

Samen werken aan een  
klimaatbestendig, waterrobuust  
en waterbewust Rotterdam

Ted Isis Elize Veldkamp





Hogeschool Rotterdam Uitgeverij

### **1e druk, november 2024**

Dit boek is een uitgave van Hogeschool Rotterdam Uitgeverij

Postbus 25035

3001 HA Rotterdam

© Ted Veldkamp

Ontwerp:

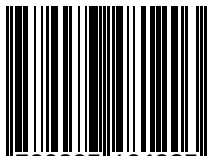
Jargo Design

Beeldrecht:

De auteur heeft gepoogd alle rechthebbenden van beeldmateriaal te achterhalen en te vermelden in de rapportage. Eventuele niet-genoemde rechthebbenden kunnen zich melden. Zij zullen in een volgende druk worden vermeld.

ISBN: 9789083481203

NUR: 934



9 789083 481203

Deze publicatie valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel-GelijkDelen 4.0 Internationaal-licentie.



# Samen werken aan een klimaatbestendig, waterrobuust en water- bewust Rotterdam

OPENBARE LES

Ted Isis Elize Veldkamp

Rotterdam, 21 november 2024





|                                                                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1 Een veranderend klimaat en toenemende weersextremen als opgave</b>                                                                | <b>7</b>   |
| 1.1 Klimaatverandering in Nederland zet door                                                                                           | 8          |
| 1.2 Aantasting van de leefbaarheid van de stedelijke delta door klimaatverandering                                                     | 12         |
| 1.3 Andere oorzaak van problemen: verstedelijking en verstening beïnvloeden de waterbalans en de watervraag                            | 22         |
| 1.4 De Rotterdamse opgave                                                                                                              | 24         |
| <b>2 Een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving als antwoord</b>                                         | <b>35</b>  |
| 2.1 Klimatrisico: het samenspel tussen klimaatdreiging, blootstelling, kwetsbaarheid, veerkracht en adaptatiecapaciteit                | 36         |
| 2.2 Een klimaatbestendig en waterrobuust Nederland in 2050: ambitie, beleid en uitvoering                                              | 38         |
| 2.3 Stad als spons: maatregelen op het niveau van gebouw, straat, wijk en systeem                                                      | 43         |
| 2.4 Van klimaatbestendig en waterrobuust naar waterbewust                                                                              | 50         |
| 2.5 De Rotterdamse aanpak                                                                                                              | 52         |
| <b>3 Uitdagingen rondom de realisatie van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving</b>                 | <b>61</b>  |
| 3.1 Slimmer                                                                                                                            | 61         |
| 3.2 Sneller en intensiever                                                                                                             | 65         |
| 3.3 Inclusiever                                                                                                                        | 76         |
| <b>4 Praktijkgericht onderzoek en onderwijs voor een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste Rotterdamse stedelijke delta</b> | <b>79</b>  |
| 4.1 Missie en speerpunten van het lectoraat                                                                                            | 79         |
| 4.2 Aansluiting op de ambitie en maatschappelijke opgaven van Hogeschool Rotterdam                                                     | 84         |
| 4.3 Uitwerking in onderzoek                                                                                                            | 86         |
| 4.4 Doorwerking in onderwijs                                                                                                           | 90         |
| 4.5 Samenwerking met de praktijk                                                                                                       | 92         |
| <b>Bronnenlijst</b>                                                                                                                    | <b>95</b>  |
| <b>Over de lector</b>                                                                                                                  | <b>105</b> |
| <b>Dankwoord</b>                                                                                                                       | <b>107</b> |



# Een veranderend klimaat en toenemende weersextremen als opgave

Zomer 2021 – Na een periode van relatieve droogte werd Hollands Noorderkwartier (Noord-Holland) binnen 24 uur getroffen door twee extreme buien. Op 18 juni viel in Bergen en omstreken in twee uur tijd maar liefst 120 millimeter neerslag; dit komt slechts eens in de 500 jaar voor. Op veel plaatsen steeg het water in de waterlopen tot aan het maaiveld en bleef het water tussen de gewassen op het land staan. Binnen de kortste keren ontstonden in het bebouwde gebied problemen door het extreme weer. Wegen, straten, tunnels en kelders liepen onder en het riool kon de extreme hoeveelheid water niet meer goed verwerken. Omdat de voorspelde neerslag tot kort voor de bui nog lokaal en gematigd zou zijn, kwamen de intensiteit en omvang van de buien en de daaropvolgende overlast als een verrassing (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, 2021).

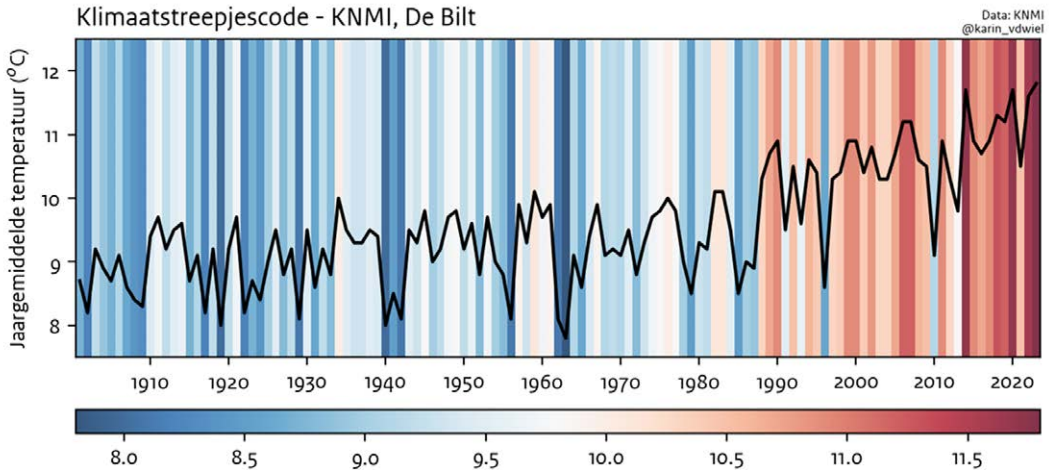
Slechts drie weken later, op 13 en 14 juli, viel in Zuid-Limburg lokaal meer dan 160 millimeter neerslag in 48 uur; dit komt ongeveer één keer in de 900 jaar voor. In korte tijd steeg het water in de Limburgse beken tot recordhoogte. Dit leidde op verschillende plaatsen tot overstromingen en daarmee tot schade aan huizen en bedrijven. Ook het centrum van Valkenburg aan de Geul liep onder water. De gemeten waterdiepte bedroeg daar ongeveer 1,25 meter. De directe schade als gevolg van de overstroming, maar ook de indirecte schade als gevolg van bijvoorbeeld misgelopen inkomsten, wordt alleen al in de gemeente Valkenburg aan de Geul ingeschat op 433 miljoen euro. Over de grens, in Duitsland, kwamen ruim 180 mensen om. Als deze waterbom elders in Nederland gevallen was, had de totale schade kunnen oplopen tot meer dan een miljard euro (Van Heeringen et al, 2022; De Bruijn & Slager, 2022).

Zomer 2022 – De zomer van 2022 was extreem warm, zonnig en droog, met neerslagtekorten die opliepen tot ruim 300 millimeter. Vanaf 3 augustus 2022 gold er daarom voor het hele land een nationaal 'feitelijk watertekort'. Dit is een situatie waarbij waterschappen, provincies en de ministeries van Infrastructuur & Waterstaat, Economische Zaken & Klimaat en Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid & Natuur samen met de koepelorganisatie voor drinkwaterbedrijven VEWIN zowel op nationaal als op regionaal niveau de verdeling van het water bespreken en dit zorgvuldig op elkaar afstemmen. Scheepvaart, landbouw en natuur leden in deze periode zichtbaar onder de uitzonderlijke droogte en de lage rivierafvoeren. Ook de waterkwaliteit stond onder druk. Naar West-Nederland werd vanaf 18 juli de klimaatbestendige wateraanvoer opgestart. Hierbij werd extra water vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal en de Lek het gebied van West-Nederland ingelaten om verdere verzilting tegen te gaan. Bij diverse sluizen golden bovendien schutbeperkingen (het beperkt openstellen van de sluizen) voor de scheepvaart, om water vast te houden en verzilting te voorkomen. Het aantal meldingen van funderingsschade aan Nederlandse huizen nam toe. In 2022 meldden bijna 2000 huiseigenaren zich met schade aan de fundering of als gevolg van verzakkingen. Als gevolg van de extreme hitte overleden in augustus 2022 ongeveer 1300 meer mensen dan verwacht (Hendriks & Mens, 2024).

In een veranderend klimaat vormen de hiervoor beschreven toenemende weersextremen een steeds grotere opgave. Samen werken aan een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving is hierop het antwoord.

## 1.1 Klimaatverandering in Nederland zet door

Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) heeft berekend dat het klimaat in Nederland in de afgelopen honderd jaar sterk is veranderd, als gevolg van menselijk handelen (Siegmund et al., 2021). In Nederland is het gemiddeld twee graden warmer geworden sinds het begin van de metingen in 1901 (Figuur 1).



Figuur 1. Temperaturen in Nederland van 1901 tot 2023. Ieder verticaal streepje staat voor één jaar: rood = relatief warm jaar, blauw = relatief koud jaar (Bron: Van der Wiel, 2023. ©Karen van der Wiel)

Ook is de hoeveelheid neerslag met ruim 20 procent toegenomen. Die neerslag valt tegenwoordig in extremere buien. Zo is het aantal dagen met zware neerslag (gedefinieerd als dagen met meer dan vijftig millimeter neerslag ergens in Nederland), sinds 1951 met 85 procent. Ook de kans op extreme hitte is toegenomen. Hittegolven zoals in 2019 waren vrijwel onmogelijk geweest zonder door de mens veroorzaakte klimaatverandering. Sinds 1900 is de zeespiegel ongeveer twintig centimeter gestegen, en de laatste vijftig jaar is er sprake van een versnelling in die stijging (Siegmund et al., 2021).

De veranderingen in het klimaat in Nederland zetten in de toekomst naar verwachting door (Bessembinder et al., 2023). Het KNMI heeft de nieuwste inzichten en onderzoeksresultaten uit het meest recente rapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021) vertaald naar de situatie in Nederland in de KNMI'23-klimaatscenario's (Bessembinder et al., 2023). Op basis van een combinatie van enerzijds de mogelijke ontwikkelingen in temperatuur (hoog/laag) in relatie tot vijf mogelijke sociaaleconomische scenario's voor de toekomst met bijbehorende CO<sub>2</sub>-uitstoot (Figuur 2a) en anderzijds de verwachting voor de luchtaanvoer en bijbehorende luchtvochtigheid (nat/droog) in de winter en de zomer (Figuur 2b)



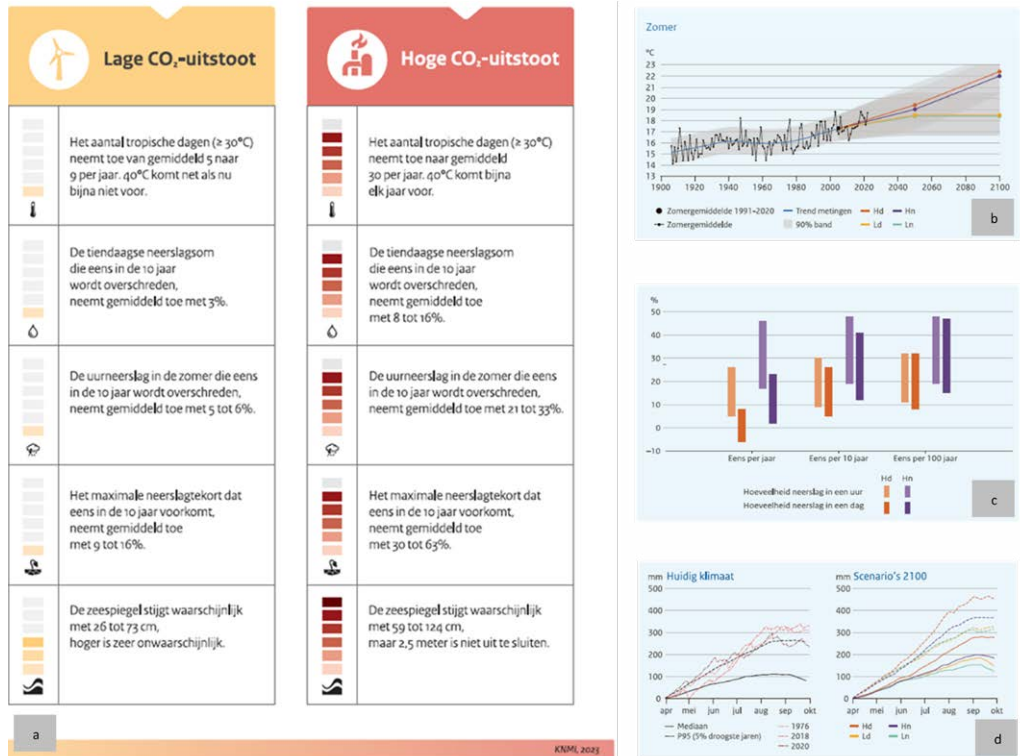
worden vier scenario's voor klimaatverandering in Nederland geschetst (Figuur 2c). Volgend op deze scenario's heeft het KNMI voor 2050 en 2100 gemiddelden en extremen berekend voor verschillende klimaatindicatoren, zoals: temperatuur (gemiddelde, aantal zomerse dagen, tropische nachten), neerslag (gemiddelde, extreme zomerbuien), droogte (neerslagtekort) en zeespiegelstijging (Bessembinder et al., 2023).

Volgens alle KNMI'23-klimaatscenario's stijgt in Nederland de gemiddelde temperatuur, met name in de zomer, zie Figuur 3a en 3b. Het aantal tropische dagen (warmer dan 30 graden) neemt toe van gemiddeld vijf dagen naar negen tot dertig dagen per jaar in 2100. In het klimaatscenario met een hoge  $\text{CO}_2$ -uistoot onder droge omstandigheden (Hd) komt extreme hitte (40 graden) in 2100 bijna elk jaar voor. Het aantal tropische nachten (warmer dan 20 graden) neemt toe van 0,3 tot drie tot negentien nachten per zomer in 2100. Alhoewel er in de jaarlijkse neerslaghoeveelheid naar verwachting weinig verandert, neemt de variatie door het jaar heen toe, net als het aantal extremen (Figuur 3c). In alle vier de KNMI'23-klimaatscenario's neemt de neerslag in de winter verder toe (met 4 tot 24 procent) terwijl de gemiddelde zomerneerslag afneemt (met 29 procent). De neerslag die in de zomer valt, valt vaker in de vorm van extreme buien. De uur-neerslag in de zomer die eens in de tien jaar wordt overschreden, neemt gemiddeld met 5 tot 33 procent toe. Droogte treedt op als er minder neerslag valt dan normaal en als er meer water verdampt dan normaal, of bij een combinatie van beide. Dan ontstaan er watertekorten in het watersysteem, die we droogte noemen. Als gevolg van klimaatverandering neemt de kans op (extreme) droogte in 2100 toe, met name in het scenario met een hoge  $\text{CO}_2$ -uistoot en droge omstandigheden (Hd) (Figuur 3d).



Figuur 2. Basis en samenvatting van de KNMI'23-klimaatsscenario's: (a) wereldwijde temperatuurstijging zoals waargenomen in het verleden (zwarte lijn) en gerelateerd aan vijf sociaaleconomische scenario's voor de toekomst met bijbehorende CO<sub>2</sub>-uitstoot (SSP's); de zwarte punten geven de temperatuurstijging aan zoals gebruikt in de KNMI'23-klimaatsscenario's (bron: IPCC, 2021; Bessembinder et al., 2023. ©KNMI); (b) luchtdruk- en neerslagpatronen boven Europa voor een droge en natte groep van mondiale klimaatmodellen bij hoge uitstoot rond 2100 (bron: Bessembinder et al., 2023. ©KNMI); (c) samenvatting van de vier KNMI'23-klimaatsscenario's voor klimaatverandering in Nederland; het aantal blokjes staat voor de mate van klimaatverandering rond 2100 ten opzichte van 1911-2020 (bron: Bessembinder et al., 2023. ©KNMI)

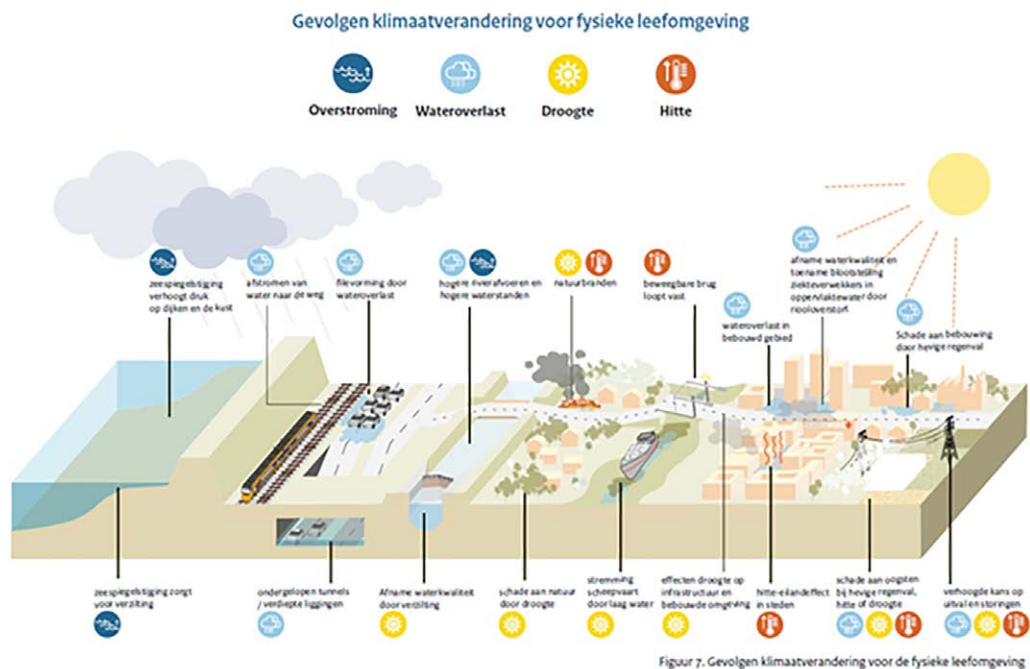
Het maximale neerslagtekort dat eens in de tien jaar voorkomt, neemt gemiddeld toe met 9 tot 63 procent. Afhankelijk van het scenario wordt voor de Nederlandse kust rond 2050 een verdere zeespiegelstijging verwacht van 16 tot 38 centimeter. Rond 2100 zal die stijging naar verwachting oplopen tot 26 tot 124 centimeter. Onzekere processen, zoals het al voor 2100 instabiel worden van de Antarctische IJskap, kan de verwachte zeespiegelstijging verder opstuwten tot 2,5 meter (Bessembinder et al., 2023).



Figuur 3. Temperatuur en neerslag in de KNMI'23-klimaatsscenario's: (a) toename van extremen in het klimaat in Nederland rond 2100 ten opzichte van 1991-2020 (Bessembinder et al., 2023. ©KNMI); (b) landelijk gemiddelde zomertemperatuur: waarnemingen in het verleden (zwart) en de vier KNMI'23-klimaatsscenario's voor de toekomst (2050 en 2100) (Bessembinder et al., 2023. ©KNMI); (c) bandbreedte van procentuele veranderingen van extreme dag- en uur-neerslag in de zomer, volgens de hoge KNMI'23-klimaatsscenario's rond 2100 (Bessembinder et al., 2023. ©KNMI); (d) doorlopend cumulatief neerslagtekort in De Bilt in het huidige klimaat (links) en rond 2100 voor de vier KNMI'23-klimaatsscenario's; stippellijnen tonen de 5% droogste jaren (Bessembinder et al., 2023. ©KNMI)

## 1.2 Aantasting van de leefbaarheid van de stedelijke delta door klimaatverandering

De effecten van het veranderende klimaat worden in Nederland in toenemende mate gevoeld, met name in de stedelijke delta, zoals te zien in Figuur 4 (Bessembinder et al., 2023; Hendriks & Mens, 2024; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat [IenW] et al., 2022; Siegmund et al., 2021).



Figuur 4. Gevolgen van klimaatverandering voor de fysieke leefomgeving (bron: IenW et al., 2022. ©PosadMaxwan)

Nederlandse steden hebben te maken met een opeenstapeling van effecten die door klimaatverandering verder versterkt worden. De opwarming en de toename van langdurige droogte leiden tot extremere temperaturen tijdens hittegolven, met als gevolg meer oversterfte. De nabijheid van de opwarmende Noordzee leidt tot een toename van extremere buien, met wateroverlast en overstromingen tot gevolg. In de delta zorgt de combinatie van zeespiegelstijging en droogte bovendien voor een toenemende verzilting van het grond- en oppervlaktewater, met mogelijk zoetwater tekorten als resultaat. In droge periodes kunnen neerslagtekorten en lagere rivierafvoer, in combinatie met grondwateronttrekkingen, daarnaast leiden tot een daling van de grondwaterstanden. Daling van grondwaterstanden zorgt voor extra klink en veenoxidatie in kleiige en venige gebieden, met bodemdaling tot gevolg. De waterkwaliteit, het stedelijk groen en de biodiversiteit nemen af en dat kent vele

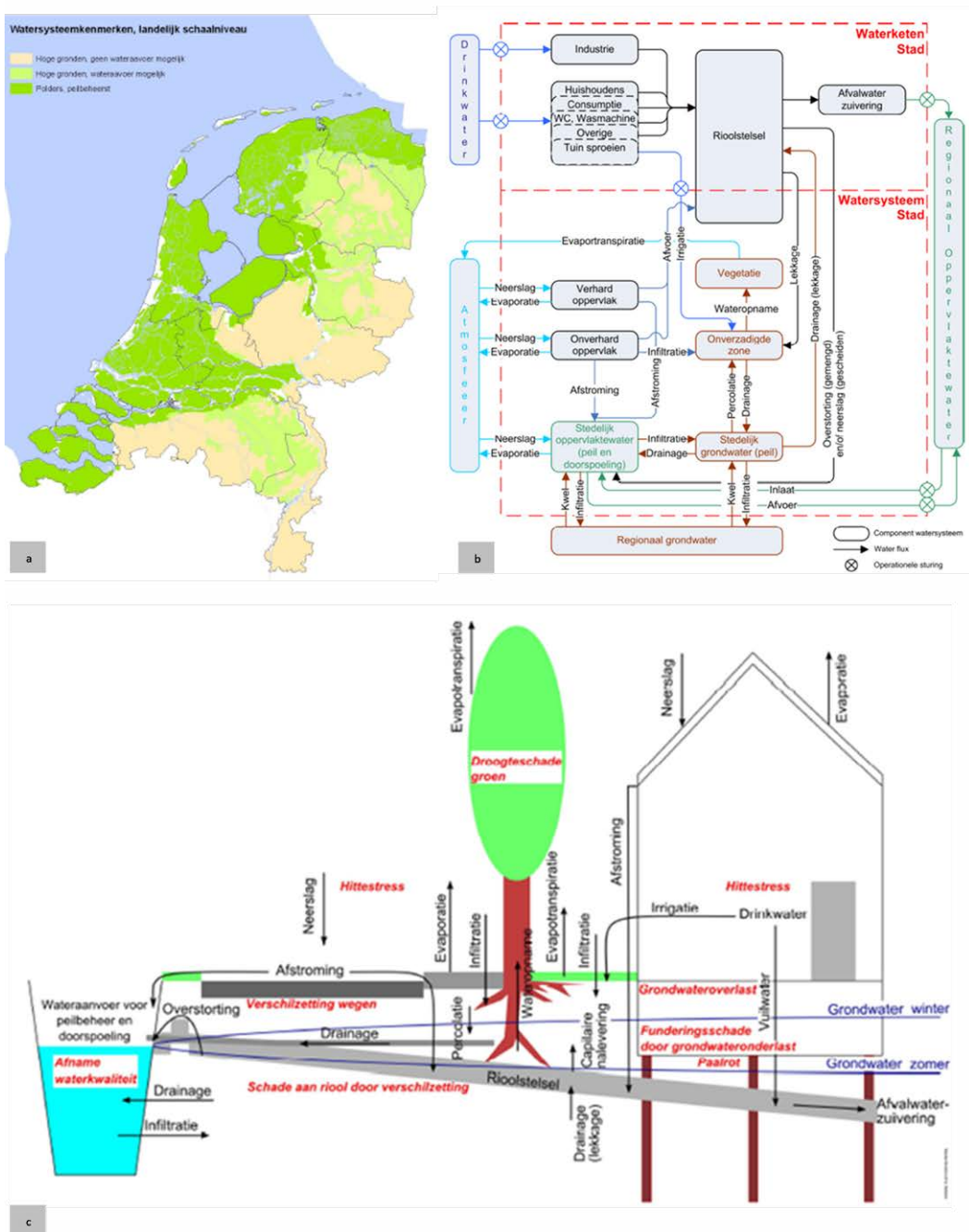
oorzaken. Het gaat hierbij onder meer om beïnvloeding van bodem- en watercondities door atmosferische depositie (droge en natte neerslag van stofdeeltjes uit de atmosfeer) van stikstof, uitspoeling van fosfaat en stikstof naar grond- en oppervlaktewater, verdroging en vernatting. Door klimaatverandering neemt het risico op biodiversiteitsverlies verder toe. In de stad speelt de beperkt beschikbare ruimte (boven en ondergronds) en fragmentarische aanwezigheid van groen een verder versterkende rol. Zeespiegelstijging en een toegenomen overstromingsrisico vanaf de rivieren tast op langere termijn de waterveiligheid aan en dwingt ons als maatschappij tot het maken van fundamentele keuzes ten aanzien van de toekomstige ruimtelijke inrichting van de Nederlandse delta (Bessembinder et al., 2023; Hendriks & Mens, 2024; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat [IenW] et al., 2022; Siegmund et al., 2021).

### **1.2.1 Water en klimaat in een stedelijke context**

Veel stedelijke functies zijn afhankelijk van voldoende water van goede kwaliteit, met een balans tussen niet te veel en niet te weinig water. Hoogvliet et al. (2012) geven een heldere omschrijving van factoren die de stedelijke watervraag (de omvang van de vraag naar water in stedelijk gebied) beïnvloeden en een schets van de opbouw van het stedelijk watersysteem. Daarbij worden grofweg vier categorieën onderscheiden die vragen om water. Allereerst is er water nodig om het oppervlakte- en grondwater op peil te houden, om te voorkomen dat gebouwen, wegen, dijken, rioleringen en andere infrastructuur verzakken. Ten tweede is water nodig om het stedelijk oppervlaktewater aan te vullen of door te spoelen voor het waarborgen van de kwaliteit daarvan en om de stedelijke flora en fauna van water te voorzien. Ten derde is water nodig voor verdamping – essentieel voor de temperatuurbelasting in de stad. Ten slotte is er behoefte aan water voor blusvoorzieningen, het peilbeheer rond woonboten en drijvende woningen, het behouden van een goede ecologische kwaliteit en recreatie.

De specifieke watervraag en de routes waarlangs water wordt aangevoerd, variëren per stad (Hoogvliet et al., 2012). Elke stad heeft een uniek watersysteem met specifieke kenmerken, behoeften en uitdagingen. Globaal onderscheiden we daarbij steden in laag Nederland (klei- en veengebieden) en steden in hoog Nederland (zandgronden) (Figuur 5a). In laag Nederland wordt het waterpeil beheerd en vindt doorspoeling plaats, terwijl in hoog Nederland het waterpeil vaak niet gebiedsdekkend beheerd wordt en doorspoeling meestal niet of beperkt plaats vindt omdat dat niet mogelijk is. Figuur 5b geeft een overzicht van de belangrijkste componenten van het stedelijk watersysteem, voornamelijk van toepassing op de situatie in laag Nederland. Het systeem ontvangt water en voert water af naar het regionale oppervlaktewater, dat door de stad kan lopen als boezem, kanaal of rivier. Figuur 5c toont het watersysteem op straatniveau middels een dwarsdoorsnede van een straat in laag Nederland. De pijlen geven daarbij aan hoe water door het systeem beweegt. In de stad maken we daarbij een onderscheid tussen onverhard terrein, gesloten verharding, open verharding en daken (Hoogvliet et al., 2012).





Figuur 5. Watersystemen: (a) watersysteem op landelijk niveau (bron: Hoogvliet et al., 2012. ©Deltares); (b) stedelijk watersysteem en de relatie tot het regionale watersysteem (bron: Hoogvliet et al., 2012. ©Deltares); (c) stedelijk watersysteem op straatniveau (bron: Hoogvliet et al., 2012. ©Deltares)

Regen die op daken en gesloten of open verharding valt, blijft gedeeltelijk op die oppervlakken liggen en verdampt (evaporatie), en regen die op open verharding valt, infiltreert gedeeltelijk in de grond. Als neerslag intens is, stroomt het regenwater af en wordt het afgevoerd naar de riolering of naar het oppervlaktewater. Voor deze afvoer bestaan verschillende stelsels. In een gemengd stelsel wordt het regenwater samen met huishoudelijk afvalwater naar de afvalwaterzuivering afgevoerd. Wanneer dit riolsysteem de grote hoeveelheid regenwater niet aankan, komt het water via overstorten in het oppervlaktewater terecht, wat vaak acute waterkwaliteitsproblemen veroorzaakt. In een gescheiden stelsel wordt regenwater direct afgevoerd naar het oppervlaktewater of geïnfilteerd in de bodem en gaat afvalwater naar de waterzuivering. In een verbeterd gescheiden stelsel wordt het water uit kleine buien naar de afvalwaterzuivering afgevoerd terwijl het water dat valt tijdens grotere buien naar het oppervlaktewater wordt geleid. Bij extreme neerslag kan water op straat blijven staan, wat verkeershinder, schade aan gebouwen en goederen, en gezondheidsrisico's door verontreiniging veroorzaakt. Regen die op onverhard terrein valt, infiltreert doorgaans naar de onverzadigde zone en sijpelt langzaam door naar het grondwater of wordt opgenomen door plantenwortels. Dit verhoogt het grondwaterpeil. Ook hoog (grond)water kan overlast veroorzaken, zoals water in kruipruimtes, schimmelvorming in gebouwen en gezondheidsproblemen voor bewoners. Hoog (grond)water kan onder wegen de fundering instabiel maken, en onder gebouwen met funderingen op staal of trekpalen en onder panden met kelders scheurvorming en lekkage veroorzaken. Vegetatie kan ook last hebben van hoge grondwaterstanden, zuurstofgebrek in de wortelzone kan wortels doden en bomen instabiel maken. Wanneer de grondwaterstand hoger is dan de oppervlaktewaterstand, draineert het grondwater naar het oppervlaktewater. Vooral in laag Nederland is drainage aangelegd om het grondwater sneller af te voeren naar het oppervlaktewater of soms naar de riolering, om te voorkomen dat het grondwater te hoog komt te staan (Hoogvliet et al., 2012).

Onder droge omstandigheden vindt verdamping door vegetatie (transpiratie) en vanuit de bodem (evaporatie) plaats. Hoge luchttemperaturen, zon en wind zorgen voor een hoge potentiële transpiratie. Vegetatie onttrekt via de wortels water uit de onverzadigde zone, die door capillaire nalevering (het stijgen van een vloeistof tegen de zwaartekracht in) vanuit het grondwater wordt aangevuld, afhankelijk van de bodemopbouw en de grondwaterstand. In zandgronden is deze nalevering beperkt, terwijl in fijnere bodems (zoals silt) de nalevering groter is. Door capillaire nalevering daalt het grondwaterpeil. Bij uitdroging neemt de transpiratie af en ontstaat droogteschade aan groen. Door evaporatie en transpiratie kan de grondwaterstand dalen tot onder de oppervlaktewaterstand, waardoor water vanuit het oppervlaktewater infiltreert naar het grondwater. In de praktijk is de invloedszone van het oppervlaktewater beperkt tot enkele meters, en de doorwerking is geringer naarmate de bodem kleiiger

en minder doorlatend is. In West-Nederland ligt de riolering vaak in het grondwater, waardoor het zelfs bij droog weer mogelijk is dat grondwater via een lekkende riolering afgevoerd wordt, wat bijdraagt aan grondwaterstandsverlaging en schade. Een te lage grondwaterstand (zogenaamde grondwateronderlast) kan leiden tot rot van houten funderingspalen en ongelijkmatige bodemdaling met schade aan funderingen, infrastructuur en terreinen tot gevolg (Hoogvliet et al., 2012).

Bij langdurig warm en droog weer verslechtert de oppervlaktewaterkwaliteit, wat leidt tot een verhoogde kans op botulisme, (blauw)algenbloei en stankoverlast. Bij evaporatie en transpiratie van water wordt warmte aan de lucht onttrokken, wat een verkoelend effect heeft. Dit proces vindt plaats vooral op plekken met groen en water. Daarom blijven bossen en parken koel. Op plekken waar dit proces minder plaatsvindt (omdat er geen groen of water is) of zelfs stopt tijdens droge periodes, neemt de kans op hittestress toe, omdat inkomende straling dan alleen als voelbare warmte het systeem kan verlaten. Daarom kunnen gebieden met veel verharding extreem warm worden (Hoogvliet et al., 2012).

### **1.2.2 Effecten van een veranderd klimaat op gebouwen en stedelijke infrastructuur**

Gebouwen en stedelijke infrastructuur (samen de gebouwde omgeving) zijn kwetsbaar voor de effecten van zowel hitte en droogte als wateroverlast door extreme neerslag (Figuur 6). Overstromingen vanaf de rivieren en/of de zee beïnvloeden in steeds sterkere mate op negatieve wijze de waterveiligheidssituatie. In 2012 maakte onderzoeksbureau Deltares in opdracht van de Coalitie Klimaatbestendige Stad een schatting van de verwachte schade aan gebouwen en stedelijke infrastructuur als gevolg van neerslag- en droogteproblematiek over de periode 2012-2050: de schatting kwam uit op 71 miljard euro (Coalitie Klimaatbestendige Stad, 2013).

