waterketen gaat daarom om meer dan alleen de totaalscores tegenover elkaar te stellen. Ontwerpers zullen vaak wel afwegingen moeten maken tussen de verschillende kernmerken. Participatieve processen samen met belanghebbenden, of gekozen vertegenwoordigers daarvan, zijn nodig om dit op een democratische manier te doen. Dit heeft de voorkeur boven weegfactoren hanteren om een ideaal uit te rekenen. Dat laatste is eenvoudig te realiseren als de adviseur/beslisser dit wenselijk acht voor een specifiek project, maar voor deze generieke scorekaart worden geen weegfactoren toegekend.



Figuur 10: Scorecard Tool: De 16 kenmerken van een circulaire waterketen

Instructies voor de scorecard:

Hoe circulair is uw waterketen? Een referentiekader voor het toekennen van semi-kwantitatieve scores op de kenmerken is een nulmeting bij een doorsnee Nederlandse wijk in 2020. Alle 16 kenmerken zijn gedefinieerd in Tabel 1. “Volledig circulair” wordt gedefinieerd als “++” op alle kenmerken, en dit is de stip op de horizon voor 2050. Beoordeel uw waterketen op systeemniveau met 5 kenmerken (lichtblauw). Kijk vervolgens naar de 6 kenmerken van de energie en stofstromen (paars) om te beoordelen in hoeverre uw watersysteem de druk op het ecologisch plafond verlicht of verzwaart. De 5 kenmerken van het sociaal fundament (geel) betreffen waarden die uw waterketen voor mensen oplevert. Kenmerk deze kwaliteiten ook als meer (+, ++) of minder (-,--) dan de nulmeting. Gebruik deze scorecard als stip op de horizon voor visievorming, om focusgebieden te prioriteren voor onderzoek en innovatie, of om een keuze te maken tussen verschillende oplossingen.

## Nulmeting 2020

Dit rapport betreft onderzoek dat is uitgevoerd als onderdeel van het project 'Circulair Water 2050', dat onder het BTO WiCE onderzoeksthema 'Efficiënt met grondstoffen' valt. In de eerste fase van dit project is een analyse gemaakt van alle in- en uitgaande stromen in de waterketen (drinkwaterbedrijven, waterschappen en mogelijk ook gemeenten) in de huidige situatie (in 2019).<sup>58</sup> Sankey diagrammen zijn getekend om deze stromen inzichtelijk te maken. Deze Sankey's staan op de volgende pagina's en de kerncijfers staan vermeld naast de relevante kenmerken in Tabel 2. Deze resultaten van de vorige fase zijn opgenomen in dit rapport omdat ze de kern van de nulmeting vormen, waarbij de relevante gegevens nu gerelateerd zijn aan de 16 kenmerken van een circulaire waterketen. Voor de kenmerken aangaande "systeemeigenschappen" en "waarden voor mensen" is de nulmeting meer kwalitatief. Om voor deze kenmerken scores te kunnen toekennen is de achterliggende logica in tabel 1 onmisbaar. Voor de backcasting stap in de volgende fase van dit project worden alle nationale gegevens neergeschaald naar het niveau van een doorsnee Nederlandse wijk/stad (100.000 inwoners). Voor de Nulmeting in deze fase (Tabel 2) zijn alle gegevens op landelijk niveau.

Tabel 2: Nulmeting voor de 16 kenmerken van een circulaire waterketen

#	KENMERK	NULMETING VOOR DE GEMIDDELDE SITUATIE IN 2020
<b>Energie en stofstroom: fysieke kenmerken van (onderdelen van) de waterketen</b>		
1	Energieverbruik	<p><i>Energieverbruik tijdens de operatie van het huidige waterketen op landelijk niveau:</i></p> <p>Elektriciteit: 5.051 TJ (zonder zelf opgewekte elektriciteit) 5.877 TJ (met elektriciteit zelf opgewekt uit biogas, zon, wind en benzine). Aardgas: 757 TJ. Brandstoffen: 1.357 TJ.</p> <p><i>Totaal energieverbruik waterschappen: 9.507 TJ/jaar</i> Elektriciteit inkoop waterschappen: 2.896 TJ/jaar Aardgas inkoop waterschappen: 757 TJ/jaar Diesel inkoop waterschappen: 908 TJ/jaar Benzine inkoop waterschappen: 200 TJ/jaar</p> <p><i>Energieverbruik voor productie en distributie drinkwater: 0,50 kWh/m<sup>3</sup></i> Elektriciteit inkoop waterbedrijven: 2.149 TJ/jaar Aardgas inkoop waterbedrijven: 110 TJ/jaar Diesel inkoop waterbedrijven: 125 TJ/jaar</p>
2	Grondstoffen- en waterverbruik	<p><i>Grondstoffenverbruik tijdens de operatie van het huidige waterketen:</i></p> <p><u>Drinkwaterzuivering (ton/jaar)</u> Metaalzouten: 59.806 Natronloog: 51.332 IJzer(III)chloride: 19.676 Kalkmelk: 14.852 Polymeren: 8.274 Filterzand, Filtergrind, en Entzand totaal: 6.775 Calciumoxide: 6.381 IJzerchloridesulfaat: 4.668 Actieve kool: 4.063</p> <p><u>Rioolwaterzuivering (ton/jaar)</u> IJzerchloride: 23.474 IJzerchloridesulfaat: 15.050 IJzerhydroxide: 12.000</p>

