

DE TOEKOMST VAN HET STEDELIJK WATERSYSTEEM OPEREREN IN EEN STAD VOL TRANSITIES

*Eva Nieuwenhuis, Eefje Cuppen, Jeroen Langeveld, Hans de Bruijn**

■ Gedreven door ontwikkelingen zoals klimaatverandering, verstedelijking en digitalisering zien we in het stedelijk watersysteem steeds vaker oplossingen ‘buiten de buis’. Oplossingen zoals publieke pleinen met een waterbergende functie, polderdaken met een dynamische waterberging, zwembaden verwarmd met warmte uit (afval)water; het zijn allemaal pogingen om antwoorden te vinden op de uitdagingen waar de watersector mee te maken heeft. Echter, de watersector is niet de enige in de stad die worstelt met uitdagingen die dergelijke ontwikkelingen met zich meebrengen. Doordat de ruimte in de stad beperkt is, zien we dat de grenzen van stedelijke infrastructuur steeds vaker worden opgezocht, opgerekt en verlegd, om zo oplossingen te kunnen vinden die in te passen zijn in bestaand stedelijk gebied.

Dit artikel betoogt dat de uitdagingen waarvoor de stedelijk watersector staat, vragen om een samenwerking die verder reikt dan alleen de waterketen of ruimtelijke inrichting. De druk op de ruimte, in combinatie met de diversiteit en veelheid van uitdagingen in de stad, noodzaakt om de verbinding op te zoeken met andere stedelijke infrastructuren.

Dit artikel beschrijft eerst de aanwezige afhankelijkheden tussen water en ruimte. De urgentie voor een integrale benadering van water en ruimte neemt steeds verder toe door ontwikkelingen zoals klimaatverandering en verstedelijking. Vervolgens bekijken we het concept van integraal stedelijk waterbeheer door de bril van een stad vol transities; een stad waarin elke sector haar eigen infrastructurele uitdagingen heeft. Hierna wordt het koppelen van infrastructurele opgaven en het concept *systeemintegratie* geïntroduceerd. We leggen uit dat integratie van stedelijk systemen niet alleen over de

koppeling van fysiek-technische infrastructuren gaat, maar ook de verantwoordelijke partijen en bestaande instituties betreft. Dit brengt ons tot het slot, waarin we uiteenzetten tot welke nieuwe organisatorische en institutionele uitdagingen voor de waterprofessional dit leidt, en wat mogelijkheden zijn om hiermee om te gaan.

Water en ruimte: onlosmakelijk met elkaar verbonden

Ontwikkelingen als klimaatverandering, verstedelijking en bodemdaling maken de onderlinge afhankelijkheid tussen water en ruimte steeds duidelijker zichtbaar. De capaciteit van ons huidige afvalwatersysteem, met een (gemengde) riolering, afvalwaterzuiveringsinstallaties en een verbinding met het oppervlaktewater, is beperkt. Riolering is ontworpen op een standaardbui met een herhalingsdij van 2 jaar. Bij een zwaardere bui raakt het rioolstelsel overbelast en komt (vervuild) water op straat

* Eva Nieuwenhuis (promovenda)^{1,2}, Eefje Cuppen (universitair hoofddocent)¹, Jeroen Langeveld (universitair hoofddocent)^{2,3}, Hans de Bruijn (hoogleraar)². ¹ = Technische Universiteit Delft, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen; ² = Technische Universiteit Delft, Faculteit Techniek, Bestuur en Management; ³ = Partners4UrbanWater.

te staan. Door de verbinding met het oppervlaktewater kan de riolering haar overtollig water kwijt, weliswaar met consequenties voor de waterkwaliteit. Er is dus een duidelijke interactie tussen de verschillende deelsystemen: oppervlaktewater, riolering, openbare ruimte, grondwater, enzovoort. Op zichzelf is er in de relatie tussen deze systemen over de jaren heen niks veranderd: het water stroomt nog steeds volgens de wet van behoud van energie en houdt zich daarbij nog steeds niet per definitie aan de door mensen ontworpen grenzen voor de waterinfrastructuur. Echter, doordat neerslag heviger wordt, verstedelijking en verdichting doorzetten en (in delen van Nederland) de bodem verder zakt, wordt de afhankelijkheid tussen deze systemen wel kritieker: de druk op het stedelijk watersysteem neemt toe, waarmee ook de kans op wateroverlast, schade en andere nadelige effecten verder toeneemt. Dat betekent dat stedelijk water in de toekomst méér ruimte nodig heeft en het lijkt niet realistisch om die ruimte te vinden binnen de grenzen van de riolering of het bestaande oppervlaktewater. Het vraagt om over de grenzen van het eigen systeem heen te kijken, en in ruimtelijke plannen nog beter rekening te houden met water.