Woningen in heel Nederland kunnen schade ondervinden van wateroverlast, omdat extreme neerslag en hoosbuien in heel Nederland kunnen voorkomen. Door beperktere mogelijkheden voor waterberging is voornamelijk het stedelijke gebied in het westen van het land vatbaar voor overlast, terwijl hoogteverschillen in het landschap in Zuid-Limburg woningen en bedrijven kwetsbaar maken voor een snelle stijging van water in kleine rivieren en beken (Van Gaalen et al., 2024). Deze overlast kan worden versterkt door droogte. Wanneer de bodem is uitgedroogd, kan water minder goed infiltreren in de grond, waardoor hoosbuien eerder tot wateroverlast leiden. Verder speelt met name in stedelijke gebieden het probleem van hoogteverschil door ongelijkmatige zetting: aangezien water naar de laagste gelegen plek stroomt, zorgt dat bij extreme neerslag snel voor problemen (Van Gaalen et al., 2024). Wateroverlast door extreme neerslag resulteert veelal in ondergelopen kelders, kruipruimtes en souterrains en/of materiële schade aan de begane grond. Het Verbond van Verzekeraars neemt waar dat de verzekerde schade als gevolg van extreme buien is toegenomen. Registratie van onverzekerde schade ontbreekt (Van Gaalen et al., 2024;

Verbond van Verzekeraars, 2024). Wateroverlast in het regionale systeem, met bijbehorend overstromingsrisico, kan resulteren in een relatief grote schadepost. De extreme neerslag en daaropvolgende hoogwater gebeurtenis in Limburg van de zomer van 2021 heeft laten zien dat de economische schade door water vanuit regionale wateren (Roer, Geul, Gulp, Geleenbeek) aanzienlijk kan zijn (Van Gaalen et al., 2024): deze bedroeg naar schatting 433 miljoen euro (Van Heeringen et al., 2022). Als deze waterbom elders in Nederland gevallen was, had de totale schade kunnen oplopen tot meer dan een miljard euro (De Bruijn & Slager, 2022).



*Figuur 6. Effecten op de gebouwde omgeving als gevolg van extreem weer in een veranderend klimaat: (a) wateroverlast op de Kruiskade door extreme neerslag in 2017 (bron: Groenendijk & Venema, 2017. ©Vera Baumann); (b) hoogwater op het Noordereiland in 2018 (bron: Redactie Rotterdam, 2020. ©Frank de Roo); (c) overstroming in Valkenburg in 2021 (De Gelderlander, 2023. ©ANP); (d-e) scheefstand bij huizen en scheurvorming in gevels door bodem- en grondwaterstands daling (bron: KBF, z.d. ©onbekend; Gemeente Rotterdam, z.d. ©onbekend) (f) spoorvorming aan de weg (©Steve Ekel)*

Minder neerslag en hogere temperaturen leiden tot meer droogte (in frequentie en intensiteit) en watertekorten, waardoor de grondwaterstand daalt. Met name houten palen onder woningen hebben sterk te lijden van deze fluctuerende grondwaterstand. Ook ondiepe funderingen kunnen eronder lijden, met verzakkingen en scheuren tot gevolg. Dit speelt vooral op een ondergrond met ondiepe veen- en/of kleilagen, met name in West- en Noord-Nederland; daar werden tot 1975 houten paalfunderingen of ondiepe funderingen gebruikt om woningen stabiel te kunnen bouwen op de ondergrond (Hendriks & Mens, 2024; Van Gaalen et al., 2024; Verstraten et al., 2024). In rivierkleigebieden wordt de funderingsproblematiek steeds relevanter: door klimaatverandering neemt hier de fluctuatie tussen droogstand en natheid toe.

Problemen zoals paalrot bij houten funderingen en scheefzakken bij ondiepe funderingen zijn niet nieuw, maar door klimaatverandering worden deze erger (Hendriks & Mens, 2024; Van Gaalen et al., 2024; Verstraten et al., 2024e). Op dit moment speelt dit probleem bij ongeveer 425.000 gebouwen in Nederland, dat is 6 procent van alle gebouwen (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur [Rli], 2024a; Van Gaalen et al., 2024). Rond 20 procent van deze woningen met ernstige problemen staat in steden en wijken met lage inkomens (Bani et al., 2024; Van Gaalen et al., 2024). De impact varieert van scheuren in muren en klemmende deuren en ramen, tot grote verzakkingen die het noodzakelijk maken om de fundering grondig te herstellen. De schade is afhankelijk van het type fundering waarop een pand staat, de bouwkundige kwaliteit van de fundering en het pand, en lokale factoren in ondergrond en grondwater (Kok et al., 2021; Van Gaalen et al., 2024). De gemiddelde kosten van funderingsherstel worden geschat op 15 procent van de gemiddelde waarde van een woning oftewel circa 60.000 euro (Rli, 2024a).

Hitte en droogte, en de bijbehorende daling van de grondwaterstand met mogelijke bodemdaling tot gevolg, tasten ook de stedelijke infrastructuur aan. Extreme hitte leidt tot het uitzetten van rails en het vast komen te zitten van beweegbare bruggen. Droogte resulteert in een verminderde vaardiepte en kan leiden tot schutbeperkingen. Ongelijkmatige zettingen als gevolg van droogte leiden tot spoorvorming aan wegen en breukvorming in de ondergrondse infrastructuur (kabels, leidingen, riolering) (Hendriks & Mens, 2024; Van Gaalen et al., 2024; Verstraten et al., 2024).

### **1.2.3 Effecten van een veranderend klimaat op drinkwatervoorziening en drinkwaterkwaliteit**

Tijdens de droogte van 2018, 2019, 2020 en 2022 stond de drinkwatervoorziening onder druk (Van Gaalen et al., 2024; Van Huijgevoort, 2023a en b). Het drinkwaterverbruik in Nederland is sinds 2015 gestegen, onder andere door economische groei en bevolkingsgroei. Tijdens warme, droge zomerperiodes nam de drinkwatervraag extra toe, met piekvragen in 2018 en 2020 (Van Gaalen et al., 2024; Van Huijgevoort, 2023a en b). Drinkwaterbedrijven winnen 60 procent uit grondwater en 40 procent uit oppervlaktewater. Door toenemende droge perioden neemt de gebruiksdruk op het grondwater toe (Van Gaalen et al., 2024; Van Huijgevoort, 2023a en b). In een periode met lage rivierafvoeren daalt de waterkwaliteit door een mindere mate van verdunning van lozingen, een stijging van de watertemperatuur en het verder landinwaarts in de Rijn-Maasmonding binnendringen van zeewater. Tijdelijke staking van waterinname voor de drinkwatervoorziening kan het gevolg zijn. Tijdens droogte maken drinkwaterbedrijven gebruik van buffervoorraden; in enkele gevallen kon de operationele reserve van 10 procent niet in stand worden gehouden (Van Gaalen et al., 2024; Van Huijgevoort, 2023a en b). Omdat voor drinkwater een leveringsplicht geldt, heeft dit nog niet geleid tot beperking van de drinkwatervoorziening, maar wel tot grotere schade aan natuur en landbouw (Van Gaalen et al., 2024; Van Huijgevoort,



2023a en b). Voor drinkwater geldt – om gezondheidsredenen – de eis dat de temperatuur aan de tap niet warmer mag zijn dan 25 graden Celsius; door warmere zomers kan die maximumtemperatuur overschreden worden (Agudelo-Vera, 2018; Van Gaalen et al., 2024; Van Huijgevoort, 2023a en b).

Door de benodigde aanpassingen in de bedrijfsvoering van de drinkwaterbedrijven ter voorbereiding op langere periodes van hitte, droogte, verminderde waterkwaliteit en hoger waterverbruik nemen de kosten van waterwinning toe. Het huidige tekort aan operationele reservecapaciteit heeft bovendien een stagnerende werking op grootschalige nieuwbouw, onder meer in de provincies Utrecht en Zuid-Holland (Van Gaalen et al., 2024; Van Huijgevoort, 2023a en b).

#### **1.2.4 Effecten van een veranderend klimaat op stedelijke waterkwaliteit, recreatie, groen en biodiversiteit**

De invloed van klimaatverandering op de stedelijke waterkwaliteit, recreatie, groen en biodiversiteit is divers (Figuur 7). Van belang zijn vooral de gemiddelde temperatuurstijging, periodes met extreme droogte en natheid, zeespiegelstijging en verzilting. Klimaatverandering versterkt daarbij de al bestaande drukfactoren als verzuring, vermesting en versnippering.



*Figuur 7. Effecten op de stedelijke waterkwaliteit, recreatie, groen en biodiversiteit als gevolg van extreem weer in een veranderend klimaat. (a) afgesloten zwembad naar aanleiding van blauwalg (bron: Rijnmond Redactie, 2019a. ©ANP/Lex van Lieshout); (b) droogteschade in het park aan gras en bomen (bron: Van Zoelen, 2020. ©Nerum Tammy); (c) omgewaaide bomen na een hevige storm (bron: Catlender, 2022. ©MediaTV)*

Droogte kan leiden tot een verminderde waterdiepte of een beperking van de doorspoelmogelijkheden en dat kan in combinatie met hitte leiden tot opwarming, zuurstoftekorten, kroosvorming en algenbloei in stedelijke zwembaden. Tijdens perioden met extreme neerslag kan overbelasting van de riolering in stedelijk gebied leiden tot afvoer via overstorten op het oppervlaktewater, waardoor rioolwater in het oppervlaktewater terechtkomt en de waterkwaliteit verslechtert. Ook door afspoeling van verontreinigingen kan de waterkwaliteit achteruitgaan bij (piek)buien na een

droge periode. Jaarlijks wordt voor ongeveer de helft van de zwemwateren een negatief zwemadvies afgegeven, voor een periode die varieert van een week tot anderhalve maand (Hoogvliet et al., 2012).

Verdroging (structureel te lage grondwaterstanden), het uitzakken van de grondwaterstand in extremere droge perioden en/of verzilting van grondwater, bodemvocht en oppervlaktewater kunnen op zowel het openbare als het particuliere terrein leiden tot schade aan stedelijk groen (Hoogvliet et al., 2021). Planten nemen door hun wortels water op uit de bodem en verdampen dit water via hun huidmondjes in de bladeren. In droge (bodem)omstandigheden kunnen planten minder vocht en daarmee minder voedingsstoffen opnemen. Daarnaast worden huidmondjes gesloten om verdamping te beperken, waardoor de assimilatie (en groei) beperkt wordt. Dit beperkt de groei en uiteindelijk de vitaliteit. Bomen en struiken die normaal gesproken gevoed worden vanuit het grondwater, kunnen hun bladeren verliezen door een snelle daling in grondwaterstanden (Hoogvliet et al., 2021). Planten (vaste en eenjarige), struiken en bomen kunnen doodgaan door langdurige droogte, direct als het gevolg van vochttekort of indirect als het gevolg van een grotere vatbaarheid voor ziekten (Hoogvliet et al., 2012; 2021). Verzilting van grondwater en bodemvocht is direct bedreigend voor de meeste bomen en struiken, al zijn er tussen soorten wel grote verschillen in zouttolerantie (Hoogvliet et al., 2021).

Een warmer klimaat leidt tot veranderingen in soortensamenstelling van op en bij bomen en struiken levende organismen. Dit kan weer leiden tot nieuwe ziekten en plagen, maar ook tot het verdwijnen van in het verleden opgetreden plagen. Ten gevolge van droogtestress kunnen bomen en struiken gevoeliger worden voor secundaire aantastingen door bijvoorbeeld honingzwam, reuzenzwam en bepaalde bastziekten. Te hoge grondwaterstanden kunnen leiden tot verdrinking van begroeiing en tot het omwaaien van bomen als gevolg van te beperkte bewortelingsmogelijkheden. In zettingsgevoelige gebieden is bodemdaling vaak een medeveroorzaker van te hoge grondwaterstanden (Hoogvliet et al., 2012).

De toenemende druk op de beschikbare ruimte kan ten koste gaan van natuur en biodiversiteit, zowel in nieuw als bestaand stedelijk gebied. De aanwezigheid van een gezond functionerend stedelijk ecosysteem met ruimte voor water en natuur heeft veel positieve effecten. Zo draagt het bij aan geluidsisolatie, vermindering van luchtvervuiling, verbetering van de waterbergingscapaciteit, stijging van de waarde van vastgoed, bestuiven van gewassen, beperken van plaaginsecten en meer biodiversiteit. Natuur levert een positieve bijdrage aan de gezondheid van de inwoners van steden en dorpen, zowel fysiek als mentaal, en bevordert sociale contacten (Meijaard et al., 2022).

Plastic vervuiling vormt een groeiend probleem in stedelijke delta's. Het plastic afval hoopt zich op in de waterwegen waar het een bedreiging vormt voor zowel zoetwater- als mariene ecosystemen. Plastic vervuiling schaadt het stedelijke landschap en de recreatieve waarde van de wateren. Plastic vervuiling kan nadelig zijn voor havenactiviteiten en de scheepvaart. Microplastics, kleine deeltjes plastic, kunnen worden aangetroffen in het water en kunnen uiteindelijk in de voedselketen terecht komen en mogelijke gezondheidsrisico's voor mensen opleveren. Recente onderzoeken laten zien dat een groot deel van plastic vervuiling niet alleen vanaf land en rivieren afkomstig is, maar zich ook in riviersystemen zelf lijkt op te hopen ((Lebreton et al., 2017; Meijer et al., 2021; Schmidt et al., 2017; van Emmerik et al., 2022). Dit leidt tot zorgen over de impact van plastic op milieu en gezondheid (RIVM, n.d.) en vraagt om aanpak van plastic vervuiling bij de bron in het regionale systeem.

### **1.2.5 Effecten van een veranderend klimaat op gezondheid**

De effecten van klimaatverandering kunnen impact hebben op de gezondheid van mensen; zie ook Figuur 8. Jaarlijks overlijden er enkele honderden mensen meer dan verwacht door de toegenomen temperatuur, zowel in de vorm van hittegolven (hittesterte) als in de vorm van een hogere gemiddelde jaartemperatuur (warmtesterte). Tijdens de hittegolf van 2019 stierven er bijvoorbeeld in een week 400 mensen door hittestress, mogelijk in combinatie met smog. En tijdens de hittegolf in 2020 (dertien dagen, maximumtemperatuur 34,6 graden Celsius) lag het sterftecijfer 9 procent hoger dan gemiddeld (bijna honderd sterfgevallen meer). De economische impact van de gezondheidseffecten van temperatuurstijging is onbekend (Betgen et al., 2024; Van Gaalen et al., 2024).

Een stijgende temperatuur, die samengaat met veranderingen in neerslag, een toename van de overstromingskans en meer natte bufferzones vergroot ook het risico op infectieziekten. Die situatie leidt namelijk tot gunstiger omstandigheden voor bepaalde (nieuwe) infectieziekten en de overbrengers van ziekten, zoals muggen en teken. Door hogere temperaturen, toenemende droogte en hogere CO<sub>2</sub>-concentraties in de lucht duurt het pollenseizoen langer en zijn de pollenconcentraties hoger, waardoor hooikoortsklachten toenemen. Naast fysieke klachten leidt hooikoorts tot ziekteverzuim en verminderde arbeidsproductiviteit (Betgen et al., 2024; Van Gaalen et al., 2024).

Hoge grondwaterstanden kunnen leiden tot water in kruipruimtes en schimmel in gebouwen, wat gezondheidsproblemen kan veroorzaken bij de bewoners, zoals astma en andere luchtwegklachten (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu [RIVM], 2012). Tijdens extreme buien kan afvalwater op straat of in het oppervlaktewater terechtkomen

– door overloop of overstorten – en kunnen mensen door aanraken, inslikken of inademen in contact komen met dat water op straat, met de kans op milde gezondheidsklachten, zoals diarree, overgeven, keelpijn of huidklachten (RIVM, 2015).



*Figuur 8. Effecten op de gezondheid als gevolg van extreem weer in een veranderend klimaat: (a) schimmelplekken in een woning door vocht in Rotterdam (bron: Vriend, 2024. ©Rijnmond); (b) ouderen die verkoeling zoeken tijdens de hittegolf van 2019 in Rotterdam (bron: Rijnmond Redactie, 2019b. ©ANP/Jerry Lampen); (c) vervuild water op straat na de extreme bui van 2021 in Alkmaar (bron: Alkmaar Nieuws, 2021. ©NH Nieuws)*

Zowel extreme klimaatgebeurtenissen (zoals hitte, droogte, wateroverlast, overstromingen, natuurbranden) als de langetermijneffecten van klimaatverandering kunnen ten slotte leiden tot mentale gezondheidsproblemen. Wereldwijd onderzoek laat zien dat kinderen en jongvolwassenen zich zorgen maken om klimaatverandering. In Nederland maakt 65 procent van de mensen zich zorgen om de gevolgen van klimaatverandering. Bekend is dat deze zorgen invloed hebben op de mentale gezondheid en het emotionele welzijn van mensen, maar over wat de impact precies is, is verder nog weinig bekend. Wel blijkt dat als mensen het vertrouwen krijgen dat ze zelf een rol kunnen spelen in het voorbereiden op en tegengaan van klimaatverandering, ze weerbaarder worden tegen de psychische gevolgen ervan (Van Gaalen et al., 2024).

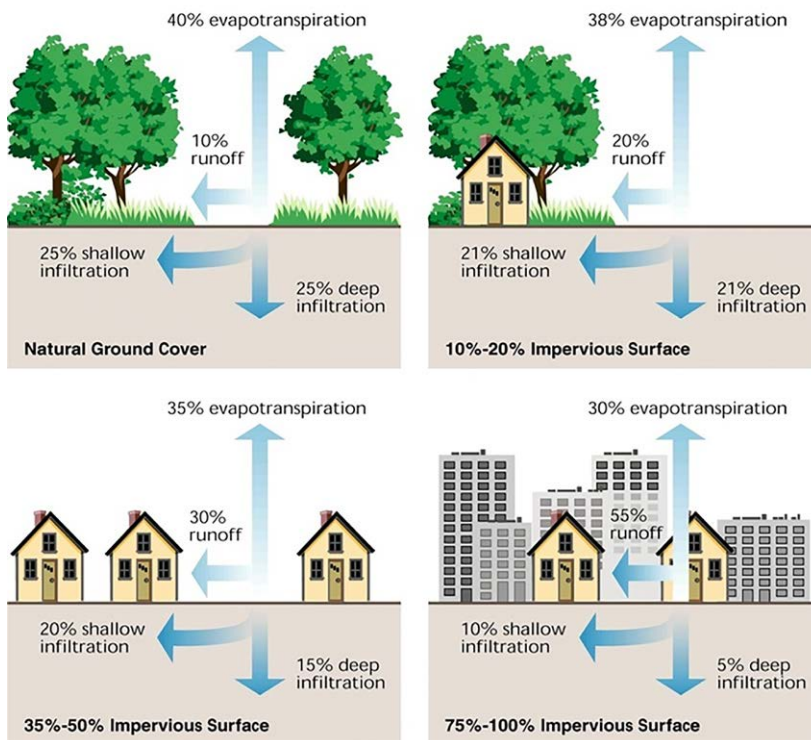
### **1.3 Andere oorzaak van problemen: verstedelijking en verstening beïnvloeden de waterbalans en de watervraag**

Niet alleen het veranderende klimaat is de oorzaak van de steeds grotere effecten van weersextremen in de stad. Een andere oorzaak ligt in diverse maatschappelijke ontwikkelingen die de stedelijke waterbalans en de stedelijke watervraag beïnvloeden, waaronder een verregaande verstedelijking, verdichting en verharding en een toename in stedelijk watergebruik. Menselijk handelen heeft daarnaast impact op de waterkwaliteit.

De laatste decennia is het stedelijk gebied aanzienlijk uitgebreid. Tussen 2000 en 2018 nam het oppervlak verstedend areaal met 15 procent toe, dat is een uitbreiding van 59.494 hectare naar stedelijke functies. Meer dan 20 procent van Nederland was in 2022 bebouwd gebied. Dat gaat niet veranderen, omdat het oplossen van het tekort aan woningen de komende decennia onverminderd als een belangrijke opgave geldt,

met een verdere verstedelijking tot gevolg. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft de doelstelling om 845.000 nieuwe woningen tot 2030 te realiseren, vertaald in een ruimteclaim tussen de 77 vierkante kilometer bij een stedelijke dichtheid van 100 woningen per hectare en 308 vierkante kilometer bij een lage dichtheid van 25 woningen per hectare. Naar verwachting kan een groot deel van de woningbouwopgave door verdichting en transformatie op binnenstedelijke locaties gerealiseerd worden (PBL, z.d.).

Verstedelijking en verstening beïnvloeden de waterbalans (Federal Interagency Stream Restoration Working Group [FISRWG], 1998). Hemelwater kan bij verharde oppervlaktes moeilijk infiltreren in de ondergrond en zo op natuurlijke wijze grondwatervoorraden aanvullen. Minder en kwalitatief slechter stedelijk groen beïnvloedt de stedelijke verdampingsmaat. In het stedelijk gebied spoelt hierdoor een relatief groot deel van het hemelwater af over het oppervlak. Dat werkt problemen met wateroverlast en – indirect en in een later stadium – hitte en droogte in de hand. Waar in een natuurlijke omgeving van de gemiddelde neerslag zo'n 50 procent infiltreert, 40 procent verdampst en 10 procent afstroomt over het oppervlak, lopen die getallen in een hoog-stedelijke omgeving op (tot) 15 procent infiltratie naar de ondergrond, 30 procent verdamping en 55 procent afstroming over het oppervlak (FISRWG, 1998). Zie Figuur 9.



Figuur 9. Effect van verstedelijking en verstening op de stedelijk waterbalans (bron: FISRWG, 1998. ©Onbekend)



In het verleden is er bij de locatiekeuze en ontwikkeling van stedelijk gebied niet altijd rekening gehouden met de lokale fysisch-geografische gebiedskenmerken, zoals water en bodem. Met name tussen circa 1890 en 1970 is de fysische geografie van de gebieden waarin is gebouwd, niet weerspiegeld in de stedelijke structuur, met als gevolg een geringe dichtheid van watergangen, stedelijk bebouwing op slappe bodems en/of stadsontwikkeling in zeer laaggelegen gebieden onder continue kweldruk (Hoogvliet et al., 2012). Zie Figuur 10.

De grondwatervoorraden worden dus minder makkelijk aangevuld, en aan de andere kant neemt de stedelijke watervraag gestaag toe. Een toenemend aantal stedelijke gebruikers en gebruiksfuncties is afhankelijk van voldoende beschikbaar water van voldoende kwaliteit, bijvoorbeeld om structurele schade aan groen te voorkomen, het oppervlaktewater op peil te houden en mogelijke schade aan bebouwing en infrastructuur te voorkomen. Daarbij gaat het om een toename in de watervraag vanuit zowel de keten (drinkwater) als het watersysteem (oppervlakte- en grondwater).

## 1.4 De Rotterdamse opgave

Ook de Rotterdamse stedelijke delta begint de gevolgen van klimaatverandering te merken. Analyses uitgevoerd door Rotterdams WeerWoord – het klimaatadaptatie-programma van de stad – brengen de opgaven helder in beeld, voor de stad als geheel en per wijk (Konings & Rodenburg, 2022; Rotterdams WeerWoord, 2021; Visser & Oosterholt, 2023).

### 1.4.1 Stad en watersysteem

Rotterdam heeft een lange geschiedenis van leven met water. Rond 800 na Christus ontstonden de eerste nederzettingen op de hogere plekken langs de rivier, op de plek van het huidige Rotterdam. Vanaf halverwege de 13e eeuw begonnen waterschappen met de aanleg van waterkeringen om de grilligheid van het water te bedwingen, waaronder de dam in de rivier de Rotte. Dankzij de handel groeide de stad gestaag. Vanaf de 16e eeuw begon men met turfwinning aan de noordzijde van Rotterdam, om in de noodzakelijke brandstof voor de handel te voorzien. De hierdoor ontstane plassen in het gebied tussen Rotterdam en Gouda, soms wel vier meter diep, werden eind 19e eeuw drooggemalen, resulterend in onder andere de droogmakerij Prins Alexanderpolder. De eerste Rotterdamse drinkwaterleidingen dateren uit de tweede helft van de 19e eeuw. In de eerste helft van de 20e eeuw verloren havens en watergangen in de stad hun handelsfunctie. Met de opkomst van de auto werden onder andere de Coolsingel, de Goudsesingel, een groot deel van de Rotterdamse Schie en de Blaak gedempt. In de tweede helft van de 20e eeuw werd het water- en rioolwatersysteem van Rotterdam uitgebreid. Twee grote afvalwaterzuiveringen met een bijbehorend systeem



Figuur 10.: Kenmerkende bouwperiodes van buurten en stedenbouwkundige kenmerken in relatie tot water en bodem (bron: Hoogvliet et al., 2012. ©Deltares)

van gemalen en persleidingen moesten de grote waterkwaliteitsproblemen van de jaren '60 oplossen. Ook werden diverse gemalen voor het oppervlaktewater gebouwd. In 1997 werd de Maeslantkering gerealiseerd. Het beheer van het watersysteem en de waterketen is een gezamenlijke verantwoordelijkheid van de gemeente Rotterdam, de hoogheemraadschappen van Schieland en Krimpenerwaard, Hollandse Delta en Delfland, en drinkwaterbedrijf Evides (Konings & Rodenburg, 2022).

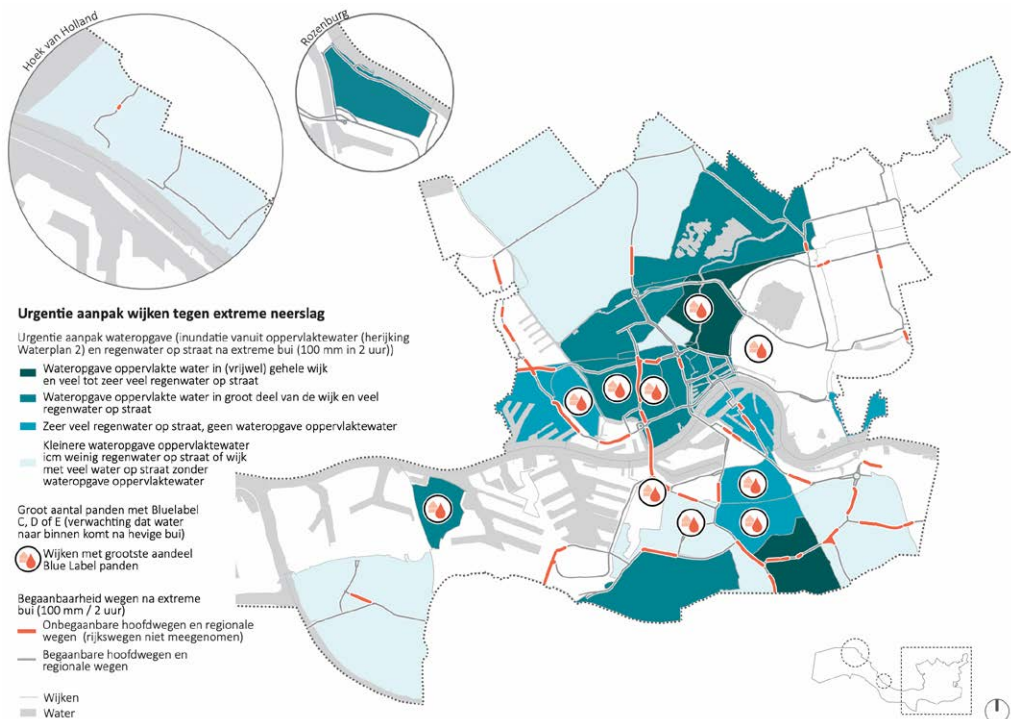
Rotterdam heeft zowel gebieden die boven als gebieden die onder zeeniveau liggen. Langs de rivier ligt de stad relatief hoog (drie meter boven NAP). Het overgrote deel van de stad ligt echter ongeveer een meter onder de zeespiegel, met de laagstgelegen wijken in het noorden, tot wel zes meter onder NAP. De meeste delen van Rotterdam zijn gebouwd op een slappe bodem van veen en klei. Terwijl de zeespiegel stijgt door klimaatverandering, daalt de bodem in Rotterdam, op sommige locaties meer dan een centimeter per jaar (Konings & Rodenburg, 2022).

Het Rotterdamse watersysteem bestaat uit alle voorzieningen die bedoeld zijn voor het inzamelen, verwerken, bergen en transporteren van grondwater, regenwater en oppervlaktewater (exclusief de rivier en afvalwaterriolering). Het waterbeheer in ons land richtte zich de afgelopen eeuwen op het voorkomen van natte voeten. De focus lag daarom lang op het afvoeren van het teveel aan water. Door de toename van extreem weer nemen tekorten aan water echter toe en zijn vergaande problemen met de waterkwaliteit en aquatische ecologie waarschijnlijk (Konings & Rodenburg, 2022). Klimaatverandering stelt nieuwe eisen aan het watersysteem en vraagt om aanpassing in het waterbeheer. Realisatie van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving is hierop een mogelijk antwoord.

#### **1.4.2 Wateroverlast door extreme neerslag**

In de Rotterdamse stedelijke delta valt gemiddeld 10 tot 20 procent meer neerslag dan in de rest van Nederland. De hoeveelheid neerslag in Rotterdam zal in 2050 toenemen tot 1000 millimeter per jaar. De winters worden steeds natter en er zal vaker sprake zijn van extreme neerslaghoeveelheden. Door klimaatverandering wordt de kans op extreem zware regenbuien (140 millimeter in twee uur) twee keer zo groot (Rotterdams WeerWoord, 2021). Wateroverlast door extreme neerslag wordt in Rotterdam met name gevoeld in de sterk verstedelijkte stadswijken rondom het centrum en in het centrum zelf, en is gerelateerd aan de verhardingsgraad van de stad; zie Figuur 11. Gebieden met relatief veel gebouwen die kwetsbaar zijn voor wateroverlast, hebben in veel gevallen ook een hoge verhardingsgraad – soms meer dan 80 procent (Visser & Oosterholt, 2023). Volgens BlueLabel (een initiatief van verzekeraar Achmea, ingenieursbureau Royal HaskoningDHV en wateradviesbureau Nelen & Schuurmans, om inzicht te krijgen in de klimaatrisico's op gebouwniveau) lopen 16.000 gebouwen in Rotterdam risico op wateroverlast, waarvan 716 gebouwen zelfs een zeer hoog risico. Tweeduizend

gebouwen zijn daarnaast extra kwetsbaar in geval van nood (Rotterdams WeerWoord, 2021). Onbegaanbaarheid van wegen door extreme neerslag komt in veel gevallen in dezelfde wijken voor. Wateroverlast in tuinen en parken treedt vooral op in de gebieden van de stad die gevoelig zijn voor bodemdaling en zetting. Door kwel en hoge grondwaterstanden is de sponspotentie (de mogelijkheid van de ondergrond om water op te nemen) in grote delen van de stad laag. Dit geldt onder meer voor bijna heel Rotterdam-Zuid en de diepere polders in Rotterdam-Noord en -Noordoost. Kratingen-Crooswijk en het centrum zijn stadsdelen die prioriteit krijgen bij het uitbreiden van het oppervlaktewatersysteem en zodoende het voorkomen van wateroverlast door overstroming vanuit oppervlaktewater en bij een extreme bui. Hetzelfde geldt voor delen van IJsselmonde (Visser & Oosterholt, 2023).

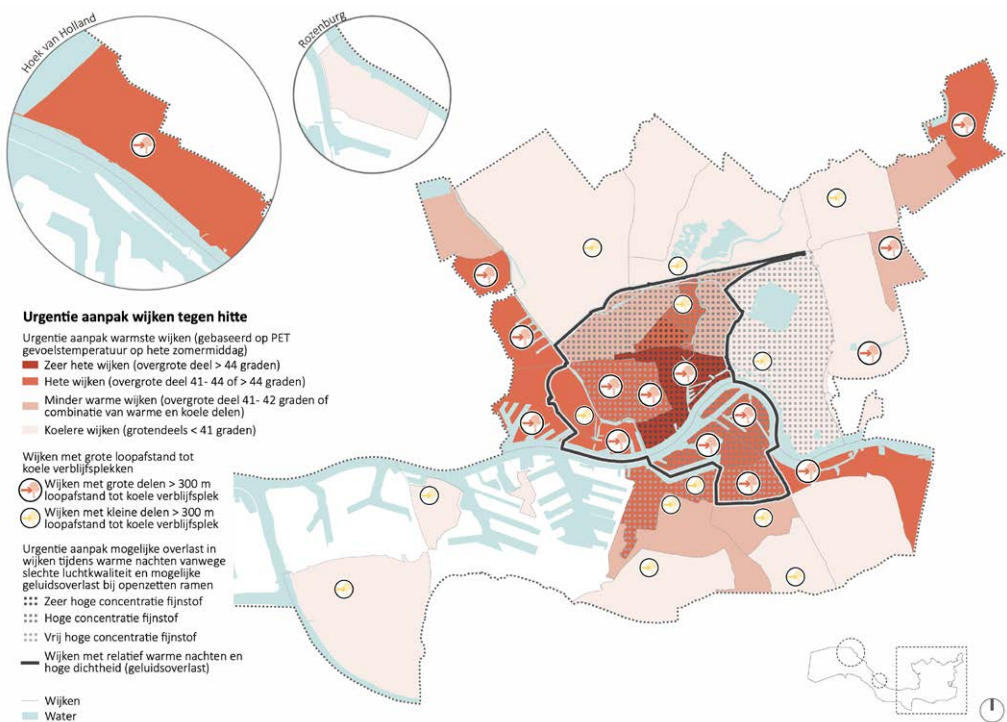


Figuur 11. Aandachtsgebieden inzake extreme neerslag (bron: Visser & Oosterholt, 2023.  
©Defacto Stedenbouw)

### 1.4.3 Hitte

De gemiddelde zomertemperatuur in Rotterdam kan met 2,4 graden Celsius stijgen in de komende dertig jaar. Het aantal zomerse dagen kan daarbij toenemen van 21 naar 41. In 2060 worden er voor Rotterdam gemiddeld meer dan 21 tropische nachten verwacht. Als gevolg van het hitte-eilandeffect kan het in de binnenstad van Rotterdam tien graden warmer worden dan in het omliggende gebied (Rotterdams WeerWoord, 2021). Overlast door extreme hitte wordt in grote delen van de stad in toenemende

mate als problematisch ervaren. Verhoogde luchttemperaturen in het centrum, in de stadswijken en op bedrijventerreinen kunnen mogelijk tropische nachten tot gevolg hebben. De gevoelstemperatuur (dat wil zeggen: de temperatuur die het lichaam ervaart en dient als goede indicatie voor hittestress bij mensen) verschilt in Rotterdam sterk, per buurt en binnen buurten; zie Figuur 12. Met name het centrum en de stadswijken worden hierbij gemarkeerd als zeer hete wijken. De hoogte van de binnentemperatuur is sterk afhankelijk van de karakteristieken van een gebouw, zoals de aanwezigheid van zonwering en de oriëntatie van de gevelopeningen en het dak, maar ook van het gedrag van de bewoners of gebruikers. Met name woningen met een beperkte isolatiewaarde lopen een risico op te sterke opwarming (Visser & Oosterholt, 2023).



