

Samenvatting promotieonderzoek Eva Nieuwenhuis

Systemintegratie voor stedelijk water; het einde van een sectorale aanpak?

Samenvatting promotieonderzoek Eva Nieuwenhuis

Systemeemintegratie voor
stedelijk water; het einde
van een sectorale aanpak?

Voorwoord

Om de huidige uitdagingen het hoofd te bieden, heeft de stedelijk watersector integrale, sectoroverstijgende innovaties ontwikkeld. Integrale oplossingen koppelen het stedelijk watersysteem met andere stedelijke systemen zoals straten, parken en energie-infrastructuren. Systeemintegratie richt zich zowel op de verbinding van fysieke infrastructuren, als op de verbinding tussen de betrokken actoren en de instituties ((on)geschreven regels, gewoonten en opvattingen) die beslissingen van deze actoren beïnvloeden. Velen zien wel de voordelen van integrale oplossingen voor een toekomstbestendig stedelijk waterbeheer, maar het blijkt nog niet eenvoudig om systeemintegratie in de praktijk succesvol uit te voeren.

Eva Nieuwenhuis onderzocht de socio-institutionele processen die systeemintegratie beïnvloeden. Centraal stonden:

- de organisatie van systeemintegratie;
- de verschillende partijen die erbij zijn betrokken;
- en hun geschreven en ongeschreven regels, gewoonten en opvattingen.

Deze publicatie beschrijft de voor de praktijk van stedelijk waterbeheer belangrijkste resultaten. Details over de wetenschappelijke literatuur en de gebruikte methodes vindt u in het (Engelstalige) proefschrift via <http://repository.tudelft.nl/> en de titel: 'The end of the sectoral approach? Understanding the role of integration in urban water management'.

Eva heeft dit onderzoek gedaan binnen het door de sector gefinancierde Kennisprogramma Urban Drainage. Dit Kennisprogramma aan de TU-Delft zorgt voor nieuwe kennis en aanwas van ingenieurs en gepromoveerden in het vakgebied stedelijk waterbeheer. Beiden zijn nodig om het hoofd te bieden aan de uitdagingen waarvoor de sector staat. Denk hierbij aan: klimaatverandering, doelmatigheid, hergebruik, verouderende infrastructuur, verantwoording en transparantie, en opleiding van kwalitatief hoogwaardig personeel. De watersector zorgde voor de financiering en het Kennisprogramma Urban Drainage zorgde voor de wetenschappelijke begeleiding.

Veel leesplezier en inspiratie.

Hilde Niezen, Stichting RIONED
Joost Buntsma, STOWA
September 2023

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond en aanleiding	7
1.2	Een integrale aanpak: drie uitdagingen	8
1.3	Doel van het onderzoek en onderzoeksvraag	8
1.4	Leeswijzer	9
2	Definitie van systeemintegratie	10
2.1	Systeemintegratie: van literatuur naar typologie	10
2.2	Onzekerheden en uitdagingen bij besluitvorming over systeem-integratie	11
3	Perspectieven op systeemintegratie	13
3.1	Werkwijze	13
3.2	Vier perspectieven	13
4	Uitvoering van systeemintegratie	15
4.1	Typen hemelwatervoorzieningen	15
4.2	Gevonden faalmechanismen	15
4.3	Onderliggende oorzaken voor falen	15
4.3	Conclusies	16
5	Organisatie van systeemintegratie	17
5.1	Werkwijze	17
5.2	Soorten systeemintegratie-initiatieven	17
5.3	Vier typen mechanismen: verbinden en beschermen van innovatie	17
6	Conclusies en discussie	19
6.1	Systeemintegratie wordt op veel verschillende manieren gedefinieerd en begrepen, waardoor een onderhandelde visie op integratie nodig is	19
6.2	Op papier is duurzaamheid de voornaamste drijfveer voor systeem-integratie, maar in de praktijk spelen vele andere factoren een rol	19
6.3	In de praktijk wordt systeemintegratie vaak benaderd als een ontwerpuitdaging, en niet als een continu proces dat coördinatie tussen verschillende planprocesfasen vereist	20
6.4	Hoewel systeemintegratie doorgaans wordt beschouwd als een inspanning waarvoor een geplande aanpak nodig is, blijken ook emergente processen van cruciaal belang	20
	Dankwoord	21
	Literatuur	21
	Publicaties over dit onderzoek	22
	Colofon	23

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding

Stedelijk waterbeheer was lange tijd gericht op veilige, betrouwbare en kosteneffectieve waterdiensten. In ontwikkelde landen heeft dit geleid tot grootschalige systemen voor drinkwatervoorziening, riolering en afvalwaterzuiveringsinstallaties. De traditionele, grootschalige systemen hebben de samenleving veel gebracht. Denk aan bescherming van de volksgezondheid en beperking van wateroverlast.

De huidige duurzaamheidsuitdagingen brengen echter ook de beperkingen aan het licht (Wong and Brown, 2009). De traditionele systemen:

- zijn beperkt bestand tegen extreem weer (zie bijv. Ashley et al., 2005; Rijke et al., 2013);
- hebben een hoog netto energieverbruik (bijv. Mo and Zhang, 2013);
- verminderen de milieukwaliteit onder andere door overstortingen (bijv. Chocat et al., 2007; Owolabi et al., 2022).

Om deze uitdagingen het hoofd te bieden, heeft de stedelijk watersector integrale, sectoroverstijgende innovaties ontwikkeld: oplossingen die het stedelijk watersysteem verbindt met andere stedelijke infrastructuren zoals straten, parken en energie-infrastructuren.

Voorbeelden hiervan zijn:

- klimaatrobuuste hemelwatersystemen die naast verwerking van hevige buien ook bredere milieu- en sociale voordelen bieden (Wong and Brown, 2009);
- zuiveringsinstallaties die energie en waardevolle grondstoffen uit afvalwater terugwinnen (van Leeuwen et al., 2018);
- aquathermiesystemen die warmte en koude uit oppervlaktewater, drinkwater of afvalwater onttrekken (Eliás-Maxil et al., 2014; van der Hoek et al., 2018).

In mijn proefschrift noem ik zulke integrale oplossingen ‘Urban Water Systems Integration’ (UWSI). In het Nederlands kan dit vertaald worden als ‘systeemintegratie voor stedelijk water’. In het vervolg van deze samenvatting gebruik ik kortweg het woord ‘systeemintegratie’. Bij systeemintegratie gaat het niet alleen om de verbinding van verschillende fysieke infrastructuren, maar ook om de verbinding tussen de betrokken actoren en de instituties die de opvattingen en acties van deze actoren beïnvloeden en sturen.

Zowel in de literatuur als in de praktijk zijn velen het erover eens dat systeemintegratie nodig is om het stedelijk watersysteem toekomstbestendig te maken. Systeemintegratie kan een grote bijdrage leveren aan klimaatrobuuste, duurzame en leefbare steden (Franco-Torres et al., 2020). Het blijkt echter nog niet eenvoudig om systeemintegratie in de praktijk succesvol uit te voeren. Het onderschrijven van de noodzaak van integratie staat dus nog ver af van de uitvoering (zie bijv. Dhakal and Chevalier, 2017; Koop et al., 2017; Qiao et al., 2018; Roy et al., 2008; van de Meene et al., 2011).