Als sinds de nota 'Omgaan met water' (1985) wordt er gewerkt aan een meer integrale benadering van water en ruimte. De watertoets (2001), dat ruimtelijke plannen toetst op de mate waarin zij rekening houden met het beleid om water meer ruimte te geven, is daar mede een product van. Ook met het Bestuursakkoord Water (2011) en de Omgevingswet, die naar verwachting in 2021 in werking zal treden, is deze integrale gedachte verder concreet gemaakt.

Het resultaat van deze focus op een integrale aanpak is niet uitgebleven. Zowel in de praktijk als in de wetenschap is de afstemming met ruimtelijke ordening steeds duidelijker zichtbaar:

- Klimaatadaptatie is een actueel thema in Nederlandse steden. De inrichting van zowel de publieke als private ruimte speelt hierin een belangrijke rol en dit komt bovendien nog stekker naar voren in de verdichtingsopgave. Er is een focus op het minder en vertraagd afvoeren van hemelwater, bijvoorbeeld

in de vorm van meervoudig ruimtegebruik. Voor nieuw te ontwikkelen gebieden wordt hemelwater zoveel mogelijk bovengronds afgevoerd en ook bij stedelijke herinrichtingsprojecten worden steeds vaker bovengrondse watervoorzieningen zoals waterpleinen of groenstroken gerealiseerd.

Initiatieven zoals Amsterdam Rainproof of Water Sensitive Rotterdam zijn opgezet om de steden regenbestendig te maken en de integratie van wateraspecten in het stedelijk ontwerp te bevorderen. In binnen- en buitenland, bijvoorbeeld in Australië (Melbourne) en Denemarken (Kopenhagen), komt er steeds meer focus te liggen op de verbinding tussen ruimtelijke ordening en stedelijk watersystemen.

- De ontwikkelingen in de praktijk gaan hand in hand met ontwikkelingen in wetenschappelijke literatuur. Een grote hoeveelheid en diversiteit aan studies over de link tussen stedelijk waterbeheer en ruimtelijke ordening zijn verschenen; sommige vanuit een meer technische invalshoek (zoals Kleidorfer et al., (2014) en Mikovits et al., (2015) en andere vanuit een meer organisatorische of institutionele invalshoek (bijvoorbeeld Brown et al., (2013, 2011) en de Graaf and van der Brugge, (2010)). De diverse termen die wereldwijd zijn ontwikkeld om de nieuwe technieken en principes te beschrijven, weerspiegelen deze toename in aandacht. Fletcher et al. (2015) geven een overzicht van een aantal belangrijke principes voor de omgang met hemelwater, waaronder Sustainable Urban Drainage Solutions (SUDS), Water Sensitive Urban Design (WSUD), en Best Management Practices (BMPs). Ondanks de aanwezige verschillen tussen de principes, richten ze zich allemaal op een meer duurzame en geïntegreerde aanpak en dus een betere integratie van stedelijk water in het stedelijk ontwerp.

Het beter meenemen van wateraspecten in het stedenbouwkundig ontwerp is echter niet de enige sectoroverschrijdende uitdaging in de stedelijke opgave. Waar het belang van de samenhang tussen ruimtelijke ordening en stedelijk waterbeheer inmiddels duidelijk herkend en erkend is, en een steeds prominenter positie

inneemt in literatuur en praktijk, zijn er ook koppelingen en synergiën met andere stedelijke infrastructuren nodig en mogelijk, waar op dit moment nog relatief weinig over nagedacht wordt.