Figuur 12. Aandachtsgebieden inzake hitte (bron: Visser & Oosterholt, 2023. ©Defacto Stedenbouw)

Tijdens hete dagen moeten meerdere beweegbare bruggen in Rotterdam handmatig worden gekoeld om te voorkomen dat ze niet meer open of dicht kunnen. Opwarming van drinkwaterleidingen, wat het risico op de groei van ziekteverwekkers verhoogt, is een probleem dat steeds prominenter wordt. Hitte zorgt ten slotte voor een verhoogd risico op achteruitgang van de waterkwaliteit als gevolg van hitte in de boezemwateren Rotte en Schie, de plassen en singels (Visser & Oosterholt, 2023).

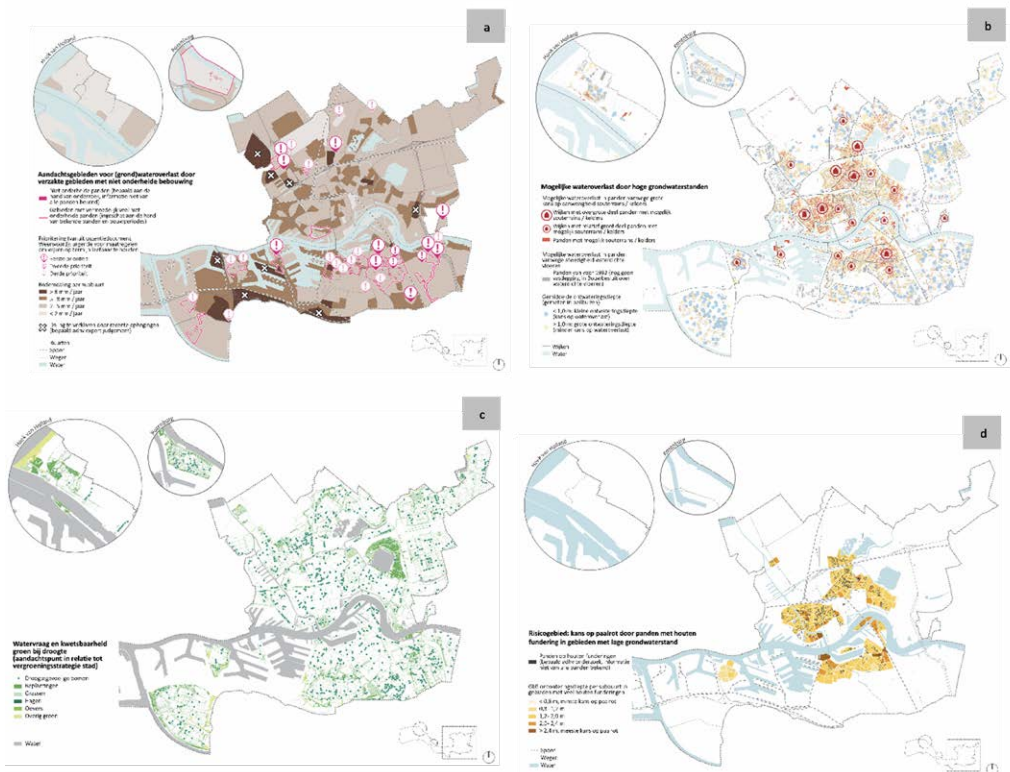


#### **1.4.4 Bodemdaling, droogte en grondwaterproblematiek**

Bodemdaling, droogte en grondwaterproblematiek zijn nauw verwante thema's die veelal in samenspel met elkaar voorkomen; zie Figuur 13 (Visser & Oosterholt, 2023). Rotterdam is gebouwd op een slappe bodem van veen en klei, wat bodemdaling veroorzaakt. Rotterdam zakt met ongeveer tien millimeter per jaar. Dit proces wordt versterkt door menselijk handelen zoals ontwatering, gaswinning en zware bebouwing (Rotterdams WeerWoord, 2021). Vooral ongelijkmatige zetting kan problemen veroorzaken, zoals scheuren in gevels van vooroorlogse panden. Gebouwen die niet gefundeerd zijn, zakken mee met de bodem, wat kan leiden tot scheefstand en scheurvorming. Ook kunnen deze gebouwen dicht bij het grondwater komen te liggen, wat wateroverlast kan veroorzaken. Naar schatting 30.000 panden in Rotterdam zijn niet onderheid en zakken dus met de bodem mee (Rotterdams WeerWoord, 2021; Visser & Oosterholt, 2023). Verzakte rioleringen en wegen functioneren slechter en hebben vaker (elke tien tot twintig jaar) onderhoud nodig, wat kostbaar is (Rotterdams WeerWoord, 2021). Ook stedelijk groen in lage poldergebieden is vatbaar voor wateroverlast, wat de stabiliteit van bomen aantast en recreatief gebruik beperkt (Rotterdams WeerWoord, 2021; Visser & Oosterholt, 2023). Bodemdaling verhoogt op termijn het overstromingsrisico. Gebieden onder de zeespiegel worden beschermd door waterkeringen, maar bij een overstroming neemt in gebieden met bodemdaling de potentiële overstromingsdiepte steeds verder toe. Het wordt bovendien steeds moeilijker om hemelwater uit polders te pompen (Visser & Oosterholt, 2023).

Na langdurige droogte of grondwateronttrekking kunnen lage grondwaterstanden voor problemen zorgen. Naar schatting 120.000 woningen in Rotterdam hebben een houten paalfundering. Dit type fundering kan worden aangetast door schimmels, bacteriën en negatieve kleef. Een juiste grondwaterstand is cruciaal voor deze houten funderingen. De laagste grondwaterstand behoort daarbij twintig tot dertig centimeter boven het hoogste funderingshout te liggen. Het beheer van grondwaterstanden is complex in een stad met grote hoogteverschillen (3,6 meter boven NAP tot 7 meter onder NAP) en een grote variatie in huizen met verschillende funderingstypes (op staal, op palen) (Rotterdams WeerWoord, 2021; Visser & Oosterholt, 2023).

Ook het aanwezige groen in de stad is kwetsbaar voor watertekorten en een achteruitgang in waterkwaliteit als gevolg van droogte. Door zeespiegelstijging en droogte neemt ten slotte de verzilting van oppervlakte- en grondwater toe, wat de ecologische kwaliteit van singels en plassen aantast (Rotterdams WeerWoord, 2021; Visser & Oosterholt, 2023).

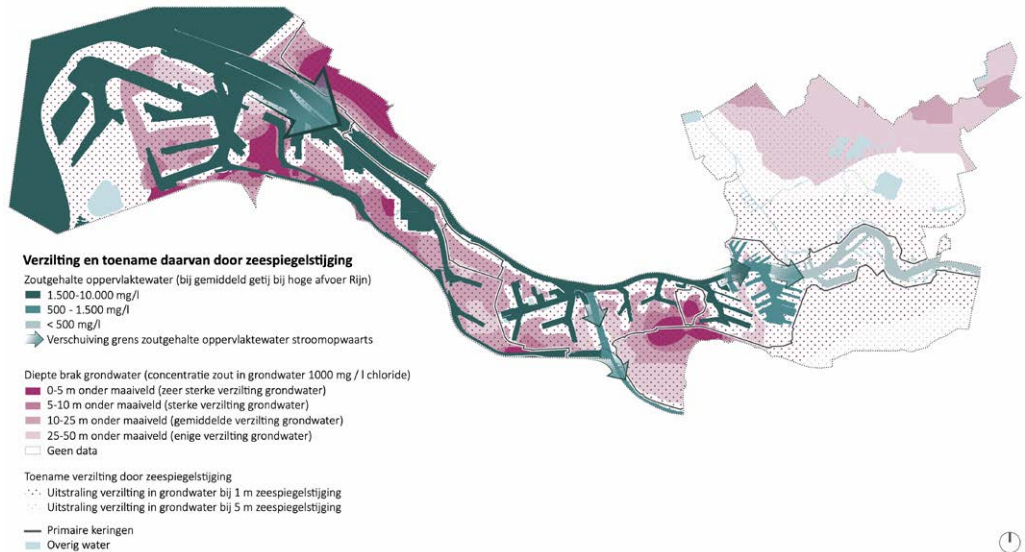


Figuur 13. Aandachtsgebieden inzake bodemdaling, grondwaterproblematiek en droogte: (a) aandachtsgebieden voor grondwateroverlast door verzakte gebieden met niet-ondergrondse bebouwing (bron: Visser & Oosterholt, 2023. ©Defacto Stedenbouw); (b) mogelijke wateroverlast door hoge grondwaterstanden (bron: Visser & Oosterholt, 2023. ©Defacto Stedenbouw); (c) watervraag en kwetsbaarheid groen bij droogte (bron: Visser & Oosterholt, 2023. ©Defacto Stedenbouw); (d) kans op paalrot voor panden met een houten fundering in gebieden met lage grondwaterstand (bron: Visser & Oosterholt, 2023. ©Defacto Stedenbouw)

### 1.4.5 Zeespiegelstijging, overstromingen, zoetwaterbeschikbaarheid en bergingscapaciteit

Een groot deel van het stedelijk gebied van de stad Rotterdam ligt onder NAP en wordt door een systeem van waterkeringen beschermd tegen hoog water vanaf zee en de rivieren. Het buitendijkse gebied wordt niet beschermd door dijken, maar ligt relatief hoog. In 2020 woonden al bijna 50.000 Rotterdammers buitendijks, in 25.000 woningen. De komende dertig jaar komen daar zeker 17.500 nieuwbouwwoningen bij (Rotterdams WeerWoord, 2021). Volgens de KNMI'23-scenario's kan de zeespiegel maar liefst 1,2 meter stijgen in 2100 (Bessembinder et al., 2023). Deze geraamde stijging vormt, zeker in combinatie met hoog water vanaf de rivieren, een reële bedreiging voor het wonen, werken en leven in binnen- en buitendijks gebied en het behoud van kwetsbare en vitale functies en infrastructuur (Visser & Oosterholt, 2023).

Indirect zorgt de zeespiegelstijging bovendien voor een extra opgave ten aanzien van verzilting, waterkwaliteit en de waterbeschikbaarheid tijdens periodes van droogte en uitdagingen ten aanzien van het realiseren van voldoende bergingscapaciteit om perioden van extreme neerslag aan te kunnen; zie figuur 14 (Visser & Oosterholt, 2023).



Figuur 14. Aandachtsgebieden inzake zeespiegelstijging en verzilting (bron: Visser & Oosterholt, 2023. ©Defacto Stedenbouw)

### 1.4.6 Wijkgerichte opgave

Rotterdam is een cultureel en sociaaleconomisch zeer diverse stad met momenteel ongeveer 625.000 inwoners. Zij leven in 14 deelgebieden en 71 wijken, variërend van de Rotterdamse binnenstad (Stadsdriehoek, Cool) en oude stadswijken (Bloemhof, Hillesluis, Afrikaanderwijk, Tarwewijk) tot buitendijks gebied (Van Brienenoord, Noordereiland, Kop van Feijenoord) tot aan de diepe polders (Prins Alexanderpolder) in het noorden van de stad. Deze wijken hebben elk hun eigen karakter en identiteit en worden gekenmerkt door verschillende (klimaat)opgaven. De situatie en opgaven verschillen sterk per wijk en per buurt, of zelfs per straat. Rotterdams Weerwoord heeft met klimaatwijkenkaarten de klimaatopgaven voor alle afzonderlijke Rotterdamse wijken in kaart gebracht voor de volgende zes thema's: neerslag, overstroming, hitte, droogte, grondwater en bodemdaling (Visser & Oosterholt, 2023; Verlinde et al., 2023). Over de gehele stad bezien kunnen er daarnaast vier overkoepelende wijkgerichte opgaven (Figuur 15) worden gedefinieerd (Konings & Rodenburg, 2022), te weten:

1. **Verdichting hoogstedelijk gebied.** Naar schatting groeit de bevolking van Rotterdam tot 2030 met 50.000 inwoners. Een groot deel van de daarvoor benodigde woningen zal in hoogstedelijke gebieden komen te liggen (zoals de Stadsdriehoek en Cool). Dit betekent dat er meer mensen op hetzelfde oppervlak van de stad zullen wonen. Momenteel is het aantal aangename openbare ruimtes in het centrum al beperkt. Het oppervlak aan aantrekkelijke openbare ruimte voor recreatie en ontspanning zou idealiter moeten meegroeien met het aantal bewoners en werkenden in het gebied.
2. **Vitaliteit oude stadswijken.** Oude stadswijken, zoals Bloemhof, Hillesluis, Afrikaanderwijk en Tarwewijk, zijn voor de oorlog ontwikkeld. Er is relatief weinig openbare ruimte. Straten zijn vaak smal, oppervlaktewater is beperkt aanwezig en grotere groene plekken, parken of groenstructuren ontbreken. Door het veranderende klimaat worden de gebouwen in deze wijken steeds kwetsbaarder voor toekomstige klimaatextremen, met het risico dat woningen onbewoonbaar worden, wat grote gevolgen heeft voor de eigenaren. Vanwege de toestand van de fundering, de kwaliteit van wonen en de energieopgave zijn in de afgelopen decennia door grote vastgoedeigenaren al veel panden en bouwblokken in de oude stadswijken gesloopt en vervangen door betere bebouwing. Een groot deel van de particuliere eigenaren is echter niet in staat maatregelen te nemen en accepteert de huidige stress, overlast en schade.
3. **Toekomstbestendigheid buitendijks gebied.** Rotterdammers die wonen en werken in buitendijkse gebieden, zoals het Noordereiland, worden steeds vaker geconfronteerd met hoge waterstanden door de stijgende zeespiegel. Nieuwbouw en bestaande bouw hebben steeds meer maatregelen nodig om deze problemen het hoofd te bieden.
4. **Wonen en werken diepe polders.** In Rotterdam zijn er gebieden waar mensen enkele meters onder de zeespiegel wonen en werken. In de diepe polders, zoals de Prins Alexanderpolder, is relatief veel oppervlaktewater en groen aanwezig en zijn de grondwaterstanden hoog. De bebouwing in deze gebieden is relatief jong en staat voornamelijk op betonnen paalfunderingen, met enkele oude linten en kleine gebieden als uitzondering. Zowel zeespiegelstijging en een toenemende kans op overstromingen als bodemdaling en de daarmee gepaard gaande gevolgen van extreme neerslag, hitte en droogte tasten de toekomstbestendigheid van deze diepe polders aan.



Figuur 15. Visualisatie van de vier wijkgerichte opgaven in de Rotterdamse stedelijke delta: (a) verdichting van hoogstedelijk gebied (Archined, z.d.. ©Studio Hans Wilschut); (b) vitaliteit van oude stadswijken (NOS Nieuws, 2021. ©Rijnmond); (c) toekomstbestendigheid van het buitendijkse gebied (Groenendijk, 2023. ©MediaTV); (d) wonen en werken in diepe polders (bron: Palmbout Urban Landscapes, z.d. ©Palmbout Urban Landscapes)







# Een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving als antwoord

Zomer 2051 – In de zomer van 2051 wordt Rotterdam getroffen door extreem weer dat de stad zwaar op de proef stelt. Hittegolven en hevige regenbuien wisselen elkaar af, resulterend in zowel droogte als wateroverlast. Dankzij jarenlange inspanningen op het gebied van klimaatadaptatie is Rotterdam echter goed voorbereid op deze uitdagingen.

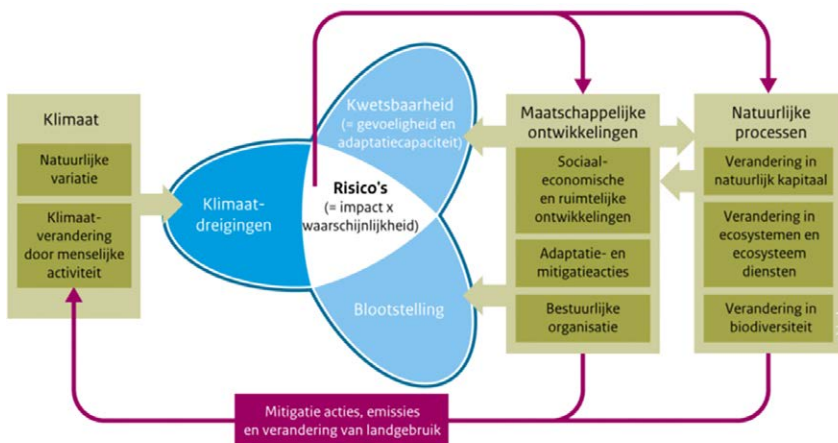
Begin juli 2051 ervaart Rotterdam een intense hittegolf die weken aanhoudt. Temperaturen stijgen dagelijks boven de 35 graden Celsius en de stad kampt met extreme droogte. Het stedelijke hitte-eilandeffect is merkbaar, vooral in dichtbebouwde wijken. Maar Rotterdam heeft jarenlang geïnvesteerd in maatregelen om de impact van dergelijke hittegolven te verminderen. Groene daken en gevels bedekken nu een aanzienlijk deel van de stad. Deze vegetatie koelt de lucht via verdamping en biedt schaduw, waardoor de temperatuur in de stad met enkele graden wordt verlaagd. Daarnaast helpen groene daken bij het vasthouden van regenwater, wat cruciaal is tijdens droge periodes. Rotterdam heeft diverse koelcentra ingericht, vooral in dichtbebouwde en kwetsbare wijken. Deze centra, uitgerust met airconditioning en waterfonteinen, bieden bewoners een toevluchtsoord tijdens extreme hitte. Ze zijn strategisch geplaatst nabij parken en groene ruimtes, wat de omgeving nog aangenamer maakt. De vele klimaatpleinen in de stad, zoals het Zuidplein, het Driehoekspein en bij Spangen, spelen een cruciale rol tijdens droogte. Deze pleinen vangen regenwater op tijdens natte periodes, dat vervolgens kan worden gebruikt voor irrigatie van stadsparken en groene zones. Dit zorgt ervoor dat de stad ook bij droogte groen en leefbaar blijft.

Halverwege augustus, net als de hittegolven beginnen af te nemen, wordt Rotterdam getroffen door intense regenbuien. Binnen enkele uren valt er meer regen dan normaal in een maand. Dankzij de robuuste groenblauwe en grijze infrastructuur en doordachte watermanagementsystemen is de stad echter voorbereid op deze stortbuien en werkt zij als een spons. De aanleg van veertig hectare groen betaalt zich uit: groene straten (West-Blak) en pleinen (Hofplein) spelen een cruciale rol bij het infiltreren en bergen van regenwater in de bodem. Aanvullend zijn in heel Rotterdam doorlaatbare bestrating, regenwater-infiltratiesystemen en ondergrondse wateropslagsystemen geïnstalleerd, waardoor de druk op het rioolstelsel wordt verminderd en overstromingen worden voorkomen. De stad heeft de afgelopen decennia geïnvesteerd in het herstellen van natuurlijke waterwegen en het aanleggen van retentiebekkens. Deze bekkens vangen overtollig regenwater op en laten het geleidelijk weer vrij, wat helpt om plotselinge piekafvoeren te beheersen. Overstromingsgebieden langs rivieren en kanalen bieden extra bescherming tegen overstromingen. De innovatieve drijvende wijken in Rotterdam, zoals die in de Nassauhaven, bewijzen hun waarde tijdens de hevige regenbuien. Deze wijken passen zich aan de veranderende waterstanden aan, waardoor bewoners veilig zijn. Flexibele bouwconstructies zorgen ervoor dat gebouwen bestand zijn tegen zowel droogte als wateroverlast.

Rotterdams succes in klimaatadaptatie is te danken aan de nauwe samenwerking tussen overheid, het bedrijfsleven, onderzoekers en burgers. Slimme technologieën en sensornetwerken monitoren voortdurend de waterstanden, neerslag, temperatuur, waterkwaliteit en luchtkwaliteit in de stad. Deze real-time data helpt de gemeente om snel en effectief te reageren op extreme weersomstandigheden. De Rotterdamse bevolking is bovendien goed geïnformeerd over klimaatverandering, weersextremen en de noodzakelijke maatregelen. Educatieprogramma's en publieke campagnes hebben ervoor gezorgd dat bewoners weten hoe ze kunnen bijdragen aan waterbesparing, hoe ze schade door wateroverlast kunnen minimaliseren en hoe ze moeten handelen tijdens een extreme gebeurtenis. In de zomer van 2051 toont Rotterdam dat steden met proactieve en innovatieve klimaatadaptatiemaatregelen veerkrachtig kunnen reageren op de extremen van klimaatverandering. Met groene infrastructuur, slimme technologie en sterke gemeenschapsbetrokkenheid heeft Rotterdam niet alleen de uitdagingen van droogte en wateroverlast overwonnen, maar is het een inspirerend voorbeeld geworden voor stedelijke klimaatadaptatie wereldwijd.

## 2.1 Klimaatrisico: het samenspel tussen klimaatdreiging, blootstelling, kwetsbaarheid, veerkracht en adaptatiecapaciteit

Het stedelijk gebied is kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering. Niets doen heeft tot gevolg dat er tot 2050 voor 71 miljard euro of meer aan klimaatschade kan ontstaan (Coalitie Klimaatbestendige Stad, 2013; De website [www.klimaatschadeschatter.nl](http://www.klimaatschadeschatter.nl) geeft een overzicht van de kosten in verschillende categorieën). Het aanpakken van de oorzaken én gevolgen van klimaatverandering is dus cruciaal. Het nemen van maatregelen om de omvang en snelheid van opwarming van de aarde te beperken, noemen we mitigatie. Adaptatie betreft het aanpassen van de omgeving en het gedrag van mensen, om de risico's die gepaard gaan met een veranderend klimaat, zoveel mogelijk te beperken. Adaptatie (aanpassing) aan een veranderend klimaat is nu al nodig, maar des te meer als voorbereiding op de verwachte toename van klimaatrisico's in de toekomst. Steden moeten in de toekomst voldoende veerkrachtig zijn om deze extremen het hoofd te kunnen bieden. Een klimaatbestendige inrichting, beheer en organisatie van de stad en samenleving kan deze veerkracht vergroten (Witmer et al., 2023).



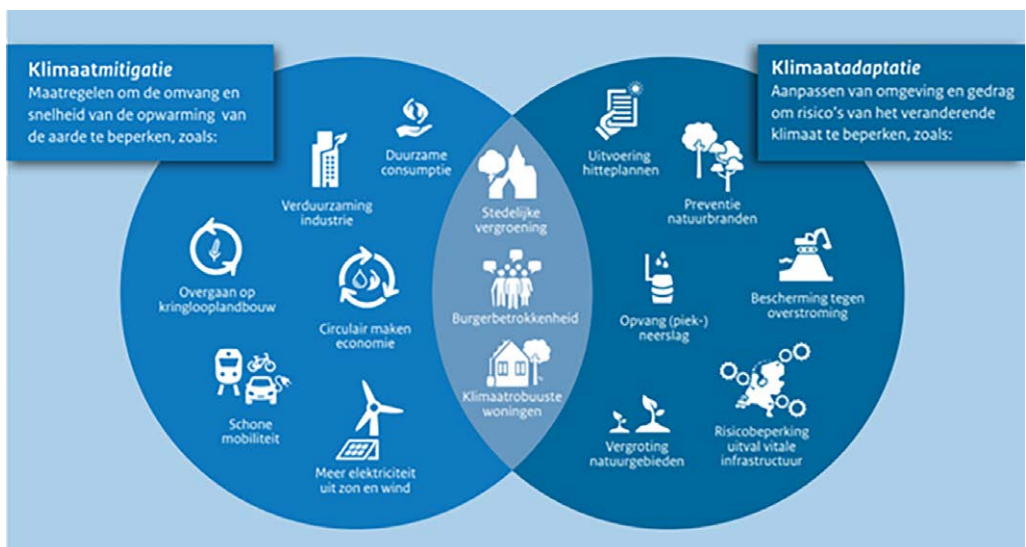
Bron: IPCC WGII 2014; bewerking PBL

Figuur 16. Conceptueel raamwerk rondom het begrip klimaatrisico (bron: Witmer et al., 2023; bewerking van: IPCC, 2014. ©PBL)

*Klimaatrisico* is gedefinieerd als de potentiële negatieve gevolgen voor de mens, maatschappij en ecosysteem. Het klimaatrisico is daarbij het resultaat van het samenspel tussen de aard, de omvang, de intensiteit en het moment van een klimaatdreiging, in combinatie met de blootstelling en kwetsbaarheid van het systeem; zie Figuur 16. *Klimaatdreiging* is de mogelijkheid dat een fysiek, klimaat- of weergeerelateerd fenomeen met de potentie om schade te veroorzaken, optreedt. De omvang van de klimaatdreiging is afhankelijk van de intensiteit, de geografische spreiding en de duur van het klimaatfenomeen, en de waarschijnlijkheid dat het fenomeen optreedt. Een klimaatdreiging die daadwerkelijk optreedt, wordt een *klimaatgebeurtenis* genoemd.

De term *blootstelling* betreft hier datgene wat is blootgesteld aan de klimaatdreiging. Dit is iets van waarde – zoals mensen, mogelijkheden voor levensonderhoud, soorten, ecosystemen, infrastructuur of economische, sociale of culturele belangen – wat in gevaar kan worden gebracht door een klimaatdreiging. De omvang van het gebied dat met een klimaatdreiging te maken krijgt en de inwonersaantallen, bevolkingsdichtheid of economische, sociale of culturele waarde van de bebouwing, bepalen onder andere de mate van blootstelling. *Kwetsbaarheid* is de gevoeligheid voor een klimaatdreiging en de adaptatiecapaciteit om deze dreiging het hoofd te bieden. Factoren die de blootstelling en kwetsbaarheid beïnvloeden, zijn bijvoorbeeld sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen en de bestuurlijke organisatie (IPCC, 2014; Witmer et al., 2023).

*Veerkracht* is het vermogen van systemen, instituties, gemeenschappen, organisaties, mensen of organismen om te anticiperen op een klimaatdreiging, zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen. *Adaptatiecapaciteit* is een onderdeel van veerkracht en betreft het bewustzijn van en de aandacht voor het klimaatrisico in beleid, de aanwezigheid van plannen voor adaptatie, en de flexibiliteit en omloopsnelheid en/of levensduur van investeringen in het systeem dat moet worden aangepast door technische, organisatorische, bestuurlijke, financiële en politieke factoren. *Adaptatie* is het proces van aanpassing aan werkelijke of mogelijke klimaateffecten, om schade te beperken of te voorkomen en kansen te benutten. Op basis van de klimaatrisico's en adaptatiecapaciteit kunnen adaptatiemaatregelen en -beleid worden ontwikkeld. Klimaatadaptatie kan daarbij bestaan uit maatregelen gericht op bewustwording, preventie, gevolgbeperving, crisisbeheersing en herstel; zie Figuur 17 (Witmer et al., 2023).



Figuur 17. Samenspel tussen klimaatmitigatie en klimaatadaptatie (bron: Ministerie IenW, 2023a. ©Helder en Duidelijk)

## 2.2 Een klimaatbestendig en waterrobuust Nederland in 2050: ambitie, beleid en uitvoering

De rijksoverheid werkt samen met andere overheden aan klimaatadaptatie. De basis daarvoor wordt gevormd door het 'Deltaprogramma' en de 'Nationale klimaatadaptatiestrategie'; zie Figuur 18 (Ministerie van Infrastructuur en Milieu [IenM], 2016; Ministerie van IenW, 2023a; Ministerie van IenW et al, 2022 en 2023). Een onderdeel hiervan is het aanpassen van de ruimtelijke inrichting en het beheer van het land aan de gevolgen van klimaatverandering (Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie). De ambitie is dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht (Ministerie van IenM, 2016; Ministerie van IenW et al., 2022 en 2023a en b). Bij (her)ontwikkelingen wordt, voor zover dat redelijkerwijs haalbaar is, voorkomen dat het risico op schade en slachtoffers door overstromingen of extreem weer toeneemt. Een gezond en toekomstbestendig bodem- en watersysteem is hierbij essentieel (Ministerie van IenW, 2022b, 2023; Ministerie van IenW et al., 2022 en 2023a en b).



Figuur 18. Samenhang tussen het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie en de Nationale klimaatadaptatiestrategie (bron: Ministerie van IenW et al., 2022. ©PosadMaxwan)

### Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie

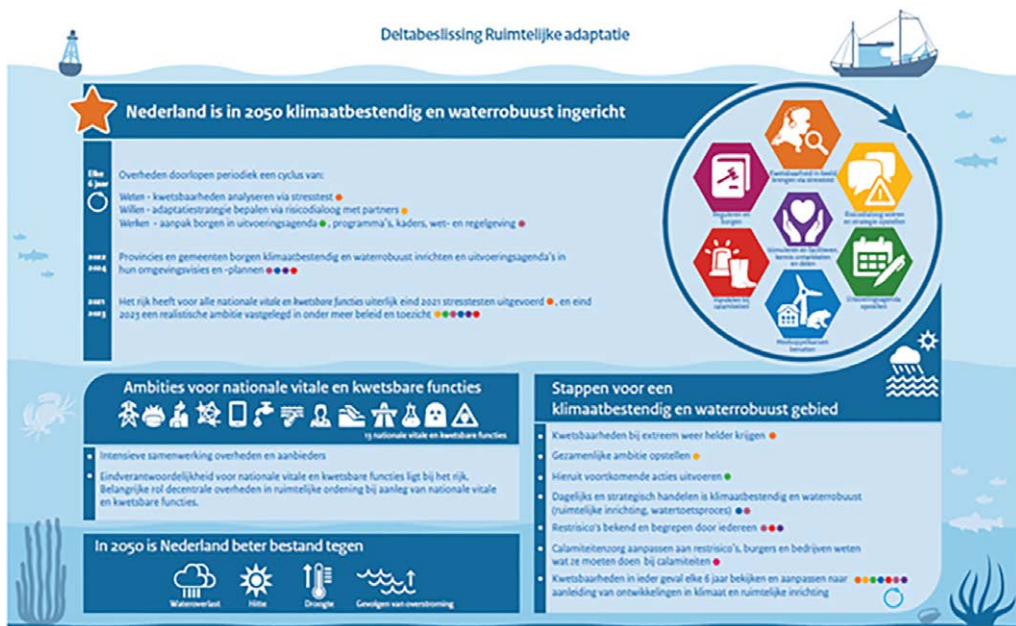
Gemeenten hebben zich gecommitteerd aan de ambitie om Nederland in 2050 zo goed mogelijk klimaatbestendig en waterrobuust te hebben ingericht. Het gaat daarbij om het verminderen van de kwetsbaarheid van de leefomgeving voor de gevolgen van klimaatverandering, zoals wateroverlast, droogte en hittestress. Binnen het 'Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie' (DPRA) werken het rijk, provincies, gemeenten, waterschappen en andere organisaties aan de uitvoering van deze ambitie (Ministerie van IenM, 2016; Ministerie van IenW et al., 2020, 2022 en 2023a en b).



De uitvoering van het DPRA gebeurt aan de hand van de zeven ambities uit het 'Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie' (Ministerie van IenW et al., 2020, 2022 en 2023a en b). Een gebied is uiteindelijk klimaatbestendig en waterrobuust ingericht als aan de volgende vereisen is voldaan (Ministerie van IenW et al., 2020, 2022 en 2023a en b):

- De kwetsbaarheden voor extreme omstandigheden in een gebied, inclusief de vitale en kwetsbare functies, zijn bekend door het uitvoeren van stresstesten (1. Kwetsbaarheid in beeld).
- Er ligt een gezamenlijke ambitie, die de betrokken overheden, maatschappelijke organisaties, bedrijven, beheerders en bewoners gezamenlijk hebben vastgesteld, met oog voor het lokale en regionale handelingsperspectief en vanuit een gedeeld beeld van de kosten en de baten. Hieruit voortgekomen acties zijn uitgevoerd (2. Risicodialoog voeren; 3. Uitvoeringsagenda opstellen; 4. Meekoppelkansen benutten).
- Een klimaatbestendige en waterrobuuste inrichting realiseren maken deel uit van het dagelijks en strategisch handelen van met name overheden (5. Stimuleren en faciliteren; 6. Reguleren en borgen).
- De restrisco's (dat wil zeggen: de kwetsbaarheden die niet kunnen worden opgelost) zijn bekend en begrepen – bij overheden, bedrijven en burgers.
- De calamiteitenzorg en het maatschappelijk herstelvermogen zijn aangepast aan de restrisco's, en waar nodig zijn burgers en ondernemers bekend met hun persoonlijke handelingsperspectief in geval van een calamiteit (7. Handelen bij calamiteiten).
- De kwetsbaarheid van een gebied wordt opnieuw bekeken en zo nodig aangepast als daar aanleiding voor is, op basis van ontwikkelingen in het klimaat of in de ruimtelijke inrichting. Dit gebeurt in ieder geval elke zes jaar.

Om het proces naar een klimaatbestendige en waterrobuuste inrichting goed te organiseren zijn verschillende tussendoelen en stappen vastgelegd in de herijkte 'Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie 2021'; zie figuur 19 (Ministerie van IenW et al., 2020, 2022 en 2023a en b). Zo zorgen provincies sinds in 2021 voor borging in de provinciale omgevingsvisies en zijn stresstesten uitgevoerd voor de nationale vitale en kwetsbare functies. Eind 2023 is een realistische ambitie geformuleerd en vastgelegd in beleid en toezicht of in een andere passende vorm. Uiterlijk in 2024 zorgen gemeenten voor borging in gemeentelijke omgevingsvisies. Het DPRA en het 'Bestuursakkoord klimaatadaptatie' stimuleren en faciliteren dit proces met kennisontwikkeling en met een financiële impulsregeling (Ministerie van IenW et al., 2020, 2022 en 2023a en b). Sinds 2018 zijn gemeenten en andere decentrale overheden aan de slag met de uitwerking van deze zeven DPRA ambities. Zo hebben gemeenten inmiddels stresstesten gedaan en risicodialogen gevoerd. Op dit moment zijn gemeenten hard aan de slag met het opstellen en uitvoeren van de lokale (of regionale) uitvoeringsagenda. De voortgang in de uitvoering verschilt, tussen gemeenten en per klimaatopgave.



Figuur 19. Herijekte Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie (bron: Ministerie van IenW et al., 2022. ©PosadMaxwan)

## Nationale klimaatadaptatiestrategie

De 'Nationale klimaatadaptatiestrategie' (NAS) geeft handen en voeten aan de ambitie om in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust te zijn. De NAS, vastgesteld in 2016 en te herzien in 2026, biedt een integraal beleidskader voor klimaatadaptatie. De NAS richt zich op negen sectoren, waaronder water en ruimte, landbouw, gezondheid en infrastructuur. De NAS bevordert samenwerking en integratie van klimaatadaptatie in verschillende beleidsgebieden (Ministerie van IenM, 2016; Ministerie van IenW, 2022a; Ministerie van IenW et al., 2023a).