1.2 Een integrale aanpak: drie uitdagingen

In mijn proefschrift noem ik drie uitdagingen die spelen bij het implementeren en organiseren van systeemintegratie:

1. Een integrale benadering vraagt per definitie betrokkenheid van verschillende partijen. Zij hebben allemaal hun eigen belangen en waarden. Hierdoor zijn er veel verschillende ideeën en opvattingen over integratie. Wat is het, waarom is het nodig en hoe zou het eruit moeten zien? Deze diversiteit maakt communiceren over integratie lastig, laat staan om er besluiten over te nemen.
2. Een integrale benadering vraagt verandering van richtlijnen en regelgeving. Dit is vooral een grote uitdaging wanneer hiervoor regels moeten veranderen die belangrijke zaken beschermen, zoals volksgezondheid en droge voeten bij stedelijk waterbeheer.
3. Bij een integrale benadering van stedelijk water spelen ook initiatieven en beslissingen van andere sectoren en beleidsvelden een rol. Voor deze sectoren en beleidsvelden is water niet altijd de eerste prioriteit. Dit bemoeilijkt het realiseren van systeemintegratie omdat vaak niet duidelijk is wanneer initiatieven in andere sectoren ontstaan, en waar ze zich precies op richten. Bovendien zorgt integraliteit ervoor dat stedelijk waterprofessionals minder autonoom kunnen opereren. Dit maakt de ontwikkeling en implementatie van systeemintegratie onvoorspelbaar en uitdagend.

Bovengenoemde uitdagingen veroorzaken een soms nog grote kloof tussen theorie en praktijk, als ook tussen de techniek voor integrale oplossingen en de praktijk ervan. Velen zien wel de voordelen van integrale oplossingen, maar het is nog niet eenvoudig om deze oplossingen daadwerkelijk uit te voeren.

Dit spanningsveld vormt het startpunt van mijn proefschrift, waarin de socio-institutionele aspecten van systeemintegratie centraal staat; dat wil zeggen:

- de organisatie van systeemintegratie;
- de verschillende partijen die erbij betrokken zijn;
- en hun geschreven en ongeschreven regels, gewoonten en opvattingen.

Want hoewel integraliteit de afgelopen jaren veel aandacht heeft gekregen in de literatuur over stedelijk watermanagement, is de uitvoering ervan in de praktijk nog onvoldoende onderzocht. Vaak is alleen door een technische bril naar het integratievraagstuk gekeken.

1.3 Doel van het onderzoek en onderzoeksvraag

Het doel van dit proefschrift is meer inzicht in de socio-institutionele processen die systeemintegratie beïnvloeden, om zo de verschuiving naar een integrale en duurzame aanpak in stedelijk waterbeheer te ondersteunen. Ik heb vier invalshoeken gekozen die tezamen een rijk beeld opleveren van de socio-institutionele processen. De invalshoeken richten zich op de volgende vragen:

1. Wat is systeemintegratie precies?

Allereerst moet duidelijk worden wat men onder een integrale aanpak verstaat. In de wetenschappelijke literatuur over stedelijk watermanagement zijn de afgelopen jaren veel verschillende aanpakken gericht op integraliteit verschenen. Dit laat zien dat er veel aandacht is voor een integrale aanpak, maar ook dat hiervan geen gemeenschappelijke definitie bestaat. Het kan hierdoor moeilijker zijn om kennis uit te wisselen tussen verschillende wetenschappelijke disciplines, maar ook om de praktijkdiscussie over systeemintegratie te voeren.

2. Hoe kijkt men in de sector tegen systeemintegratie aan?

Dat er in de literatuur zoveel verschillende benaderingen van integraliteit bestaan, wekt de suggestie dat er in de praktijk ook verschillende opvattingen over (de behoefte aan) systeemintegratie bestaan. Zo gaat voor de ene persoon een integrale aanpak over het gezamenlijke proces dat stedelijk waterbeheerders met inwoners en andere betrokkenen doorlopen bij de klimaatadaptieve herinrichting van een straat. Voor de andere persoon gaat een integrale aanpak over de techniek of bedrijfsmodellen om energie en grondstoffen terug te winnen uit afvalwater. Verschillen in kennis, rollen en belangen kunnen dus leiden tot verschillende opvattingen over wat een integrale aanpak inhoudt, en waarom die nodig is. Inzicht in

de verschillen helpt om de discussie over succesvolle integratie richting te geven.

3. Wat kunnen we leren van geïmplementeerde systeemintegratie systemen?

Voor een beter begrip van de socio-institutionele processen rond systeemintegratie is het bovendien waardevol om meer inzicht te krijgen in de redenen waarom integrale systemen in de praktijk onvoldoende functioneren. Hoewel nieuwe integrale systemen ‘op papier’ of volgens de testen in het lab een volwaardige oplossing voor traditionele systemen zouden zijn, blijken zij in de praktijk niet altijd naar behoren te werken. De veronderstelling is dat dit niet alleen ligt aan de fysieke infrastructuur, maar ook aan organisaties en instituties die (nog) niet zijn aangepast aan systeemintegratie innovaties. Dit kan leiden tot nieuwe faalmechanismen. Inzicht in deze faalmechanismen en hun onderliggende oorzaken kan waterprofessionals helpen te begrijpen hoe zij op deze faalmechanismen kunnen anticiperen. Bijvoorbeeld hoe zij huidige richtlijnen, processen en procedures kunnen aanpassen aan nieuwe systemen.

4. Hoe is systeemintegratie georganiseerd?

En tot slot, om een beter beeld te krijgen van de socio-institutionele processen die een rol spelen bij systeemintegratie zou men niet alleen moeten kijken naar de *uitvoering* van systeemintegratie-innovaties, maar ook naar de *organisatie* van initiatieven tot systeemintegratie. Het onderzoeken van zulke initiatieven is met name interessant omdat het moeilijk lijkt te zijn om systeemintegratie te realiseren, ondanks dat er een duidelijke vraag is naar integratie. Organisaties worstelen met de spanning tussen enerzijds de vraag naar integrale innovaties en anderzijds de focus op operationele processen om waterdiensten betaalbaar en beschikbaar te houden.

Gebaseerd op deze vier invalshoeken heb ik de volgende onderzoeksvraag geformuleerd:

Hoe wordt systeemintegratie gedefinieerd, begrepen, uitgevoerd en georganiseerd in stedelijk waterbeheer?

In totaal zijn voor dit promotieonderzoek vier deelonderzoeken uitgevoerd, waarbij elk deelonderzoek zich richt op een van de vier onderdelen van de onderzoeksvraag (respectievelijk hoe systeemintegratie is *gedefinieerd*, *begrepen*, *geoperationaliseerd*, en *georganiseerd*). Een overzicht hiervan ziet u in Tabel 1.

Deelonderzoek	Hoofdstuk	Onderdeel van de onderzoeksvraag	Perspectief op systeemintegratie	Benadering van systeemintegratie	Onderzoeksmethode
1	2	gedefinieerd	Theorie	Theoretisch concept	Interpretatieve literatuurstudie
2	3	begrepen	Praktijk	Perspectief van professionals	Q-methode (waarderen van stellingen)
3	4	uitgevoerd	Project	Hemelwatervoorzieningen	Veldonderzoek
4	5	georganiseerd	Organisatie	Innovatie	Casestudie

Tabel 1
Overzicht van de vier deelonderzoeken in dit promotieonderzoek.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 presenteert de theoretische basis voor het proefschrift vanuit de literatuur en introduceert het concept systeemintegratie. Dit hoofdstuk noemt de implicaties van een integrale aanpak voor besluitvorming en het onderscheid tussen systeemintegratieonzekerheden en -uitdagingen.

Hoofdstuk 3 kijkt naar de perspectieven van Nederlandse stedelijk waterprofessionals op de rol van integratie voor toekomstige stedelijke watersystemen.