Een stad vol transities: strijd om de ruimte

Want naast klimaatverandering, die met haar wolkbreuken vraagt om regenwateroplossingen 'buiten de buis', spelen er nog veel meer uitdagingen in de stad: er moet meer woonruimte gerealiseerd worden, we willen iedereen op een duurzame manier van energie en warmte voorzien, we willen toe naar een situatie waarin grondstoffen optimaal worden (her)gebruikt en tegelijkertijd willen we onze steden bereikbaar houden. Al deze vraagstukken leggen een claim op de ruimte: elke sector worstelt met haar eigen opgaven. De strijd om ruimte in de stad is in volle gang:

- Steeds meer mensen willen in de stad wonen. Bovendien stimuleert het beleid wonen in de stad om te voorkomen dat het buitengebied dichtgroeit. Daarvoor zullen we dus meer woningen moeten realiseren in bestaand stedelijk gebied. Stedelijke verdichting en de transformatie van voormalige werkgebieden zijn mogelijkheden om hiermee om te gaan. Echter, het realiseren van woningen is niet de enige uitdaging die bij verstedelijking komt kijken. Elke woning betekent een of meerdere inwoners die ook ruimte vragen om te verplaatsen, te winkelen en naar school te gaan, en die bovendien van energie en drinkwater moeten worden voorzien. Wonen brengt dus bijbehorende ruimteclaims met zich mee, zowel in de directe nabijheid van de woning als in de nabije omgeving. Hieronder valt ook belevingsgroen, wat bij een slimme invulling ervan ook weer ruimte voor water kan bieden.
- Deze energie moet bovendien duurzaam zijn. De energietransitie zorgt voor extra druk op de beschikbare ruimte. Zo vraagt een aardgasvrije stad bijvoorbeeld om een verzwaring van het elektriciteitsnet en/of de aanleg van een warmtenetwerk. Dat terwijl de ondergrond met zijn huidige kabels en leidingen al behoorlijk vol is, en bovendien de verwerking van hemelwater in de vorm van een (extra) hemelwaterriool,

infiltratiesystemen en/of drainage vaak ook meer ruimte nodig heeft.

- Onderdeel van klimaatadaptatie is ook stedelijke vergroening: bomen houden water vast, verlagen de temperatuur en hebben nog veel meer positieve effecten voor de stad. Echter vraagt elke boom ruimte voor wortels, en dat is ruimte die een-op-een concurreert met ruimte voor buizen en andere (ondergrondse) infrastructuur.
- Ook de transitie naar een circulaire stad heeft consequenties voor de ruimte. Een circulaire aanpak vraagt om scheiding van afvalstromen. Voor het huidige model waarbij afval zoveel mogelijk aan de bron gescheiden wordt, houdt het in dat het afval zoveel mogelijk in fracties weggebracht moet kunnen worden. Tegelijkertijd vraagt stedelijke verdichting om een afvalstelsel met een grotere lokale capaciteit. Voor een circulaire aanpak van afval in gebieden met zeer hoge bouwdichtheden kan een ondergronds afvaltransportsysteem dan uitkomst bieden (Gemeente Amsterdam, 2019). Alweer meer dan tien jaar geleden is er een dergelijk systeem in Arnhem en Almere aangelegd, en het staat inmiddels ook op de planning voor Amstelslot in Amsterdam. De realisatie van een ondergronds afvaltransportsysteem betekent wel dat er extra ruimte nodig is in de ondergrond. Hetzelfde gaat op voor een circulaire aanpak van afvalwater, zoals bijvoorbeeld in Sneek. Door het scheiden van zwart en grijs water liggen er naast het hemelwater riool nog twee buizen in de ondergrond.
- Een groeiende stad betekent ook meer verplaatsingen van mensen; verplaatsingen van en naar de stad, maar ook binnen de stad. Dit vraagt om een transitie van de huidige infrastructuur en een uitbreiding van de capaciteit; het verkeer en vervoer moet immers ook mee veranderen met de veranderende stad. En hoe zorgen we dat onze steden bereikbaar blijven tijdens alle bouw- en onderhoudswerkzaamheden?