Als onderdeel van de NAS en in aanvulling op het DPRA werkt het ministerie van BZK aan het 'Actieprogramma klimaatadaptatie gebouwde omgeving' (Ministerie van IenW, 2022a; Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties [BZK] et al., 2022). Het actieprogramma geeft inzicht in de inzet van het rijk rond klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving. De vier belangrijke dreigingen van klimaatverandering (wateroverlast, hitte, droogte en overstroming) komen hierin aan de orde. Het actieprogramma geeft invulling aan een klimaatbestendige inrichting in de gebouwde omgeving voor 2050 (Ministerie van IenW, 2022a; Ministerie van BZK et al., 2022). Verschillende onderdelen die ook in het actieprogramma zullen komen, zijn al in de fase van uitvoering (Ministerie van BZK et al., 2022). Op basis van een risicodialog en een rapport over de knelpunten in (bouw)regelgeving, is de handreiking 'Decentrale

regelgeving klimaatadaptief bouwen en inrichten' vastgesteld (Meijaard et al., 2022). Deze handreiking laat aan de hand van concrete voorbeelden zien wat er binnen decentrale regelgeving mogelijk is aan klimaatadaptief bouwen en inrichten (Meijaard et al., 2022).

In 2022 is de NAS in opdracht van het ministerie van IenW geëvalueerd (Ministerie van IenW, 2022a). In de evaluatie worden aanbevelingen gedaan om de uitvoering van de NAS te versnellen, onder andere door doelen concreter te maken, de uitvoering meer te monitoren en duidelijkere afspraken te maken (Ministerie van IenW, 2022a). Maar ook door meer te kijken naar de gevolgen van klimaatverandering voor mens, cultuur en natuur. Om de uitvoering van de NAS te versnellen is in 2023 het 'Nationaal Uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie' opgesteld (Ministerie van IenW et al., 2023a). Om Nederland op tijd klimaatbestendig te krijgen, moet volgens dit programma het klimaatadaptatiebeleid slimmer, intensiever en inclusiever worden:

- **Slimmer.** Op basis van de KNMI'23-scenario's zullen veel partijen hun klimaatrisico's opnieuw inschatten. Om het klimaatadaptatiebeleid slimmer te krijgen, is ook kennisdeling en het toepasbaar en toegankelijk maken van kennis van belang.
- **Intensiever.** Er zijn verschillende programma's om klimaatadaptatie standaard mee te nemen in ontwerpen en processen, zoals het programma 'Water en bodem sturend' en de 'Nationale aanpak klimaatadaptatie gebouwde omgeving'. Duidelijke doelen stellen en helder definiëren wat 'klimaatbestendigheid' in de praktijk precies inhoudt, gaat daarbij helpen; ook om te komen tot ontwerpnormen, standaarden en protocollen. Daarnaast vraagt versnelling van de NAS om een intensieve aanpak om te komen tot een heldere verdeling van verantwoordelijkheden en voldoende capaciteit bij uitvoeringsorganisaties.
- **Inclusiever.** voor en door iedereen. Een klimaatbestendig Nederland kan alleen samen bereikt worden. Bij deze transitie moet iedereen betrokken worden en mag niemand achterblijven. Dit is niet alleen een publieke opgave, er dient ook actief te worden samengewerkt met marktpartijen en inwoners.

### Kamerbrief 'Water en bodem sturend'

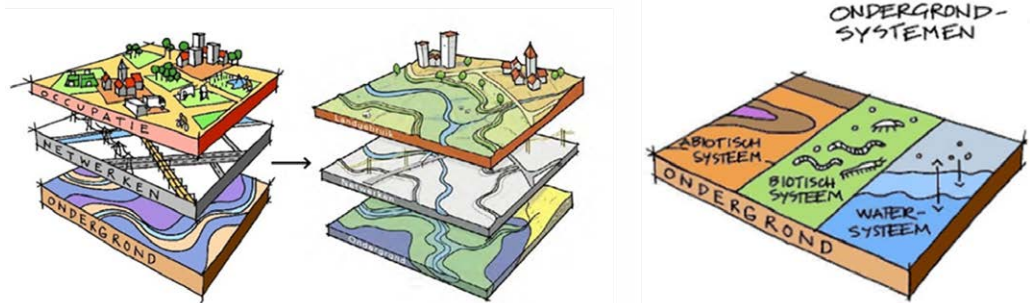
Om Nederland zo goed mogelijk aan te passen aan het veranderende klimaat, ook na 2050, moet het water- en bodemsysteem een meer sturende rol krijgen bij de ruimtelijke ordening; zie Figuur 20 voor een overzicht van de lagen in het water- en bodemsysteem (Ministerie van IenW, 2022b, 2023; Rli, 2024b). Dit geldt voor de keuze *waargebouwd* gaat worden én *de manier waarop* gebouwd gaat worden. Hiermee kan worden voorkomen dat er nu investeringen gedaan worden die later niet wenselijk blijven en waarbij er in de toekomst veel kosten gemaakt moeten worden om schades en gevolgen te compenseren. In november 2022 is vanuit het ministerie van IenW de kamerbrief 'Water en bodem sturend' gepubliceerd, met daarin 33 structurerende keuzes die richting geven aan het beleid om het water- en bodemsysteem een meer sturende rol te

geven (Ministerie van IenW, 2022b). Specifiek voor de gebouwde omgeving zijn de volgende structurerende keuzes geformuleerd:

- We maken de risico's van overstromingen, wateroverlast, bodemdaling en drinkwaterbeschikbaarheid sturend bij de locatiekeuze en inrichting van woningbouw. Provincies nemen in hun ruimtelijke arrangementen het (concept) richtinggevend kader mee.
- We benutten locaties waar in de toekomst ruimte nodig is voor waterberging, rivierafvoer en toekomstige dijkversterkingen niet (meer) voor bebouwing.
- We passen de 'Maatlat voor een klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving' (Valkenburg et al., 2022) toe. Daarmee ontwikkelen we gebieden klimaatbestendiger.
- Overheden sturen op zo min mogelijk afdekking van de bodem. Daarmee reduceren ze hittestress en bevorderen ze waterinfiltratie binnen het bebouwde gebied.

Het 'Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving' is de eerste landelijke uitwerking van het principe dat water en bodem sturend moeten zijn bij de ontwikkeling van nieuw stedelijk gebied (Kolen et al., 2023).

In 2023 is een landelijke strategie en interbestuurlijke uitvoeringsagenda opgesteld en bestuurlijk vastgesteld. Veel gemeenten zijn in 2023 op zoek gegaan naar duiding en een praktische vertaling van de 33 structurerende keuzes en maatregelen uit de kamerbrief van eind 2022. In een traject dat in 2024 doorloopt, identificeren verschillende gemeenten uit meerdere regio's hoe de opgaven uit 'Water en bodem sturend' een praktische invulling kunnen krijgen (Ministerie van IenW, 2023).

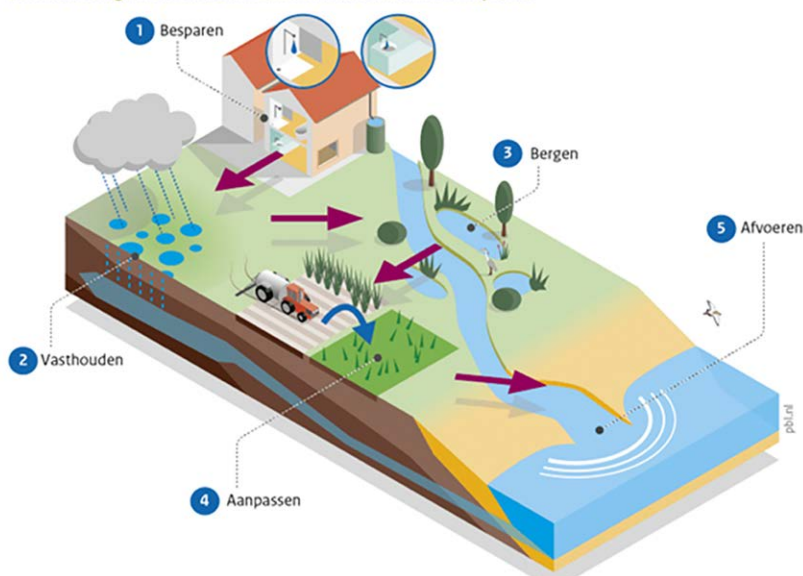


Figuur 20. Ontwikkeling in de lagenbenadering van ondergrond, netwerken en landgebruik naar 'Water en bodem sturend', met daarbij de ondergrondslaag (water- en bodemsysteem) sturend in de ontwikkeling en inrichting van gebied (bronnen: Ruimte met Toekomst, z.d. ©www.ruimtemettoekomst.nl/ Peter Dauvellier; Deltares et al., 2021. ©Deltares; Interprovinciaal Overleg, 2023. ©Onbekend)

## 2.3 Stad als spons: maatregelen op het niveau van gebouw, straat, wijk en systeem

Sinds de 19e eeuw is het water- en rioleringssysteem in Nederland erop gericht om regenwater zo snel mogelijk af te voeren (Ministerie van IenW et al., 2023a). Doordat het aantal droge perioden toeneemt en de droogte ook steeds langer aanhoudt, komt de beschikbaarheid van zoet water in de stad steeds meer onder druk te staan (Bartholomeus et al., 2023a en b). De grote hoeveelheid verhard oppervlak in steden bemoeilijkt het vasthouden van water, terwijl de stad dat water hard nodig heeft. Bomen en planten kunnen niet zonder water, terwijl bomen schaduwrijke plekken creëren die heel welkom zijn als het warmer wordt. Water is ook nodig voor het voldoende nat houden van houten funderingspalen. De wateropgave wordt versterkt doordat het proces van verstedelijking – en daarmee dus de verharding – nog steeds doorgaat. Behalve droger wordt het ook vaker natter, en perioden van extreme neerslag zorgen voor problemen. Onze systemen zijn er niet op ingericht om grote hoeveelheden water in zeer korte tijd te verwerken, wat regelmatig tot wateroverlast kan leiden. Volgelopen rioleringen storten vaker een combinatie van regen- en afvalwater over op oppervlaktewater, met als gevolg een dalende waterkwaliteit (Ministerie van IenW et al., 2023a).

Voorkeursvolgorde waterbeheer in het licht van klimaatadaptatie



Figuur 21. Voorkeursvolgorde in het waterbeheer in het licht van klimaatadaptatie (bron: Hamers et al, 2021. ©PBL)



Deze problematiek vraagt om een herziening van de waterkringloop in onze steden (Hamers et al., 2021; Ministerie van IenW, 2019; Ministerie van IenW et al., 2023a). Overheden moeten leren van het verleden en – net als vroeger – de ontwikkeling van steden weer beter aan laten sluiten op de natuurlijke omstandigheden. De waterkringloop wordt hersteld door de stad meer als een spons te laten werken. Het regenwater moet worden vastgehouden op locaties waar het water- en bodemsysteem daar geschikt voor is. Die reservoirs maken het dan mogelijk om water bij extreme neerslag vertraagd af te voeren en zo schade te voorkomen. In tijden van droogte kunnen de waterreserves voor allerlei doeleinden worden gebruikt (Ministerie van IenW et al., 2023a). Zie figuur 21 voor de voorkeursvolgorde in het waterbeheer: in volgorde van belangrijkheid moet er met betrekking tot water het volgende worden gedaan (Hamers et al., 2021; Ministerie van IenW et al., 2023a):

- 1. Benutten en besparen.** Klimaatadaptatie in stedelijke gebieden gericht op het benutten en besparen van (regen)water is cruciaal gezien de toenemende druk op watervoorraden door klimaatverandering en verstedelijking (Hamers et al., 2021; Ministerie van IenW et al., 2023a). Strategieën en maatregelen die kunnen helpen om water te benutten en te besparen, zijn onder meer (MWH, 2012): de implementatie van systemen voor regenwateropvang op gebouwen en in openbare ruimtes, zoals regentonnen, groene daken en regenwaterbassins; de installatie van grijswatersystemen in gebouwen om afvalwater van douches, wastafels en wasmachines op te vangen en te behandelen voor hergebruik; de inzet van waterbesparende technologieën in gebouwen en infrastructuur, zoals waterbesparende apparaten, lekdetectiesystemen en slimme irrigatiesystemen voor groenvoorziening; het gebruik van waterzuiveringstechnologieën die het mogelijk maken om afvalwater te behandelen tot hoogwaardig herbruikbaar water. Ook het vergroten van bewustwording onder bewoners, bedrijven en instellingen van het belang van waterbesparing, praktische manieren om waterverbruik te verminderen en gedragsverandering dragen bij aan het benutten en besparen van (regen)water in het stedelijk systeem.
- 2. Vasthouden en infiltreren.** De sponswerking van de stad kan worden vergroot met groene, blauwe en grijze maatregelen die (regen)water beter laten vasthouden en infiltreren; zie figuur 22 voor enkele voorbeelden (Hamers et al., 2021; Ministerie van IenW et al., 2023a). ‘Groen’ laat water beter door dan verhard oppervlak. Groene infrastructuur omvat het gebruik van natuurlijke en seminatuurlijke elementen, zoals groene daken, groene gevels, wadi's, infiltratievelden, geveltuinen, watervertragende groenstroken, regenwaterparken en stadsbossen (MWH, 2012). Deze elementen helpen bij het vasthouden en absorberen van regenwater, waardoor de belasting van het rioleringssysteem vermindert en de kans op overstromingen afneemt. Groene daken en gevels absorberen direct regenwater en verminderen de hoeveelheid water die het stedelijke oppervlak bereikt.

Stadsbossen en regenwaterparken fungeren als natuurlijke opvanggebieden en bieden habitats voor meer biodiversiteit. Meer groen betekent ook meer verkoeling en meer biodiversiteit. In lijn met de 'Maatlat groene klimaatadaptieve gebouwde omgeving' (Valkenburg et al., 2022) kiezen overheden vaker voor groene oplossingen. Vergroenen brengt overigens ook risico's mee, waar ook aandacht voor moet zijn: een verhoogde kans op natuurbranden in de stedelijke omgeving, meer ongedierte en gezondheidsklachten door allergieën (waaronder hooikoorts) en een verhoogde watervraag van het stedelijk gebied. 'Blauw' staat voor oppervlaktewater. Meer oppervlaktewater vergroot de buffercapaciteit van de stad bij extreme neerslag. Lokaal vastgehouden water geeft op warme dagen verkoeling – door verdamping – en draagt zo bij aan het verminderen van de effecten van opwarming en hittestress. 'Grijze maatregelen' zijn ook nodig, zeker op plekken in de stad met onvoldoende ruimte voor de realisatie van groen/blauwe structuren (Ministerie van IenW et al., 2023a). Grijze maatregelen zijn permeabele (doorlaatbare) oppervlakken (zoals waterpasserende en waterdoorlatende bestrating, grasbetontegels en grindpaden) die infiltratie van regenwater in de bodem, dat anders afgevoerd zou worden via (oppervlakte)afvoersystemen, mogelijk maken. Deze materialen verminderen de waterafvoer naar rioleringen en oppervlaktewater (kanalen, meren, plassen, beekjes, rivieren), waardoor de kans op overstromingen afneemt en de watervoorziening voor grondwater wordt aangevuld. Specifieke regenwaterinfiltratievoorzieningen, zoals infiltratiekratten, -buizen en -goten in parkeerplaatsen, trottoirs en openbare ruimten kunnen de infiltratie van regenwater in de bodem bevorderen). Deze systemen vangen regenwater op van verharde oppervlakken en leiden het naar speciaal ontworpen structuren die het water laten infiltreren in de bodem, waar het kan worden opgeslagen en het grondwater kan aanvullen (MWH, 2012).

Met actief grondwaterpeilbeheer (AGWP) wordt binnen een afgebakend gebied het grondwaterpeil op een gewenst niveau gebracht en kunnen grondwaterstanden worden gestabiliseerd. AGWP kan zo actief bijdragen aan het vergroten van het infiltrerend vermogen van de stad. AGWP wordt op verschillende locaties in Nederland al onderzocht en toegepast, maar ervaringen met de werking en toepasbaarheid lopen uiteen (Ministerie van IenW et al., 2023a).

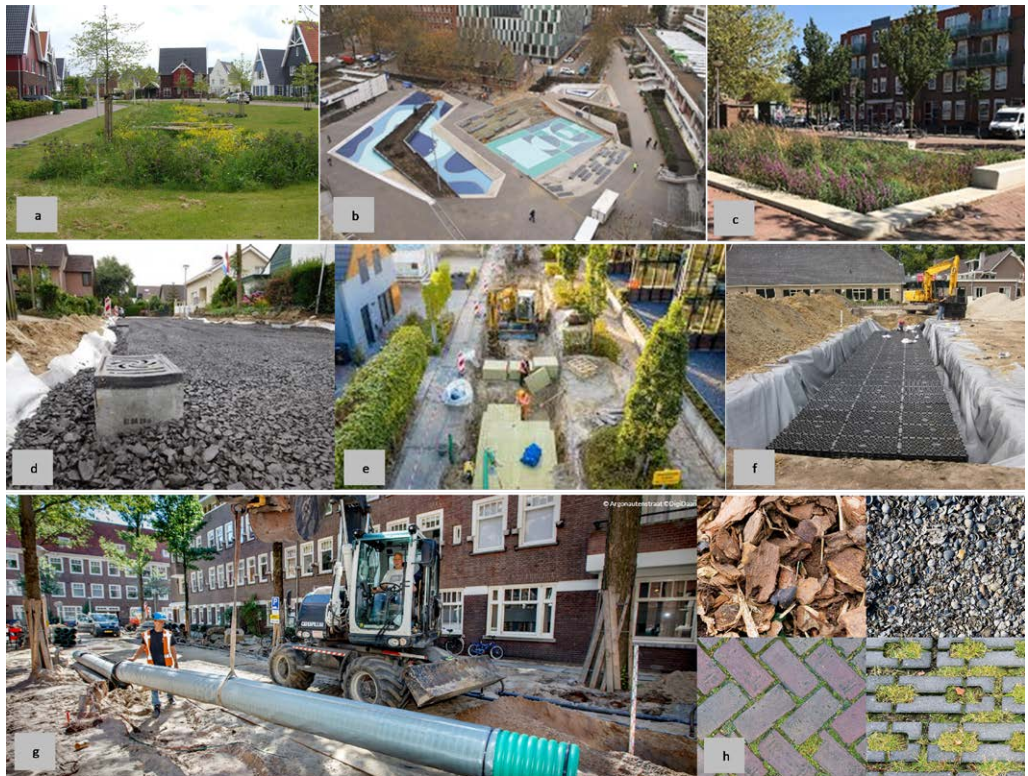
- 3. Bergen en hergebruiken (aan het maaiveld/in de ondergrond).** Maatregelen voor het bergen en beschikbaar maken van water voor hergebruik maken het mogelijk om tijdens zware regenval water tijdelijk vast te houden, om dit vervolgens tijdens drogere perioden weer te kunnen benutten (Hamers et al., 2021; Ministerie van IenW et al., 2023a). Waterbergingsystemen die lokaal een bijdrage leveren aan de berging en het hergebruik van water aan het maaiveld of in de ondergrond, zijn onder meer waterbergende elementen (infiltratiekratten, betonnen elementen,

steenwol, schuimbeton, diverse vormen van granulaat) in/onder waterbergende pleinen, wegen en/of groenstroken met een verhoogde porositeit in de bodem waarin (regen)water kan worden opgevangen; zie Figuur 22 (MWH, 2012). Andere maatregelen zijn: straten lager aanleggen dan de woningen of stoepranden verhogen, zodat de straat het teveel aan water kan opvangen. Waterpleinen en -plekken kunnen daarbij dienen als multifunctionele ruimtes, ten behoeve van waterberging, recreatief gebied en visuele aantrekkelijkheid van de stad. Ondergrondse waterbergingsystemen, zoals de Urban Waterbuffer, maken gebruik van diepere 'watervoerende' zandlagen voor infiltratie, grootschalige opslag en terugwinning van hemelwater via putten (Van Dooren & Wietse Boer, 2020).

4. **Vertraagd afvoeren.** Als er na bovenstaande maatregelen toch een overschot aan water is, kan dit worden afgevoerd. Door dit vertraagd te doen, wordt voorkomen dat daarbij het riool overbelast raakt bij hevige regen en dat er vuil water op straat komt te staan of terechtkomt in het oppervlaktewater (Ministerie van IenW et al., 2023a). Implementatie van maatregelen ter bevordering van het vasthouden, infiltreren, bergen en hergebruiken dragen eveneens bij aan het vertragen van de afvoer bij een extreme neerslagpiek. Een gescheiden rioolstelsel (met twee buizen: voor afvalwater en voor regenwater) maakt het makkelijker om regenwater te (her)gebruiken voor het bewateren van groenvoorzieningen en verkleint de milieuschade als tijdens extreme neerslag overtollig rioolwater wordt 'overgestort'.
5. **Aanpassen en accepteren.** Het bovengenoemde pallet aan maatregelen zal niet alle effecten van extreem weer als gevolg van klimaatverandering op de gebouwde omgeving tegen kunnen gaan (Ministerie van IenW et al., 2023a). Waar nodig zullen overheden landgebruik en stedelijke functies moeten aanpassen aan de hoeveelheid beschikbaar water, in/aan gebouwen maatregelen moeten treffen om schade door wateroverlast, droogte en hitte zoveel mogelijk te verminderen, (crisis)plannen moeten maken om in hun handelen voorbereid te zijn op perioden van extreem weer, en eventuele restschade door extreem weer zoveel mogelijk moeten verzekeren en accepteren (Hamers et al., 2021; Ministerie van IenW, 2023a).

Alhoewel de voorkeursvolgorde in waterbeheer in het licht van klimaatadaptatie zich voornamelijk richt op het kunnen omgaan met wateroverlast door extreme neerslag en droogte, zijn er diverse dwarsverbanden met het omgaan met andere klimaatextremen zoals hitte, bodemdaling, zeespiegelstijging en overstromingsrisico's. In de omgang met hitte staat het creëren van koele plekken centraal, onder meer via de aanleg van groenblauwe structuren. De '3-30-300-vuistregel' adviseert 3 bomen in nabijheid van elke woning, 30 procent groen in een buurt en 300 meter afstand tot het dichtstbijzijnde park (Kluck et al., 2020; Van der Strate et al., 2024; Konijnendijk, z.d.). Bodemdaling en funderingsproblematiek hebben in veel gevallen baat bij het stabiliseren van grondwaterstanden op het gewenste peilniveau en het realiseren van

bodemstabiliteit. Maatregelen gericht op het vasthouden, infiltreren, bergen en hergebruiken van (regen)water dragen hieraan bij (Ministerie van IenW, 2019). Maatregelen gericht op de omgang met wateroverlast (vasthouden, infiltreren, bergen, vertraagd afvoeren) zijn in veel gevallen van dezelfde aard als maatregelen die helpen in de omgang met zeespiegelstijging en overstromingsrisico's, zeker wat betreft de omgang met de eerste vijftig centimeter wateroverlast (Bakker et al., 2023). De opgave van verzilting ten gevolge van de zeespiegelstijging vraagt om oplossingen gericht op het benutten, besparen, vasthouden en hergebruiken van water. Ondanks alle maatregelen om risico's (van wateroverlast, hitte, droogte, bodemdaling, zeespiegelstijging en overstroming) te beheersen, kan waarschijnlijk niet volledig worden voorkomen dat er toch effecten optreden. Daar waar nodig is aanpassing vereist, moeten plannen gemaakt worden om voorbereid te zijn op extreem weer, en zal eventuele restschade moeten worden verzekerd en geaccepteerd (Ministerie van IenW et al., 2023a; Platform Duurzame Financiering, 2023).



Figuur 22. Groene, blauwe en grijze maatregelen ter vergroting van de sponswerking van de stad (bronnen: (a) Amersfoort Rainproof, z.d. ©Onbekend; (b) Architectenweb, z.d. ©Wallaard Aannemersbedrijf; (c) H2O Redactie, 2020. ©Wareco; (d) Straatbeeld redactie, 2016. ©Onbekend; (e) Rockwool, z.d. ©Rockwool; (f) Wildkamp, z.d. ©Wildkamp; (g) Amstelveen Rainproof, z.d. ©DigiDaan; (h) Groenblauwe Netwerken, z.d. ©Atelier GROENBLAUW)



Het vraagstuk van klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving speelt op meerdere schaalniveaus (Ministerie van BZK et al., 2022; Valkenburg et al., 2022; Van Hattum et al., 2016): bij de locatiekeuze voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen, de ruimtelijke inrichting van een gebied, de inrichting en het beheer van de openbare ruimte, de vormgeving en inrichting van de gebouwen tot en met het watergebruik van de gebruiker; zie Figuur 23. Op verschillende keuzemomenten op verschillende schaalniveaus is het van belang om klimaatadaptatie mee te nemen in de afwegingen. Het is daarbij belangrijk om de verschillende schaalniveaus te bezien in samenhang met elkaar en in samenhang met de aansluiting op het grotere water- en bodemsysteem en de regionale groenstructuur. Daarbij kan een onderscheid gemaakt worden tussen de gebruiker, het gebouw/het perceel, het gebied (wijk en straat) en het systeem.

Behalve het veranderende klimaat bepalen ook het ruimtegebruik en andere sociaaleconomische ontwikkelingen de opgave voor klimaatadaptatie. Zo stelt het *bodem- en watersysteem* randvoorwaarden aan ruimtelijke ontwikkelingen (Deltares et al., 2021; Hamers et al., 2021; Ministerie van IenW et al., 2023a; Rli, 2024b). Water en bodem moeten sturend worden voor ruimtelijke ordening en landgebruik. Grondige kennis van de lokale water- en bodemsystemen is daartoe de eerste stap. Met aandacht voor: waterstromen (oppervlaktewater-, grondwater- en regenwaterstromen en hun interacties) en bodemgesteldheid (soorten bodems, doorlatendheid en kwetsbaarheid voor verzilting en bodemdaling). Om deze randvoorwaarden ook juridisch te laten doorwerken, zijn inhoudelijke kaders nodig voor ruimtelijke inrichting, locatiekeuze, landgebruik en de wijze van bouwen. Klimaatadaptatie moet een vanzelfsprekend onderdeel worden van alle fysieke ingrepen in het land (Ministerie van IenW et al., 2022). Ingrepen in de fysieke leefomgeving, zoals bij gebiedsontwikkeling, het inrichten van nieuwe natuur, het (ver)bouwen van woningen of het beheren van openbare ruimte, moeten altijd klimaatbestendig worden uitgevoerd (Ministerie van IenW et al., 2022).



Figuur 23. Maatregelen ten behoeve van een klimaatbestendige en waterrobuuste stad op het niveau van: (a) het gebouw; (b) de straat/wijk; (c) de stad/systeem (bron: Van Hattum et al, 2016. ©Natasha de Sena)



Voor klimaatadaptatie is het belangrijk om integraal te werken, om *meekoppelkansen met andere ruimtelijke ontwikkelingen te benutten* en om de programmering en planning van gebiedsontwikkeling af te stemmen (Ministerie van IenW et al., 2020; Van der Brugge & De Winter, 2024). Er zijn immers vele transities gaande, die aanpassingen vragen in de fysieke leefomgeving, op het gebied van energie, woningbouw, landbouw, natuur en recreatie. Er zijn veel mogelijkheden om aanpak en maatregelen uit de verschillende transities te combineren, waterberging in een natuurgebied biedt bijvoorbeeld ook recreatiekansen, en groen in de stad zorgt ook voor functies als biodiversiteit, ruimtelijke kwaliteit, gezondheid en biedt bescherming tegen extreme hitte. Klimaatadaptatie biedt hierdoor ook kansen (Snep et al., 2020). Veel van deze opgaven komen in lokale en regionale gebiedsprocessen samen. Besluiten over de fysieke leefomgeving zullen daarbij uiteindelijk vaak op gemeentelijk of provinciaal niveau genomen worden (Hamers et al., 2021).

Door *natuurinclusief te bouwen* en te ontwerpen is het mogelijk om gezonde en aantrekkelijke steden en dorpen te creëren, die voor alle gebruikers een prettige leefomgeving vormen (Veerkamp et al., 2023). In de praktijk leidt vergroening nu nog niet altijd tot een toename van ecologische functionaliteit. Soms worden maatregelen goed bedoeld uitgevoerd, maar zijn ze nog niet van de juiste kwaliteit om de biodiversiteit te verbeteren (Sloots, 2023). Daar zal dus ook meer aandacht aan moeten worden besteed. In de 'Maatlat groene klimaatadaptieve gebouwde omgeving' staat wat er voor nieuwbouw onder natuurinclusief en klimaatadaptief bouwen en inrichten wordt verstaan. De maatlat bestaat uit doelen, prestatie-eisen en richtlijnen voor de thema's overstromingen, wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit en bodemdaling (Valkenburg et al., 2022).

Geavanceerde *slimme, multifunctionele adaptieve waterbeheerssystemen* bieden kans om – met behulp van sensoren en geautomatiseerde systemen – waterstromen te monitoren en te beheren, om wateroverlast en droogte te voorkomen en watergebruik te optimaliseren (Ministerie van IenW et al., 2020). Voorbeelden hiervan zijn slimme blauwgroene daken die kunnen reageren op weersvoorspellingen; stabilisatie van grondwaterstanden in de stad middels actief grondwaterpeilbeheer; het beschikbaar maken van water voor stedelijk groen via lokale waterbuffers; diepere ondergrondse systemen voor wateropslag waarbij regenwater wordt gefilterd en in diepere zandlagen wordt opgeslagen tot het wordt gebruikt (MWH, 2012). De VNG heeft onderzoek gedaan naar het opbouwen van regionale kennisnetwerken. Datagedreven werken en inzetten van digitale technologieën kan daarbij grote voordelen opleveren, in de vorm van uitwisseling van data en kennis over het bodem- en watersysteem. Gemeenten maken daar wel stappen in, maar het is nog geen gemeengoed. (Mol et al., 2023).

Waterkwantiteit en -kwaliteit staan in nauw verband met elkaar. Niet alleen wat betreft de invloed van weersextremen (droogte, hitte en wateroverlast) en de stedelijke waterkwaliteit en vice versa (bijvoorbeeld als het gaat om beschikbare zoetwater-vorraden van voldoende kwaliteit), ook als het gaat om het ontwerp van maatregelen en het toenemende begrip dat lokale stakeholders een cruciale schakel zijn voor het succesvol aanpakken van de opgave (waterkwaliteit/-kwantiteit) in de praktijk. Bij zowel afkoppelen, infiltreren, bergen en hergebruiken moet bijvoorbeeld rekening gehouden worden met de potentiële kwaliteit van het ingezamelde regenwater. Verbeterde communicatie over tot de verwerking van huishoud- of afvalwater, maar ook wat betreft het wassen van de auto op straat, kunnen een positieve bijdrage leveren in de aanpak van opgaven ten aanzien van waterkwantiteit en -kwaliteit. Plastics vormen een bijzondere vorm van vervuiling van het stedelijk watersysteem. De toenemende aandacht voor bronaanpak, inzameling en verwerking, gecombineerd met verbeterde inzet van innovatieve monitoring biedt de praktijk steeds meer handvatten om om te gaan met deze opgave. Een gecoördineerde, regionale aanpak is hierin echter wel een vereiste.

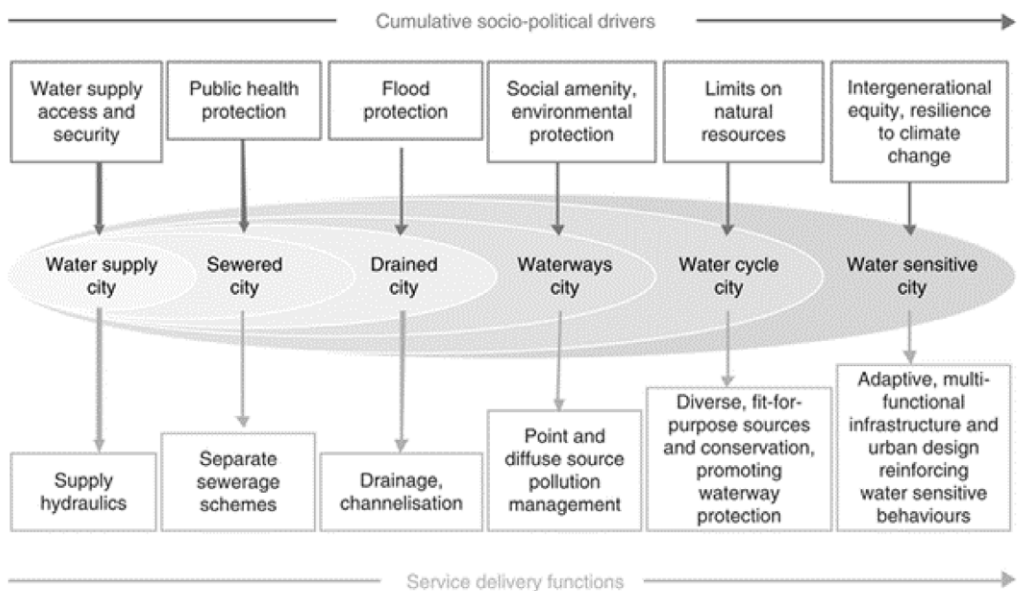
## 2.4 Van klimaatbestendig en waterrobuust naar waterbewust

Naast het doorvoeren van de doorgaans technische/fysieke oplossingen die een bijdrage leveren aan de realisatie van een klimaatbestendige en waterrobuuste stad, is een *waterbewuste* toekomst gewenst (Dolman et al., 2020; Dolman & Verlinde, 2024; Wong et al., 2020). De waterbewuste stad en samenleving is een plek waar de gebouwde en natuurlijke omgeving met elkaar in evenwicht zijn. Het is een plek met een integraal stedelijk watersysteem waarin de duurzame benutting van regenwater, grondwater, oppervlaktewater, afvalwater en drinkwater vanzelfsprekend is. Het is ook een plaats die eigen uitdagingen niet afwentelt op de omgeving door simpele oplossingen te kiezen die ten koste gaan van de omgeving. In de waterbewuste stad wordt als vanzelfsprekend aandacht besteed aan wateroverlast, droogte, hittestress, overstromingen, watervoorziening en waterbeschikbaarheid. Water, land en leven worden in deze benadering als een drie-eenheid beschouwd, waarbij klimaatbestendigheid evenzeer een belangrijke prestatie-indicator is als leefbaarheid (Dolman et al., 2020; Wong et al., 2020).