Hoofdstuk 4 richt zich op de praktijkervaringen met nieuwe typen hemelwatersystemen. Dit hoofdstuk geeft onderliggende oorzaken voor falen van deze systemen.

Hoofdstuk 5 gaat over de organisatie van integrale waterinitiatieven en is gebaseerd op casestudies in Amsterdam en Rotterdam.

Hoofdstuk 6 presenteert en bediscussieert de conclusies van het proefschrift.

2 Definitie van systeemintegratie

Hoofdstuk 2 bestaat uit twee delen. Het eerste deel geeft de resultaten van een interpretatieve literatuurstudie. Ook identificeert het de bestaande concepten voor een integrale aanpak in de literatuur over stedelijk watermanagement. Deze concepten zijn vervolgens gestructureerd aan de hand van vier typen systeemintegratie. Het tweede deel richt zich op de consequenties van integrale systemen voor besluitvormers. Het identificeert de onzekerheden bij en gevolgen van verschuiving naar integrale oplossingen.

2.1 Systeemintegratie: van literatuur naar typologie

In mijn promotieonderzoek heb ik een interpretatieve literatuurstudie gedaan om meer inzicht te krijgen in wat 'een integrale aanpak' betekent en hoe het wordt gebruikt in de literatuur over stedelijk waterbeheer. Ik heb de volgende vijf integrale aanpakken onderscheiden:

1. een integrale aanpak voor hemelwaterverwerking;
2. verwaarding van grondstoffen uit afvalwater;
3. gezamenlijke vervanging en renovatie van infrastructuren;
4. integraal stedelijk waterbeheer;
5. integrale sturing van stedelijke afvalwatersystemen.

Wat opvalt aan deze aanpakken is dat zij zich vaak beperken tot een bepaald onderdeel of thema in stedelijk waterbeheer, zoals hemelwater, (de terugwinning van grondstoffen uit) afvalwater of waterinfrastructuur. Om tot een breder perspectief op integratie te komen – dus een die zich niet beperkt tot een bepaald onderdeel of thema in de stedelijke watercyclus – heb ik in mijn proefschrift het concept systeemintegratie geïntroduceerd. Dit is als volgt gedefinieerd: de fysieke, sociale en institutionele koppeling van (delen van) het stedelijk watersysteem met andere stedelijke systemen. Deze definitie betekent dat systeemintegratie zich dus niet alleen richt op de verbinding van verschillende fysieke infrastructuren, maar ook op de verbinding tussen de betrokken actoren en instituties die de opvattingen en acties van deze actoren beïnvloeden en sturen.

De volgende vier typen systeemintegratie zijn onderscheiden (zie tabel 2 voor een overzicht):

1. *Geografische systeemintegratie* is gebaseerd op de ruimtelijke afstemming van verschillende stedelijke infrastructuursystemen. Het doel is dat zij elkaar niet tegenwerken met hun nabije ligging, maar juist rekening met elkaar houden. Bijvoorbeeld het slim positioneren van verkeersdrempels, zodat zij het water niet onnodig blokkeren.
2. *Fysieke systeemintegratie* is de fysieke koppeling van twee of meer stedelijke systemen. De fysieke integratie kan zowel zijn gebaseerd op grondstoffen als op infrastructuren. Bij grondstoffen is het door het ene systeem gegenereerde of getransporteerde product nodig voor het functioneren van het andere. Bijvoorbeeld aquathermiesystemen die warmte en koude uit oppervlaktewater, drinkwater of afvalwater onttrekken voor verwarming of koeling van gebouwen. Bij integratie van infrastructuren maakt het ene infrastructuursysteem gebruik van het andere om zijn functie te vervullen. Bijvoorbeeld een integrale leidingtunnel met diverse kabels en leidingen.
3. *Informatieve systeemintegratie* is gebaseerd op het combineren van gegevens van verschillende stedelijke systemen. Bijvoorbeeld blauwgroene daken met kleppen die reageren op basis van de combinatie van informatie vanuit het watersysteem en informatie vanuit weersverwachtingen.
4. *Projectmatige systeemintegratie* richt zich op samenwerking tussen verschillende stedelijke infrastructuren bij herstel- of constructiewerkzaamheden. Bijvoorbeeld combineren van rioolvervanging met de herinrichting van openbare ruimte en/of de aanleg van een warmtenet.

Systeemintegratietypen	Objecten waarop integratie is gebaseerd	Beschrijving
Geografisch	Ruimte	Ruimtelijke afstemming van systemen in hetzelfde gebied
Fysiek	Grondstoffen	Gedeeld gebruik van een grondstof voor meerdere functies
	Infrastructuren	Gedeeld gebruik van een infrastructuursysteem
Informatief	Gegevens	Gebruik van gegevens van verschillende systemen voor de aansturing van die systemen
Projectmatig	Planning	Afstemming van herstel- en constructiewerkzaamheden aan meerdere stedelijke systemen

Tabel 2
Overzicht van de verschillende systeemintegratietypen.

2.2 Onzekerheden en uitdagingen bij besluitvorming over systeemintegratie

Integrale oplossingen leiden tot nieuwe onzekerheden en brengen nieuwe uitdagingen met zich mee voor besluitvormers. In vergelijking met traditionele, sectorale oplossingen is het voor besluitvormers moeilijker om grip te krijgen op het functioneren van integrale systemen: de koppeling van deelsystemen maakt het ingewikkeld om het gedrag van het totale systeem te voorspellen. Bovendien zijn bij integrale systemen veel verschillende actoren betrokken die allen het functioneren ervan kunnen beïnvloeden. Uiteindelijk moeten besluitvormers manieren vinden om met deze nieuwe omstandigheden om te gaan. In mijn promotieonderzoek heb ik de belangrijkste typen onzekerheden en de gevolgen voor besluitvorming op een rij gezet.

De literatuur noemt meestal technische onzekerheden. Zoals de doorwerking van verschillende typen onzekerheden in modellen, of de impact van verschillende klimaatscenario's op het functioneren van het stedelijk watersysteem. Toch zijn de belangrijkste hindernissen voor een integrale aanpak vaak socio-institutioneel van aard. De conclusies van mijn onderzoek onderschrijven dit.

Tabel 3 geeft een overzicht van de systeemintegratieonzekerheden die ik in mijn promotieonderzoek heb gevonden. Hierin zijn technische, sociale en institutionele onzekerheden gecombineerd met interne, raakvlak- en externe onzekerheden. Mijn onderzoek laat zien dat de grootste onzekerheden sociale en institutionele raakvlakonzekerheden zijn. Deze twee typen onzekerheden zijn daarom blauw gemarkeerd in Tabel 3. Ze zijn toe te schrijven aan:

1. de raakvlakken die ontstaan tussen voorheen nietgekoppelde systemen, dat wil zeggen de interacties tussen de gekoppelde systemen,
2. de *multi-actor complexiteit*, dat wil zeggen de acties van andere actoren en de instituties die deze acties beïnvloeden.

	Interne onzekerheden (binnen het eigen stedelijk watersysteem)	Raakvlakonzekerheden (tussen stedelijke systemen)	Externe onzekerheden (buiten het gehele systeem)
Technische onzekerheden	Onzekerheid over de technische werking van het eigen systeem.	Onzekerheid over de fysiek-technische interacties tussen het eigen systeem en andere systemen.	Onzekerheid over de bredere context van het totale systeem (bijvoorbeeld over demografie en economie).
Sociale onzekerheden	Onzekerheid over de beslissingen van actoren binnen het eigen systeem.	Onzekerheid over beslissingen van actoren van gekoppelde systemen.	
Institutionele onzekerheden	Onzekerheid over instituties binnen het eigen systeem.	Onzekerheid over instituties van gekoppelde systemen.	