Door de beperkte ruimte in de stad neemt de noodzaak om de stedelijke thema's in samenhang te benaderen

toe. Bovendien zijn de omstandigheden anders dan toen we onze steden hebben ontworpen en de infrastructuur hebben aangelegd. De samenleving is veranderd, we hebben andere doelstellingen, er liggen andere opgaven en bovendien biedt de techniek nieuwe mogelijkheden. Dit vraagt om een andere aanpak. Het vraagt om de uitdagingen gezamenlijk op te pakken; om niet alleen de samenhang tussen water en ruimte in acht te nemen, maar om ook verbindingen te leggen met andere stedelijke infrastructuren.

Het koppelen van opgaven: alles hangt met alles samen

Door de systemen op een slimme manier te koppelen, kan een hoger serviceniveau bereikt worden met minder geld, grondstoffen of ruimte dan wanneer systemen afzonderlijk van elkaar ontworpen worden. Behalve het strakker organiseren van bestaande infrastructuren waardoor er meer ruimte vrijkomt, is het daarvoor van belang dat er vernieuwende integrale oplossingen worden gevonden. Ter illustratie volgt hier een aantal voorbeelden van nieuwe toepassingen, die mogelijk gemaakt zijn door het overschrijden van de grenzen van bestaande infrastructuren:

- Een aardgasvrije stad vraagt niet alleen om beschikbare ruimte, maar ook om alternatieve warmtebronnen. Grondwater (geothermie) of stedelijk water (aquathermie), kunnen een belangrijke rol vervullen in de warmtetransitie. Zo laat een recente studie van Deltares zien dat Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) in 40% van de totale warmtevraag van de gebouwde omgeving in Nederland zou kunnen voorzien (CE Delft, 2018). Daarnaast biedt de onttrekking van warmte aan het oppervlaktewater ook een kans voor de vermindering van hittestress en voor de verbetering van de waterkwaliteit (STOWA, 2018). Aquathermie wordt inmiddels in verschillende Nederlandse steden met succes toegepast (STOWA, 2018). Aangevuld met warmte uit riolering (riothermie), afvalwater (TEA) en drinkwater (TED), betekent dit dat er voor stedelijk water en daarmee ook voor haar beheerders een substantiële rol ligt in de warmtetransitie.

- Een ander voorbeeld van een infrastructuur-overschrijdende oplossing is de bundeling van kabels en leidingen, zoals in de vorm van een integrale leidingtunnel of een kabelgoot. In 2004 is de eerste integrale leidingtunnel aangelegd op de Zuidas (Gemeente Amsterdam, 2019). Hoewel de tunnel de ruimtelijke vrijheid van individuele partijen ook begrenst – de kabels en leidingen moeten immers in de tunnel liggen – bespaart het in zijn totaliteit ruimte in de ondergrond. Hierdoor blijft er nog ruimte over voor bijvoorbeeld een warmtenet of afvalinzamelingssysteem. Bovendien kan met een integrale ondergrondse oplossing ook de overlast door werkzaamheden beperkt worden.

- Daarnaast biedt digitalisering enorm veel nieuwe kansen. Door IT-infrastructuur te verbinden met de waterinfrastructuur kan men bijvoorbeeld slimmer met berging omgaan en zorgen dat het systeem leeg is voor er een piekbui valt, zoals bij een Polderdak (Rainproof, 2018).

De verwevenheid van onze infrastructuren zal in de toekomst enkel toenemen. De ontwikkelingen die spelen en de uitdagingen waar we voor staan, suggereren dat oplossingen alleen in te passen zijn in bestaand stedelijk gebied door infrastructuren te koppelen. Bovendien vraagt dit, naast de koppeling van fysieke infrastructuren, óók om een verbinding van de betrokken partijen en de faciliterende instituties. Het gaat om de integratie van gehele systemen: zowel het technische als het sociale en het institutionele systeem.

Systeemintegratie: het koppelen van systemen leidt tot meer afhankelijkheden

Een dergelijke systeemintegratie betekent dat systemen niet alleen meer verbonden, maar ook meer afhankelijk van elkaar worden. Naast dat het verweven van stedelijke infrastructuren voordelen met zich meebrengt, leidt het ook tot kwetsbaarheden: wat gebeurt er met de gekoppelde infrastructuren als er bijvoorbeeld ergens in het systeem een storing optreedt? Om inzicht te krijgen in de kwetsbaarheden die kunnen optreden, zullen we eerst

een beeld moeten krijgen van de typen koppelingen en de afhankelijkheden die zij met zich meebrengen. Gebaseerd op het werk van Rinaldi (2004) onderscheiden we vier typen systeemintegraties (Tabel 1 – Overzicht van de typen systeemintegratie en waar de integratie zich op berust.):

Type systeemintegratie	Object van integratie
Geografisch	Ruimte
Fysiek	Resources en/of infrastructuren
Digitaal	Data
Tijdgebonden	Projectplanningen

Tabel 1 – Overzicht van de typen systeemintegratie en waar de integratie zich op berust.