<sup>58</sup> Roest, K. et al. 2020. Stofstromen in de Nederlandse Waterketen. KWR

		<p>Nutriëntenmix: 11.090  PAC: 10.114  Koolstofbron voor defosfatering: 6.030  Magnesiumchloride: 8.386  IJzersulfaat: 9.840  Polymeren: 4.487</p> <p><i>Verbruik waterbronnen:</i>  Ruwwater voor drinkwaterproductie: 1.247 mln m<sup>3</sup>  Grondwater: 733 mln m<sup>3</sup>  Oppervlaktewater: 417 mln m<sup>3</sup>  Oevergrondwater: 76 mln m<sup>3</sup>  Natuurlijk duinwater: 14 mln m<sup>3</sup>  Droog weer aanvoer waterschappen (zonder hemelwater): 1.247 mln m<sup>3</sup></p>
3	Terugwinning energie	<p>Biogas productie waterschappen: 2.685 TJ/jaar  Groene gas/LNG waterschappen: 31 TJ/jaar (248 TJ/jaar wordt afgefakkeld of afgeblazen)  Energie uit methaan waterbedrijven: 21 TJ/jaar</p> <p>In 2020 zijn er in Nederland 48 aquathermie projecten gerealiseerd waaronder 5 TED, 11 TEA, en 32 TEO. Van deze projecten maken 23 gebruik van WKO. 10.729 woningen worden met deze projecten voorzien, met een netto warmtevraag van 84.062 MWhth/pj.<sup>59</sup></p>
4	Terugwinning grondstof en water	<p>Actief kool: 85% reactivatie en retour drinkwaterbedrijven, 15% afval  Calcietkorrels: 100% recycling  Zandvrije calcietkorrels: 100% recycling, 53% als entmateriaal  Vloeibaar en steekvast waterijzer: 100% recycling  Terugwinning zout en humuszuren waterbedrijven: 4.188t/jaar</p> <p>Bij vervanging van 1% van de drinkwaterleidingnet per jaar komt 31.700t grondstof vrij waarvan 22.577t gerecycled wordt (71%).</p> <p>Nutriënten uit centraal (N, P) recycling waterschappen:  N: 4.183 t/jaar  P: 1.507 t/jaar</p> <p>Terugwinning grijswater<sup>60</sup>:  Er zijn in 2020 twee grote waterhergebruik cases in Nederland: Dow Terneuzen (+/-300 m<sup>3</sup>/h) en de Puurwaterfabriek in Emmen (+/-8200 m<sup>3</sup> per dag).  Verder zijn er een twintigtal Hydraloop installaties geplaatst.  Hiernaast zijn er enkele ecologische of duurzame woonwijken in Nederland waar hergebruik van grijs water via een helofytenfilter plaatsvindt, en diverse kleine installaties voor pilotonderzoek.</p>
5	Gebruik duurzame energie	<p>Drinkwaterbedrijven gebruiken 100% duurzame energie.  Zelfopgewekte elektriciteit waterbedrijven: 8,4 TJ/jaar  Zelfopgewekte elektriciteit waterschappen: 5,9 TJ/jaar</p> <p>33,9% van het totale energieverbruik van waterschappen is in 2018 zelf op duurzame manier opgewekt.<sup>61</sup> Het aandeel duurzame energie in het zuiveringsbeheer is 100%.</p>

<sup>59</sup> Netwerk Aquathermie: <https://aquathermie.nl/praktijk/kaart+aquathermie+in+de+praktijk/default.aspx>

<sup>60</sup> De Energie- & Grondstoffenfabriek: <https://www.efgf.nl/producten/water/>

<sup>61</sup> Unie van Waterschappen. 2018. Waterschapspeil 2018: Trends en ontwikkelingen in het regionale waterbeheer. Den Haag.