Alhoewel de transitie naar de waterbewuste stad meer bekendheid krijgt en internationaal wordt omarmd als gidsmodel, is het nog niet mainstream. Veel bestaande systemen en netwerken in de stad, inclusief de voorgestelde groenblauwe maatregelen, zijn in meer of minder mate het resultaat van technocratische oplossingen, ook in Rotterdam (Dolman, 2021; Dolman et al., 2020; Dolman & Brolsma, 2023; Wong et al., 2020). Om deze reden zitten volgens het *urban water transitions framework* veel steden in het transitieproces naar de waterbewuste stad vast tussen de fases van 'waterafvoerstad' (*drained city*) en 'oppervlaktewaterstad' (*waterways city*); zie Figuur 24 (Dolman et al., 2020). Om de stap naar een waterbewuste stad en

samenleving te (kunnen) maken, is een radicaal herontwerp van het waterbeheer in de steden nodig (Dolman et al., 2020; Wong et al., 2020). Hiertoe moeten steden drie pijlers van acties overwegen, die de bestuurs-, infrastructuur- en ecosysteemdimesies van stedelijke veerkracht integreren volgens de volgende principes (Dolman et al., 2020; Wong et al., 2020):

1. **Steden als zelfredzaam stroomgebied.** Het stedelijk watersysteem maakt vaak deel uit van een groter stroomgebied. De intensieve exploitatie van het stedelijk landschap kan leiden tot een geleidelijke achteruitgang van het natuurlijke watersysteem ten nadele van de omliggende regio. Het doel is om de waterbalans tussen de stedelijke gebieden en het ommeland te herstellen.
2. **Steden als aanbieders van ecosysteemdiensten.** Onder ecosysteemdiensten wordt verstaan de bijdragen die ecosystemen leveren ten voordele van de mens. Een ecosysteemdienst kan eruit bestaan dat een rivierengebied multifunctioneel kan worden gebruikt voor waterveiligheid, grondwateraanvulling, recreatie en het verbeteren van de leefbaarheid. Dus het water dat een bedreiging vormt voor de samenleving, brengt ook leven en energie in de steden.
3. **Steden als waterbewuste gemeenschappen en netwerken.** Voor het succesvol implementeren van integrale oplossingen is inzicht nodig in de voordelen voor de overheden, de bedrijven en de gemeenschap op meerdere bestuurlijke niveaus. Daarvoor is samenwerking in netwerken nodig.



Figuur 24. Urban water transitions framework, waarbij een water sensitive city refereert aan een waterbewuste stad (bron: Brown et al., 2009. ©IWA Publishing)

De aanpak voor het realiseren van een waterbewuste stad is geen one-size-fits-all. Hoewel de bovengenoemde principes belangrijke richtlijnen bieden, vereist de toepassing ervan maatwerkoplossingen die zijn toegesneden op de lokale context. De context bestaat hierbij uit de biofysische omstandigheden van een stad, de lokale werkomgeving en de belangrijkste sociale en institutionele omstandigheden die de mate van acceptatie van nieuwe technologieën en praktijken beïnvloeden. Het operationeel maken van de principes voor de waterbewuste stad vereist daarom processen die lokale belanghebbenden in staat stellen om duidelijke doelstellingen te formuleren, hun bestaande situatie te begrijpen en passende en effectieve antwoorden te ontwikkelen. Tot deze belanghebbenden behoren vertegenwoordigers van beleidsafdelingen, waterbedrijven, regelgevende instanties, lokale overheden, landontwikkelaars, adviseurs, onderzoekers en de gemeenschap. De belangrijkste stappen zijn daarbij het nastreven van een gedeelde visie, het leren begrijpen van elkaars perspectieven en het ontwikkelen van een gemeenschappelijk beeld voor verandering, dat strategische prioriteiten bepaalt. Op plaatsen waar dergelijke samenwerkingsverbanden bestaan, worden waterbewuste principes sneller toegepast (Dolman et al., 2020; Wong et al., 2020).

## 2.5 De Rotterdamse aanpak

Voor de transitie naar een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste Rotterdamse stedelijke delta is een radicale verandering in het watersysteemdenken nodig: van de strijd *tegen* water (verleden) naar het leven *met* water (heden). Om Rotterdam in 2100 veilig en leefbaar te laten zijn, is het cruciaal om samen te werken met de natuur. Daartoe is nodig: (i) een goed begrip van de stedelijke watercyclus en de integratie ervan binnen stedelijke planningsstrategieën, (ii) een bottom-up beweging om actoren te betrekken die zowel de publieke als de private sector vertegenwoordigen, en (iii) het implementeren van de juiste combinatie van grijze en blauwgroene oplossingen (Dolman & Verlinde, 2024).

Vier programma's geven gezamenlijk vorm aan de Rotterdamse transitie richting een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad. Te weten de 'Resilient Rotterdam Strategie' (Molenaar et al., 2022), 'Rotterdams WeerWoord' (Visser & Oosterholt, 2023; Verlinde et al., 2023), 'Rotterdam gaat voor groen' (Gemeente Rotterdam, 2023a en b) en 'Klimaatrechtvaardig Rotterdam' (Rotterdams WeerWoord, z.d.).

### 2.5.1 Resilient Rotterdam Strategie

Veerkracht is voor een delta- en havenstad als Rotterdam van essentieel belang. De 'Resilient Rotterdam Strategie' heeft als doel dat Rotterdam klaar is voor de kansen en uitdagingen van de toekomst (Molenaar et al., 2022). Vanuit een visie met zeven doelstellingen en tientallen acties gaat Rotterdam de komende jaren aan de slag met het versterken van de veerkracht van de stad, in de clusters: maatschappelijke

ontwikkeling, stadsbeheer en stadsontwikkeling (Molenaar et al., 2022). De aanpak houdt onder meer het volgende in:

- **Climate resilience.** Dit houdt in: een klimaatbestendige en leefbare stad voor iedere Rotterdammer. Het urgentiedocument, programmakader en uitvoeringsprogramma van 'Rotterdams WeerWoord' (2023) vormen het belangrijkste vertrekpunt voor het realiseren van klimaatbestendigheid.
- **Ecological resilience.** Dit houdt in: een rijke en gezonde stadsnatuur voor een weerbaar en veerkrachtig Rotterdam. Met de 'Uitvoeringsagenda biodiversiteit' (2023a) en het project 'Rotterdam gaat voor groen' is Rotterdam van start gegaan met de aanpak van de biodiversiteitscrisis.
- **Social resilience.** Dit houdt in: het vergroten van de weerbaarheid en veerkracht van de Rotterdammers, met specifieke aandacht voor gemeenschappen op wijkniveau. De gemeente Rotterdam heeft veel beleid, programma's en werkwijzen ontwikkeld, die gericht zijn op aspecten van *social resilience*: wijkteams, 'Uit de knoop', 'Reset Rotterdam' (armoede en schulden), 'Gezond010', 'Relax', 'Rotterdam tegen racisme' (inclusie en anti-discriminatie), 'Heel de stad' (maatschappelijke ondersteuning en jeugdhulp), 'Menselijke maat' en 'Klimaatrechtvaardig Rotterdam'. Deze activiteiten vormen samen het belangrijkste vertrekpunt.

## 2.5.2 Rotterdams WeerWoord: klimaatadaptatief

In 2013 is de eerste Rotterdamse adaptatiestrategie vastgesteld, waarmee Rotterdam als een van de eerste steden klimaatadaptatie op de politieke agenda heeft gezet. Na een periode van 'gewoon doen', experimenteren en realiseren van voorbeeldprojecten, heeft de gemeente in 2018 opdracht gegeven voor een programmatische aanpak van klimaatadaptatie in Rotterdam (Verlinde et al., 2023; Visser & Oosterholt, 2023). De urgentie van reageren op klimaatverandering en de steeds prominentere weerseffecten vragen om een opschaling van de aanpak, integraal en over de hele stad.

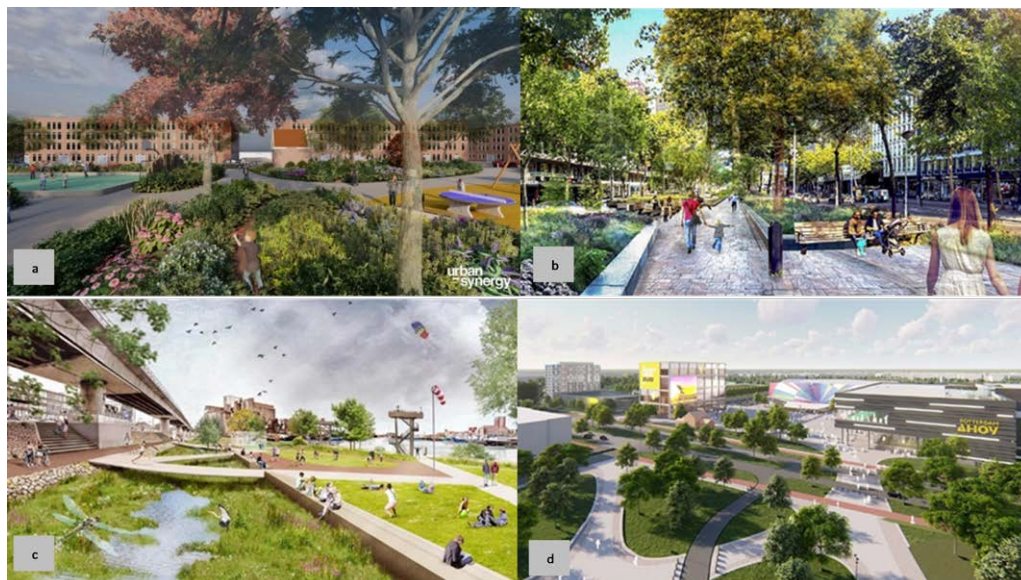
De vaststelling van het *Urgentiedocument Rotterdams WeerWoord* (2019) en de *Uitvoeringsagenda WeerWoord 2020-2022* (Verlinde et al., 2023) was de eerste stap en deze documenten vormden samen de basis voor het programma 'Rotterdams WeerWoord'. Hoofddoel van 'Rotterdams WeerWoord' is dat alle partijen in Rotterdam, zowel binnen als buiten de gemeentelijke organisatie, in 2030 klimaatadaptief handelen en dat Rotterdam in 2050 ook werkelijk klimaatadaptief is ingericht, in navolging van de doelstelling van het nationale 'Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie' (Verlinde et al., 2023; Visser & Oosterholt, 2023). Het *Programmakader WeerWoord 2030* beschrijft de inspanningen die nodig zijn om deze nieuwe stap te zetten in de aanpassing van Rotterdam aan klimaatverandering. Het programmakader biedt handelingsperspectief voor alle stadsmakers, binnen en buiten de gemeente, die zich bezighouden met



nieuwbouw, bestaande wijken, buitenruimte, participatie en duurzaamheid in de breedte, en tevens voor de WeerWoord-partners, de waterschappen, de woningcorporaties en waterbedrijf Evides. Het programmakader biedt concrete handvatten voor alle stadsmakers, zodat iedereen klimaatbestendige plannen kan maken en uitvoeren. Ook benoemt het kader welke acties en gebieden prioriteit zouden moeten krijgen (Visser & Oosterholt, 2023).

In de *Uitvoeringsagenda WeerWoord 2023–2026* staan concrete acties en maatregelen om de stad, samen met alle Rotterdammers, voor te bereiden op een extremer klimaat, zodat het er veilig en aangenaam wonen en leven is, nu en in de toekomst. De partijen gaan aan de slag met zes belangrijke klimaatuitdagingen: extreme neerslag, overstromingen, hitte, droogte, grondwaterproblemen en bodemdaling. De uitvoeringsagenda biedt praktische richtlijnen en oplossingen voor deze uitdagingen, opgedeeld per wijk. De plannen zijn verdeeld in vijf uitvoeringssporen: nieuw vastgoed klimaatadaptief ontwikkelen; bestaand vastgoed klimaatadaptief renoveren en verduurzamen; de buitenruimte klimaatadaptief inrichten en beheren; alle Rotterdammers in beweging krijgen om klimaatadaptief te handelen; maatregelen koppelen aan andere transities, zoals de energietransitie, de mobiliteitstransitie, biodiversiteit en circulariteit (Verlinde et al., 2023).

In Rotterdamse wijken en buurten worden in de periode 2023–2050 vijftig projecten uitgevoerd, waarin klimaatadaptieve maatregelen, groen, mobiliteit en biodiversiteit integraal worden aangepakt; zie Figuur 25 voor enkele plannen. Het budget hiervoor is 30 miljoen euro. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om een nieuwe waterberging, extra bomen voor schaduw en minder verharding op het Assendelftplein in Kralingen-West en een gescheiden rioolsysteem voor regen- en afvalwater in de Tarwewijk, tegelijkertijd met stadsverwarming. De gemeente Rotterdam voert tien projecten tegen hittestress uit, met speciale aandacht voor de wijken uit het 'Nationaal Programma Rotterdam Zuid', die worden vergroend, klimaatadaptatief en biodiverser gemaakt; zie Figuur 25 voor een aantal voorbeelden. Ook komt er een nieuw masterplan voor de singels in het centrum. Via een wijkaanpak ondersteunt de gemeente Rotterdammers die samen met hun burens hun eigen omgeving willen vergroenen, er komen collectieve regentonacties en de 'Tegeltaxi' blijft rijden om gewipte tegels op te halen. Ondertussen gaat het aardgasvrij maken van woningen door en komen er meer mobiliteits-experimenten, zoals het tijdelijk doorvoeren van eenrichtingverkeer in de Zwart Janstraat (Verlinde et al., 2023).



Figuur 25. Klimaatadaptatie-/vergroeningsambities op: (a) het Driehoeksplein (bron: Gemeente Rotterdam, 2024. ©Urban Synergy); (b) Blaakpark (bron: Mulders, 2019. ©Gemeente Rotterdam); (c) het Getijdepark Maashaven (bron: Van Heel, 2018. ©Gemeente Rotterdam); (d) het Zuidplein (Weessies, 2020. ©Projectbureau Hart van Zuid)

### 2.5.3 Rotterdam gaat voor groen: groen en natuurinclusief

Het project 'Rotterdam gaat voor groen' bundelt de aanpak van drie gemeentelijke programma's om de stad groener, klimaatadaptiever en biodiverser te maken (Gemeente Rotterdam, 2023b). Het project is opgebouwd uit zes programmalijnen: groen dicht bij huis; groen in de wijk; de aanpak van vijftien pleinen; groene routes langs het water; verbetering van bestaande parken; biodiversiteit en koesteren van groen (Gemeente Rotterdam, 2023b).

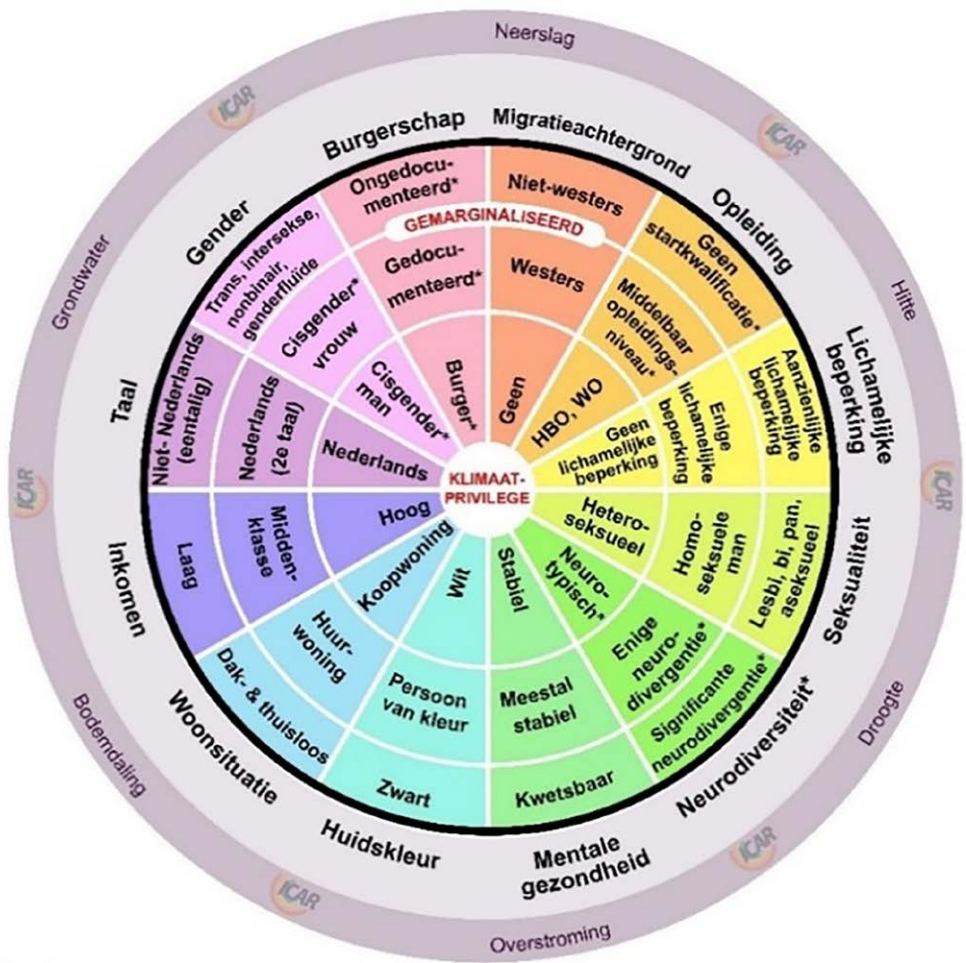
Tussen 2018 en 2022 is er al 21,5 hectare extra groen in de stad bij gekomen. De ambitie voor 2023-2026 is dat er nog twintig hectare extra groen gerealiseerd wordt (Gemeente Rotterdam, 2023b). Daarnaast heeft 'Rotterdam gaat voor groen' de ambitie geformuleerd om veertig hectare bijenlandschap te realiseren, onder andere door bestaande groenstroken op een andere manier te maaien en te beheren. In de stad is een bruto-potentieel van zo'n achttien vierkante kilometer aan daken. De gemeente stimuleert de aanleg van groene daken al jaren met de subsidie voor klimaatadaptatie (Gemeente Rotterdam, 2019). Daarnaast stimuleert de gemeente bij nieuwbouw natuurinclusief bouwen (Gemeente Rotterdam, 2023a). De pleinen die als onderdeel van het project in elk geval worden verbeterd, zijn het plein aan de Persoonsdam, het Slotboomplein, het Rijnhoutplein en het Driehoeksplein.

#### 2.5.4 Klimaatrechtvaardig Rotterdam: klimaatrechtvaardig en -inclusief

Een inclusieve klimaataanpak is noodzakelijk om te voorkomen dat de al bestaande ongelijkheid tussen burgers in de stad als gevolg van klimaatverandering en weersextremen groter wordt. De Rotterdamse beweging 'Klimaatrechtvaardig Rotterdam' streeft met haar programma naar een klimaatrechtvaardig Rotterdam (Rotterdams WeerWoord, z.d.). 'Klimaatrechtvaardig Rotterdam' geeft gemarginaliseerde groepen een podium, brengt het sociale domein en het fysieke domein samen en reflecteert kritisch op het handelen, doen en laten van de gemeentelijke organisatie; op die manier werkt ze naar een duurzame en klimaatrechtvaardige toekomst voor alle Rotterdammers. Met behulp van het klimaatwiel (Figuur 26) brengt 'Klimaatrechtvaardig Rotterdam' in beeld welke factoren in relatie tot marginalisatie en privilege klimaatonrechtvaardigheid creëren. Het klimaatwiel visualiseert het fenomeen dat hoe verder iemand van het 'klimaatprivilege' (in het middelpunt) af staat, hoe minder rekening er met die persoon wordt gehouden. Daarmee wil 'Klimaatrechtvaardig Rotterdam' bewustwording bij mensen creëren van hun eigen positie (en de invloed daarvan in hun handelen) ten opzichte van de positie van anderen (Jonkmans, 2023). In de realisatie van een klimaatinclusieve stad verdienen vier onderdelen in het bijzonder de aandacht (Jonkmans, 2023; Rotterdams WeerWoord, z.d.):

1. **Impact.** De impact van klimaateffecten kan mogelijk intenser zijn voor gemarginaliseerde posities binnen categorieën als gender, lichamelijke beperking en neurodiversiteit.
2. **Handelingsperspectief.** Het handelingsperspectief van mensen (dat wil zeggen: de mogelijkheden die zij hebben om te handelen) is afhankelijk van hun financiële situatie en huisvestingssituatie. Zo hebben mensen met een laag inkomen mogelijk minder middelen om hun huis klimaatadaptief te maken en kunnen moeite hebben met de aanvraag (en het voorschieten) van subsidies. Huurders zijn afhankelijk van hun verhuurders voor grootschalige klimaatadaptieve maatregelen, terwijl ook de eigenaren van koopwoningen, ondanks mogelijke privileges, belemmeringen kunnen ervaren bij het financieren van dergelijke maatregelen.
3. **Sociale Uitsluiting & Discriminatie:** Niet alle groepen zijn op dezelfde wijze betrokken bij het proces van klimaatadaptatie. Dat in sommige gevallen veroorzaakt worden door wantrouwen tegenover de samenleving en (overheids) organisaties. Mede als gevolg van sociale uitsluiting en discriminatie. Door bovengemiddeld aandacht te geven aan hoe mensen worden betrokken en hoe samenwerking plaats vindt kan op inclusievere wijze gewerkt worden aan een klimaatbestendige stad en samenleving voor iedereen.
4. **Communicatie.** Toegang tot informatie is in Rotterdam niet gelijk verdeeld. Alhoewel iedereen recht heeft op informatie om zichzelf of de omgeving te beschermen vindt alle communicatie hierover naar de Rotterdammers plaats in het Nederlands. Hierdoor kunnen Rotterdammers die de Nederlandse taal niet of

minder goed beheersen, de boodschap/aanpak niet of niet goed begrijpen. Ook ambtelijke taal kan een barrière vormen. Duidelijk taalgebruik (B1) in de communicatie is essentieel.



Figuur 26. Klimaatwiel (bron: Jonkmans, 2023; bewerking van 'The wheel of power/privilege' van Sylvia Duckworth, z.d. ©Klimaatrechtvaardig Rotterdam)

### **2.5.5 Wijkgerichte aanpak**

De klimaatopgave in Rotterdam verschilt sterk per wijk en per buurt, of zelfs per straat. Wat echter nodig is, is een wijkgerichte aanpak. Via de wijkaanpak van het 'Rotterdams Weerwoord' worden allereerst per wijk lokale inzichten verzameld over waar de kwetsbare mensen zich bevinden, welke gewoonten er in de wijk zijn, welke plekken worden gebruikt en welke behoefte er in de wijk is om de weerbaarheid tegen weersextremen te vergroten. Hierin wordt nauw samengewerkt met de wijkraden, wijkbewoners en wijkorganisaties. Aanvullend wordt gewerkt aan sterke netwerken van bewoners en organisaties die zich inzetten voor een betere leefomgeving, op het gebied van klimaat, maar ook op sociaal gebied. Daarnaast zorgt de gemeente dat de nodige informatie makkelijk beschikbaar is via verschillende kanalen, zoals de website(s), wijkhubs en de lokale netwerken in de wijken. Met het klimaatactieteam jaagt 'Rotterdams WeerWoord' ten slotte in een geselecteerde wijk enkele jaren het klimaatadaptief handelen aan. Kleine initiatieven, zoals vergroeningsacties, leiden na verloop van tijd vaak tot grotere initiatieven en ingrepen in straten en op pleinen. Dit leidt tot verbeteringen in de stad die gedragen worden door de bewoners en echt impact hebben. De wijkaanpak loopt al in verschillende wijken, zoals Carnisse en het Oude Noorden. In de komende jaren breidt 'Rotterdams Weerwoord' het aantal wijken waarin ze actief is, verder uit. Deze wijken worden niet alleen geselecteerd op basis van klimaatfactoren, ook sociale aspecten worden meegewogen (Verlinde et al., 2023; Visser & Oosterholt, 2023).







# Uitdagingen rondom de realisatie van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving

De realisatie van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving is geen sinecure. De fundamentele stap naar het anders omgaan met water en het klimaatbestendig herontwerpen van de stad blijft – ondanks de in het vorige hoofdstuk genoemde inspanningen – achter (Ministerie van IenW, 2022a). Barrières liggen voor een belangrijk deel op het sociaaleconomische en bestuurlijke vlak. Om in 2050 klimaatbestendig, waterrobuust en waterbewust te zijn, moet slimmer, sneller en intensiever, en inclusiever worden gewerkt (Ministerie van IenW, 2022a; Ministerie van IenW et al., 2023a). De verschillende uitdagingen die hiermee gepaard gaan, vormen samen de twaalf speerpunten (I tot en met XII) uit de onderzoeksagenda van het lectoraat.

## 3.1 Slimmer

Het is belangrijk dat alle Nederlanders weten hoe het klimaat zal veranderen, wat hiervan de mogelijke negatieve gevolgen zijn en hoe daar het beste mee om kan worden gegaan. Op het gebied van waterveiligheid is al veel kennis en ervaring opgebouwd, maar dat geldt niet voor veel andere klimaatopgaven. En dat is niet goed; voor álle opgaven moeten de gevolgen van klimaatverandering en de meest effectieve maatregelen helder worden. Daartoe moet er eerst inzicht komen in de openstaande kennisbehoeften en moet bestaande kennis beter worden samengebracht. Hierbij moet er in het bijzonder aandacht komen voor de opgaven rondom droogte, hitte en waterkwaliteit, wat betreft monitoring, financiering, gezondheid, economisch/maatschappelijke cascade-effecten, de meervoudige rol van stedelijk groen en de waarde van klimaatadaptieve ruimtelijke ontwikkeling. Kennis over de gevolgen van klimaatverandering en mogelijke maatregelen moet toegankelijk en toepasbaar worden gemaakt voor iedereen: bewoners, bedrijven, maatschappelijke organisaties en overheden (Ministerie van IenW et al., 2023a).



## **I. De opgave in beeld en het einddoel voor ogen: het belang van meten en monitoren**

Nederlandse gemeenten hebben zich ten doel gesteld om in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust te zijn. Alhoewel de eerste serie van uitgevoerde stresstesten een eerste beeld geeft van de omvang van de opgave, hebben gemeenten slechts beperkt zicht op het specifieke einddoel. Zo ontbreekt de precieze kwantificering van de begrippen klimaatbestendig en waterrobuust. De 'Nationale klimaatadaptatiestrategie' (NAS) bevat geen beleidsdoelen waarop ze kunnen worden afgerekend en ook niet de daarbij horende monitoring, en voldoet daarom nog niet aan de eisen uit de Europese klimaatadaptatiestrategie. Ook hebben gemeenten over het algemeen maar een zeer beperkt beeld van de huidige stand van zaken rondom klimaatadaptatie in hun beheersgebied. Slechts mondjesmaat hebben ze opgetekend en vastgelegd welke maatregelen over de afgelopen decennia waar, wanneer en met welke doelstelling (infiltreren, bufferen, bergen, vasthouden, vertraagd afvoeren, etc.) en normering (zestig, zeventig of negentig millimeter) zijn aangelegd. Hoe deze maatregelen na verloop van tijd of op dit moment (nog) functioneren, is vaak onbekend.

Monitoring van klimaatadaptatie is van belang om het nationale beleid te kunnen evalueren en bij te sturen, om verantwoording af te kunnen leggen over gemaakte keuzes en gedane investeringen en uiteindelijk om te kunnen zien of het beleid Nederland ook daadwerkelijk klimaatbestendiger heeft gemaakt. Om een beter beeld te creëren van de opgave (wat is de uitdaging?), het einddoel (waar gaan we naartoe?) en de af te leggen weg (hoe staan we ervoor, wat is er nog te doen?) zijn heldere kaders, indicatoren en slimme(re) meet- en monitoringsmethodieken nodig. Dit geldt ook ten aanzien van de effectiviteit en werking van klimaatadaptatie in de praktijk: Werkt alles zoals bedoeld en beoogd? Blijft het werken? Ook na vijftien jaar? Wat meten we daartoe, hoe vaak en hoe?

Zowel op nationale (Ministerie van IenW et al., 2023a; Van Gaalen et al., 2024) als lokale schaal (Verlinde et al., 2023) wordt er gewerkt aan een klimaatadaptatiemonitor, waarbij met behulp van relatief simpele indicatoren inzicht gegeven wordt in de stand van zaken met betrekking tot klimaatadaptatie. Hierbij is er aandacht voor het inzichtelijk maken van zowel de voortgang van de uitvoering van het werk als de gerealiseerde impact. Tegelijkertijd worden er stappen gezet in het standaardiseren van meet- en monitoringstechnieken voor het volgen van het functioneren van klimaatadaptatieve maatregelen in de praktijk. Dit heeft als doel om meet- en monitoringsresultaten toegankelijk en vergelijkbaar te maken en benchmarking binnen gemeentes en tussen gemeenten mogelijk te maken. Praktijkgericht onderzoek speelt een rol bij de ondersteuning van de ontwikkeling van deze dashboards, indicatoren en monitorings-technieken en de toetsing aan de praktijk.

De toepassing van digitale technieken (*remote sensing*, digital twins, AI, Internet of Things) maakt het mogelijk om op grotere schaal, met een hogere frequentie en een hoger

detailniveau en op afstand de opgave in beeld te brengen en de voortgang te volgen. Implementatie van deze technieken in de praktijk staat echter nog in de kinderschoenen.

## **II. Kennishiaten ten aanzien van droogte, waterkwaliteit en stedelijk groen**

De invloed van droogte op de gebouwde omgeving – met effecten op onder meer bebouwing, infrastructuur, waterkwaliteit en stedelijk groen – en de effectiviteit van maatregelen vormen een nog relatief onontgonnen terrein (Ministerie van IenW et al., 2023a; Bartholomeus et al., 2023a en b). Nederlandse steden hebben lang ingezet op het tegengaan van wateroverlast. Met het vaker voorkomen van droogte, inclusief bijbehorende consequenties, is een transitie nodig in het stedelijk watersysteem en Nederlandse waterbeleid (Bartholomeus et al., 2023a en b). Van infiltreren en afvoeren naar infiltreren, bergen, bufferen en het zoveel mogelijk hergebruiken van water om ten slotte het restant vertraagd af te voeren (Hamers et al., 2021). Dit heeft als doel van de stad een zelfredzaam stroomgebied en een waterbewuste gemeenschap te maken (Dolman et al., 2020). Maar eerst moeten er kennishiaten worden gevuld, te weten ten aanzien van: de ontwikkeling van droogte in het stedelijk watersysteem, de effecten van droogte op de gebouwde omgeving (stad en samenleving), de kwetsbaarheid van stedelijke watergebruikers, de effectiviteit van het pallet aan groenblauwe en grijze maatregelen, de rol van ruimtelijk ontwerp en de inrichting van stad en watersysteem, de interactie tussen stad en landelijk gebied, de verdeling van rollen en verantwoordelijkheden en de benodigde aanpassingen in beleid.

Het vaker voorkomen van (extreme) droogte en hitte en een toename in stedelijk watergebruik vergroten ook de aandacht rondom waterkwaliteit (Limaheluw et al., 2021; Vreman et al., 2022). Niet alleen zorgen periodes van droogte en hitte voor een achteruitgang in waterkwaliteit. Ze vergroten ook de concurrentie om de beperkt beschikbare waterbronnen van goede kwaliteit. De kennis over de invloed van zowel klimatologische als maatschappelijke ontwikkelingen op de (stedelijke) waterkwaliteit is nog beperkt. Ook bestaan er vragen over de kritische grenzen voor de waterkwaliteit voor verschillende stedelijke gebruiksfuncties, zoals infrastructuur, stedelijk groen en recreatie. Ten slotte komen er vanuit de praktijk steeds meer vragen over de effecten van klimaatadaptatieve maatregelen op de stedelijke water- en bodemkwaliteit: Wat zijn de gevolgen van het lokaal infiltreren, bergen, bufferen en hergebruiken van regenwater voor de water- en bodemkwaliteit? Welke kwaliteit heeft het water dat vervolgens wordt hergebruikt uit dit soort voorzieningen? Welke maatregelen zijn nodig om een goede kwaliteit van het water- en bodemsysteem voldoende te kunnen garanderen?

Veel steden hebben de afgelopen jaren fors ingezet op vergroening ten behoeve van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad. Stedelijk groen lijkt een effectieve maatregel om de infiltratiecapaciteit te vergroten, sponswerking te vergroten, biodiversiteit te waarborgen, gezondheidsproblemen te verminderen en



hitteproblematiek tegen te gaan. Het kwantificeren van de meervoudige (economische) baten van dit type maatregelen is echter ingewikkeld, waardoor de waarde van stedelijk groen voor een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving nog niet altijd goed naar voren komt. Alhoewel stedelijk groen een bewezen bijdrage levert aan het infiltreren van water in de stad, is zij ook een watervrager. Over de rol die stedelijk groen speelt in het vergroten van het lokale wateraanbod enerzijds en het verhogen van de stedelijke watervraag anderzijds, is nog niet zo veel bekend. Ook over de kwetsbaarheid van diverse typen stedelijk groen voor beperkte waterbeschikbaarheid en waterkwaliteit is nog onvoldoende bekend. Dat geldt ook voor de rol van de bodem(biodiversiteit) in het vergroten van de weerbaarheid van stedelijk groen ten aanzien van klimaatextremen.

### **III. Klimaateducatie en -communicatie voor een waterbewuste samenleving**

Steeds meer mensen maken zich zorgen over de aarde, klimaatverandering en afnemende biodiversiteit of de leefbaarheid van hun eigen leefomgeving. Zo maakt één op de vijf jongeren tussen 16 en 30 jaar zich ernstig zorgen over het klimaat en kampen steeds meer mensen met gevoelens van woede of machteloosheid. Die zorgen kunnen zo zwaar drukken dat ze leiden tot angst en depressie: klimaatangst of eco-depressie. In veel gevallen wordt deze angst veroorzaakt door het ontbreken van (zicht op) handelingsperspectief. Klimaateducatie en -communicatie wordt steeds meer gezien als een belangrijk instrument in de strijd tegen klimaatverandering, ter beteugeling van klimaatangst en ter ondersteuning van de realisatie van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving. Klimaat-educatie en -communicatie kan daarbij gericht zijn op het bewust maken van de opgave en verantwoordelijkheid, het realiseren van de gewenste gedragsverandering, het bieden van handelingsperspectief en/of het bijbrengen van de laatste kennis, skills en inzichten ten aanzien van een klimaatadaptieve gebouwde omgeving. Doelgroepen kunnen daarbij variëren van jongeren in het onderwijs, burgers en bedrijven tot de huidige en toekomstige professionals in de sector.

Er wordt op verschillende niveaus ingezet op het meer bewust maken van de inwoners van de gevolgen van klimaatverandering en wat zij zelf kunnen doen om overlast en schade te beperken. Zo heeft het ministerie van IenW op nationaal niveau met de partners van het samenwerkingsverband 'Ons Water' (o.a. waterschappen, waterbedrijven, watermusea, provincies, gemeentes en Vewin) een plan opgesteld voor het stimuleren van waterbewust gedrag. Dit plan focust op drie prioritaire handelingsperspectieven: drinkwater besparen, vergroenen van de tuin en voorbereid zijn op wateroverlast. Campagnes, publiekscommunicatie en gedragsonderzoek maken onderdeel uit van dit plan. Daarnaast ontwikkelt 'Ons Water' een aanpak voor de intensivering van de inzet op educatie.