- 1 Geografische systeemintegratie: oplossingen waarbij stedelijke infrastructuren in directe nabijheid van elkaar zijn, en daarom om een bepaalde mate van ruimtelijke organisatie vragen, zijn een voorbeeld van geografische systeemintegratie. Dit komt voort uit concurrerende ruimtelijke ambities, zowel boven de grond als onder de grond, zoals te zien is bij klimaatadaptatie en de energietransitie. Bovendien moet het niet alleen in de ondergrond of boven de grond passen; ook tussen de onder- en bovengrond is afstemming nodig om te zorgen dat verschillende systemen elkaar niet in de weg zitten.
- 2 Fysieke systeemintegratie: wanneer we warmte uit oppervlakte-, afval- of drinkwater terugwinnen, is er sprake van een fysieke integratie van water- en energiesystemen. Een fysieke link tussen beide systemen kan zowel op resources, als op infrastructuren berusten:
 - a Integratie van de in- en output van beide systemen: het product dat door de ene infrastructuur wordt geproduceerd of getransporteerd (output) is vereist voor een andere infrastructuur om te kunnen functioneren (input). Aquathermie is hier een voorbeeld van.

- b Integratie van infrastructuren van beide systemen: de ene infrastructuur maakt gebruik van de andere infrastructuur om zijn functie te kunnen vervullen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een kabelgoot of integrale leidingentunnel.

- 3 Digitale systeemintegratie: het project 'Kallisto' van Waterschap de Dommel en tien gemeenten in de regio Eindhoven is een voorbeeld van digitale systeemintegratie. Hier berust de integratie op de uitwisseling van data om zo het systeem als geheel op een slimme, infrastructuurgrensoverschrijdende wijze te kunnen sturen. Het doel van het Kallisto project is om de waterkwaliteit van rivier de Dommel te verbeteren door de interactie tussen het afvalwaterketen van Eindhoven en het watersysteem de Dommel te optimaliseren (Weijers e.a., 2012). Daarvoor worden data van meer dan 200 meetpunten door het hele systeem verzameld. Dat vraagt om een intensieve samenwerking tussen alle deelnemende partijen: wat voor soort data is waar wanneer nodig en welke datastructuur gebruiken we daarvoor?
- 4 Tijdgebonden systeemintegratie: een tijdgebonden systeemintegratie draait vooral om de integratie van projectplanningen. Door de vervanging van en onderhoud aan verschillende infrastructuren zo te plannen dat zij samenvallen of vlak na elkaar plaatsvinden, wordt overlast beperkt en kunnen soms ook kosten bespaard worden. Het zoveel mogelijk laten samenvallen van werkzaamheden, in vaktermen ook wel 'werk met werk maken' genoemd, is alleen mogelijk indien er nauwe afstemming plaatsvindt over projectplanningen.

Dit onderscheid in de vormen van systeemintegraties geeft inzicht in de kansen en uitdagingen die systeemintegratie met zich meebrengt. De voorbeelden laten zien dat de vormen van systeemintegratie in de praktijk kunnen overlappen. Zo vereist de implementatie van een systeem waarbij twee infrastructuren fysiek met elkaar verbonden zijn ook afstemming over de geografische ligging, de planning en enige vorm van digitale sturing.

Systeemintegratie: waar leidt het toe?