Tabel 3
Onzekerheden die verband houden met systeemintegratie. De meest dominante onzekerheden voor de besluitvorming zijn met blauw aangegeven.

Gebaseerd op de literatuur over besluitvorming in netwerken, heb ik vervolgens drie gevolgen van systeemintegratieonzekerheden voor besluitvorming geformuleerd:

1. Onzekerheden vragen een proces van onderhandeling om tot een *onderhandelde, gedeelde visie op systeemintegratie* te komen ('negotiated view' in het Engels). Systeemintegratie gaat over integrale oplossingen met betrokkenheid van meerdere actoren die vaak een verschillende kijk hebben op wat integratie is en hoe het in de praktijk moet worden gebracht. Deze actoren moeten daarom tot een *onderhandeld* standpunt over integratie komen. Dit betekent dat de betrokken actoren het samen eens moeten worden over wat zij onder integratie verstaan, en over de acties die nodig zijn om zulke integratie te realiseren (De Bruijn et al., 2010, p. 146).
2. De tweede implicatie is hieraan nauw verwant: om tot zo'n onderhandelde en uiteindelijk gedeelde visie te komen, is een *proces van interactie* nodig. In plaats van een projectaanpak, die gebruikelijk is voor besluitvorming over traditionele wateroplossingen, vraagt de besluitvorming over integrale oplossingen meestal om een procesaanpak. Dit is een fundamenteel verschil: Een projectaanpak heeft een precieze probleemdefinitie, een duidelijk doel en een strakke, lineaire planning. Een procesaanpak vraagt om een brede probleemdefinitie, dynamische doelstellingen en besluitvorming in rondes. De eigenschappen van een procesaanpak maken onderhandelingen gemakkelijker, terwijl een precieze probleemdefinitie, een duidelijk doel en een vaste, lineaire planning onderhandelingen juist kunnen belemmeren.
3. De derde implicatie betreft het omgaan met *institutionele mismatches*. Systeemintegratie vraagt om een sectoroverstijgende aanpak waarin afdelingen en sectoren samen aan de slag gaan. Iedere sector heeft echter zijn eigen richtlijnen, werkwijzen en procedures, waardoor systeemintegratie altijd gepaard gaat met een zekere institutionele mismatch tussen sectoren. Bovendien ontwikkelt techniek zich altijd sneller dan instituties. Dit betekent dat de huidige instituties nog niet altijd zijn toegespitst op integrale oplossingen. Systeemintegratie vraagt dat besluitvormers omgaan met deze institutionele onduidelijkheid.

Geografische systeemintegratie kwam bijvoorbeeld in elk van de perspectieven voor, maar wel steeds op een andere ruimtelijke schaal. Ook de interpretatie voor de noodzaak van geografische systeemintegratie verschilde. In perspectief 1 ging het bijvoorbeeld om het afwegen van en rechtdoen aan verschillende belangen om verschillende systeemfuncties in te kunnen passen in hetzelfde gebied. In perspectief 4 ging geografische systeemintegratie vooral over een beter inzicht krijgen in de locatie van fysieke infrastructuren om zo bijvoorbeeld onnodige schade te kunnen voorkomen.

Hoe kunnen deze inzichten in overeenkomsten en verschillen nu gebruikt worden? Inzicht in de verschillende perspectieven is nuttig om de discussie over integratie te structureren, maar ook om effectieve strategieën op te stellen die recht doen aan de verschillen die er zijn. Zo geven de vier perspectieven inzicht in met welke verschillende ruimtelijke schalen en motieven voor integratie rekening moet worden gehouden. Er zijn ook veel overeenkomsten tussen de perspectieven. Alle perspectieven erkennen dat duurzaamheidsuitdagingen moeten worden aangepakt, en dat daarvoor samenwerking over sectorale grenzen heen nodig is. Het gedeelde besef dat verandering nodig is, kan behulpzaam zijn om gezamenlijke strategieën te formuleren.

Tabel 4
Perspectieven van stedelijk waterprofessionals op de rol van systeemintegratie in toekomstbestendige stedelijke watersystemen.

	Perspectieven	Systeemintegratietypen
Perspectief 1	Toekomstbestendigheid door coördinatie: ruimte vinden voor stedelijke uitdagingen	Geografisch Fysiek (<i>grondstoffen</i>) Projectmatig
Perspectief 2	Toekomstbestendigheid door klimaatadaptatie: leefbare steden creëren	Geografisch Fysiek (<i>grondstoffen</i>) Fysiek (<i>infrastructuren</i>) Projectmatig
Perspectief 3	Toekomstbestendigheid door terugwinning van grondstoffen: institutionele structuren uitdagen	Geografisch Fysiek (<i>grondstoffen</i>)
Perspectief 4	Toekomstbestendigheid door efficiëntie: controle hebben	Geografisch Projectmatig

4 Uitvoering van systeemintegratie

Hoofdstuk 4 beschouwt de uitvoering van systeemintegratie in de praktijk. Daartoe zijn de faalmechanismen in nieuwe typen hemelwatersystemen en de onderliggende oorzaken van deze faalmechanismen onderzocht. Met 'nieuwe typen hemelwatersystemen' bedoel ik alle systemen die hemelwater bovengronds afvoeren, infiltreren en bergen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan waterpasserende verharding, wadi's, infiltratiekragen en open goten. Het falen van deze hemelwatersystemen is in kaart gebracht tijdens locatiebezoeken aan 11 verschillende Nederlandse gemeenten. Dit resulteerde in een dataset van 70 onvoldoende functionerende hemelwatersystemen. De onderliggende oorzaken van falen zijn vastgesteld door interviews met de stedelijk waterexperts van elke gemeente.

4.1 Typen hemelwatervoorzieningen

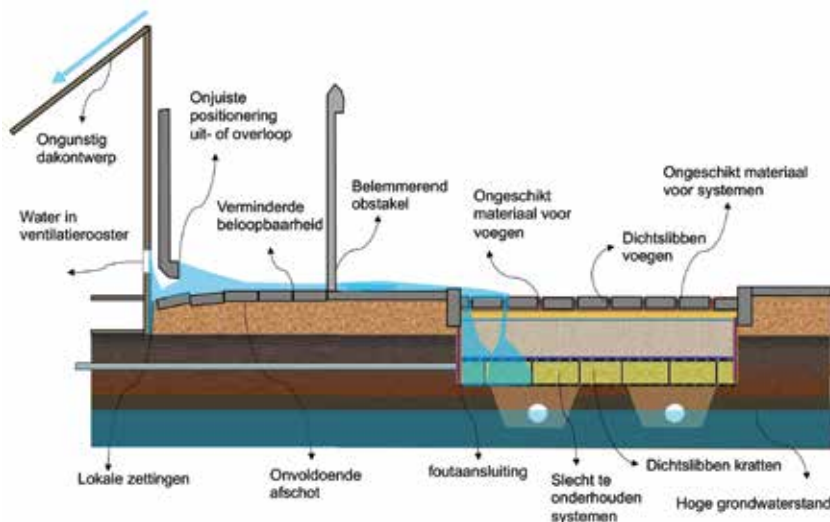
Voor het soort faalmechanisme maakt het onderzoek onderscheid tussen drie typen hemelwatervoorzieningen op basis van hun (primaire) hydraulische functie:

1. Oppervlakkige afvoer
2. Infiltratie
3. Berging

Dit onderscheid is gemaakt omdat de hydraulische functie bepalend bleek voor de optredende faalmechanismen. Zo kwam dichtslibben niet voor bij bergingsvoorzieningen, maar was het bij infiltratievoorzieningen het meest waargenomen faalmechanisme.