Op lokaal niveau werkt de gemeente Rotterdam in het project 'Rotterdams WeerWoord' aan klimaateducatie en -communicatie richting bewoners, bedrijven en professionals. Dit omvat een schets van de opgaven, mogelijke oplossingsrichtingen en een palet aan maatregelen. Dit is bestemd voor de gemeente als geheel, via een specifieke wijkgerichte aanpak. Hierbij wordt gebruik gemaakt van 'klimaatambassadeurs' die een centrale positie in de wijk vervullen. Het project voorziet erin dat professionals binnen de gemeente worden bijgeschoold en worden voorzien van de laatste kennis en inzichten, via een professioneel leertraject in samenwerking met Hogeschool Rotterdam. In het lager, middelbaar en hoger (beroeps/universitair) onderwijs wordt op diverse plekken aandacht gegeven aan klimaatadaptatie en watervraagstukken, zo ook in Rotterdam. Curriculumbrede aandacht voor klimaatadaptatie en watervraagstukken ontbreekt echter nog. Goed, toegankelijk materiaal met bijpassende werkvormen (bijvoorbeeld een wandeling of workshop), toegespitst op de doelgroep en de over te brengen boodschap, ontbreekt op veel plekken. Praktijkgericht onderzoek kan een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van dit materiaal en een antwoord geven op de vragen: Hoe ontwikkelen we toegankelijke en begrijpelijke kennisproducten en tools? Hoe stimuleren we bewustwording, urgentiebesef en een integrale aanpak ten aanzien van gedragsverandering?

### 3.2 Sneller en intensiever

Het klimaat verandert sneller dan gedacht. Het adaptatietempo moet omhoog. Klimaatverandering raakt alle sectoren en alle lagen van de samenleving. Een intensievere, systemische aanpak is nodig: klimaatadaptatie moet door de hele samenleving heen plaatsvinden. Bij alle investeringen in aanleg, beheer, onderhoud, renovatie en vervanging moet rekening gehouden worden met klimaatverandering. Een dergelijke aanpak vereist praktische doelen op het gebied van klimaatbestendigheid en een vertaling van die doelen naar ontwerpnormen, standaarden en processen. Sneller en intensiever werken, volgens een systemische aanpak, vraagt bovendien om goede samenwerking, een heldere verdeling van verantwoordelijkheden en voldoende financiering en capaciteit (Ministerie van IenW et al., 2023a).

## IV. Klimaatadaptatief, waterrobuust en waterbewust als het nieuwe normaal in gebiedsontwikkeling

Klimaatadaptatieve gebiedsontwikkeling is een cruciale strategie voor het ondervangen van de negatieve effecten van klimaatverandering en het waarborgen van de leefbaarheid in stedelijke en landelijke gebieden. Integratie van de concepten klimaatadaptatief, waterrobuust en waterbewust als het nieuwe normaal in ruimtelijke ordening en gebiedsontwikkeling kent echter verschillende uitdagingen, onder meer ten aanzien van de (fysiek beperkt beschikbare) ruimte, het proces van integraal ontwerpen en plannen en wet- en regelgeving. Noodzakelijke stappen om dit mogelijk te maken zijn: het opnemen van water en bodem als sturende principes, het

standaardiseren van de richtlijnen en processen ten aanzien van klimaatadaptieve (her)ontwikkeling en het bieden van ruimte voor een wijkgerichte aanpak.

De beperkt beschikbare ruimte (ondergronds en bovengronds) stelt gemeenten voor grote opgaven in de klimaatadaptieve stadsontwikkeling. Ruimte in de stad is schaars en wordt vaak al benut voor verschillende functies, zoals wonen, commerciële activiteiten, infrastructuur (wegen, kabels, leidingen) en groen. Het toevoegen van klimaatadaptieve elementen kan concurreren met andere stedelijke behoeften en belangen. Grond in het stedelijk gebied is bovendien vaak duur. Het toevoegen van klimaatadaptatie of herontwikkelen van bestaande ruimtes voor klimaatadaptatie kan hierdoor kostbaar zijn, bijvoorbeeld als het gaat om het omzetten van bestaande gebouwen, parkeerplaatsen of industriële locaties naar groene ruimtes of wateropvang. Het integreren van ondergrondse wateropvangsystemen (zoals waterbergingstanks of infiltratievoorzieningen) is technisch complex in dichtbebouwde steden. Bestaande ondergrondse infrastructuur (zoals kabels, leidingen en rioleringen) kan het moeilijk maken om nieuwe systemen toe te voegen zonder verstoringen of extra kosten. Ten slotte kunnen bestaande stedelijke structuren (zoals historische gebouwen, monumenten of beschermde gebieden) beperkingen opleggen aan de implementatie van klimaatadaptieve maatregelen. Het is vaak nodig om innovatieve ontwerp-oplossingen te vinden die zowel historische waarde beschermen als klimaat-bestendigheid verbeteren.

Een innovatieve aanpak voor het vergroten van de stedelijke veerkracht kan in steden met beperkte ruimte liggen in meervoudig ruimtegebruik voor klimaatadaptatie, door bijvoorbeeld gebruik te maken van groene daken, waterpleinen, multifunctionele groene infrastructuur, slimme waterbeheersystemen, multifunctioneel gebouwoffwerp en integratie van klimaatadaptatie in bestaande infrastructuur. Deze aanpak vereist samenwerking tussen beleidsmakers, ontwerpers, gemeenschappen en andere belanghebbenden; alleen samen kunnen zij effectieve oplossingen realiseren binnen de complexe context van stedelijke ontwikkeling. Een wijkgerichte aanpak zorgt daarbij voor maatwerkoplossingen die aansluiten bij de specifieke kenmerken en behoeften van afzonderlijke wijken. Met gedetailleerde risicobeoordelingen, participatieve planning, flexibele oplossingen, integratie van groene en blauwe infrastructuur, educatie, sector-overstijgende samenwerking, monitoring en adequate financiering kan een effectieve en duurzame adaptatie worden gerealiseerd.

Een van de grootste uitdagingen is het integreren van klimaatadaptatie in alle fasen van gebiedsontwikkeling: van planning en ontwerp tot uitvoering en beheer. Dit vereist een holistische benadering waarbij verschillende disciplines samenwerken, zoals stedenbouwkundigen, waterbeheerders, ecologen en infrastructuurdeskundigen. Het bevorderen van samenwerking en kennisuitwisseling tussen deze disciplines is essentieel, maar kan organisatorisch en cultureel uitdagend zijn. De huidige wet- en

regelgeving is bovendien vaak niet volledig afgestemd op de wensen en eisen van klimaatadaptieve gebiedsontwikkeling. Dit kan leiden tot bureaucratische obstakels en vertragingen bij de implementatie van adaptieve maatregelen. Het aanpassen van regelgeving om flexibeler en stimulerender te zijn voor klimaatadaptieve initiatieven, is noodzakelijk, maar dit proces kan lang duren en complex zijn.

Het standaardiseren van het proces van klimaatadaptieve (her)ontwikkeling van de stad is ook een noodzakelijke stap. Dit proces vereist de ontwikkeling van uniforme richtlijnen, best practices en beleidsmaatregelen die in alle stadsontwikkelingsprojecten kunnen worden toegepast. Door uniforme richtlijnen te ontwikkelen, beleidskaders aan te passen, professionals op te leiden, technologische innovaties te integreren, monitoring en evaluatie te implementeren, publieke betrokkenheid te vergroten en financiële strategieën te ontwikkelen, kan een robuuste en consistente aanpak worden gerealiseerd.

## **V. Van proeftuin naar praktijk: succesvol laten landen van klimaatinnovaties in de praktijk**

Klimaatinnovaties kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan de benodigde versnelling in de transitie naar een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste praktijk. Ontdekt in een lab, doorontwikkeld in proeftuinen zoals The Green Village en BuildinG, vinden de innovaties via pilots hun weg naar de praktijk. Voorbeelden van innovaties zijn: de Urban Waterbuffer van Field Factors, het Bufferblock, Rainmate, het regenwatertoilet, Urban Reef, Noria, Park Positive, TileSystems, EWB Circular Rain en ZOAK-bestrating. Maar ondanks het bewezen technische succes (*technical readiness levels*) van deze innovaties op de proeftuinen, vinden zij nog maar mondjesmaat hun weg naar de praktijk. Van opschaling of standaardimplementatie is nog geen sprake. Behalve het technisch functioneren is het vaker de lokale context, de maatschappelijke acceptatie, beleid, wet- en regelgeving, het economisch verdienmodel en het commitment van opdrachtgevers die het succes, de opschaling en/of grootschalige implementatie van een klimaatinnovatie bepalen. Meer aandacht is daarom nodig voor formulering van indicatoren voor en toetsing van *societal readiness levels* van klimaatinnovaties. Ook moeten kosten en baten van klimaatinnovaties beter worden gekwantificeerd en gecommuniceerd, ten behoeve van het businessmodel van de klimaatinnovatie zelf en om als opdrachtgever de doelmatigheid en kosten-efficiëntie van de gekozen maatregel te kunnen onderbouwen. Ook onderzoek naar alternatieve beleidskaders en juridische arrangementen is nodig, allereerst om de werking van klimaatinnovaties in de praktijk beter te kunnen beproeven (regelluwe ruimtes) en ten tweede om implementatie van klimaatinnovaties in de praktijk te versnellen en vergemakkelijken (bijvoorbeeld versoepeling van het Bouwbesluit ten behoeve van hergebruik van huishoudwater).

In veel gemeenten wordt gewerkt met pilots. Het opstellen van een pilot voor klimaatadaptatie of -innovatie is veilig, relatief makkelijk te organiseren, vraagt weinig

commitment en is budgettair aantrekkelijk in verband met subsidies. Het zijn echter dezelfde factoren die ervoor zorgen dat klimaatinnovaties maar moeilijk de pilotfase voorbij komen en de stap maken naar grootschalige implementatie en opschaling. Dat het in veel gevallen makkelijker is om elders en/of met een andere klimaatinnovatie een nieuwe pilot te beginnen dan om te kiezen voor een voorkeursstandaard en tot opschaling over te gaan, heeft verschillende oorzaken, zoals gebrek aan: vooraf afgesproken indicatoren voor succes; monitoring voorafgaand aan, ten tijde van en na afloop van een pilot; beschikbare infrastructuur voor de archivering en deling van resultaten die een bijdrage leveren aan het lerend vermogen voor andere/eerdere pilots uit de praktijk; afspraken over doorontwikkeling bij bewezen effectiviteit; en financiële reserveringen om mogelijke opschaling te kunnen realiseren.

## **VI. De financiering van klimaatbeleid: inzicht in (verdeling van) maatschappelijke kosten en baten, ontwikkeling van innovatieve financieringsmechanismen**

De financiering van klimaatadaptatie is een complexe en uitdagende opgave, die vraagt om een geïntegreerde aanpak en samenwerking tussen verschillende stakeholders. Overheden, private sector, financiële instellingen en gemeenschappen moeten gezamenlijk werken aan het inzichtelijk maken van de kosten en baten van klimaatadaptatie, de verdeling daarvan tussen de verschillende stakeholders en het beschikbaar maken van de benodigde investeringen, onder meer via de ontwikkeling van innovatieve financieringsmechanismen.

Het inzichtelijk maken van (de verdeling van) kosten en baten van klimaatadaptatie en het kunnen aantonen van de kosteneffectiviteit en doelmatigheid van klimaatadaptatie is een grote uitdaging. Kosten voor adaptatiemaatregelen, zoals infrastructuurverbeteringen en natuurbeschermingsprojecten, worden in de regel opgebracht door overheden, bedrijven en burgers. De baten, zoals verminderde schade door overstromingen, droogte en hittegolven, lagere gezondheidskosten en verbeterde leefomstandigheden, landen veelal bij andere partijen (burgers, mkb'ers, verzekeraars, ontwikkelaars), zijn vaak diffuus en worden pas op de langere termijn zichtbaar. Het verkrijgen van een goed inzicht in de kosten en baten van klimaatadaptatie en de in de verdeling van deze posten over stakeholders is een belangrijke voorwaarde voor het kunnen verantwoorden van de doelmatigheid en kosteneffectiviteit van klimaatadaptatie en – waar nodig – het komen tot een evenredige herverdeling van lusten en lasten.

Het meten en kwantificeren van (met name) de baten van klimaatadaptatie is echter ingewikkeld, omdat deze baten vaak indirect zijn, pas op lange(re) termijn zichtbaar worden, zich lastig in geld laten uitdrukken en meervoudig zijn. Een voorbeeld van meervoudigheid is dat een verbeterde groenblauwe stedelijke infrastructuur waarmee overstromingen door extreme neerslag worden tegengegaan, meerdere voordelen



oplevert, zoals niet-geleden schade (economische schade, gezondheidskosten en/of verlies van menselijke levens) maar ook verbetering van biodiversiteit, levenskwaliteit, woningwaarde en/of sociale cohesie. De waarde van deze posten is soms moeilijk precies te berekenen. Het nog niet goed kunnen uitdrukken van de economische waarde van water (en mogelijke doorrekening in de prijs van water) voor landbouw, industrie, energieproductie, drinkwatervoorziening, infrastructuur, vastgoed, toerisme en ecologische diensten, beperkt – in het licht van droogte – de mogelijkheden voor investeringen in duurzaam waterbeheer, (technologieën voor) waterbesparing en adaptieve infrastructuur. Traditionele kosten-batenanalyses zijn vaak niet helemaal geschikt voor het evalueren van de complexe, maatschappelijke, langetermijnvoordelen van klimaatadaptatie. Er is behoefte aan verbeterde methodologieën die rekening houden met onzekerheden, niet-marktwaarden en de bredere maatschappelijke voordelen van adaptatie.

De benodigde investeringen voor klimaatadaptatie zijn enorm en kennen in de regel een relatief lange tijdshorizon. Klimaatadaptatieprojecten vereisen hierdoor vaak een (investerings)planning voor de lange termijn, terwijl de budgetcycli van overheden en bedrijven meestal kort zijn. Dit kan leiden tot een discrepantie tussen de noodzaak van langdurige adaptatieprogramma's en de beschikbaarheid van middelen op korte termijn. Bovendien kunnen politieke veranderingen invloed hebben op de continuïteit van klimaatadaptatiebeleid en -financiering. Het vinden van een goede balans tussen publieke en private financiering is een aanpalende uitdaging. Hoewel overheden een cruciale rol spelen in het financieren van de basisinfrastructuur voor een klimaatadaptieve, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving, is betrokkenheid van de private sector essentieel voor het opschalen van investeringen. Private investeerders kunnen echter terughoudend zijn vanwege de onzekerheden en lange terugverdientijden die gepaard gaan met klimaatadaptatieprojecten. Er is daarom een groeiende behoefte aan innovatieve financieringsmechanismen om de kloof tussen benodigde en beschikbare middelen te overbruggen. Voorbeelden hiervan zijn groene obligaties, klimaatfondsen, hypotheekconstructies en verzekeringsoplossingen die specifiek gericht zijn op klimaatrisico's. Deze mechanismen kunnen helpen om meer kapitaal aan te trekken en risico's te spreiden. De toepassing daarvan is vaak nog beperkt en vergt verdere ontwikkeling en opschaling.

## **VII. Het belang van klimaatadaptatie op particulier terrein**

Een belangrijke sleutel in de aanpak van de klimaatopgave ligt op particulier terrein. Voor veel gemeenten geldt dat het grootste deel van het grondoppervlak in bezit is van individuele bewoners-eigenaren, particuliere verhuurders, woningcorporaties, projectontwikkelaars, mkb'ers, scholen en bedrijven. Voor Rotterdam geldt bijvoorbeeld dat 60 procent van de stad in particulier bezit is. Het percentage ligt voor verhard oppervlak in veel gemeenten nog hoger. Het is daarom belangrijk dat er naast

maatregelen op openbaar terrein, ook maatregelen op particulier terrein worden getroffen, in de achtertuin of op binnenterreinen, op het dak en op, onder of aan het huis. Kern van deze benadering is ook hier: verminderen van de hoeveelheid verharding, creëren van waterberging, realiseren van extra afvoercapaciteit en faciliteren van hergebruik. Daardoor neemt de wateroverlast af, worden droogteproblemen kleiner en vermindert de hittestress. En het levert meerwaarde op andere gebieden op, zoals vergroten van leefbaarheid en het verbeteren van de biodiversiteit.

Onder meer via informatie en communicatie (bewustwording, campagnes), stimulering (subsidies, acties) en regulering (wet- en regelgeving) proberen gemeenten effect te sorteren tot achter de voordeur. Zo doen nagenoeg alle gemeenten mee aan het NK-tegelwippen, hebben veel gemeenten een online informatieportaal voor klimaatadaptatie, zijn er bij diverse gemeentes subsidies beschikbaar (voor het ontharden en vergroenen van de tuin, het vergroenen van het dak, het aanschaffen van een regenton en/of het realiseren van waterberging) en kijken verschillende gemeentes steeds nadrukkelijker naar de mogelijkheid tot verplichting via wet- en regelgeving. Zo heeft de gemeente Amsterdam in de hemelwaterverordening opgenomen dat woningeigenaren bij nieuwbouw, opbouw of aanbouw verplicht zijn om ten minste zestig millimeter regenwater per vierkante meter op te vangen en/of vertraagd af te voeren. De gemeente Rotterdam eist via de hemelwaterverordening van percee-eigenaren dat zij regenwater opvangen en binnen het eigen terrein verwerken. Voor nieuwbouw geldt aanvullend een eis van minimaal vijftig millimeter waterberging. De gemeente Groningen kan sinds 1 januari 2024 inwoners verplichten om hun tuinen te vergroenen en regenwater af te voeren.

Op dit moment ontbreekt echter nog het zicht op ontwikkelingen in ontharding, vergroening en realisatie van waterberging op eigen terrein, het duurzaam en blijvend functioneren van deze maatregelen, de effectiviteit van ingezette communicatie, stimulerings- en reguleringsmaatregelen en de impact die de optelsom van deze maatregelen op particulier terrein heeft in verhouding met de klimaat- en wateropgave en te nemen maatregelen in de publieke ruimte. Innovatieve (digitale) methoden voor het controleren van de (ontwikkeling in) realisatie van maatregelen op particulier terrein en het volgen van het functioneren daarvan over het verloop van de tijd, kunnen hier een antwoord bieden. Onderzoek naar de effectiviteit van genomen communicatie-, stimulerings- en reguleringsmaatregelen moet een antwoord geven op de vraag welke inzet het beste effect sorteert.

In sommige gevallen vraagt de realisatie van klimaatadaptatie op particulier terrein om vernieuwende samenwerkingsvormen en daartoe ondersteunende governance-arrangementen. In gemeenschappelijke binnentuinen of op het dak van een bouwblok kunnen individuen niet eigenstandig maatregelen implementeren. Ook is hier soms

sprake van een gedeeld (maatschappelijk) belang tegenover een beperkte implementatieruimte. De vraag: Van wie is het water? Dringt zich hierbij ook steeds vaker op. Onderzoek naar alternatieve governance-arrangementen die collectieve vormen van klimaatadaptatie op particulier terrein ondersteunen en helpen verduurzamen en onderzoek naar de vraag welke samenwerkingsvormen wel/niet werken, is nodig om hier de juiste handvatten voor te kunnen bieden.

### **VIII. De mitigatie/adaptatie-paradox: werken aan een duurzame, circulaire en adaptieve ontwikkeling van een klimaatbestendige en waterrobuuste stad en samenleving**

De 'klimaatadaptatie/mitigatie-paradox' verwijst naar de uitdaging dat de maatregelen voor klimaatadaptatie (aanpassen aan een veranderend klimaat) en mitigatie (verdere klimaatverandering voorkomen) soms tegenstrijdige belangen lijken te vertegenwoordigen, maar eigenlijk complementair zouden moeten werken voor een effectieve aanpak van klimaatverandering.

Potentiële tegenstrijdigheden liggen daarbij op het gebied van beschikbare technologische en financiële middelen, de beperkt beschikbare ruimte in de stad, risicoperceptie en doelmatigheid van de inzet van klimaatadaptatie, omdat adaptie ook CO<sub>2</sub>- en milieubelasting met zich meebrengt. Ten eerste is er de tegenstrijdigheid dat door mitigatie de beschikbaarheid van technologische en financiële middelen voor adaptatie kan verminderen. Ten tweede kunnen bij inzet op mitigatie claims worden gelegd op de beperkt beschikbare ruimte in de stad (boven- en ondergronds), die daardoor niet of slechts beperkt benut kan worden voor de realisatie van klimaatadaptatieve maatregelen. Ten derde kan prioriteit geven aan mitigatie de aandacht afleiden van urgente adaptatiebehoeften, zoals versterking van infrastructuur tegen extreme weersomstandigheden. Ten vierde vormt de doelmatigheid van de inzet van klimaatadaptatie een uitdaging gezien haar CO<sub>2</sub>- en milieubelasting: sommige klimaatadaptatieve maatregelen zorgen voor een relatief zware belasting van het milieu, bijvoorbeeld in de vorm van CO<sub>2</sub>-uitstoot, water- en grondstoffengebruik en/of mogelijke effecten op bodem- en waterkwaliteit. Een milieukostenindicator (MKI) geeft met een levenscyclus-analyse aan welke impact een product of set aan producten – zoals een klimaatadaptatieve maatregel – heeft op het milieu tijdens zijn gehele levenscyclus: van grondstoffenwinning, energieverbruik, materialengebruik en transport tot afvalverwerking. Door adaptatiestrategieën te beoordelen met behulp van een MKI, kunnen besluitvormers kiezen voor opties die niet alleen effectief zijn in het verminderen van de kwetsbaarheid voor klimaatverandering, maar ook duurzaam zijn op lange termijn. Het gebruik van een MKI in het kader van klimaatadaptatie brengt wel enkele uitdagingen met zich mee; zo is lastig om betrouwbare gegevens over levenscyclusanalyses te verkrijgen en indirecte effecten te kwantificeren. Ook kunnen er discussies ontstaan over welke specifieke milieu-

indicatoren moeten worden opgenomen in MKI-berekeningen, afhankelijk van de regionale context en de aard van de adaptatiemaatregelen.

De klimaatadaptatie/mitigatie-paradox illustreert de complexiteit van het aanpakken van klimaatverandering, waarbij wordt gewerkt aan zowel de noodzaak om emissies te verminderen als de noodzaak om de maatschappij aan te passen aan veranderende klimaatomstandigheden. Hoewel er soms tegenstrijdige belangen lijken te zijn, biedt een geïntegreerde aanpak kans op succes. Door synergiën te benutten en beleidsmaatregelen en praktijken te coördineren, kan effectiever worden toegewerkt naar een veerkrachtigere en duurzamere toekomst.

### **IX. Een gecoördineerde aanpak voor een plasticvrije Rijn–Maas delta**

Plastic vervuiling vormt een groeiend probleem in de stedelijke delta van Rotterdam. Dit leidt tot zorgen over de impact van plastic op milieu en gezondheid (RIVM, n.d.) en vraagt om aanpak van plastic vervuiling bij de bron in het regionale systeem. Gemeente Rotterdam heeft een hoge ambitie geformuleerd met de Strategie Marien Zwerfafval (Gemeente Rotterdam, 2020), waarin 90% minder rivierafval in 2030 en afvalvrije wateren in en rondom Rotterdam in 2050 als doel is vastgelegd. Grote uitdaging bij realisatie van deze ambitie is echter om te komen tot een daadwerkelijk samenhangende regionale aanpak, met aandacht voor monitoring, inzameling en bronaanpak, alsmede regelgeving die een gerichte gecoördineerde aanpak mogelijk maakt. Het aanpakken van enkele kennislacunes is hiertoe cruciaal.

Ten eerste, ontbreekt op lokale en regionale schaal een goed, dekkend, uniform beeld van de aanwezigheid en verspreiding van plastics – van hotspot tot bron – grotendeels. Er is weliswaar kwalitatieve data beschikbaar vanuit het hoofdwatersysteem van Rijkswaterstaat en gemeente Rotterdam inventariseert de hoeveelheid en samenstelling van zwerfafval binnen haar beheersgebied. Gegevens ten aanzien van de belangrijkste transport routes van plastic uit stedelijk gebied naar het regionale- en hoofdwatersysteem (en daarmee de doorvoer naar Noordzee) ontbreken echter. Dit staat een effectieve regionale strategie om te komen tot plasticvrije wateren in de weg. Kennisontwikkeling ten aanzien van innovatieve methoden om aanwezigheid en verspreiding van plastics in kaart te brengen is hiertoe essentieel. Ten tweede is van verschillende maatregelen die een bijdrage leveren aan de inzameling van plastics (zoals vangsystemen) de effectiviteit nog niet of in beperkte mate onderzocht. Kennis over de effectiviteit van inzameling is echter wel nodig om een maatregelenpakket voor regionale aanpak vast te stellen. Ten derde, ontbreekt kennis en inzicht ten aanzien van bronaanpak. Praktijkervaring rondom verschillende interventies die voorkomen dat plastic in het water terechtkomt en doorstroomt vanuit lokale en regionale watersystemen is nog slechts beperkt aanwezig en niet tot nauwelijks gemonitord. Het ontbreken van concrete regelgeving en normering van plastic vervuiling in

watersystemen maakt tenslotte dat een heldere taakstelling voor waterbeheerders op verschillende overheidsniveaus ontbreekt voor de aanpak van dit probleem. Met een gebrek aan een gerichte gecoördineerde aanpak als resultaat.

## **X. Mondiale opgave, lokale oplossingen: leren van/in een internationale context**

Het van elkaar leren over klimaatadaptatie in een internationale context is van cruciaal belang vanwege de gedeelde uitdagingen. Samenwerking biedt de mogelijkheid om best practices en innovatieve oplossingen wereldwijd uit te wisselen en aan elkaar te verbinden.

Internationale samenwerking bevordert de uitwisseling van kennis, ervaringen en *lessons learned* tussen landen en regio's. Door te leren van succesverhalen en uitdagingen in andere delen van de wereld kunnen landen hun eigen aanpak verbeteren, met aanpassing van de verkregen kennis aan hun specifieke context. Bijvoorbeeld, steden in droge gebieden kunnen leren van waterbesparende technieken die worden toegepast in andere droge regio's. Verschillende regio's worden bovendien geconfronteerd met hun eigen unieke klimaatrisico's, zoals overstromingen, droogte, stormen en zeespiegelstijging. Door internationaal van elkaar te leren, kunnen landen zich beter voorbereiden op verschillende scenario's en adaptatiestrategieën ontwikkelen die geschikt zijn voor hun specifieke omstandigheden.

Internationale samenwerking bevordert ook technologische innovatie en de ontwikkeling van nieuwe oplossingen voor klimaatadaptatie. De samenwerking omvat het delen van kennis over technologieën die effectief kunnen zijn in verschillende delen van de wereld, zoals waterzuiveringssystemen, groene energieoplossingen en geavanceerde weer- en klimaatvoorspellingstechnieken. Voor veel ontwikkelingslanden en kwetsbare regio's is internationale samenwerking essentieel voor het verkrijgen van financiële en technische ondersteuning voor klimaatadaptatieprojecten. Door middel van internationale fondsen, technische bijstand en capaciteitsopbouw kunnen deze landen hun veerkracht vergroten en zich beter aanpassen aan de gevolgen van klimaatverandering. Het leren van elkaar over klimaatadaptatie op internationaal niveau kan ook bijdragen aan het harmoniseren van beleid en het vaststellen van gemeenschappelijke normen en richtlijnen. Dit helpt bij het creëren van een consistente aanpak over grenzen heen en het versterken van mondiale samenwerking om klimaatverandering aan te pakken.

Het leren over klimaatadaptatie in een internationale context brengt echter ook uitdagingen met zich mee, die voornamelijk te maken hebben met de complexiteit van klimaatverandering zelf en de diversiteit aan regionale en lokale omstandigheden. Klimaatverandering manifesteert zich op klimatologisch verschillende plekken op verschillende manieren, variërend van droogte en waterschaarste tot extreme



weersomstandigheden zoals tropische cyclonen en overstromingen. De adaptatiestrategieën moeten afgestemd zijn op de specifieke regionale en lokale omstandigheden. Wat werkt in het ene land of regio, is elders niet altijd rechtstreeks toepasbaar. Klimaatadaptatie wordt bovendien sterk beïnvloed door politieke besluitvorming en sociaal-culturele factoren: politieke spanningen, verschillende belangen en sociaaleconomische ongelijkheden maken de coördinatie en implementatie van gemeenschappelijke strategieën uitdagend. Ook technologische en infrastructuurverschillen maken het moeilijk om technologieën die succesvol zijn gebleken in het ene land, op een effectieve manier over te brengen naar een ander land. Factoren zoals beschikbaarheid van middelen, institutionele capaciteit en technologische toegang spelen hierbij een cruciale rol. Een van de grootste uitdagingen voor veel ontwikkelingslanden en kwetsbare regio's is de toegang tot voldoende financiële middelen voor klimaatadaptatieprojecten. Internationale financieringsmechanismen en fondsen kunnen helpen, maar er blijven obstakels bestaan zoals bureaucratische procedures, beperkte capaciteit om financiering aan te trekken en te beheren en de voorkeur voor kortetermijninvesteringen boven langetermijnadaptatie. Het opbouwen van capaciteit en het opleiden van lokale gemeenschappen, beleidsmakers en professionals op het gebied van klimaatadaptatie is ten slotte essentieel voor effectieve implementatie. Dit vereist continue training en educatie om nieuwe kennis en vaardigheden te verwerven, maar ook om culturele en institutionele barrières te overwinnen die de adoptie van adaptatiemaatregelen kunnen belemmeren.

Ondanks de uitdagingen biedt internationaal van elkaar leren over klimaatadaptatie ook belangrijke kansen voor het delen van kennis, het bevorderen van technologische innovatie en het versterken van mondiale samenwerking. Door samen te werken en de genoemde uitdagingen aan te pakken, kunnen landen en regio's effectiever hun veerkracht tegen de gevolgen van klimaatverandering vergroten en bijdragen aan een duurzame en rechtvaardige wereldwijde respons.

## **XI. Benodigd arbeidskapitaal voor de toekomst**

Net als in andere sectoren, is in het stedelijk waterbeheer en stedelijke klimaatadaptatie sprake van een grote uitstroom van ervaren personeel, terwijl de aanwas van nieuwe medewerkers achterblijft en de opgaven onverminderd groot blijven.

Beperkt beschikbare capaciteit bij gemeenten en waterschappen voor ontwikkeling, borging en deling van kennis, kunde en ervaringen heeft tot gevolg dat de kennis en inzichten die beschikbaar zijn rondom klimaatadaptatie, waterrobuuste en waterbewuste ontwikkeling van stad en samenleving maar mondjesmaat landen en tot uiting komen in de bredere stedelijke praktijk. In een krappe arbeidsmarkt is capaciteit beperkt en rouleert personeel snel, waardoor het collectief geheugen binnen gemeenten relatief laag is. Kennis is veelal ook verkokerd en beleid wordt in

silos ontwikkeld en uitgevoerd; het wiel wordt daardoor relatief vaak opnieuw uitgevonden. De instroom van nieuw personeel in de sector blijft bovendien achter bij de behoefte en vraag.

Om zicht te houden op een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste gebouwde omgeving, zal enerzijds de instroom van professionals in de sector verbreed en verhoogd moeten worden en zal anderzijds met de bestaande middelen en capaciteit meer gedaan moeten worden. Het op duurzame wijze ontwikkelen, borgen, ontsluiten en delen van kennis binnen de quadruple helix (samenspel van overheid, onderzoek en onderwijs, bedrijfsleven en maatschappij), – bijvoorbeeld via regionale kennishubs – en het gezamenlijk vorm en invulling geven aan de human-capital-agenda voor de watersector is hierbij cruciaal. In 2024 zijn Stichting RIONED, Wateropleidingen en Koninklijk Nederlands Waternetwerk samen operatie 'Sterk water' gestart, met als doel om de personele uitdagingen in het stedelijk waterbeheer aan te gaan. Naast de focus op het vergroten van de instroom, richten deze partijen zich op het delen van vakkennis en ervaring.

De huidige generatie professionals voorziet bovendien dat er in de toekomst andere eisen zullen worden gesteld aan professionals (Roovers et al., 2023). Klimaatadaptatie vereist – steeds vaker – een breed scala aan interdisciplinaire kennis en vaardigheden. Professionals moeten enerzijds specialistische kennis hebben van klimaatwetenschappen, milieubeleid, stedelijke planning, waterbeheer, duurzame landbouw, bouwtechnologieën en sociaaleconomische impactstudies en anderzijds deze kennis kunnen generaliseren en integreren. Ook de vereiste vaardigheden voor het creëren van een klimaatadaptieve praktijk zijn aan verandering onderhevig. Digitale technologieën – bijvoorbeeld met oog op dataverzameling en -analyse, geografische informatiesystemen, simulaties en modellering, real-time monitoring en waarschuwingssystemen, communicatie en innovatie – stellen professionals in staat effectiever te reageren op de complexe uitdagingen van klimaatverandering en veerkrachtige oplossingen te ontwikkelen. Het ontwikkelen van curricula die deze diverse disciplines met elkaar integreren, is essentieel om studenten goed op te leiden voor dit complexe vakgebied. Het aanbieden van praktijkgericht onderwijs en praktijkgerichte training is daarbij cruciaal, want daarmee doen studenten hands-on ervaring op en leren ze vaardigheden die direct toepasbaar zijn in de praktijk. Stageprogramma's, casestudies en simulaties zijn waardevolle leermiddelen in praktijkgericht onderwijs: daarmee maken studenten kennis met echte scenario's van klimaatadaptatie.

Gezien de snelle evolutie in klimaatverandering en technologische vooruitgang, is *levenslang leren* essentieel voor professionals in het veld van klimaatadaptatie. Er moeten programma's worden aangeboden voor continue professionele ontwikkeling, zodat zij op de hoogte blijven van de nieuwste wetenschappelijke bevindingen,

technologische innovaties en beleidsontwikkelingen. Het stimuleren van *leiderschap en innovatie* onder studenten en professionals is belangrijk om toekomstige leiders te ontwikkelen die de koers kunnen bepalen in klimaatadaptatie. Dit omvat het aanmoedigen van ondernemerschap en het ondersteunen van startups die innovatieve oplossingen bieden voor klimaatuitdagingen.