6	Gebruik duurzame grondstoffen- en water	<p>In 2019 publiceerde het kabinet het Klimaatakkoord. Via de Regionale energiestrategieën<sup>62</sup> wordt de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2050 met 50% verminderd ten opzichte van 1990. In 2018 was 15% vermindering gehaald.<sup>63</sup></p> <p>Gebruik gezuiverd grijswater: De Nederlandse Aardolie Maatschappij gebruikt +/-8.200 kubieke meter per dag gezuiverd rioolwater van de Puurwaterfabriek in Emmen. Deze installatie heeft uitbreidingsmogelijkheden tot 10.000 kubieke meter.</p> <p>Dow Benelux gebruikt 2 Mm<sup>3</sup>/jaar proceswater dat uit effluent met een membraanbioreactor en een 2-traps omgekeerde osmose systeem gezuiverd wordt (gemiddeld +/-300 m<sup>3</sup>/h met levering tot 620 m<sup>3</sup>/h).</p> <p>De hoeveelheid gebruik van (gezuiverd) zwartwater in 2020 in Nederland is verwaarloosbaar.</p> <p>In 2017 is het Grondstoffenakkoord ondertekend. Hierin staan afspraken om de Nederlandse economie te laten draaien op herbruikbare grondstoffen.</p> <p>Maatschappelijk Verantwoord Inkopen is in 2020 formeel de norm binnen alle gemeenten, provincies en waterschappen<sup>64</sup>. Uit de 'Verkenning monitor MVI Waterschappen'<sup>65</sup> blijkt dat de inzet op de thema's circulair en 'social return' niet heeft geleid tot het uitdagen van de markt. Er is nog veel verbeterruimte voor het scherper uitvragen op MVI bij waterschappen.</p>
---	---	---

#### Waarden voor mensen: sociaal-politieke kenmerken van (onderdelen van) de waterketen

7	Volksgezondheid	<p>Het maximale risico op infectie door pathogene micro-organismen (grenswaarde) is één infectie per 10.000 personen per jaar (Drinkwaterbesluit, 2018).<sup>66</sup></p> <p>Gezondheidskundige richtlijnen en normen zijn bepaald voor acute en niet-acute parameters. Voor veel stoffen betreft dit de aantoonbaarheidsgrens. Er wordt ook rekening gehouden met blootstelling aan deze parameters via andere routes, zoals voedsel. De minimale meetfrequentie voor gezondheidskundige parameters is 1x/jaar. Als signaleringsparameter voor opkomende stoffen geldt een waarde van 1 microgram per liter (µg/L). Wanneer de concentratie van een stof in het inname water langer dan 30 dagen hoger is dan 1 µg/L, worden de gezondheidsrisico's onderzocht. Het geleverde drinkwater voldoet vrijwel altijd aan de gestelde kwaliteitsnormen (99,9 %: ILT, 2019)<sup>67</sup></p> <p>Drempel voor gezondheidsrisico in zwemwater: Cyanochlorophyll-a: 12,5 µg / L; Microcystine 20 µg / L (Stowa-protocol).</p> <p>Door Maatschappelijk Verantwoord Inkopen (MVI) wordt in 2020 steeds meer rekening gehouden met de gezondheid van mensen elders waar grondstoffen worden gewonnen (bijv. mijnwerkers). Er is nog veel verbeterruimte voor het scherper uitvragen op MVI bij waterschappen en waterbedrijven.</p>
---	-----------------	---

<sup>62</sup> <https://regionale-energiestrategie.nl/default.aspx>

<sup>63</sup> <https://www.clo.nl/indicatoren/nl016535-broeikasgasemissies-in-nederland>

<sup>64</sup> <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/circulaire-economie/maatschappelijk-verantwoord-inkopen>

<sup>65</sup> <https://www.pianoo.nl/nl/actueel/nieuws/meten-en-monitoren-van-maatschappelijk-verantwoord-inkopen-bij-waterschappen>: Valk, de. E. 2020. RIVM-briefrapport 2020-0062

<sup>66</sup> <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/2018-07-01>

<sup>67</sup> <https://www.ilent.nl/actueel/nieuws/2019/12/10/ilt-kwaliteit-drinkwater-in-2018-voldeed-aan-norm>