4.2 Gevonden faalmechanismen

Figuur 2 geeft een overzicht van de gevonden faalmechanismen in dit veldonderzoek. Hemelwatersystemen met oppervlakkige afvoer bleken het vaakst belemmerd door obstakels op het perceel of op de weg. Ook onvoldoende afschot of lokale verzakkingen kwamen vaak voor. Bergingsvoorzieningen faalden het vaakst door beperking in peilvariatie en door obstakels in de bergingsvoorziening. Voor infiltratievoorzieningen kwam dichtslibben het meest voor.



Figuur 2
Overzicht van de gevonden faalmechanismen in hemelwatersystemen.

De systeemgrenzen (ook wel *raakvlakken* genoemd in deze samenvatting, zie paragraaf 2.2) tussen het watersysteem, het hemelwatersysteem en andere stedelijke infrastructuren speelden een belangrijke rol in de locaties waar het falen optrad. In bijna 40% van de gevallen traden de problemen op bij deze raakvlakken (zie Figuur 3). De problemen vonden hun oorsprong in zowel technisch-fysieke raakvlakken (tussen perceel, straat en openbare ruimte), als in sectorale raakvlakken (tussen groen, water en wegen). Hoe is dit te verklaren?

4.3 Onderliggende oorzaken voor falen

Nieuwe typen hemelwatersystemen bevinden zich, in tegenstelling tot rioolbuizen, (ook) boven de grond en aan de oppervlakte. Hierdoor krijgen andere stedelijke infrastructuren,

Figuur 3
Overzicht van het aantal technische faalmechanismen per locatie. De kleuren geven de hydraulische functies aan.



zoals straten, parken en tuinen, naast hun traditionele functie ook een waterafvoerende of -bergende functie. Bovendien gaan de grenzen van deze infrastructuren vaak gepaard met fysieke veranderingen in het oppervlak die een goede afvoer van water kunnen belemmeren en tot falen leiden. Bijvoorbeeld de overgang van verhard oppervlak naar vegetatie, hoogteverschillen (zoals een trottoir) en constructies (zoals een hek of een muurtje). Het ontwerp van hemelwatervoorzieningen vraagt om extra aandacht voor deze systeemgrenzen.

Naast fysieke veranderingen representeren de systeemgrenzen ook vaak de afbakening van verantwoordelijkheden van verschillende actoren. De resultaten laten zien dat deze overgang van verantwoordelijkheden ook een rol speelde in het optreden van falen. Doordat nieuwe typen hemelwatersystemen zich vaak uitstrekken tot andere systemen, zijn er meer actoren dan alleen wateractoren betrokken in de ontwerp-, realisatie- en/of beheerfase van deze integrale systemen. Deze actoren hebben allemaal hun eigen verantwoordelijkheden en belangen. Uit de resultaten blijkt dat het optreden van faalmechanismen in de hemelwatersystemen in veel gevallen hieraan te wijten is.

In totaal zijn in deze studie 13 verschillende oorzaken van faalmechanismen van hemelwatersystemen geïdentificeerd. Een van de meest voorkomende oorzaken was een gebrekkige communicatie tussen verschillende actoren, zoals tussen de (verschillende afdelingen van de) gemeente, de projectontwikkelaar en de architect. In sommige gevallen hadden deze actoren weinig kennis over het watersysteem, waardoor zij soms minder alert waren op de waterfunctie van deze systemen. Andere veelvoorkomende oorzaken waren dominante en traditionele kennis, denkwijzen of vaardigheden. Deze kunnen leiden tot een suboptimaal ontwerp, onjuiste uitvoering en/of suboptimaal beheer van hemelwatersystemen. Tijdens de interviews legden experts uit dat sommige traditionele middelen of maatregelen zo diepgeworteld kunnen zijn in de praktijk dat ze moeilijk zijn te veranderen. Zoals de aanleg van (verhoogde) opsluitbanden tussen verharding en groen en de tonronde dwarsprofielen van wegen.

4.4 Conclusies

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat de onderliggende oorzaken van optredend falen vaak gerelateerd zijn aan menselijke factoren. Het slecht functioneren van hemelwatersystemen blijkt dus niet alleen een technische kwestie, maar houdt vaak verband met socio-institutionele aspecten, zoals communicatie, bestaande regelgeving en traditionele denkwijzen. Zo brengen raakvlakken die ontstaan tussen voorheen niet-gekoppelde systemen onzekerheden over acties en instituties met zich mee (zie ook de conceptualisering van onzekerheden in hoofdstuk 2), wat kan leiden tot nieuwe faalmechanismen.

De geïdentificeerde faalmechanismen en oorzaken bieden een eerste inzicht in de socio-institutionele veranderingen die nodig zijn om systeemintegratie-oplossingen te ondersteunen. Dit kunnen bijvoorbeeld veranderingen in routines, beleid en richtlijnen zijn. Nieuwe hemelwatersystemen zijn immers multifunctionele systemen die naast het afvoeren van hemelwater ook als weg of als groenvoorziening fungeren. Het correct ontwerpen en onderhouden van dergelijke voorzieningen vereist het overstijgen van traditionele sectorale grenzen en een nauwe samenwerking tussen de groen-, wegen- en waterafdeling. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat dat op dit moment nog onvoldoende gebeurt.

5 Organisatie van systeemintegratie

Hoofdstuk 5 richt zich op de organisatie van systeemintegratie-initiatieven in Amsterdam en Rotterdam. Systeemintegratie-initiatieven zijn ideeën met een georganiseerde structuur (bijvoorbeeld programma's of samenwerkingen) die zich richten op integrale watervraagstukken, zoals klimaatadaptatie of circulariteit. Veel van deze systeemintegratie-initiatieven zijn georganiseerd buiten de lijnorganisatie. De lijnorganisatie richt zich over het algemeen op de uitvoering van het dagelijks werk. De daarbuiten geplaatste initiatieven kunnen zich dan focussen op de ontwikkeling en implementatie van systeemintegratie-innovaties.

5.1 Werkwijze

Met een bureaustudie in combinatie met interviews heb ik gekeken naar de verschillende soorten initiatieven, en de mechanismen om met de spanning tussen innovatie (de initiatieven) en operatie (de lijnorganisatie) om te gaan. Het concept ambidexteriteit (*ambidexterity* in het Engels) stond centraal in het onderzoek. Letterlijk betekent ambidextrie dat iemand zowel links- als rechtshandig is. De essentie van ambidexteriteit in dit onderzoek is dat organisaties in staat zijn om operationele en innovatieve activiteiten gelijktijdig succesvol uit te voeren. Een manier om ambidexteriteit te realiseren, is door operatie en innovatie gescheiden te organiseren (*structurele ambidexteriteit*), bijvoorbeeld door initiatieven naast de lijnorganisatie op te tuigen.

In totaal zijn 16 systeemintegratie-initiatieven geanalyseerd. In Rotterdam waren dit alleen initiatieven van de gemeente Rotterdam. In Amsterdam lag de nadruk op initiatieven van Waternet. Waternet is als watercyclusbedrijf de uitvoeringsorganisatie van de gemeente Amsterdam en van het waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Initiatieven van de gemeente Amsterdam zijn alleen meegenomen als Waternet hierin een sleutelrol had.