Nu rest nog de vraag wat het koppelen van systemen met zich meebrengt voor de stedelijk watersector. Het is duidelijk dat systeemintegratie naast de ontwikkeling van nieuwe technieken vraagt om aanpassingen aan de bestaande manier van werken. Welke organisatorische vraagstukken brengt systeemintegratie met zich mee en wat wordt er verwacht van de waterprofessional? Op basis van de literatuur uit de bestuurskunde over besluitvorming in netwerken zien wij de volgende drie uitdagingen:

1 Veel spelers, sterke belangentegenstellingen

Door de verschillende systemen als één samenhangend systeem te benaderen, krijgt het totale systeem een divers functiepakket en zijn er bovendien veel verschillende partijen betrokken. Infrastructuren hebben ieder hun eigen tijdshorizon en schaalniveau, en sectoren kennen allemaal hun eigen verantwoordelijkheden en belangen, die bovendien tegenstrijdig kunnen zijn (Ten Heuvelhof en de Bruijn, 2017). Een traditionele projectmanagement aanpak, dat één duidelijke probleemdefinitie kent, lineair en volgens een vooraf gemaakte planning verloopt, zal niet effectief zijn (De Bruijn e.a., 2010). Integratie behelst een proces van overleg en onderhandeling; een proces waarin meerdere partijen hun eigen doelen en belangen kunnen onderbrengen en waarin gezamenlijk gezocht wordt naar nieuwe oplossingen.

Zo vraagt de fysieke integratie van het warmte- en watersysteem bij de winning van warmte uit oppervlaktewater om een ontwerp waarin is nagedacht over het warmtenet zelf, maar ook over het oppervlaktewater, het grondwater en de individuele aansluiting en verwarming in huizen. Dit resulteert in de betrokkenheid van veel verschillende partijen: stedelijk waterbeheerders, maar ook actoren uit de energiesector, zowel gericht op de productie als de distributie van warmte, evenals stedenbouwkundigen en inwoners. Deze partijen hebben verschillende doelstellingen; ze handelen vanuit hun eigen perspectief en belangen. De ontwerpopgave kan niet worden opgeknipt in sectorale projecten, omdat de partijen elkaar nodig hebben om

tot een succesvol systeem te komen en zo hun eigen doelstellingen te kunnen realiseren. De partijen zullen in een collectief proces van overleg en onderhandeling tot besluitvorming moeten komen. Dat vraagt om een waterprofessional met een systemische bril en een grote bestuurlijke affiniteit: een die kan reflecteren op de plek die het watersysteem inneemt in relatie tot andere systemen in de stad en aandacht heeft voor de verschillende partijen en hun onderliggende belangen.

2 Wie of wat leidt de besluitvorming: niets is vanzelfsprekend

In een dergelijk proces is het bovendien niet vanzelfsprekend wie en wat de besluitvorming bepaalt. Door de vele partijen en de belangentegenstellingen zal er altijd onenigheid zijn over de probleemformulering, de doelen en het tijdspad. Bovendien is het altijd schipperen bij systemen die meerdere functies dienen: bepaalde keuzes zullen leiden tot optimalisatie van de ene functie, maar tot een minder goede vervulling van de andere functie (de Bruijn en Herder, 2009). Zo verdwijnen bij de (her)inrichting van winkelgebieden steeds vaker stoepranden uit het straatbeeld om zo de winkels aantrekkelijker en toegankelijker voor bijvoorbeeld rolstoelgebruikers te maken. Tegelijkertijd betekent een drempelloze inrichting dat een flinke bui sneller tot wateroverlast leidt. Wanneer het niet mogelijk is om beide doelen te behalen, zal men tot nieuwe uitgangspunten voor de besluitvorming moeten komen. Het is de vraag wat men belangrijker vindt – toegankelijkheid, esthetiek of waterveiligheid – en daar zullen de meningen over verschillen. Bovendien draait het niet alleen om keuzes tussen functies, maar ook om keuzes tussen groepen mensen: wie profiteert? Evengoed kan men zich afvragen wat ten aanzien van technische levensduur het beste ontwerp (en moment) voor de vervanging is. Voor welke infrastructuur is het investeringsrisico het grootst?

Systeemintegratie vraagt om nieuwe spelregels ten aanzien van het proces en de positie van de betrokken partijen (Ten Heuvelhof en de Bruijn, 2017). Men zal samen op zoek moeten gaan naar de uitgangspunten die leidend zijn in de maatschappelijke opgave en de waterprofessional zal zich staande moeten weten te houden in het ongestructureerde besluitvormingsproces.

3 Institutionele mismatch: innovaties en bestaande kaders

Systeemintegratie is een proces van innovatie.