8	Veiligheid	<p>Per 1 januari 2020 is een nieuwe veiligheidsnormering ingevoerd voor de primaire waterkeringen. Inwoners moeten een basisveiligheid hebben van 1:1.000.000 dat ze komen te verdrinken door een overstroming. Het hoogwaterbeschermingsprogramma<sup>68</sup> geeft uitvoering aan het Deltaplan Waterveiligheid dat ervoor moet zorgen dat in 2050 alle waterkeringen aan deze nieuwe normen voldoen. In 2020 voldoet ongeveer de helft van alle primaire waterkeringen nog niet; 1.100km aan dijken moeten versterkt worden om aan de normen te voldoen.</p> <p>Van alle scenario's die het Analysenetwerk Nationale Veiligheid in 2016 in kaart hebben gebracht voor het Nationaal Veiligheidsprofiel springt een ernstige overstroming van zee er boven uit voor wat betreft de impact. Overstroming van rivieren staat ook relatief hoog wat betreft impact. Maar de kans op deze rampen wordt ingeschat als "zeer laag".<sup>69</sup></p> <p>Gebieden langs het regionale watersysteem worden beschermd door keringen die een kleinere kans op overstromen moeten hebben van eens in de 100 jaar.<sup>70</sup> 19% van de regionale waterkeringen voldeed eind 2017 nog niet aan deze norm.<sup>71</sup></p> <p>De risico op ontploffingen, in bijvoorbeeld de machinegebouwen van rioolwaterzuiveringsinstallaties of drinkwaterbedrijven, is per geval anders. Relatief ten opzichte van andere risico's voor de fysieke veiligheid van de mens in Nederland zijn deze risico's te verwaarlozen in 2020.</p>
9	Inclusiviteit	<p>Over het algemeen is de mate waarin iedereen gelijke kansen heeft om deel te nemen aan de samenleving redelijk te noemen.<sup>72</sup></p> <p>Tussen 2015 en 2017 hebben de drinkwaterbedrijven ruim 20.000 huishoudens afgesloten van drinkwater, voornamelijk wegens wanbetaling. Er waren grote verschillen in het aantal afsluitingen per regio. In 2020 heeft Defence for Children de Nederlandse staat aangeklaagd omdat kinderen werden afgesloten van drinkwater. Een aantal waterbedrijven hebben hun beleid wat betreft afsluitingen recentelijk aangepast door nieuwe visies op Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (MvO).</p> <p>Het aandeel van de belastingopbrengst van waterschappen dat werd kwijtgescholden voor huishoudens van wie het inkomen beneden een bepaalde grens ligt was in 2017 3,2%.</p>
10	Comfort	<p>Rapportcijfer van klanten over dienstverlening waterbedrijven: 7,9/10 Rapportcijfer van klanten over de kwaliteit van het drinkwater: 8,5/10<sup>73</sup></p> <p>In 2017 hadden de waterschappen gemiddeld 80% van de klachten binnen de gestelde termijn afgehandeld. 91% van de bezwaarschriften is tijdig afgehandeld.</p> <p>99,2% van de gebieden waarvoor de waterschappen verantwoordelijk zijn voldoet aan de wateroverlastnormen.<sup>74</sup></p>

<sup>68</sup> <https://www.hoogwaterbeschermingsprogramma.nl/default.aspx>

<sup>69</sup> RIVM. 2016. Nationaal Veiligheidsprofiel. Analysenetwerk Nationale Veiligheid.

<sup>70</sup> <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/europese-richtlijn-overstromingsrisico/eu-richtlijn-overstromingsrisico/>

<sup>71</sup> Unie van Waterschappen. 2018. Waterschapspeil 2018: Trends en ontwikkelingen in het regionale waterbeheer. Den Haag.

<sup>72</sup> <https://www.planmernovi.nl/planmer-novi/hoofdstuk-2--de-staat-van-de-fysieke-leefomgeving/woon omgeving/welzijn/inclusiviteit>

<sup>73</sup> Vewin. 2019. Kerngegevens Drinkwater.

<sup>74</sup> Unie van Waterschappen. 2018. Waterschapspeil 2018: Trends en ontwikkelingen in het regionale waterbeheer. Den Haag.



11	Kwaliteit van de leefomgeving	In Nederland is er sprake van een afname van het areaal en de kwaliteit van waardevolle landschappen. Dit leidt in de nulmeting 2020 tot een matige staat. <sup>75</sup> Verstedelijking leidt tot verlies aan landschappelijke waarden en leegstand van erfgoed. De kwaliteit van de leefomgeving verschilt wel sterk per locatie. De openbare ruimte in binnensteden heeft over het algemeen een goede kwaliteit.
----	-------------------------------	--

### **Systemeigenschappen: kenmerken van de waterketen op systeemniveau**

12	Zelfvoorzienendheid	De waterschappen, de waterbedrijven, en de gemeente zijn afhankelijk van andere organisaties, landen, en bronnen voor de toevoer van grondstoffen en energie.  Afgelopen vijf jaar zijn grote stappen gezet richting zelfvoorzienendheid op het gebied van energie (eigen energie duurzaam opwekken). Zelfopgewekte energie waterbedrijven: 8,4 TJ/jaar Zelfopgewekte energie waterschappen: 5,9 TJ/jaar  Individuele waterbedrijven en waterschappen hebben evaluaties gedaan om de afhankelijkheid van toeleveranciers (voor bepaalde stoffen) in kaart te brengen.
13	Hergebruikspotentie en Adaptiviteit	De meeste assets voor waterzuivering, waterkering, en distributie van water zijn nog niet volgens 'cradle-to-cradle' (C2C) ontwerpprincipes gebouwd, <sup>76</sup> waardoor ze niet direct op een hoogwaardige manier worden hergebruikt in een volgend product. Tot nu toe was 'robuustheid' het leidende principe voor het ontwerp van de waterketen, om de volksgezondheid en veiligheid te bewaken. Deze robuustheid is gerealiseerd met meerlaagse bescherming en technische redundantie, waarbij bepaalde onderdelen dubbel aanwezig en/of overgedimensioneerd zijn zodat het geheel goed blijft functioneren wanneer een onderdeel uitvalt. Er is dus wel een zekere mate van 'schaalbaarheid' in de functies die de waterketen vervult. Dit is een vorm van flexibiliteit, zolang alleen de mate van de vraag/functie verandert en niet de aard. Aan de andere kant zijn de onderdelen meestal niet aanpasbaar (verandering van taak), verplaatsbaar (verandering van locatie), of adaptief (verandering van gebruik).
14	Financiële waarde	De Nederlandse watersector beschikt volgens de OESO over een robuust financieringssysteem. Wel moeten de beginselen "de vervuiler betaalt" en "de belanghebbende betaalt" ruimer worden toegepast, bijvoorbeeld voor diffuse lozingen. De OESO pleit ook voor versterking van onafhankelijke verantwoordingsmechanismen voor meer transparante informatie en performance monitoring <sup>77</sup> .  De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) heeft advies gevraagd aan de ACM over de totstandkoming van de drinkwatertarieven 2018. Alle drinkwaterbedrijven hebben zichtbaar gewerkt om de totstandkoming van de drinkwatertarieven 2018 transparanter te maken. De wijze waarop de drinkwaterbedrijven in 2018 zijn omgegaan met het kostprijsmodel en de toelichting daarbij is waarneembaar verbeterd ten opzichte van voorgaande jaren. Dit met name op de navolgbaarheid van kostentoekeeringen en de daarbij toegepaste verdeelsleutels. De ACM is van mening dat deze verbeteringen er toe hebben geleid dat de