5.2 Soorten systeemintegratie-initiatieven

Op basis van de empirische resultaten zijn uiteindelijk vier soorten initiatieven onderscheiden:

1. Programma's
2. Bewegingen
3. Samenwerkingsverbanden
4. Lijngebaseerde initiatieven (d.w.z. initiatieven verbonden aan de lijnorganisatie).

Deze initiatieven hebben verschillende eigenschappen: ze worden gekenmerkt door een verschillende aanpak, organisatie en rol voor hiërarchie.

Programma's hadden het meest officiële karakter. Zij hadden vaak een speciaal programma-team en werden gekenmerkt door een top-down aanpak. Bewegingen waren juist het meest vrij georganiseerd: zij waren voor een groot deel afhankelijk van intrinsiek gemotiveerde mensen en kenden een bottom-up aanpak. Bij samenwerkingsverbanden en lijngebaseerde initiatieven was er sprake van zowel top-down als bottom-up kenmerken. Zo waren samenwerkingsverbanden vaak het resultaat van bestuurlijke besluiten om de samenwerking tussen organisaties officieel te maken, maar was er binnen die verbanden ook vrijheid om invulling te geven aan projecten. Lijngebaseerde initiatieven ontstonden vaak op initiatief van het middenmanagement zoals een afdelingshoofd of met inzet van betrokken ambtenaren, waarbij pas later de steun van directie of bestuurders werd gezocht.

5.3 Vier typen mechanismen: verbinden en beschermen van innovatie

Voor het omgaan met de spanning tussen innovatie en operationele activiteiten, zijn vier mechanismen onderscheiden: netwerkmechanismen, hiërarchische mechanismen, procesmechanismen en HR-mechanismen.

1. *Netwerkmechanismen* zijn op veel verschillende organisatieniveaus gevonden en domineren de verbinding tussen initiatieven en de lijnorganisatie. Doordat systeemintegratie zich vaak richt op sectoroverstijgende opgaven zoals klimaatadaptatie en circulariteit, werden veel verbindingen waargenomen tussen afdelingen, organisaties en initiatieven.

Het idee hierbij is dat hulp van andere partijen essentieel is: zonder die hulp kom je er niet. Bovendien laten de resultaten zien dat samenwerkingen de positie van een enkel initiatief kan versterken: er kan een kritieke massa worden gecreëerd waardoor de innovatie veel sneller breed wordt geïmplementeerd.

Netwerken speelden op die manier een belangrijke rol in het hele innovatieproces, zowel bij de ontwikkeling van systeemintegratie-innovaties als bij de implementatie ervan. Deze empirische bevinding verschilt van de literatuur over ambidexteriteit, die een beeld schetst van twee gescheiden werelden (de wereld van dagelijks beheer versus de wereld van innovatie) die verbonden zijn in de top van de organisatie. Deze studie laat een kleinere, toch nog steeds belangrijke, rol voor hiërarchie zien.

2. *Hiërarchische mechanismen* baseren zich op autoriteit. Hoewel in deze studie zulke hiërarchische mechanismen geen leidende rol speelden in de verbinding tussen systeemintegratie-initiatieven en de lijnorganisatie, waren zij toch belangrijk. Zo laten de resultaten zien dat steun van het management de positie van een initiatief kan versterken en systeemintegratie kan bevorderen. Daarnaast kan hiërarchie een rol spelen in de formalisering van een initiatief, bijvoorbeeld door processen en richtlijnen zo aan te passen dat zij systeemintegratie ondersteunen.
3. *Procesmechanismen* hebben betrekking op het proces van interactie tussen ambtenaren die betrokken zijn bij initiatieven en ambtenaren die zich bezighouden met de dagelijkse werking van systemen – dus ambtenaren uit de lijnorganisatie. De resultaten laten zien dat een innovatie niet eerst volledig werd ontwikkeld binnen initiatieven en dan overgedragen aan de lijnorganisatie, maar dat ambtenaren uit de lijnorganisatie eigenlijk continu betrokken waren bij innovaties, zoals in pilots en projecten.
4. *HR-mechanismen* betreffen mechanismen die verband houden met de ‘menselijke component’. Zo laten de resultaten van deze studie zien dat de persoonlijke vaardigheden en capaciteiten van ambtenaren ook een belangrijke rol spelen op het raakvlak tussen innovatie en operatie.

De resultaten uit deze studie bevatten relevante inzichten voor andere steden die worstelen met de ontwikkeling en implementatie van systeemintegratie in hun operationeel georiënteerde organisaties. De vier typen initiatieven en vier typen mechanismen geven een eerste idee van hoe met de spanning tussen innovatie en operatie om kan worden gegaan. Een andere interessante observatie uit dit deelonderzoek is dat in Amsterdam en Rotterdam vergelijkbare initiatieven zijn gestart, ondanks dat de steden hun stedelijk waterbeheer op een andere manier organiseren (respectievelijk via een specifieke uitvoeringsorganisatie en als onderdeel van de gemeente). Ook de mechanismen om met de spanning tussen innovatie en operatie om te gaan, zijn vergelijkbaar. Dit roept een interessante vraag voor toekomstig onderzoek op of de manier van organiseren effect heeft op de effectiviteit van systeemintegratie-initiatieven en het realiseren van een integrale aanpak.

6 Conclusies en discussie

Hoofdstuk 6 bevat de conclusies en discussie van het proefschrift en beantwoordt de hoofdvraag zoals gepresenteerd in hoofdstuk 1:

Hoe wordt systeemintegratie gedefinieerd, begrepen, uitgevoerd en georganiseerd in stedelijk waterbeheer?

Door de uitkomsten van de verschillende deelonderzoeken te combineren en vergelijken, ben ik tot vier kernobservaties gekomen. Deze zijn hieronder kort samengevat en bediscussieerd.

6.1 Systeemintegratie wordt op veel verschillende manieren gedefinieerd en begrepen, waardoor een onderhandelde visie op integratie nodig is

De resultaten van mijn promotieonderzoek laten zien dat er veel verschillende definities van (Hoofdstuk 2) en perspectieven op (Hoofdstuk 3) integratie zijn. Een eenduidig beeld ontbreekt: systeemintegratie is dus een ambigu (meerdere) concept. Tussen verschillende stedelijke domeinen, maar ook binnen het domein van stedelijk water hebben actoren verschillende ideeën over (de noodzaak van) systeemintegratie. Systeemintegratie kan daarom ook worden omschreven als een *ongestructureerd probleem* (*wicked problem* in het Engels). Naast een gebrek aan een duidelijke oplossing, kennen ongestructureerde problemen geen eenduidige probleemdefinitie doordat er veel verschillende belangen en waarden spelen. Dit betekent dat er niet één enkele waarheid is over systeemintegratie, maar dat er meerdere zijn. De betrokken actoren moeten daarom *onderhandelen* over wat men in het specifieke geval onder integratie verstaat. Dit vraagt om betrokken actoren samen te brengen, een proces van interactie tussen hen te organiseren en hen samen te laten beslissen hoe integratie moet worden gedefinieerd en geoperationaliseerd.