Technologische ontwikkelingen gaan continu door, terwijl instituties zich juist traag ontwikkelen: voordat instituties zijn aangepast aan de laatste innovaties zijn er alweer nieuwe technologieën. Hierdoor sluiten instituties nooit precies aan bij de nieuwste systemen (Hajer, 2003). Daar komt nog bij dat sectoren institutionele silo's zijn: elke sector heeft haar eigen regels en praktijken. Door systeemintegratie komen deze silo's samen en dat leidt tot onduidelijkheden en spanningen. Naast technische innovatie is institutionele innovatie dus essentieel voor systeemintegratie. Desalniettemin is een zekere *institutionele mismatch* onvermijdelijk en zullen besluitvormers hier toch uiteindelijk mee om moeten gaan.

Een voorbeeld waarin deze institutionele mismatch zich manifesteert, is de Energie- en Grondstoffenfabriek (EGFG). De EGFG heeft als doel de transitie van afvalwaterzuivering naar hergebruik van energie en grondstoffen uit afvalwater te realiseren. Op dit moment is het hergebruik van grondstoffen uit huishoudelijk afvalwater echter wettelijk verboden: materiaal dat uit afvalwater gewonnen wordt, zoals fosfaat of cellulose, heeft het etiket 'afval' (Wet Milieubeheer, Artikel 1.1). Een ander voorbeeld is de integrale leidingentunnel in Amsterdam. Met het verweven van bestaande systemen kunnen gebruikelijke rollen vervagen en nieuwe rollen gecreëerd worden. Zo heeft de integrale leidingentunnel in Amsterdam in feite tot een nieuw systeem geleid, waardoor er niet een vanzelfsprekende eigenaar of beheerder is.

Het steeds nauwer verweven raken van onze stedelijke infrastructuur doet dus een groot beroep op de flexibiliteit van de watersector. De verschillende uitdagingen waar de watersector voor staat, vragen om een andere benadering: een die niet start vanuit de sectorale ontwerp-opgave met haar eigen institutionele kaders, maar vanuit de brede, maatschappelijke opgave. Samen met andere stedelijke sectoren, die worstelen met soortgelijke uitdagingen, zal zij in een gezamenlijk besluitvormingsproces tot antwoorden moeten komen. Systeemintegratie vraagt van waterprofessionals om de betekenis en impact

van besluiten in een breder perspectief dan alleen het waterperspectief te plaatsen. Zij dienen over de grenzen van hun eigen infrastructuur heen te kunnen kijken: te kunnen schakelen tussen verschillende abstractieniveaus, ruimtelijke schaalniveaus en tijdsschalen. De betekenis en impact van besluiten dienen in een breder perspectief dan alleen het waterperspectief te worden geplaatst. Dit vraagt om waterprofessionals met een holistisch perspectief, zoals daar ook in het hoger onderwijs steeds meer aandacht voor is. Bovendien is het essentieel om de complexiteit ook in de praktijk te ervaren: het opdoen van vaardigheden om tot een succesvolle samenwerking te komen. Serious games, waarbij besluitvormers in een veilige omgeving nieuwe kennis en vaardigheden kunnen verwerven, en juist ook de gevolgen van hun keuzes kunnen ervaren, kunnen daar bijvoorbeeld bij helpen.

Terwijl de mensen binnen de watersector veelal dezelfde zijn gebleven, is de opgave veranderd: systeemgrenzen zijn verlegd en technologieën blijven zich ontwikkelen. Dit vraagt om mensen met andere kennis en kwaliteiten, en dit behoeft andere of aanvullende scholing. De verwevenheid van onze infrastructuur zal in de toekomst enkel toenemen en de organisatie zal dus ook moeten blijven meegroeien met haar taakinvulling. Systeemintegratie vraagt de watersector dus niet alleen om te investeren in de ontwikkeling van nieuwe technologieën, maar juist ook in een nieuw soort professional: één die om kan gaan met de complexiteit en onzekerheid die systeemintegratie behelst.