<sup>75</sup> <https://www.planmernovi.nl/planmer-novi/hoofdstuk-2--de-staat-van-de-fysieke-leefomgeving/een-goede-omgevingskwaliteit/landschap--openbare-ruimte/waardevolle-landschappen>

<sup>76</sup> <https://www.voordewereldvanmorgen.nl/artikelen/wat-is-cradle-to-cradle>

<sup>77</sup> OECD. 2014. Water Governance in the Netherlands: Fit for the Future? OECD Publishing. DOI:<https://dx.doi.org/10.1787/9789264102637-en>

		<p>drinkwaterbedrijven de totstandkoming van de drinkwatertarieven op een transparante wijze hebben gepresenteerd. Hiermee is het inzicht in de kosten die gedekt worden door de drinkwatertarieven sterk verbeterd.<sup>78</sup></p> <p>De bruto-investeringsuitgaven van de waterschappen was in 2017 1,1 miljard euro. Het aandeel waterveiligheid is sterk gestegen. Investerings in watersystemen zijn vrij sterk gedaald. De kosten en de opbrengsten in de begrotingen van de waterschappen is in de afgelopen jaren steeds meer in evenwicht, maar de kosten zijn nog altijd hoger dan de opbrengsten.</p>
15	Integraliteit	<p>In 2020 is de waterketen nog vooral als sector beheerd (afzonderlijk van bijvoorbeeld de energiesector, de landbouwsector) en de governance van de waterketen is ook gefragmenteerd met taken verdeeld over Rijkswaterstaat, de provincies, de gemeenten, waterschappen, en de drinkwaterbedrijven<sup>79</sup>. Er is al veel winst te behalen door betere samenwerking binnen de waterketen, bijvoorbeeld tussen waterschappen en waterbedrijven.</p> <p>Afgelopen 5 jaar is er groeiende aandacht vanuit de watersector voor de energietransitie, met mogelijke nieuw rollen voor waterorganisaties, bijvoorbeeld als toeleveranciers van warmte.</p> <p>Naar verwachting treedt de Omgevingswet op 1 januari 2022 in werking. De Nationale Omgevingsvisie (NOVI, 2020)<sup>80</sup> laat zien hoe slimme combinaties nodig zijn om klimaatbestendig te worden en de energietransitie en de transitie naar de circulaire economie te realiseren.</p>
16	Ecologische waarde	<p>Natuurlijke systemen staan onder druk in 2020. Sinds 2017 neemt de mate van bedreiging van soorten weer toe. De huidige staat ten aanzien van de biodiversiteit in Nederland is over het algemeen als matig gewaardeerd.<sup>81</sup></p> <p>Uit verschillende rapportages, waaronder die van de Kaderrichtlijn Water (KRW), blijkt dat de kwaliteit van de Nederlandse oppervlaktewater beter moet. Oppervlaktewater is verontreinigd met nutriënten, pesticiden, en nieuwe chemische stoffen. De KRW doelen die voor 2027 zijn afgesproken zijn een uitdagende opgave. Het Planbureau voor de Leefomgeving berekende dat ons land op de huidige koers slechts 40-60% van de gestelde doelen gaat halen. 43% van de waterlichamen voldoet nu aan de normen voor prioritair en gevaarlijke stoffen.<sup>82</sup></p> <p>Uit de evaluatie van het Natuurpact 2013 door PBL is gebleken dat de toename van het areaal natuurgebieden onvoldoende is om de doelen van de Europese Vogel en Habitatrichtlijn (VHR) volledig te halen. De realisatie van het Natuurnetwerk Nederland (NNN) is nog niet afgerond.<sup>83</sup></p> <p>In 2017 was de mate waarin waterschappen voldoen aan de eisen voor lozing op het oppervlaktewater gemiddeld 99%. Het verwijderingsrendement van stikstof en fosfor was 85%.<sup>84</sup></p>