De discussie gaat dieper in op wat de ambiguïteit die gepaard gaat met systeemintegratie betekent voor het besluitvormingsproces. Aan de ene kant kan het een belangrijke aanjager zijn van het proces van interactie. Doordat er meerdere interpretaties van systeemintegratie mogelijk zijn, geeft dit ruimte voor individuele belangen en drijfveren. Dat kan helpen zijn voor verschillende actoren om zich met systeemintegratie te identificeren en er invulling aan te geven. Meerduidigheid kan er dus voor zorgen dat partijen om de tafel gaan. Aan de andere kant kan het de uitvoering van systeemintegratie ook belemmeren, doordat mensen bijvoorbeeld langs elkaar heen praten. Als gebrek aan eenduidigheid gedurende het besluitvormingsproces te groot blijft, kan dat een barrière vormen om tot een oplossing te komen. De besluitvorming kan hierdoor vertragen. Een proces van interactie kan in dit opzicht een balancerende rol spelen: zo kan de ambiguïteit in eerdere stadia van de besluitvorming als drijvende kracht voor een dergelijk proces fungeren, terwijl in een later stadium het proces juist nodig is om door onderhandeling diezelfde ambiguïteit te verminderen. In zo'n proces van interactie definiëren betrokken actoren samen wat zij onder systeemintegratie verstaan en hoe zij het willen vormgeven.

6.2 Op papier is duurzaamheid de voornaamste drijfveer voor systeemintegratie, maar in de praktijk spelen vele andere factoren een rol

Hoewel in de literatuur over stedelijk water en in beleidsdocumenten duurzaamheid vaak wordt gepresenteerd als de belangrijkste drijfveer voor integratie, blijkt uit de empirische resultaten van dit proefschrift dat duurzaamheid niet altijd een centrale rol speelt in de besluitvorming over integratie. Zo blijken in de praktijk vaak ook andere waarden zoals beheerbaarheid of esthetiek bepalend te zijn in de besluitvorming over systeemintegratie. Samen met duurzaamheid, maken deze waarden deel uit van het proces van interactie dat nodig is om tot een onderhandelde definitie en aanpak tot integratie te komen.

Hoewel het opnemen van andere waarden ertoe kan leiden dat de uiteindelijke oplossing minder duurzaam wordt, kan het ook de mate van duurzaamheid ten goede komen doordat het draagvlak voor een oplossing toeneemt. Aangezien draagvlak en uitvoerbaarheid essentieel zijn voor de implementatie van duurzaamheid, kan het opnemen van andere waarden dus gunstig zijn voor het bereiken van duurzaamheid.

6.3 In de praktijk wordt systeemintegratie vaak benaderd als een ontwerpuitdaging, en niet als een continu proces dat coördinatie tussen verschillende planprocesfasen vereist

Integratie van stedelijke watersystemen wordt doorgaans gezien als een uitdaging die de grenzen van de stedelijk watersector overstijgt en daarom een sectoroverstijgende (ontwerp) aanpak nodig heeft. De empirische resultaten van dit proefschrift laten zien dat niet alleen de verbinding *tussen sectoren* essentieel is voor goed functionerende systeemintegratie-systemen, maar ook de afstemming *tussen de verschillende fasen* van het ontwikkelingsproces – dus tussen de fasen van beleid, ontwerp, constructie en/of beheer. Als deze afstemming niet op orde is, kan systeemintegratie het onderspit delven in latere fasen, zoals in die van uitvoering en beheer. Zo laten de resultaten zien dat faalmechanismen in integrale systemen hun oorsprong vonden in alle fasen van het planproces. In de realisatiefase gebeurde het bijvoorbeeld dat constructeurs niet op de hoogte waren van nieuwe systeemontwerpen waardoor later falen kon optreden. En in de beheerfase bleken beheerders niet altijd op de hoogte van het onderhoud dat nieuwe systemen vroegen. Dit illustreert het belang van aandacht voor integratie in alle fasen van het ontwikkelingsproces en afstemming tussen deze fasen om tot succesvolle systemen te komen. Alleen aandacht voor de samenwerking tussen sectoren in de beleids- en/of ontwerpfase is dus niet voldoende. Deze bevinding lijkt voor de hand te liggen, toch was het opvallend dat er in beleidsstukken over systeemintegratie relatief weinig aandacht werd besteed aan de uitvoering en beheer van integrale systemen.

Hoe kunnen de verschillende fasen van de ontwikkelingscyclus beter op elkaar worden afgestemd? De discussie geeft een aantal opties hiervoor, zoals het meenemen van (inzichten van) beheerders in het ontwerpproces, of andersom, door mensen die meer weten over het ‘masterplan’ van systeemintegratie nauwer te betrekken in latere fasen van het planproces. Een andere optie is het inzetten van middelen zoals vlogs (een voorbeeld uit hoofdstuk 5) om beheerders meer bewust te maken van de waarden die in de beleidsfase spelen. Deze voorbeelden laten zien dat er verschillende mogelijkheden zijn om een betere afstemming tussen fasen te bereiken. Het is aan u om te bepalen hoe dit het beste kan worden gedaan.

6.4 Hoewel systeemintegratie doorgaans wordt beschouwd als een inspanning waarvoor een geplande aanpak nodig is, blijken ook emergente processen van cruciaal belang

Vaak wordt gedacht dat systeemintegratie een top-down en geplande aanpak vereist. Dit komt door de omvangrijke en radicale veranderingen die systeemintegratie voor organisaties en instituties met zich meebrengt. De empirische resultaten van dit proefschrift laten echter zien dat systeemintegratie niet alleen op een geplande manier tot stand kwam, maar ook het resultaat was van ongeplande, opeenvolgende (emergente) veranderingen. Zo blijkt dat interacties tussen individuen, initiatieven en organisaties (netwerken dus, zie Hoofdstuk 5) een grote rol speelden in systeemintegratie-innovaties.

Wat betekent deze emergentie voor de planning van systeemintegratie? Er wordt vaak gedacht dat emergentie in strijd is met planning, maar het kan ook complementair zijn. Waar top-down initiatieven leidinggevend in staat stellen om te sturen op systeemintegratie, kunnen bottom-up initiatieven helpen om draagvlak te creëren voor systeemintegratie lager in de organisatie. Op die manier kunnen zulke initiatieven bijdragen aan de actiebereidheid van betrokkenen en kan het helpen om tot nieuwe ideeën te komen. Dat is essentieel omdat systeemintegratie radicale veranderingen in de hele organisatie met zich meebrengt. En dus niet alleen gevolgen heeft voor medewerkers die vanaf het begin af aan betrokken waren bij innovatie. Hoewel niet elke medewerker met systemische ideeën en veranderingen zal komen, kan deze wel waardevolle inzichten geven op basis van zijn of haar kennis en ervaring. Naast geplande initiatieven gericht op een integrale aanpak, vraagt systeemintegratie om ruimte voor zulke bottom-up initiatieven zodat zulke onverwachte ideeën zich kunnen ontwikkelen.

Deze vier kernobservaties geven inzicht in de rol die socio-institutionele processen spelen bij het ontwikkelen, organiseren en implementeren van systeemintegratie, en ondersteunen daarmee de verschuiving naar een integrale en duurzame aanpak in stedelijk waterbeheer.

Dankwoord

Dit promotieonderzoek is tot stand gekomen met de steun en inzet van de partners in het Kennisprogramma Urban Drainage: ARCADIS, Deltares, Evides, de gemeenten Almere, Arnhem, Breda, Den Haag, Rotterdam en Utrecht, GMB Rioleringsstechnieken, KWR Watercycle Research Institute, Royal HaskoningDHV, Stichting RIONED, STOWA, Sweco, Tauw, Vandervalk+degroot, Waterschap De Dommel, Waternet en Witteveen+Bos.

Ik wil de geïnterviewden, ook zij die niet (meer) bij bovenstaande organisaties werken, graag bedanken voor de waardevolle informatie die ze met mij wilden delen. Tot slot wil ik graag mijn promotoren Hans de Bruijn, Eefje Cuppen en Jeroen Langeveld bedanken, en Vita Vollaers met wie ik samen het onderzoek naar faalmechanismen in hemelwatersystemen heb gedaan (zie Hoofdstuk 4).