### 3.3 Inclusiever

Klimaatverandering raakt iedereen en daarom moet iedereen betrokken worden in de transitie naar een klimaatbestendig Nederland. Een inclusiever proces om tot klimaatbeleid te komen, zorgt voor een breder maatschappelijk draagvlak en voor meer aandacht voor klimaatkwetsbaarheid, wat belangrijk is voor een rechtvaardige verdeling van de kosten en de baten van maatregelen. Dit is cruciaal voor het slagen van de transitie (Ministerie van IenW et al., 2023a).

## **XII. Een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving voor iedereen: het belang van klimaatinclusiviteit en –rechtvaardigheid**

De begrippen klimaatinclusiviteit en klimaat(on)rechtvaardigheid hebben betrekking op de (on)gelijkheid in de blootstelling aan, kwetsbaarheid voor en veerkracht tegen de gevolgen van klimaatverandering binnen en tussen gemeenschappen. Om tot een klimaatbestendige stad en samenleving voor iedereen te komen, moet er aandacht zijn voor het creëren van handelingsperspectief en een eerlijke verdeling van de lasten en lusten van klimaatverandering en klimaatbeleid over de verschillende bevolkingsgroepen (onder wie kwetsbare en gemarginaliseerde gemeenschappen). Het is van groot belang om inzicht te krijgen in de ongelijkheid in gevoelde effecten van klimaatextremen, in het verschil in handelingsperspectief, in procedurele onrechtvaardigheid en in de onvoorziene (sociale) effecten van klimaatadaptatief beleid, en te zorgen voor een vertaling en verankering van deze inzichten in een inclusieve stedelijke planning en inclusief beleid.

De complexiteit van de stedelijke dynamiek, demografie en ruimtelijke ordening zorgt voor specifieke uitdagingen met betrekking tot klimaatinclusiviteit en –rechtvaardigheid. Stedelijke gebieden vertonen vaak grote sociaaleconomische ongelijkheid tussen verschillende bevolkingsgroepen. Lage-inkomensgroepen, etnische minderheden en migranten wonen vaak in wijken met een gebrek aan groene ruimte, gezondheidszorg, onderwijs en sociale voorzieningen. Deze ongelijkheid wordt versterkt door klimaatverandering, die gemeenschappen met een lage sociaaleconomische status onevenredig hard treft door bijvoorbeeld hitte-eilandeffecten, overstromingen of luchtvervuiling. Ook kwetsbaarheid is gebaseerd op factoren als sociaaleconomische status, gezondheid, toegang tot hulpbronnen en de kwaliteit van infrastructuur en huisvesting. Kwetsbaarheid wordt versterkt door bestaande ongelijkheid en de beperkte capaciteit om te kunnen anticiperen op, weerstand te kunnen bieden aan en

zich aan te kunnen passen aan klimaatverandering. Oudere mensen met verminderde mobiliteit en beperkte toegang tot gezondheidszorg zijn bijvoorbeeld relatief kwetsbaar voor hittegerelateerde ziekten tijdens langdurige hittegolven in stedelijke gebieden.

Vanuit technisch, financieel en procedureel oogpunt hebben kwetsbare groepen vaak een beperkt handelingsperspectief om met klimaatextremen om te gaan. Mensen met een laag inkomen hebben minder middelen om hun huis klimaatadaptief te maken en kunnen moeite hebben met het krijgen van subsidies. Huurders zijn afhankelijk van hun verhuurders voor grootschalige klimaatadaptieve maatregelen aan hun huis, terwijl de eigenaren van koopwoningen ook belemmeringen kunnen ervaren bij het financieren van dergelijke maatregelen. Het mobiliseren van voldoende financiering en middelen voor klimaatinclusief beleid en klimaatinclusieve maatregelen blijft een belangrijke uitdaging. Veel kwetsbare groepen hebben zelf beperkte capaciteit en middelen om zich aan te passen aan klimaatverandering, terwijl de financiering vaak ontoereikend is voor het implementeren van effectieve maatregelen. Het vergroten van de financiële steun en het verbeteren van de toegang tot financiering voor deze gemeenschappen is essentieel om klimaatinclusiviteit te bevorderen. *Ongelijk* investeren voor *gelijke* kansen is hiertoe cruciaal. Klimaatinclusiviteit gaat ook over het betrekken van alle belanghebbenden bij de besluitvorming over klimaatbeleid en -maatregelen. Dit omvat het waarborgen van de participatie van kwetsbare gemeenschappen in het proces, zodat hun stem gehoord wordt en hun specifieke behoeften en perspectieven worden meegenomen. Een uitdaging hierbij is het inspelen op barrières bij bepaalde groepen, zoals taalbarrières, het gebrek aan toegang tot voor hen begrijpelijke informatie, het gebrek aan informele netwerken die hulp kunnen bieden en het gebrek aan inzicht in inspraakprocedures.

Klimaatadaptieve stadsontwikkeling kan leiden tot duurder vastgoed en daardoor tot verdringing van de oorspronkelijke bewoners naar minder leefbare gebieden van de stad: *green gentrification*. Dit fenomeen kan de sociale cohesie van wijken verzwakken en de toegang tot betaalbare huisvesting en noodzakelijke diensten beperken voor kwetsbare gemeenschappen. Het waarborgen van rechtvaardige stedelijke ontwikkeling vereist beleidsmaatregelen die de belangen van alle bewoners beschermen en inclusieve participatie bevorderen bij besluitvormingsprocessen.

Het bevorderen van klimaatinclusiviteit en -rechtvaardigheid vereist aanpak en integratie van deze opgaven in stedelijke planning, beleids- en besluitvorming. Dit omvat het kiezen voor een inclusieve benadering bij het ontwerpen van klimaatadaptatiemaatregelen, zoals het betrekken van lokale gemeenschappen bij de ontwikkeling van groenblauwe infrastructuur, het bevorderen van duurzame mobiliteitsopties en het waarborgen van betaalbare huisvesting in klimaatbestendige gebieden.







# Praktijkgericht onderzoek en onderwijs voor een klimaatbestendige, water-robuuste en waterbewuste Rotterdamse stedelijke delta

## 4.1 Missie en speerpunten van het lectoraat

De effecten van extreem weer (hitte, droogte, wateroverlast, bodemdaling, waterkwaliteit) en zeespiegelstijging worden in toenemende mate gevoeld in de economie, de gebouwde omgeving én door mens en natuur. Wereldwijd en in de Rotterdamse stedelijke delta. Ook nu al. Het veranderende klimaat tast – in samenspel met de toenemende verstedelijking en watervraag – de toekomstbestendigheid en leefbaarheid van de stedelijke delta verder aan.

Om Nederland voor te bereiden op 2050, 2100 en verder is nu actie vereist. Vandaag bouwen we aan de stad en samenleving van morgen. We maken van de stad een spons, met maatregelen op gebouw-, straat-, wijk- en systeemniveau, door: (waar mogelijk) te vergroenen en (waar nodig) technische klimaatinnovaties te laten landen in de praktijk, in de openbare ruimte en op particulier terrein (in herontwikkel- of nieuw te ontwikkelen gebied) en in samenspel met de inwoners en ondernemers uit de stad. De missie van het lectoraat Klimaat en Water is daarbij:

*Een bijdrage leveren aan de realisatie van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste Rotterdamse stedelijke delta in 2050, 2100 en verder, met praktijkgericht onderzoek en onderwijs voor de student van nu en de professional van morgen.*

De realisatie van een klimaatbestendige, waterrobuuste én waterbewuste stad en samenleving bevindt zich in de fase van uitvoering. Er moeten grote slagen worden gemaakt om in 2050 klimaatbestendig, waterrobuust en waterbewust te zijn. Hiertoe is praktijkgericht onderzoek cruciaal: 'op de grond', interdisciplinair en contextspecifiek en met aandacht voor de uitdagingen, opgaven en randvoorwaarden voor een succesvolle uitvoering in de praktijk. De transitie is niet alleen een opgave, maar biedt ook kansen, bijvoorbeeld door via een wijkgerichte aanpak de koppeling te maken met andere opgaven (energietransitie, mobiliteit, woonopgave) en de verbinding te zoeken tussen het fysiek-ruimtelijke domein en sociale domein. Daarbij is er aandacht voor leefbaarheid, veiligheid, gezondheid, biodiversiteit en circulariteit. En ook is er aandacht

voor klimaatinclusiviteit, zowel bij het schetsen van de opgaven (wie worden er het hardst geraakt?), het ontwerpen van oplossingen (welk ontwerp is optimaal en voor wie, wie betaalt?) en het implementeren daarvan (hoe communiceren en informeren we, hoe krijgen we alle Rotterdammers aan zet, wie participeert en wie besluit?).

Het lectoraat Klimaat en Water richt zich op het samenspel tussen deze klimaat-opgave(n), het waterbeheersvraagstuk, de biodiversiteitscrisis, de technische innovaties, de ruimtelijke ontwerp-opgaven, de financiële afwegingskaders en business-modellen, en de sociale dimensies. Speerpunten zijn daarbij:

- I. De opgave in beeld en het einddoel voor ogen: het belang van meten en monitoren.** We brengen als lectoraat opgaven en oplossingen in kaart en stellen vast hoe de voortgang verloopt. We dragen bij aan de ontwikkeling van indicatoren en innovatieve methodieken (digitalisering, AI, Internet of Things) voor het meten en monitoren van de stand van zaken en functioneren van maatregelen in de praktijk en we brengen deze methodieken naar de praktijk. We onderzoeken welke maatregelen waar en onder welke omstandigheden effectief zijn en blijven, en we ontwerpen praktische handvatten (zoals ontwerprichtlijnen) voor de praktijk.
- II. Kennishiaten ten aanzien van droogte, waterkwaliteit en stedelijk groen.** We dragen via praktijkgericht onderzoek bij aan het vullen van enkele grote kennishiaten ten aanzien van droogte, waterkwaliteit en stedelijk groen. We richten ons daarbij onder meer op het stedelijk watersysteem, de effecten van droogte op de gebouwde omgeving, de kwetsbaarheid van stedelijke watergebruikers, de effectiviteit van het pallet aan groenblauwe en grijze maatregelen, de rol van ruimtelijk ontwerp en de inrichting van stad en watersysteem, en de verdeling van verantwoordelijkheden en de benodigde aanpassingen in beleid. Inzichten vertalen we in praktische handvatten voor de praktijk.
- III. Klimaateducatie en -communicatie voor een waterbewuste samenleving.** We onderzoeken hoe we toegankelijke en begrijpelijke kennisproducten en tools kunnen ontwikkelen en hoe we bewustwording, urgentiebesef en een integrale aanpak kunnen stimuleren. We leveren een bijdrage aan het te ontwikkelen materiaal en toetsen de ontwikkelde producten aan de praktijk.
- IV. Klimaatbestendig, waterrobuust en waterbewust als het nieuwe normaal in gebiedsontwikkeling.** We onderzoeken en toetsen op basis van best practices hoe klimaatbestendig, waterrobuust en waterbewust ontwikkelen, ontwerpen en inrichten als het nieuwe normaal opgenomen kan worden in het proces van ruimtelijke ordening en ontwikkeling van stedelijk gebied. We dragen bij aan het vertalen van 'water en bodem als sturende principes' naar praktische handvatten

en het standaardiseren van richtlijnen en processen ten behoeve van klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste gebiedsontwikkeling. We verkennen kansen en mogelijkheden voor en barrières bij meervoudig ruimtegebruik voor klimaatadaptatie in steden met beperkte ruimte en we identificeren kritische factoren en randvoorwaarden voor een wijkgerichte aanpak in de praktijk.

**V. Van proeftuin naar praktijk: succesvol laten landen van klimaatinnovaties in de praktijk.**

We onderzoeken hoe de stap van proeftuin naar praktijk voor klimaatinnovaties succesvoller kan worden gemaakt en onder welke voorwaarden (businessmodellen, beleidskader, maatschappelijke wenselijkheid) klimaatinnovaties succesvol zijn in de praktijk. We analyseren hoe pilots beter ingezet kunnen worden, als fysieke leer- en experimenteeromgeving en als startpunt voor opschaling in de praktijk. We formuleren praktische adviezen met betrekking tot indicatoren, monitoring, beschikbare infrastructuur voor archivering en kennisdeling, afspraken over doorontwikkeling en benodigde financiële reserveringen bij bewezen effectiviteit.

**VI. De financiering van klimaatbeleid: inzicht in (verdeling van) maatschappelijke kosten en baten, ontwikkeling van innovatieve financieringsmechanismen.**

We dragen bij aan het inzichtelijk maken van (de verdeling van) kosten en baten van klimaatadaptatie en het kunnen aantonen van kosteneffectiviteit en doelmatigheid. We ontwikkelen daartoe verbeterde methodologieën die rekening houden met onzekerheden, niet-marktwaarden en de bredere maatschappelijke voordelen van adaptatie. We verkennen en toetsen de bruikbaarheid van alternatieve, innovatieve financieringsmechanismen gericht op de omgang met klimaatrisico's en beoordelen de randvoorwaarden voor implementatie.

**VII. Het belang van klimaatadaptatie op particulier terrein.**

We onderzoeken de ontwikkelingen in ontharding, vergroening en waterberging op eigen terrein, en vergroten het inzicht in het duurzaam en blijvend functioneren van deze maatregelen. We analyseren de effectiviteit van ingezette communicatie-, stimulerings- en reguleringsmaatregelen en de impact die de optelsom van deze maatregelen op particulier terrein heeft in verhouding tot de totale klimaat- en wateropgave en te nemen acties in de openbare ruimte. We verkennen alternatieve governance-arrangementen die klimaatadaptatie op particulier terrein en de vernieuwende samenwerkingsvormen die hiertoe vereist zijn, kunnen ondersteunen.

**VIII. De mitigatie/adaptatie-paradox: werken aan een duurzame, circulaire en adaptieve ontwikkeling van een klimaatbestendige en waterrobuuste stad en samenleving.**

We onderzoeken de potentiële tegenstrijdigheden tussen mitigatie en adaptatie op het gebied van de beperkt beschikbare technologische en financiële middelen, de claims op de beperkt beschikbare ruimte in de stad, de risicoperceptie en de doelmatigheid van de inzet van klimaatadaptatie met oog op CO<sub>2</sub>- en milieubelasting. We verkennen hoe succesvol de inzet van MKI-berekeningen op dit moment is en hoe deze inzet gemeengoed kan worden in de beoordeling en gunning van implementatie van klimaat- en watermaatregelen. We onderzoeken welke aanpassingen nodig zijn om MKI-berekeningen betrouwbaarder en beter toepasbaar te maken voor de beoordeling van maatregelen voor een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad.

**IX. Gecoördineerde aanpak voor een plasticvrije Rijn-Maas delta:**

Om te komen tot de gewenste gecoördineerde, regionale aanpak van plastic vervuiling in water is in 2023 het Living Lab Plastic Vrije Delta opgericht door Hogeschool Rotterdam, Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid, Gemeente Rotterdam en Havenbedrijf Rotterdam. In het Living Lab onderzoeken we hoe we een gebiedsdekkend beeld van plastic vervuiling in de Rijn-Maasdelta kunnen krijgen en dragen we bij aan de ontwikkeling en toetsing van innovatieve methoden ten behoeve van inzameling, monitoring en bronaanpak. Als coördinator van de Community of Practice Plastic (CoPP) delen we de opgedane kennis en inzichten met het betrokken werkveld, stimuleren we samenwerking tussen verschillende publieke en private partijen en verbinden we bestaande initiatieven, partijen en kennisvelden.

**X. Mondiale opgave, lokale oplossingen: leren van/in een internationale context.**

We dragen door internationale samenwerking in onderzoek en onderwijs bij aan de uitwisseling van kennis, ervaringen en *lessons learned* rondom het thema klimaat en water. We delen in en leren van best practices en innovatieve oplossingen wereldwijd. We formuleren (werk)vormen en producten voor internationale kennisuitwisseling en gezamenlijk leren, die recht doen aan de complexiteit van klimaatverandering zelf en de diversiteit aan regionale en lokale omstandigheden.

**XI. Benodigd arbeidskapitaal voor de toekomst.**

We verkennen samen met de sector hoe we de instroom van professionals in de sector kunnen verhogen en verbreden en hoe we met bestaande middelen en capaciteit meer gedaan kunnen krijgen. We spelen in op ontwikkelingen die vragen om nieuwe kennis en vaardigheden, onder meer met aandacht voor interdisciplinariteit en digitalisering. We dragen bij aan de ontwikkeling van kennisnetwerken voor het delen van vakkennis en ervaringen. Via trajecten voor levenslang leren dragen we bij aan het up-to-date

houden van het vakgebied en de professional, met de nieuwste wetenschappelijke bevindingen, technologische innovaties en beleidsontwikkeling. Via trajecten voor business development, leiderschap en innovatie stomen we een nieuwe generatie leiders en innovators klaar voor de praktijk.

**XII. Een klimaatbestendige stad en samenleving voor iedereen: het belang van klimaatinclusiviteit en -rechtvaardigheid.** Om tot een klimaatbestendige stad en samenleving voor iedereen te komen, is het van groot belang om inzicht te creëren in de ongelijkheid in gevoelde effecten van klimaatextremen, het verschil in handelingsperspectief, procedurele onrechtvaardigheid en de onvoorziene sociale effecten van klimaatadaptief beleid, en deze inzichten te vertalen en te verankeren in een inclusieve stedelijke planning en inclusief beleid. Door de maatschappelijke diversiteit aan gevoelde effecten van klimaatextremen en het perspectief op kansrijke oplossingen in beeld te brengen, inclusief het proces daarnaartoe, dragen we bij aan de eerste verkenningen op dit nog relatief onontgonnen terrein.

Methoden die we inzetten in onderzoek en onderwijs om een bijdrage te leveren aan de geformuleerde opgave en genoemde speerpunten, zijn allemaal actiegericht en onder te verdelen in: ontwerp (bijvoorbeeld prototyping en ontwerpend onderzoek op product-, gebouw-, wijk-, stad- of systeemniveau), digitalisering en techniek (bijvoorbeeld fysieke experimenten, meten, monitoren, modelleren, scenario-analyse), economie (bijvoorbeeld ontwikkeling en analyse van maatschappelijke kosten-batenanalyses [MKBA], multicriteria-analyses [MCA], levenscyclusanalyses [LCA] en MKI-berekeningen) en sociaal en beleid (bijvoorbeeld enquêtes, interviews, focusgroepen, observaties, experimenten). Centraal in elke onderzoekspraktijk staat betrokkenheid vanuit en met de praktijk, via het gezamenlijk formuleren van de vraag of de behoefte, het aanbieden van casuïstiek en locaties voor onderzoek, het voeren van een continue dialoog ten tijde van de uitvoering van het onderzoek en het toetsen van resultaten, inzichten en producten op hun bruikbaarheid in de praktijk.



## 4.2 Aansluiting op de ambitie en maatschappelijke opgaven van Hogeschool Rotterdam

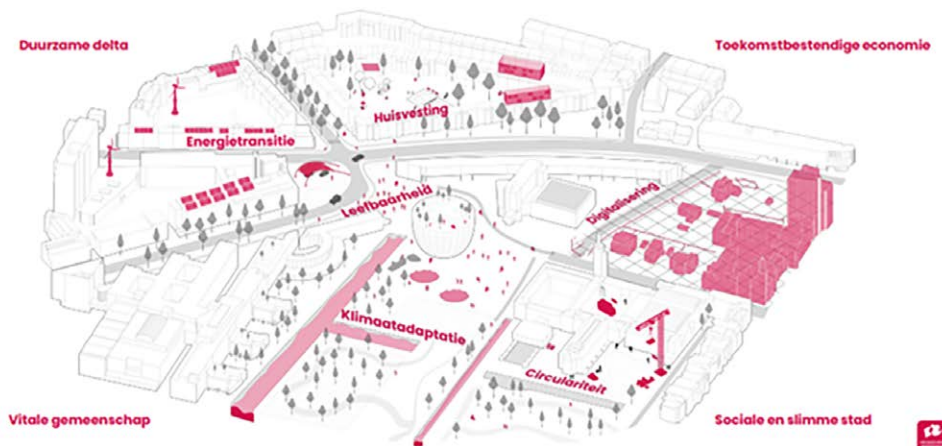
Hogeschool Rotterdam heeft in haar strategische agenda (2023) de ambitie staan om via hoger beroepsonderwijs en praktijkgericht onderzoek bij te dragen aan talent voor transitie ('toekomstmakers'), voor de samenleving van morgen. Talent staat voor het opleiden van professionals. Transitie staat voor de snel veranderende wereld met grote maatschappelijke vraagstukken, die iets anders van het onderwijs, het onderzoek en de studenten van de hogeschool vragen dan zij gewend was. De vier maatschappelijke opgaven die de basis vormen voor het vormgeven van onderwijs en onderzoek aan Hogeschool Rotterdam zijn: duurzame delta, toekomstbestendige economie, vitale gemeenschap en slimme & sociale stad.

De ambitie en de maatschappelijke opgaven van Hogeschool Rotterdam zijn op het niveau van de instituten, kennisinstellingen en Centres of Expertises (CoE's) geoperationaliseerd. Enkele voorbeelden zijn:

- Het Instituut voor de Gebouwde Omgeving (IGO) werkt aan het realiseren van opgevegericht onderwijs aan de hand van zes maatschappelijke opgaven: klimaatadaptatie, circulariteit, energietransitie, leefbaarheid & inclusiviteit, huisvesting en digitalisering (zie Figuur 27 voor een visualisatie van de verbinding tussen de vier maatschappelijke opgaven van Hogeschool Rotterdam en de zes thema's van IGO). IGO pakt dit onder meer aan via het ontwikkelen van een kennisontwikkelagenda en het opzetten van leerwerkgemeenschappen.
- Het Expertisecentrum Maatschappelijke Innovatie (EMI) verbindt studenten van Hogeschool Rotterdam, docenten en praktijkpartners met elkaar rondom complexe maatschappelijke vraagstukken in Rotterdam-Zuid. De EMI-vraagstukken zijn gebaseerd op vier kernprincipes: nabijheid, gelijkwaardigheid, wederkerigheid en continuïteit. EMI maakt daarbij gebruik van estafette-leren. Het programma 'Stadsleven' is het ankerpunt voor vraagstukken ten aanzien van stedelijke ontwikkeling in Rotterdam-Zuid, met aandacht voor thema's als participatie, inclusiviteit en klimaatadaptatie.
- CoE HRTech fungeert als de samenwerkingspartner voor de praktijk op het gebied van praktijkgericht onderzoek voor een duurzame stad en delta. Het lectorencluster Duurzame Stedelijke Delta staat daarbij met haar onderzoek midden in de stad en delta en heeft nauwe banden met de betrokken opleidingen bij Hogeschool Rotterdam. Het lectorencluster verbindt vraagstukken uit de stad en delta aan praktijkgericht onderzoek en onderwijs. Het levert daarmee een bijdrage aan de ontwikkeling van praktische kennis en aan de ontwikkeling van innovaties waarvoor draagvlak bestaat en tegelijkertijd levert het een bijdrage aan het opleiden van de studenten vanuit een maatschappelijk-georiënteerde en contextrijke leeromgeving.

Het lectoraat sluit met haar maatschappelijke opgaven en speerpunten ten aanzien van praktijkgericht onderzoek en onderwijs (zie paragraaf 4.1) aan op het thema 'duurzame delta' uit de strategische agenda van Hogeschool Rotterdam, en de uitwerking hiervan binnen de instituten, kenniscentra en CoE's – met in het bijzonder een focus op het thema klimaatadaptatie. Het lectoraat is daarbij nauw – maar niet uitsluitend – verbonden aan IGO, het CoE HRTech en EMI, en draagt bij elk van deze organisatieonderdelen actief bij aan het aanscherpen, operationaliseren en realiseren van de geformuleerde ambities ten aanzien van praktijkgericht onderzoek en onderwijs. Ook met andere kenniscentra (zoals Zorginnovatie, Creating 010 en Business Innovation) en instituten (zoals het Instituut voor Engineering & Applied Sciences, het Instituut voor Lerarenopleidingen) komt samenwerking op verschillende fronten op gang. Dit gebeurt onder meer via de verkenning van een gezamenlijk optrekken rondom de genoemde ambities op onderzoek en onderwijs, gelieerd aan de thema's duurzame delta en klimaatadaptatie.

### Opgavegericht onderwijs de maatschappelijke opgave centraal



*Figuur 27. Verbinding tussen de vier hogeschoolbrede maatschappelijke opgaven (duurzame delta, toekomstbestendige economie, vitale gemeenschap en sociale & slimme stad) en de zes IGO-thema's (klimaatadaptatie, circulariteit, energietransitie, leefbaarheid & inclusiviteit, huisvesting en digitalisering) (bron: Hogeschool Rotterdam z.d. ©Hogeschool Rotterdam)*

### 4.3 Uitwerking in onderzoek

Om in 2050 klimaatbestendig, waterrobuust en waterbewust te zijn, telt elke schop in de grond. Praktijkgericht onderzoek speelt hierin een cruciale rol. Met praktijkgericht onderzoek kunnen we als lectoraat praktische en contextspecifieke oplossingen ontwikkelen voor het aanpakken van de diverse en vaak complexe uitdagingen die klimaatverandering met zich meebrengt. Praktijkgericht onderzoek biedt de mogelijkheid om de effectiviteit van klimaatadaptatiemaatregelen in de praktijk te evalueren en te optimaliseren. Door direct te werken aan praktische problemen, dragen we bij aan het versnellen van innovatie. Praktijkgericht onderzoek bevordert de samenwerking tussen wetenschap en praktijk, onderzoekers, beleidsmakers, bedrijven en gemeenschappen. Door deze samenwerking kunnen oplossingen worden ontwikkeld die niet alleen wetenschappelijk onderbouwd zijn, maar ook praktisch uitvoerbaar en economisch haalbaar. Dit versterkt de effectiviteit en de acceptatie van klimaatadaptatiemaatregelen die uit de samenwerking voortkomen. Praktijkgericht onderzoek draagt bij aan de educatie en de opbouw van capaciteit van lokale gemeenschappen, beleidsmakers en professionals – die van nu en die van de toekomst. Door betrokkenheid bij onderzoeksprojecten leren zij de nieuwste technieken, methodieken en strategieën die een bijdrage leveren aan een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste Rotterdamse stedelijke delta, wat leidt tot een beter geïnformeerde en beter voorbereide samenleving.

Vanuit de helix onderwijs, onderzoek en praktijk (overheden, bedrijven, burgers) werken we, samen met partners, aan het opstellen van gezamenlijke onderzoekagenda's die aansluiten bij de geformuleerde opgave en bijbehorende speerpunten van het lectoraat – veelal met een directe koppeling naar specifieke locaties in de Rotterdamse stedelijke praktijk (zoals Noordereiland, Rotterdam-Zuid, Merwevierhavens en Alexanderpolder). Deze aanpak biedt ons de kans om op programmatische wijze gezamenlijke onderzoeksprojecten te ontwikkelen en te prioriteren, de hiervoor benodigde onderzoekssubsidies aan te vragen ter uitvoering van ons praktijkgerichte onderzoek en tijdig de juiste koppelingen te maken met het onderwijs. Voorbeelden van deze programmatische aanpak zijn onder meer de netwerken en onderzoekagenda's (in oprichting) rondom de thema's: de plasticvrije Rijn-Maasdelta; groenblauwe en natuurinclusieve daken; infiltrerende verharding en stedelijk waterbeheer; klimaatinnovaties van proeftuin naar praktijk; klimaatinclusiviteit en -rechtvaardigheid; klimaatcommunicatie en -educatie; stedelijke hitteproblematiek; financiering van klimaatbeleid; en klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste gebiedsontwikkeling.

Vanuit deze programmatische aanpak richten we ons op de gehele waaier aan onderzoekssubsidies en samenwerkingsvormen die ons in staat stellen om via praktijkgericht onderzoek een antwoord te geven op de geformuleerde vragen en opgaven. Dit varieert van publiek-private of publiek-publieke samenwerkingsverbanden; SIA RAAK-subsidies (KIEM, mkb, publiek, PRO, SPRONG) voor praktijkgericht onderzoek en/of de ontwikkeling van infrastructuren en netwerken ten behoeve van praktijkgericht onderzoek; en NWO-subsidies die:

- voortkomen uit het missiegedreven topsectorenbeleid (MMIP) en de kennis- en innovatieagenda's (KIA) en die zijn vastgelegd in het Kennis en Innovatieconvenant (KIC), en die met name zijn gelinkt aan de missies ten aanzien van klimaat & energie, circulaire economie en landbouw, water & voedsel;
- voortkomen uit de Nationale Wetenschapsagenda (NWA), met haar onderzoek op Routes door Consortia (NWA-ORC), zoals de Blauwe route en de route 'Smart, liveable cities', of zijn vormgegeven aan de hand van thematische programmering (droogte in de gebouwde omgeving).

In Europees verband spelen we in op de agenda van New European Bauhaus en de European Green Deal en subsidieoproepen die daaruit voortkomen via onder meer Horizon Europe, LIFE en Interreg. Via onder meer het ERASMUS+-programma richten we ons op internationale kennisdeling en *capaciteitsopbouw*.

De waarde van praktijkgericht onderzoek wordt steeds beter herkend en erkend door praktijkpartners en door het brede (academische) kennisveld. Dit komt binnen het lectoraat tot uiting in de deelname aan en het leiden van diverse grote (internationale) onderzoeksconsortia waarin praktijkgerichte en academische onderzoekers op gelijkwaardige wijze samenwerken – in onderzoek in voorbereiding of uitvoering, op regionaal, nationaal en internationaal niveau; in het meedenken en meedoen in diverse NWO-gedreven subsidie-ontwikkeltrajecten; en in de participatie aan beoordelingscommissies ten behoeve van onderzoeksaanvragen van derden.

Tabel 1 geeft een overzicht van de onderzoeksprojecten die zijn afgerond, nog lopen, zijn gehonoreerd en/of in aanvraag zijn, met een link naar de speerpunten van het lectoraat en die voortkomen uit de bovengenoemde programmatische aanpak.

*Tabel 1: Overzicht van afgeronde, lopende, aangevraagde en gehonoreerde onderzoeksprojecten, gekoppeld aan de speerpunten van het lectoraat Klimaat en Water*

| Speerpunt                                                                                                                                                       | Afgerond/lopend                                                                                                                  | In aanvraag/gehonoreerd                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. De opgave in beeld en het einddoel voor ogen: het belang van meten en monitoren                                                                              | SIA RAAK-publiek: De waterbergende weg (2021-2023)<br><br>RIONED: Werking infiltrerende voorzieningen in de praktijk (2023-2024) | NWO-KIC: Leren van fysieke experimenteertomgevingen - EXTRA (gehonoreerd, 2025-2029)<br><br>RWS: Potentie Rijkswaterstaat voor water en bodem sturen (in aanvraag)                                                                                               |
| II. Kennishiaten ten aanzien van droogte, waterkwaliteit en stedelijk groen                                                                                     | SIA RAAK-publiek: De waterbergende weg (2021-2023)<br><br>SIA RAAK-publiek: Samenscholing op coole pleinen (2022-2024)           | NWO-NWA: Droogte in de gebouwde omgeving (in aanvraag)<br><br>RWS: Potentie Rijkswaterstaat voor water en bodem sturen (in aanvraag)                                                                                                                             |
| III. Klimaateducatie en -communicatie voor een waterbewuste samenleving                                                                                         | ZonMw: Gezonde leefomgeving in kwetsbare wijken (2024-2025)<br><br>Rotterdam Climate Adaptation Academy (2023-2024)              | Erasmus+: Green Infrastructures for Nature-based Solutions in Urban Areas (2024-2027)<br><br>NWO-NWA: Droogte in de gebouwde omgeving - Thirsty Cities (in aanvraag)<br><br>NWO-KIC: Leren van fysieke experimenteertomgevingen - EXTRA (gehonoreerd, 2025-2029) |
| IV. Klimaatbestendig, waterrobuust en waterbewust als het nieuwe normaal in gebiedsontwikkeling                                                                 | NWO-NWA-ORC: Real Estate Development in Low Lying Urban Environments (2022-2027)                                                 | NWO NWA: Droogte in de gebouwde omgeving - Thirsty Cities (in aanvraag)<br><br>NWO-KIC: Stad en land in samenhang (gehonoreerd, 2025-2029)                                                                                                                       |
| V. Van proeftuin naar praktijk: succesvol laten landen van klimaatinnovaties in de praktijk                                                                     | SIA RAAK-mkb: De infiltrerende stad (2018-2021)                                                                                  | NWO-KIC: Leren van fysieke experimenteertomgevingen - EXTRA (gehonoreerd, 2025-2029)<br><br>SIA RAAK-mkb: Klimaatinnovaties van proeftuin naar praktijk (in voorbereiding)                                                                                       |
| VI. De financiering van klimaatbeleid: inzicht in (verdeling van) maatschappelijke kosten en baten, ontwikkeling van innovatieve financieringsmechanismen       | NWO-NWA-ORC: Real Estate Development in Low Lying Urban Environments (2022-2027)                                                 | NWO-KIC: Stad en land in samenhang - Fertile Soils (gehonoreerd, 2025-2029)<br><br>NWO-KIC: Leren van fysieke experimenteertomgevingen - EXTRA (gehonoreerd, 2025-2029)                                                                                          |
| VII. Het belang van klimaatadaptatie op particulier terrein                                                                                                     | EU LIFE: Life@Urban Roofs (daaraan gelieerd: Experimentendak Hogeschool Rotterdam) (2017-2024)                                   | SIA RAAK-publiek Klimaatadaptatie op particulier terrein (in voorbereiding)                                                                                                                                                                                      |
| VIII. De mitigatie/adaptatie-paradox: werken aan duurzame, circulaire, en adaptieve ontwikkeling van een klimaatbestendige en waterrobuuste stad en samenleving | SIA RAAK-mkb: De infiltrerende stad (2018-2021)<br><br>SIA RAAK-publiek: De waterbergende weg (2021-2023)                        | NWO-KIC: Leren van fysieke experimenteertomgevingen - EXTRA (gehonoreerd, 2025-2029)<br><br>RAAK-mkb: Klimaatinnovaties van proeftuin naar praktijk (in aanvraag)                                                                                                |



|                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IX. Gecoördineerde aanpak voor een plasticvrije Rijn–Maasdelta                                                         | Living Lab Plasticvrije Rijn–Maasdelta (2023–2026)<br><br>IVN: Bestuur en beleid rondom zwerfafval in de regio's Maasdelta en Noord-Holland (2024)                                                                           | SIA RAAK-publiek: Naar een plasticvrije Rijn–Maasdelta (in aanvraag)                                                                                                                                                     |
| X. Mondiale opgave, lokale oplossingen: leren van/in een internationale context                                        | ERASMUS+ Capacity Building in Higher Education: Zuid Afrika, Madagascar, Suriname, Kaapverdië, Egypte, Filipijnen<br><br>DUTEP Indonesië                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                          |
| XI. Benodigd arbeidskapitaal voor de toekomst                                                                          | Rotterdam Climate Adaptation Academy (2023–2024)                                                                                                                                                                             | NWO-KIC: Leren van fysieke experimenteromgevingen (gehonoreerd, 2025–2029)<br><br>Rotterdam Climate Adaptation Academy (doorontwikkeling)<br><br>NWO-NWA: Droogte in de gebouwde omgeving – Thirsty Cities (in aanvraag) |
| XII. Een klimaatbestendige stad en samenleving voor iedereen: het belang van klimaatinclusiviteit en -rechtvaardigheid | NWO-NWA-ORC: Real Estate Development in Low Lying Urban Environments (2022–2027)<br><br>Klimaatonderzoek Initiatief Nederland: Klimaattransitie in het stedelijk gebied door de lens van klimaatrechtvaardigheid (2024–2025) | SIA RAAK-PRO: The Equity Nexus of Governance, Adaption Planning & Design for Urban Climate Resilience (in aanvraag)                                                                                                      |

Op het moment van schrijven zijn vijftien docent-onderzoekers verbonden aan het lectoraat (met een totale omvang van 5,5 fte), met een onderzoeksinzet die per persoon varieert van 0,2–0,7 fte. De verbonden docent-onderzoekers hebben elk hun eigen expertise en/of thematische interesse, zijn gelieerd aan diverse opleidingen (in veel gevallen met eigenaarschap over één of meerdere onderdelen uit het onderwijscurriculum) en onderwijsinstituten en/of zijn verbonden aan verschillende kenniscentra en CoE's. De wijze van betrokkenheid van de docent-onderzoekers met het onderzoek is divers: van het kennismaken met onderzoek, het verkennen van een inhoudelijke thematische lijn en het professionaliseren in het doen van onderzoek, tot het zelfstandig aanvragen, uitvoeren en coördineren van gesubsidieerde onderzoeksprojecten; van het doen van onderzoek als onderdeel van een promotietraject, tot het benutten van onderzoekstijd voor (internationale) kennisdeling en capaciteitsopbouw. In alle gevallen staat het maken van de waardevolle verbindingen tussen onderzoek, onderwijs en praktijk centraal.