<sup>78</sup> Autoriteit Consument & Markt. 2019. Advies Drinkwatertarieven 2018. Zaaknummer: ACM/17/023174

<sup>79</sup> OECD. 2014. Water Governance in the Netherlands: Fit for the Future? OECD Publishing. DOI: <https://dx.doi.org/10.1787/9789264102637-en>

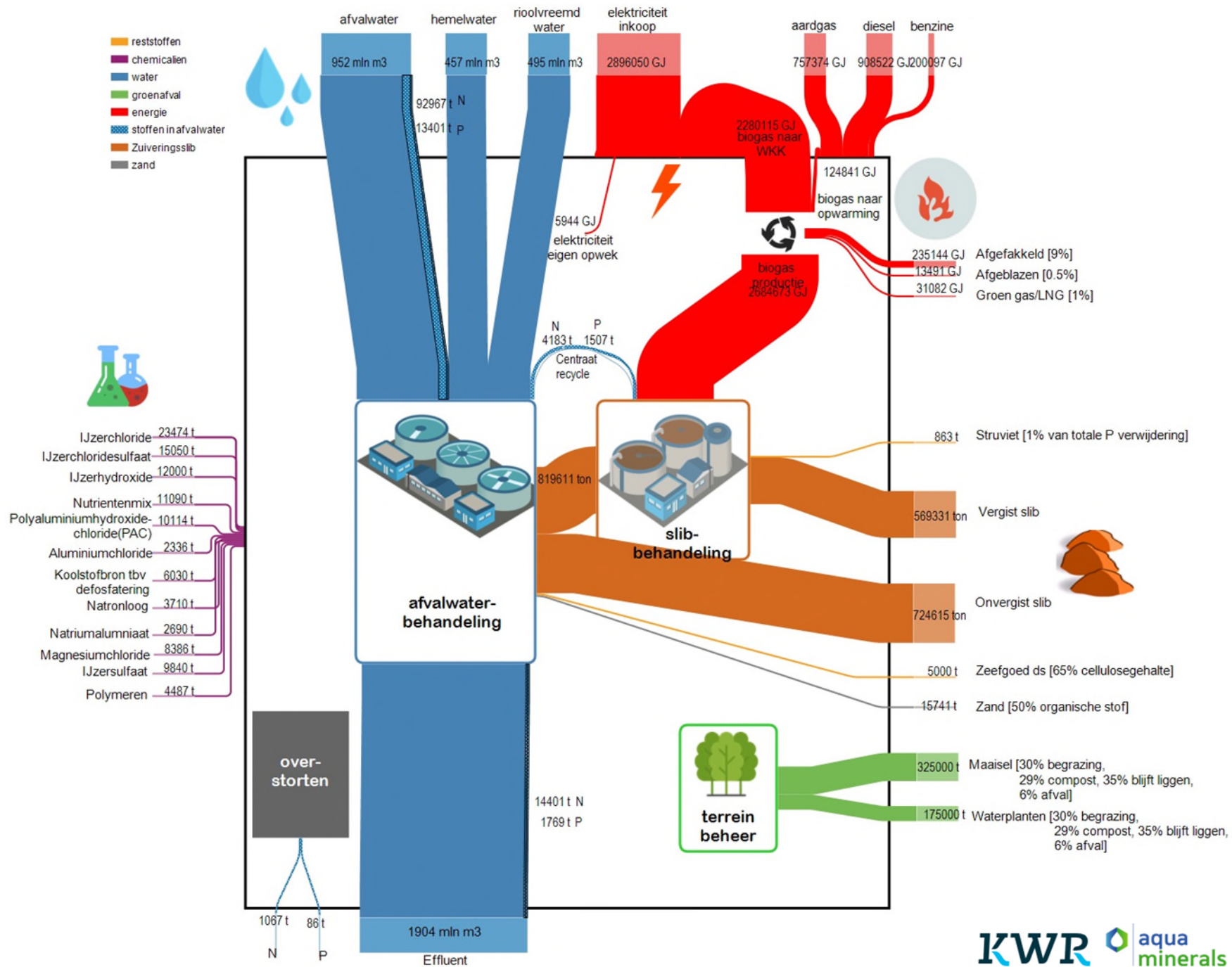
<sup>80</sup> <https://denationaleomgevingsvisie.nl/default.aspx>