Dankwoord

Dit artikel is onderdeel van een promotieonderzoek dat voortkomt uit het Kennisprogramma Urban Drainage. Dank gaat uit naar de partners van het Kennisprogramma: ARCADIS, Deltares, Evides, de gemeenten Almere, Arnhem, Breda, Den Haag, Rotterdam en Utrecht, GMB Rioleringsstechniek, KWR Watercycle Research Institute, Royal HaskoningDHV, Stichting RIONED, STOWA, Sweco, Tauw, vandervalk+degroot, Waternet, Waterschap De Dommel, en Witteveen+Bos. Extra dank gaat uit naar de experts die voor dit artikel werden geïnterviewd.

Literatuur

- Brown, R.R., Ashley, R., Farrelly, M., 2011. Political and Professional Agency Entrapment: An Agenda for Urban Water Research. *Water Resour. Manag.* 25, 4037–4050. doi:10.1007/s11269-011-9886-y
- Brown, R.R., Farrelly, M.A., Loorbach, D.A., 2013. Actors working the institutions in sustainability transitions: The case of Melbourne's stormwater management. *Glob. Environ. Chang.* 23, 701–718. doi:10.1016/j.gloenvcha.2013.02.013
- CE Delft, 2018. Nationaal potentieel van aquathermie. Delft.
- de Bruijn, H., Herder, P.M., 2009. System and actor perspectives on sociotechnical systems. *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Part A Systems Humans* 39, 981–992. doi:10.1109/TSMCA.2009.2025452
- De Bruijn, H., Heuvelhof, E., Veld, R., 2010. Process management: Why project management fails in complex decision making processes. doi:10.1007/978-3-642-13941-3
- de Graaf, R., van der Brugge, R., 2010. Transforming water infrastructure by linking water management and urban renewal in Rotterdam. *Technol. Forecast. Soc. Change* 77, 1282–1291. doi:10.1016/j.techfore.2010.03.011
- Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.L., Mikkelsen, P.S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., Viklander, M., 2015. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water J.* 12, 525–542. doi:10.1080/1573062X.2014.916314
- Gemeente Amsterdam, 2019. Denk Dieper! Toekomst van de Amsterdamse ondergrond.
- Hajer, M., 2003. Policy without polity? Policy analysis and the institutional void. *Policy Sci.* 36, 175–195. doi:10.1023/A:1024834510939
- Kleidorfer, M., Mikovits, C., Jasper-Tönnies, A., Huttenlau, M., Einfalt, T., Rauch, W., 2014. Impact of a changing environment on drainage system performance. *Procedia Eng.* 70, 943–950. doi:10.1016/j.proeng.2014.02.105
- Mikovits, C., Rauch, W., Kleidorfer, M., 2015. A dynamic urban development model designed for purposes in the field of urban water management. *J. Hydroinformatics* 17, 390–403. doi:10.2166/hydro.2014.015
- Rainproof, A., 2018. Amsterdam Rainproof.
- Rinaldi, S.M., 2004. Identifying, Understanding, and Analyzing critical infrastructures and their interdependencies, in: *Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2004. pp. 1–8. doi:10.1109/HICSS.2004.1265180
- STOWA, 2018. Handreiking Aquathermie.
- Ten Heuvelhof, E., de Bruijn, J., 2017. Management in netwerken. Boom Lemma Uitgevers.
- Weijers, S.R., De Jonge, J., Van Zanten, O., Benedetti, L., Langeveld, J., Menkveld, H.W., Van Nieuwenhuijzen, A.F., 2012. KALLISTO: cost effective and integrated optimization of the urban wastewater system Eindhoven. *Water Pract. Technol.* 7.

ABSTRACT

Developments such as climate change, urbanization and digitization push the urban water sector to search for 'outside-the-pipe' solutions. Solutions such as public squares with a water storage function, polder roofs with dynamic water storage, swimming pools that use heat recovered from (waste) water; they are all attempts to find answers to the challenges that the water sector is facing.

The water sector, however, is not the only one struggling with the challenges posed by such developments. Due to the limited space available, the boundaries of urban infrastructure are increasingly being explored, stretched and shifted; thereby hoping to find solutions that fit into existing urban areas. This article argues that the challenges that the urban water sector is currently facing, call for collaborative efforts that stretch well beyond the water chain or spatial planning. The space limitations, in combination with the diversity and multiplicity of challenges in the city, necessitates to tightly interlink with other urban infrastructures.