Literatuur

- Ashley, R., Balmfort, D.J., Saul, A.J., Blanskby, J.D., 2005. Flooding in the future - Predicting climate change, risks and responses in urban areas. *Water Science and Technology* 52, 265–273.
- Chocat, B., Ashley, R., Marsalek, J., Matos, M.R., Rauch, W., Schilling, W., Urbonas, B., 2007. Toward the sustainable management of urban storm-water. *Indoor and Built Environment* 16, 273–285. <https://doi.org/10.1177/1420326X07078854>
- De Bruijn, H., Heuvelhof, E., Veld, R., 2010. Process management: Why project management fails in complex decision making processes. *Process Management: Why Project Management Fails in Complex Decision Making Processes*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-13941-3>
- Dhakal, K.P., Chevalier, L.R., 2017. Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. *J Environ Manage* 203, 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.065>
- Elias-Maxil, J.A., van der Hoek, J.P., Hofman, J., Rietveld, L., 2014. Energy in the urban water cycle: Actions to reduce the total expenditure of fossil fuels with emphasis on heat reclamation from urban water. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, 808–820. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.007>
- Franco-Torres, M., Rogers, B.C., Harder, R., 2020. Articulating the new urban water paradigm. *Crit Rev Environ Sci Technol* 0, 1–47. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1803686>
- Koop, S.H.A., Koetsier, L., Doornhof, A., Reinstra, O., van Leeuwen, C.J., Brouwer, S., Dieperink, C., Driessen, P.P.J., 2017. Assessing the Governance Capacity of Cities to Address Challenges of Water, Waste, and Climate Change. *Water Resources Management* 31, 3427–3443. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1677-7>
- Mo, W., Zhang, Q., 2013. Energy-nutrients-water nexus: Integrated resource recovery in municipal wastewater treatment plants. *J Environ Manage* 127, 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.05.007>
- Owolabi, T.A., Mohandes, S.R., Zayed, T., 2022. Investigating the impact of sewer overflow on the environment: A comprehensive literature review paper. *J Environ Manage*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113810>
- Qiao, X.J., Kristoffersson, A., Randrup, T.B., 2018. Challenges to implementing urban sustainable stormwater management from a governance perspective: A literature review. *J Clean Prod* 196, 943–952. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.049>
- Rijke, J., Farrelly, M., Brown, R., Zevenbergen, C., 2013. Configuring transformative governance to enhance resilient urban water systems. *Environ Sci Policy* 25, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.09.012>
- Roy, A.H., Wenger, S.J., Fletcher, T.D., Walsh, C.J., Ladson, A.R., Shuster, W.D., Thurston, H.W., Brown, R.R., 2008. Impediments and Solutions to Sustainable , Watershed-Scale Urban Stormwater Management : Lessons from Australia and the United States. *Environ Manage* 42, 344–359. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9119-1>
- van de Meene, S.J., Brown, R.R., Farrelly, M.A., 2011. Towards understanding governance for sustainable urban water management. *Global Environmental Change* 21, 1117–1127. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.003>
- van der Hoek, J.P., Mol, S., Giorgi, S., Ahmad, J.I., Liu, G., Medema, G., 2018. Energy recovery from the water cycle: Thermal energy from drinking water. *Energy* 162, 977–987. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.097>
- van Leeuwen, K., de Vries, E., Koop, S., Roest, K., 2018. The Energy & Raw Materials Factory: Role and Potential Contribution to the Circular Economy of the Netherlands. *Environ Manage* 61, 786–795. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-0995-8>
- Wong, T.H.F., Brown, R., 2009. The water sensitive city: Principles for practice. *Water Science and Technology* 60, 673–682. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.436>

Publicaties over dit onderzoek

Voor dit promotieonderzoek zijn vier Engelstalige wetenschappelijke artikelen geschreven. Deze vormen de kern van dit proefschrift en zijn opgenomen als aparte hoofdstukken (Hoofdstuk 2 tot en met 5). Daarnaast zijn ook twee Nederlandstalige artikelen geschreven die zijn gepubliceerd in vakbladen.

Engelstalige publicaties

Nieuwenhuis, E., de Bruijn, H., Cuppen, E. & Langeveld, J. (in press). Understanding cross-sectoral innovations for urban water management through the lens of organizational ambidexterity. *Urban Water Journal*.

Nieuwenhuis, E., Cuppen, E., & Langeveld, J. (2022). The role of integration for future urban water systems: Identifying Dutch urban water practitioners' perspectives using Q methodology. *Cities*, 126, 103659.

Vollaers, V., Nieuwenhuis, E., van de Ven, F., & Langeveld, J. (2021). Root causes of failures in sustainable urban drainage systems (SUDS): An exploratory study in 11 municipalities in The Netherlands. *Blue-Green Systems*, 3(1), 31-48.

Nieuwenhuis, E., Cuppen, E., Langeveld, J., & de Bruijn, H. (2021). Towards the integrated management of urban water systems: Conceptualizing integration and its uncertainties. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124977.

Nederlandstalige publicaties

Vollaers, V., Nieuwenhuis, E., van de Ven, F., & Langeveld, J. (2020). Faalmechanismen van hemelwatersystemen. *Vakblad Riolering*, 2020(25), 18-19

Nieuwenhuis, E., Cuppen, E. H. W. J., Langeveld, J., & Bruijn, H. D. (2019). De toekomst van het stedelijke watersysteem: opereren in een stad vol transitie. *Water Governance*, 2019(03), 48-56.

STOWA en Stichting RIONED in het kort

Stichting RIONED is de koepelorganisatie voor stedelijkwaterbeheer in Nederland.

Wij zijn er voor en door alle relevante overheden en bedrijven. Inspelend op nieuwe opgaven en mogelijkheden komen wij op voor het belang van stedelijk waterbeheer: goed zorgen voor afval-, hemel- en grondwater in de steden en dorpen.

Stichting RIONED bevordert innovatie, nieuwe kennis en verspreiding van kennis.

Wij begrijpen en ondersteunen de vakwereld.

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

© 2023 Stichting RIONED en STOWA

Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

disclaimer

Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van deze publicatie.

promotoren

Prof.mr.dr. J.A. de Bruijn (Technische Universiteit Delft)

Prof.dr.ir. E.H.W.J. Cuppen (Universiteit Leiden)

Dr. ir. J.G. Langeveld (Technische Universiteit Delft)

auteur

Ir. E.M. Nieuwenhuis (Technische Universiteit Delft)

omslagfoto

Steven Puylaert

vormgeving

Marieke Eijt, gaw ontwerp+communicatie b.v., Wageningen

druk

Drukkerij Modern, Bennekom

rapportnummer

2023-21

isbn/ean

9789073645875



Integrale oplossingen zoals waterpleinen, leidingtunnels of aquathermiesystemen koppelen stedelijk water aan andere systemen zoals straten, parken of energie-infrastructuur. Velen zien systeemintegratie als oplossing voor de diverse uitdagingen die op de stedelijk watersector afkomen. In de praktijk blijkt systeemintegratie vaak lastig uitvoerbaar. Eva Nieuwenhuis onderzocht voor haar proefschrift de definitie, perspectieven, uitvoering en organisatie van integrale oplossingen. Eva keek onder andere naar de oorzaken voor falen van hemelwatersystemen. Conclusie is dat meestal niet de techniek maar de relaties tussen de betrokken personen en (on)geschreven regels en gewoonten van organisaties belemmerend blijken te werken voor het welslagen van systeemintegratie.

ISBN/EAN 9789073645875