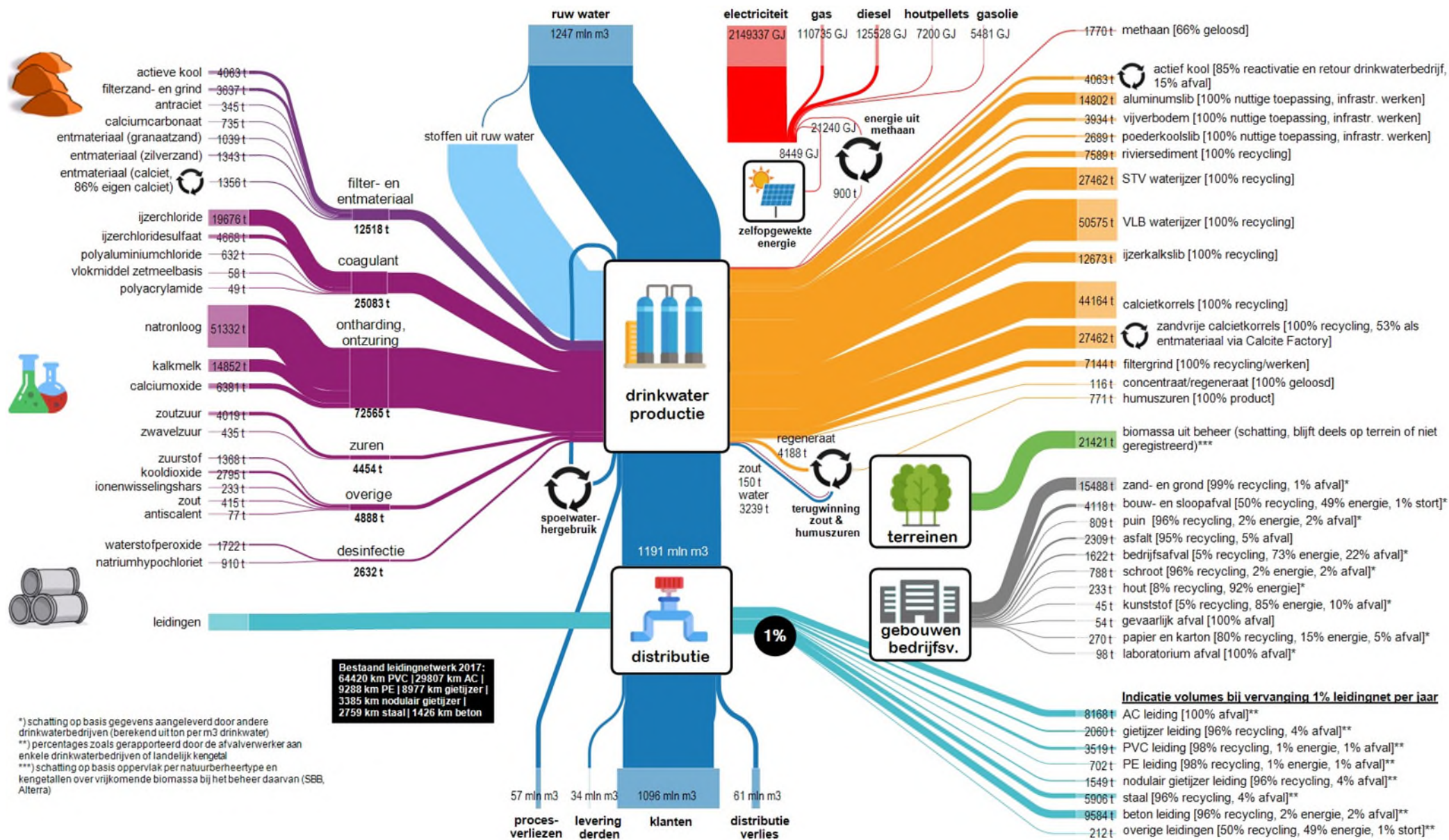
<sup>81</sup> <https://www.planmernovi.nl/planmer-novi/hoofdstuk-2--de-staat-van-de-fysieke-leefomgeving/een-goede-omgevingskwaliteit/natuur/biodiversiteit>

<sup>82</sup> <https://themasites.pbl.nl/balansvandeleeftomgeving/jaargang-2018/themas/water/kwaliteit-oppervlaktewater>

<sup>83</sup> <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/natuurnetwerk-nederland-ehs>

<sup>84</sup> Unie van Waterschappen. 2018. Waterschapspeil 2018: Trends en ontwikkelingen in het regionale waterbeheer. Den Haag.





\*) schatting op basis gegevens aangeleverd door andere drinkwaterbedrijven (berekend uit ton per m<sup>3</sup> drinkwater)  
 \*\*) percentages zoals gerapporteerd door de afvalverwerker aan enkele drinkwaterbedrijven of landelijk kengetal  
 \*\*\*) schatting op basis oppervlak per natuurbeheertype en kengetallen over vrijkomende biomassa bij het beheer daarvan (SEB, Alterra)

## Vervolg: Aanpak voor het uitstippen van de routekaart

Dit rapport betreft onderzoek dat is uitgevoerd als onderdeel van het project 'Circulair Water 2050', dat onder het BTO WiE onderzoeksthema 'Efficiënt met grondstoffen' valt. Het project heeft drie fases en in dit rapport staan de resultaten van het tweede fase vastgelegd:

1. Inzichtelijk maken van alle in- en uitgaande stromen in de waterketen (drinkwaterbedrijven, waterschappen en mogelijk ook gemeenten) in de huidige situatie.
2. *Onderzoeken, omschrijven, bespreken, afbakenen en vastleggen wat in de waterketen wordt verstaan onder volledig circulair in 2050 (stip op de horizon).*
3. Bepalen welke mogelijke maatregelen en acties nodig zijn (vormgegeven als routekaart) om de huidige waterketen om te vormen tot een volledig circulaire waterketen in 2050.

Als eerstvolgende stap zijn voor een hypothetische referentiewijk/stad van 100.000 inwoners schetsen gemaakt (praatplaatjes) van de huidige situatie en ook een visie voor 2050: een visuele stip op de horizon. Om deze stip op de horizon te definiëren zijn werkateliers gehouden met vertegenwoordigers uit de hele waterketen. De deelnemers hebben verschillende 'ideale' circulaire waterketens ontworpen voor de referentiewijk/stad. Verschillende bundels van maatregelen en technieken kunnen plausibel en effectief zijn: er zijn meerdere wegen die naar Rome leiden. Als onderdeel van deze werkateliers zijn de uiteindelijke ontwerpen ook beoordeeld aan de hand van de scorecard (Figuur 10). De onderzoekers hebben vervolgens een stip op de horizon gedefinieerd door de sterkste aspecten van alle ontwerpen te combineren.

De visuele stip op de horizon laat zien welke maatregelen en technieken in 2050 zijn ingezet om de waterketen circulair te maken. Vervolgens is het zaak om een routekaart te ontwikkelen om te laten zien hoe we in de referentiewijk de huidige waterketen om kunnen vormen tot een volledig circulaire waterketen in 2050. Om dit op een systematische manier te doen is het eerst nodig om voor de referentiewijk de huidige situatie (2020) te beoordelen op 16 kenmerken van een circulaire waterketen. Zo kunnen we het verschil tussen de huidige en gewenste situatie duiden om de benodigde maatregelen en acties helder te krijgen. Dit betekent dat de onderzoekers eerst de data in Tabel 2 moeten neerschalen naar een doorsnee Nederlandse wijk/stad (100.000 inwoners) en dat we een tekening maken van deze referentiewijk in 2020. De routekaart wordt opgesteld door middel van een backcasting methode<sup>85</sup>, waarbij de onderzoekers iteratief kijken (1) vanuit de huidige stand van zaken naar 2050 toe om te bepalen welke maatregelen en technieken in te zetten, en dan (2) vanuit 2050 naar het heden toe om te bepalen welke stappen nodig zijn om de maatregelen en technieken te implementeren. Naast de routekaart levert backcasting inzicht op over:

- *kennisvragen* waar waterorganisaties antwoord op moeten hebben om de gekozen routekaart te kunnen bepalen en bewandelen (bewuste onwetendheid)
- *innovatiebehoefte*s van waterorganisaties wat betreft tools en technieken om de gekozen routekaart te kunnen bewandelen (bewuste onbekwaamheid)
- *keuzemomenten* wanneer de waterorganisaties wel/niet moeten investeren in de volgende stap van de routekaart om de doelen voor 2050 te halen (bewuste termijnen)

Scenarioanalyse wordt gebruikt voor het identificeren van kennisvragen, innovatiebehoefte, en keuzemomenten. Naast de maatregelen en technieken, die binnen de invloedssfeer van de waterorganisaties liggen, zijn er ook externe ontwikkelingen waar de waterorganisaties geen invloed op hebben. Deze externe ontwikkelingen kunnen wel impact hebben op de effectiviteit van de maatregelen en technieken, en dus ook bepalend zijn of de gekozen route goed gaat uitpakken. Om hier rekening mee te houden worden de diverse ontwikkelingen in het ruimtelijk en conceptueel domein waarover de watersector geen financiële, politieke, culturele, of fysieke invloed heeft in omgevingsscenario's opgenomen. De waterorganisaties kunnen niet kiezen welk omgevingsscenario in 2050 werkelijkheid wordt, maar op een gegeven moment moeten ze wel beslissingen maken over welke maatregelen en technieken ze gaan inzetten. Door de routekaart van maatregelen en technieken te toetsen aan omgevingsscenario's worden 'no-regret' maatregelen en technieken geïdentificeerd, die theoretisch gezien goed uitpakken in alle omgevingsscenario's. Voor maatregelen en technieken die niet kwalificeren als 'no-regret' wordt gewacht met keuzes maken totdat er meer kennis, innovaties, of zekerheid is. Dit levert termijnen op voor innovatie en kennisontwikkeling.

<sup>85</sup> Holmberg, J., & Robèrt, K. H. (2000). Backcasting—A framework for strategic planning. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 7(4), 291-308.

WIE