Het lectoraat zal – naar verwachting – in de komende periode nog iets in omvang toenemen, zowel vanuit verbreding (via het aantrekken van docent-onderzoekers met complementaire expertise en/of via het werven van junior-onderzoekers en studentassistenten voor de ondersteuning bij projecten) als via verdieping (uitbreiding van de bestaande onderzoeksinstellingen). De ambitie is daarbij om uit te groeien

tot een interdisciplinair lectoraat met een zichzelf up-to-date houdende onderzoeksagenda, die in verbinding staat met de hogeschoolbrede maatschappelijke opdracht en strategische agenda en waarop meerdere instituten, kenniscentra en CoE's zich verbonden zien. We streven naar een dynamische groep waarin docent-onderzoekers vanuit diverse invalshoeken elkaar vinden in hun ambitie rondom het (via praktijkgericht onderzoek en onderwijs) leveren van een bijdrage aan de realisatie van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste praktijk. We breiden duurzame samenwerkingsverbanden verder uit en bouwen samen met onze partners aan een gezamenlijke onderzoeksagenda die ons in staat stelt om continue in te spelen op de ontwikkelingen van vraag, behoefte en opgave vanuit de praktijk. Als praktijkgerichte onderzoekspartner zijn we toonaangevend en draaien we volwaardig mee in het internationale, nationale, regionale en lokale onderzoeksveld. We verankeren daarbij ons onderzoek in bijbehorende onderzoeksstructuren, fondsen en subsidieprogramma's. Aandachtspunt is om in de komende jaren te blijven werken aan een passend organisatiemodel met bijbehorende afspraken en een infrastructuur ter ondersteuning van het lectoraat, ter bevordering van het praktijkgerichte onderzoek en ter versterking van de verbinding met het onderwijs en de praktijk.

#### 4.4 Doorwerking in onderwijs

Hogeschool Rotterdam heeft de ambitie om onderwijs te verzorgen dat opgavegericht en contextrijk is, via learning communities en living labs waarin docenten, onderzoekers en professionals uit de beroepspraktijk in gezamenlijkheid leren. Praktijkgericht onderzoek draagt hier op meerdere manieren aan bij: (a) door de formulering van een gezamenlijke onderzoeksagenda en de opbouw van duurzame netwerken ten behoeve van het onderwijs, (b) door professionalisering van docent-onderzoekers met oog op het doen van onderzoek of het aanleren van nieuwe vaardigheden, (c) door state-of-the-art kennis en inzichten via presentaties en workshops in te brengen in het onderwijs, (d) door studenten in projecten te voorzien van echte maatschappelijke vraagstukken die voortkomen uit de onderzoekspraktijk, (e) door studenten via afstuderen, stage of een student-assistentenschap mee te laten draaien in lopende onderzoeksprojecten, (f) door behoeften en vragen vanuit de praktijk wat betreft benodigde kennis en vaardigheden van de (toekomstige) professional continue door te vertalen in curricula die up-to-date zijn, en (g) door via *life long learning* een bijdrage te leveren aan de her-, om- en bijscholing van de huidige professional in de praktijk.

We werken als lectoraat op dit moment op meerdere manieren aan de doorwerking in het onderwijs. Docent-onderzoekers betrokken bij het lectoraat zijn afkomstig van verschillende opleidingen en meerdere onderwijsinstituten en zorgen op die manier voor een directe doorwerking van het onderzoek in onderwijs (van propedeuse tot minor en van keuzevak tot master) en professioneel onderwijs: van het niveau van het inbrengen van de laatste kennis en inzichten in individuele colleges en het

themedreven ontwikkelen van een lessenreeks, tot het niveau van het invullen van het gehele curriculum. Zij doen dit door het inbrengen van voorbeelden, het aandragen van vraagstukken en opgaven, het formuleren van opdrachten voor en/of het begeleiden van afstudeerders, het voorzien van stagairs van een stageplek, via het coördineren van een Community of Practice en/of het acteren als liaison binnen een praktijkgericht onderzoeksnetwerk. Het lectoraat speelt een (actieve) betrokken rol bij diverse bachelors (o.m. Watermanagement, Civiele Techniek, Bouwkunde, Ruimtelijke Ontwikkeling, Industrieel Productontwerp), minoren (Creating Resilient Cities, Rivers, Circular Built Environment, Waterbouw) en masters (River Delta Development, Sustainability Transitions). Binnen IGO dragen we bij aan de formulering van de kennisontwikkelagenda klimaatadaptatie en de op- en inrichting van diverse hieraan gelieerde leerwerkgemeenschappen. Door gastcolleges te geven en workshops en/of excursies te verzorgen bij een brede variëteit van opleidingen bij diverse onderwijsinstituten vergroten en verbreden we ons bereik. Met de Rotterdam Climate Adaptation Academy verzorgen we voor het tweede jaar op rij professioneel onderwijs.

Ambities ten aanzien van de doorwerking in onderwijs liggen er vanuit het lectoraat op:

- het succesvol meenemen en structureel verbinden van het onderwijs aan de geïdentificeerde maatschappelijke opgaven, de lopende en komende onderzoekstrajecten en programma's die hier met praktijkgericht onderzoek invulling aan gaan geven en aan de plekken en netwerken waarbinnen dit onderzoek tot uiting komt, onder meer via het verder invulling en vorm geven aan de IGO-leerwerkgemeenschappen en het daarbij passende onderwijs (minor, stage, afstuderen, multidisciplinair project);
- het ondersteunen, vormgeven en aanbieden van klimaat- en watergerichte onderwijselementen in alle eerstejaarscurricula van de Hogeschool Rotterdam, onder meer in samenwerking met het programma 'Samen Duurzaam';
- het leveren van een bijdrage aan de ontwikkeling van diverse keuzevakken en programmalijnen voor latere jaren (minor, masters), onder meer met aandacht voor klimaatadaptatie, waterbewustzijn, natuurinclusiviteit en klimaatrechtvaardigheid;
- het meebewegen met de opkomst van nieuwe technologieën (waaronder digitalisering en AI), het verkennen van de toepassing daarvan in onderwijs en de gevolgen daarvan voor de benodigde vaardigheden in de professionele praktijk;
- het leveren van een strategisch-inhoudelijke bijdrage aan en bij de (her)ontwikkeling van de masters River Delta Development en Sustainability Transitions;
- het verkennen van de mogelijkheden voor nieuw masteronderwijs rondom klimaat en gezondheid en de financiering van klimaatbeleid;
- het doorontwikkelen van het professioneel onderwijs vanuit de Rotterdam Climate Adaptation Academy.

Aandachtspunt hierbij is dat de positie van het hoger beroepsonderwijs onder druk staat als gevolg van teruglopende studentenaantallen. Door meer transparant te zijn over ons onderzoek en onderwijs, door ons onderwijsaanbod te diversifiëren en onderwerpen als water en klimaat breed in te brengen in curricula van de hogeschool en ons te richten op professioneel onderwijs, streven we ernaar de instroom te vergroten en verbreden – van de student in de hogeschool en de (toekomstige) professional in de praktijk.

## 4.5 Samenwerking met de praktijk

Samenwerking met de praktijk is essentieel voor het succesvol vormgeven en uitvoeren van praktijkgericht onderzoek en het leveren van een bijdrage aan een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste praktijk. Deze samenwerking tussen onderwijsinstellingen, bedrijven, overheden en maatschappelijke organisaties zorgt voor oplossingen die niet alleen theoretisch onderbouwd, maar ook vraag-georiënteerd, contextspecifiek en praktisch toepasbaar zijn. Lectoraten spelen een centrale rol in het verbinden van theorie en praktijk, het co-creëren van kennis, het ontwikkelen en testen van innovatieve oplossingen en het opleiden van de volgende generatie professionals.

Gepositioneerd in de Rotterdamse stedelijke delta en werkend aan praktijkgericht onderzoek en onderwijs ten behoeve van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving vormen burgerorganisaties en (de)centrale overheden zoals het rijk, Rijkswaterstaat, provincies, waterschappen en gemeenten een belangrijke partner, bron en klankbord. We halen vragen en behoeftes op en staven uitkomsten, resultaten en producten. Voor de Rotterdamse stedelijke delta zijn dit onder meer: burgerorganisaties zoals 'Iedereen aan boord' (Noordereiland) en de Afrikaanderwijk-coöperatie; gemeentes zoals (maar niet beperkt tot) Rotterdam (met in het bijzonder de programma's 'Rotterdams WeerWoord', 'Resilient Rotterdam Strategie' en 'Inclusive Climate Action Rotterdam'), Dordrecht, Gouda en Capelle aan den IJssel; hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard, hoogheemraadschap van Delfland en Waterschap Hollandse Delta; de ggd; Provincie Zuid-Holland; Metropoolregio Den Haag Rotterdam; Alliantie Waterkracht; Rijkswaterstaat; en ministeries van Infrastructuur & Waterstaat, Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid & Natuur en Binnenlandse Zaken. Ook de Port of Rotterdam fungeert als opdrachtgever en partner binnen ons praktijkgerichte onderzoek.

In het ontwikkelen en uitvoeren van (praktijkgericht) onderzoek trekken we veelal gezamenlijk op met andere onderwijs- en kennisinstellingen vanuit het middelbaar beroepsonderwijs, zoals Yuverta; het hoger beroepsonderwijs, zoals Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Van Hall Larenstein, Hogeschool Saxion, de Haagse Hogeschool, Hogeschool InHolland, Hogeschool Leiden en Hanze

Hogeschool Groningen; het wetenschappelijk onderwijs, zoals TU Delft, Wageningen University & Research, Utrecht Universiteit, Erasmus Universiteit & Research, Erasmus Medisch Centrum, Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Studies en de Vrije Universiteit; en onafhankelijke instituten zoals Deltares, TNO, KWR en Naturalis. In de regio Rotterdam en de provincie Zuid-Holland jagen de Convergence-agenda, het Resilient Delta Initiative en de Zuid-Hollandse Impact Alliantie verdere samenwerking tussen de genoemde kennisinstellingen op het gebied van duurzaamheid en klimaatadaptatie aan. Landelijke kennisontwikkeling en -uitwisseling tussen lectoraten van hogescholen vindt plaats via de lectorenplatforms, zoals het Delta Platform Water, het platform Gebouwde Omgeving en het platform Klimaatverandering.

Wat betreft de ontwikkeling en toetsing van diverse klimaatinnovaties staan we in directe verbinding met het innovatieve mkb, zoals Noria, Bufferblock, TileSystems, Rain(a)way, Field Factors, Blue21 en EWB Circular Rain. VPdelta+ en de proeftuin The Green Village spelen hierin in veel gevallen een verbindende en faciliterende rol. Met ingenieurs- en consultancybureaus, zoals SWECO, Royal HaskoningDHV en TAUW, trekken we op in kort-cyclisch onderzoek.

Landelijke kennisnetwerken, -centra en -organisaties helpen ons bij het breder ophalen van vraagstukken uit de praktijk, het toetsen van de resultaten en het breed delen en verspreiden van uitkomsten, inzichten en producten onder de achterban in de praktijk. We werken hiertoe samen met onder andere Samen Klimaatbestendig, STOWA, RIONED, Centrum voor Ondergronds Bouwen, Stichting Kennis Gebiedsontwikkeling, Kenniscentrum voor Bodemdaling en Funderingen, Kennis- en onderwijscentrum Bodem en Ondergrond, Kennis Centrum Aanpak Funderingsproblematiek, Platform Klimaatadaptief Bouwen met de Natuur (KAN) en de Community of Practice Plastic (CoPP) en Community of Practice Waterinfiltrerende verharding (CoP-WAIVE).

De ambitie van het lectoraat Klimaat en Water is erop gericht om de genoemde samenwerkingen met de praktijk verder uit te bouwen, te versterken, te verstevigen en te verduurzamen.





# Bronnenlijst

- AD Redactie Rotterdam (2020). Hoogwater en harde wind als nasleep van zware storm. AD. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.ad.nl/rotterdam/hogwater-en-harde-wind-als-nasleep-van-zware-storm-a1722902/>
- Agudelo-Vera, C. M. (2018). *Aanpak om de hotspots in het leidingnet terug te dringen*. (Rapportnr. BTO 2018.024). KWR.
- Alkmaar Nieuws (2021). Overlast en schade en zwemplezier door extreem weer in en rond Alkmaar. Alkmaar Nieuws. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://alkmaar.nieuws.nl/algemeen/overlast-en-schade-en-zwemplezier-door-extreem-weer-in-en-rond-alkmaar>
- Amersfoort Rainproof (z.d.). Wadi's. Geraadpleegd op 20 september 2024 van
- Amstelveen Rainproof (z.d.). Omgekeerde drainage/IT-riool. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.amstelveenrainproof.nl/maatregel/omgekeerde-drainageit-riool>
- Archined (z.d.). The Muse – Barcode Architects. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.archined.nl/barcode/project/30138-the-muse/>
- Architectenweb (2013). Tweede 'waterplein' Rotterdam geopend. Architectenweb. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://architectenweb.nl/nieuws/artikel.aspx?id=33689>
- Bani, M., Barendregt, E., Blom, M., Burgers, S., De Groot, C., Hordijk, R., Nobel, A., Philippen, S., & Vendel, B. (2024). *Climate change and the Dutch housing market. Insights and policy guidance based on a comprehensive literature review*.
- Bartholomeus, R. P., Wanders, N., & Pot, W. (2023a). WaterScape: Waterbeheer in een klimaat van extremen vraagt om een transformatie in watersysteem en water governance. *Water Governance*, (3), 24-33.
- Bartholomeus, R. P., van der Wiel, K., van Loon, A. F., van Huijgevoort, M. H. J., van Vliet, M. T. H., Mens, M., Muurling-van Geffen, S., Wanders, N., & Pot, W. (2023b). Managing water across the flood-drought spectrum: Experiences from and challenges for the Netherlands. *Cambridge Prisms: Water*, 1(e2), 1-22. doi.org/10.1017/wat.2023.4
- Bakker, A., Kadijk, J., Priden, R., van de Velde, R., & Verbrugge, A. (2023). *Framework for climate adaptive buildings. Deel 3: Strategie en maatregelen*. Dutch Green Building Council.

- Bessembinder, J., Bintanja, R., van Dorland, R., Homan, C., Overbeek, B., Selden, F., & Siegmund, P. (2023). KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut.
- Betgen, C. D., Boekhold, S., Boomsma, C., van Dijk, A., Hall, E. F., Hagens, W., Limaheluw, J., Ruysenaars, P., van der Ree, J., & Versteeg-de Jong, A. (2024). *Gezondheidseffecten van klimaatverandering: Actualisatie van de huidige klimaatrisico's voor gezondheid*. (RIVM-briefrapport 2023-0324). Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Brown, R.R., Keath, N., & Wong, T.H.F. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Sci Technol*, 59 (5): 847-855.
- Catlender, N. (2022). In Rotterdam gingen 1700 bomen om tijdens 'drielingstorm': dit gebeurt er met het hout. AD. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.ad.nl/rotterdam/in-rotterdam-gingen-1700-bomen-om-tijdens-drielingstorm-dit-gebeurt-er-met-het-hout~a9e4ef99/>
- Coalitie Klimaatbestendige Stad (2013). *Manifest Klimaatbestendige Stad: Nú bouwen aan de stad van de toekomst*.
- De Bruijn, K., & Slager, K. (2022). Wat als de waterbom elders in Nederland was gevallen? (Hackaton Deltares, november 2021. 11206890-010-GEO-0006). Deltares.
- De Gelderlander Binnenland Redactie (2023). Nederlanders hebben geen flauw benul waar ze voor stemmen bij waterschappen, belangstelling groeit wel. De Gelderlander. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.gelderlander.nl/binnenland/nederlanders-hebben-geen-flauw-benul-waar-ze-voor-stemmen-bij-waterschappen-belangstelling-groeit-wel-a6ca5f10/>
- Deltares, BoschSlabbers, & Sweco (2021). *Op waterbasis: grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem*. (Essay & handreiking voor dialoog).
- Dolman, N., Lulofs, K., Özerol, G., Bormann, H., Böge, M., & Bressers, H. (2020). Transitie naar de waterbewuste stad: Omgaan met verstedelijking, waterbeheer en klimaatverandering. *Water Governance*, (03), 37-44.
- Dolman, N. (2021). Integration of water management and urban design for climate resilient cities. In: de Graaf-van Dinther, R. (ed). *Climate resilient urban areas: Governance, design and development in coastal delta cities*. Palgrave Studies in Climate Resilient Societies. (pp. 21-43). Palgrave Macmillan. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57537-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57537-3_2)
- Dolman, N., & Brolsma, R. (2023). Groenblauwe maatregelen en nature-based solutions voor de waterrobuuste en klimaatbestendige stad. *Water Governance*, (1), 40-47.
- Dolman, N., & Verlinde, J. (2024). Achieving a water-resilient Rotterdam: Past, present and future perspectives. *Blue Papers*, 3(1), 64-77.
- Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998). *Stream corridor restoration: Principles, processes and practices*. (GPO Item No. 0120-A). Federal Interagency Stream Restoration Working Group.

- Gemeente Rotterdam (2019). *Naar een Rotterdams daklandschap: Programma voor multifunctionele daken*. (Programmaplan Multifunctionele Daken 2019-2022).
- Gemeente Rotterdam. (2020). Strategie Marien Zwerfafval. Geen Rotterdams rivierafval naar zee.
- Gemeente Rotterdam (2023a). *Rotterdam, een rijke stadsnatuur Uitvoeringsagenda 2023-2027*.
- Gemeente Rotterdam (2023b). *Rotterdam gaat voor groen: De groenagenda 2023-2026*.
- Gemeente Rotterdam (2024). Driehoeksplein wordt veel groener, net als de rest van Rotterdam. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://duurzaam010.nl/nieuws/driehoeksplein-wordt-veel-groener-net-als-de-rest-van-rotterdam/>
- Gemeente Rotterdam (z.d.). Duik in je fundering: Niet-onderheide woningen Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.duikinjefundering.nl/niet-onderheide-woningen>
- Groenblauwe Netwerken (z.d.). Waterdoorlatende verharding. Groenblauwe netwerken voor veerkrachtige steden. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://groenblauwenetwerken.nl/measures/waterdoorlatende-verhardingsmaterialen/>
- Groenendijk, M. & Venema, J.-S. (2017). Veel overlast door zware regenval in Rotterdamse regio. AD. Geraadpleegd op 20 september 2024 van
- Groenendijk, P. (2023). Rotterdam gaat voor nieuwe stadsbrug die 1,3 miljard euro moet gaan kosten. AD. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.ad.nl/rotterdam/rotterdam-gaat-voor-nieuwe-stadsbrug-die-1-3-miljard-euro-moet-gaan-kosten-a83511b6/>
- H<sub>2</sub>O Redactie (2020). 'Urban Water Buffer' vooral kansrijk in lage delen van Nederland. H<sub>2</sub>O. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/urban-water-buffer-vooral-kansrijk-in-laag-nederland>
- Hamers, D., Kuiper, R., van der Wouden, R., van Dam, F., van Gaalen, F., van Hoorn, A., van Minnen, J., Pols, L., & Ritsema van Eck, J. (2021). *Grote opgaven in een beperkte ruimte: Ruimtelijke keuzes voor een toekomstbestendige leefomgeving*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- Hendriks, D., & Mens, M. (red.). (2024). *De droogte van 2022: Een brede analyse van de ernst en maatschappelijke gevolgen: Achtergrondrapport*. (11210273-001-BGS-0001). Deltares, KWR, WUR, WER en KnowH2O.
- Hogeschool Rotterdam (2023). *Talent voor transitie: Hoger beroepsonderwijs en praktijkgericht onderzoek voor de samenleving van morgen: Strategische agenda 2023-2028*.
- Hogeschool Rotterdam (z.d.). IGOvisie Het realiseren van opgavegericht onderwijs. Geraadpleegd op 16 september 2024 van <https://www.hogeschoolrotterdam.nl/samenwerking/instituten/instituut-voor-de-gebouwde-omgeving/introductie/>

- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (2021). *Evaluatie bestrijding wateroverlast juni 2021*
- Hoogvliet, M., van de Ven, F., Buma, J., van Oostrom, N., Brolsma, R., Filatova, T., Verheijen, J., & Bosch, P. (2012). *Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied: Quick scan van beschikbaarheid schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen*. (1205463-000). Deltares.
- Hoogvliet, M., Spijker, J., Noome, W., Slingerland, E. & De Groot-Reichwein, M. (2021). Droogte en stedelijke groen. NKWK Klimaatbestendige Stad.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Interprovinciaal Overleg. (2023). *Water en bodem sturend*. (Position paper).
- Jonkmans, A. (2023, 21 december). *Het klimaatwiel van ICAR*. openresearch.amsterdam.nl. Geraadpleegd op 16 september 2024 van <https://openresearch.amsterdam.nl/page/104539/het-klimaatwiel-van-icar>
- Kenniscentrum Bodemdaling en Funderingen (z.d.). *Toolbox Bodemdaling in Steden*. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.kbf.nl/toolbox/bodemdalinginsteden/>
- Gluck, J., Klok, L., Solcerová, A., Kleerekoper, L., Wilschut, L., Jacobs, C., & Loeve, R. (2020). *De hittebestendige stad: Een koele kijk op de inrichting van de buitenruimte*. Hogeschool van Amsterdam.
- Kok, S., van der Putten, S. & Kraus, J. (2021). *Naareen kennisagenda funderingsproblematiek*. (11206466-002). Deltares.
- Kolen, B., Valkenburg, L., & en Nillesen A. L. (2023). *Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
- Konijnendijk, C. (z.d.). *Gezondheid en welzijn met stadsgroen bevorderen: de 3-30-300 vuistregel*. digitaal.hortipoint.nl. Geraadpleegd op 20 augustus 2024, van <https://digitaal.hortipoint.nl/vergroenen-van-de-stad/de-3-30-300-vuistregel/>
- Konings, V. & Rodenburg, A. (red.). (2022). *Weer verandert alles: Klimaatverandering en de toekomst van Rotterdam*. Rotterdams WeerWoord, Nai010 Uitgevers.
- Lebreton, L. C. M., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8.



- Limaheluw, J., Vreman, B.-J., Van der Meulen, S., Belgers, D., & Bruijns, A. (2021). *Stedelijke Waterkwaliteit, klimaat en adaptatie: Achtergrondrapport*. NKWK Klimaatbestendige Stad.
- Meijaard, S., van Hamel, A., Dekker, G., & Handgraaf, S. ((2022). *Handreiking decentrale regelgeving klimaatadaptief en natuurinclusief bouwen, inrichten en beheren*. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
- Meijer, L. J. J., Van Emmerik, T., Van Der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Sci. Adv* (Vol. 7).
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat & ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2022). *Nationale aanpak klimaatadaptie gebouwde omgeving. Fase 1: 2022-2024. De rijksinzet op weg naar groene, klimaatbestendige steden en dorpen*.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Nationale klimaatadaptatiestrategie 2016 (NAS): Aanpassen met ambitie*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2019). *Nederland beter weerbaar tegen droogte: Resultaten beleidstafel droogte*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022a). *Evaluatie NAS: Aanbevelingen voor versnelde uitvoering van de Nationale klimaatadaptatiestrategie*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022b). *Water en Bodem sturend*. (Kamerbrief).
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2023). *Voortgangsrapportage Water en bodem sturend*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2020). *Nationaal Deltaprogramma 2021. Koersvast werken aan een klimaatbestendig Nederland*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2022). *Het nationale waterbeleid en de uitvoering in de rijkswateren: Nationaal waterprogramma 2022-2027*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, ministerie van Economische Zaken en Klimaat, ministerie van Justitie en Veiligheid, ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. (2023a). *Nationaal Uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie: Slimmer, intensiever, voor en door iedereen*.

- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2023b). *Nationaal Deltaprogramma 2024. Nu voor later.*
- Mol, J., Van Dorresteyn, D., Berghorst, A., Delgatto, F., Hoekstra, L. (2023). *Datagedreven werken bodem en ondergrond. Samenvattende rapportage pilot NL Greenlabel.* Vereniging Nederlandse Gemeenten.
- Molenaar, A., Sonneveld, N., Vertegaal, Y., Tjon Fo, T., Meek, L., & Nijpels, M. (2022). *Resilient Rotterdam Strategie 2022–2027. Van risico's naar resilience.* Gemeente Rotterdam.
- Mulders, A. (2019). Heeft Rotterdam straks een groene oase van Eendrachtsplein tot Oostplein? AD. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.ad.nl/rotterdam/heeft-rotterdam-straks-een-groene-oase-van-eendrachtsplein-tot-oostplein~a6c5df72/>
- MWH (2012). *Maatregelenmatrix. Een overzicht met 155 klimaatmaatregelen: fysieke maatregelen die genomen kunnen worden ter voorkoming van overlast door water, droogte en hitte en maatregelen die schade bij een eventuele overstroming kunnen beperken.* Deltaprogramma Nieuwbouw en herstructurering.
- NOS Nieuws (2021). Oud-Crooswijk was armste wijk, miljoenen verder gaat het iets beter. NOS. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://nos.nl/artikel/2400060-oud-crooswijk-was-armste-wijk-miljoenen-verder-gaat-het-iets-beter>
- Palmbout Urban Landscapes (z.d.). Rotterdam Nesseland. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://palmbout.nl/cubeportfolio/rotterdam-nesselande/>
- Planbureau voor de Leefomgeving. (z.d.). *Stedelijke ontwikkeling* (Atlas van de regio). Themasites.pbl.nl. Geraadpleegd op 20 augustus 2024, van <https://themasites.pbl.nl/atlas-regio/themas/stedelijke-ontwikkeling/>
- Platform Duurzame Financiering. (2023). *Klimaatadaptatie in een stroomversnelling: Financiële sector en overheid samen aan de slag.* Werkgroep Klimaatadaptatie.
- Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2024a). *Goed gefundeerd: Advies om te komen tot een nationale aanpak van funderingsproblematiek.*
- Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2024b). *Ruimtelijke ordening in een veranderend klimaat.*
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2015, 9 november). *Wateroverlast veroorzaakt gezondheidsklachten.* Geraadpleegd op 20 augustus 2024, van <https://www.rivm.nl/nieuws/wateroverlast-veroorzaakt-gezondheidsklachten>
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2012). *GGD-richtlijn medische milieukunde: Schimmel- en vochtproblemen in woningen.* (RIVM-rapport 609300022).

- Rijnmond Redactie (2019a). Rotterdam wil wéér nieuw middel inzetten tegen eindeloze strijd tegen blauwalg Kralingse Plas. Rijnmond. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.rijnmond.nl/nieuws/187636/rotterdam-wil-weer-nieuw-middel-inzetten-tegen-eindeloze-strijd-tegen-blauwalg-kralingse-plas>
- Rijnmond Redactie (2019b). Rotterdam: Let op ouderen, kinderen en zieken tijdens de hitte. Rijnmond. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.rijnmond.nl/nieuws/185358/rotterdam-let-op-ouderen-kinderen-en-zieken-tijdens-de-hitte>
- Rockwool (z.d.). De verhalen achter onze projecten. Rockwool. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://rain.rockwool.com/nl/cases/>
- Rotterdams WeerWoord (2019). Urgentiedocument.
- Rotterdams WeerWoord (2021). *Weer weetje meer*. issuu.com. Geraadpleegd op 20 augustus 2024, van [https://issuu.com/rotterdamsweerwoord/docs/281.062\\_rww\\_zakboekje\\_digitaal\\_toegankelijk\\_wt](https://issuu.com/rotterdamsweerwoord/docs/281.062_rww_zakboekje_digitaal_toegankelijk_wt)
- Rotterdams WeerWoord (z.d.). Klimaatrechtvaardigheid. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://rotterdamsweerwoord.nl/klimaatrechtvaardigheid/#:~:text=Klimaatrechtvaardig%20Rotterdam%20streeft%20ernaar%20dat,en%20veilig%20leven%20te%20leiden>
- Roovers, G. J., de Vries, B. J., Groenhuijzen, P. F., van de Ven, F. H.M., Kuiper, Smid, R. M. E., Tuinenburg-Jansen, A. K., Broeders, J., Jacobs, L. R., & Hoogland, C. T. (2023). *Werkveldkaart droogteadaptatie: Wat vraagt klimaatadaptatie van de toekomstige professional? Aanbevelingen en werkveldtips voor curricula hoger onderwijs*. Kenniscentrum Bodemdaling en Funderingen.
- Ruimte met Toekomst (z.d.). Ondergrond – Kwaliteit als uitgangspunt. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <http://www.ruimtexmilieu.nl/wiki/ondergrondlaag>
- Schmidt, C., Krauth, T., & Wagner, S. (2017). Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. *Environmental Science and Technology*, 51(21).
- Siegmund, P., Overbeek, B., van Oldenborgh, G. J., de Vries, Haarsma, R., Bloemendaal, N., Dullaart, J., van Dorland, R., Drijfhout, S., Le Bars, D., Bintanja, R., Pot, C., Skyllas, N., Lenderink, G., Groenland, R., Haklander, A., van der Wiel, K., Daniels, E., van der Schrier, G. [...] Wichers Schreur, B. (2021). KNMI *Klimaatsignaal'21: Hoe het klimaat in Nederland snel verandert*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut.
- Sloots, I. (2023). *Natuurinclusieve (woning)bouw en gebiedsontwikkeling: Handreiking beleid en uitvoering*. Provincie Zuid-Holland en Nest Natuurinclusief.
- Snep, R., Krijgsman, A., De Kort, R., Helmyr, S., Van der Strate, E., Dielen, L., Leusink, E., Hekman, A., Rovers, V., Pötz, H., Hulsman, H., Van de Ven, F., & De Nijs, T. (2020). *Handreiking slim koppelen klimaatadaptatie voor gemeenten*. NKWK Klimaatbestendige Stad.

- Straatbeeld Redactie (2016). Meer waterberging in wegen met kolkafvoer. Straatbeeld. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.straatbeeld.nl/nieuws/meer-waterberging-in-wegen-met-kolkafvoer>
- Valkenburg, L., Zwaan, J., Macke, F., Kusters, V., & Rijdsdijk, J. (2022). *Bouwstenen: Maatlat groene klimaatadaptieve gebouwde omgeving*. (Projectnummer 30111985). Ministerie van Buitenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur.
- Van der Brugge, R., & de Winter, R. (2024). *Deltascenario's 2024: Zicht op water in Nederland*. (11209219-000-ZKS-0004). Deltares.
- Van der Strate, E., Bessembinder, J., Kluck, J., Goossens, H., Heinen, R., & Bleeker, J. (2024). *OSKA Actieteam Hitte in de Buitenruimte: Stappenplan maatregelen*. OSKA.
- Van der Wiel (2023). Klimaatstreepjescode 1901-2023. Geraadpleegd op 13 september 2024, van <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/klimaatstreepjescode-1901-2023>.
- Van Dooren, T., & Wietse Boer, A. (2020). Urban Waterbuffer: Een integrale oplossing voor wateroverlast en droogte in de stad. (Eindrapportage TKI-project Urban Waterbuffer: samenvattend overzicht. KWR 2020.058). KWR, Nieuwegein.
- Van Emmerik, T., Mellink, Y., Hauk, R., Waldschläger, K., & Schreyers, L. (2022). Rivers as Plastic Reservoirs. *Frontiers in Water*, 3
- Van Gaalen, F., Franken, R., Kirkels, F., Ibrahim, S. I., van Minnen, J., Bouwman, A., & Vonk, M. (2024). *Klimaatrisico's in Nederland: De huidige stand van zaken*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- Van Hattum, T., Blauw, M., Jensen, M. B., & de Bruin, K. (2016). *Towards water smart cities: Climate adaptation is a huge opportunity to improve the quality of life in cities*. Wageningen Environmental Research.
- Van Heel, L. (2018). Aanleg van park bij Maashaven begint. AD. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.ad.nl/rotterdam/aanleg-van-park-bij-maashaven-begint-ab83a6f4/>
- Van Heeringen, K.-J., Asselman, N., Overeem, A., Beersma, J., & Philip, S. (2022). *Analyse overstroming Valkenburg: Watersysteemevaluatie Waterschap Limburg*. (11207700-000-ZWS-0014). Deltares.
- Van Huijgevoort, M.H.J. (2023a). Risico's van klimaatverandering voor de drinkwatervoorziening door lage rivierafvoeren. (Factsheet. KWR 2023.123). KWR.
- Van Huijgevoort, M.H.J. (2023b). Risico's voor de drinkwatervoorziening door veranderende grondwaterbeschikbaarheid en watervraag. (Factsheet. KWR 2023.122). KWR.
- Van Zoelen, B. (2020). Toekomstbeeld Amsterdam: temperaturen van 42 graden en meer overstromingen. Het Parool. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.parool.nl/amsterdam/toekomstbeeld-amsterdam-temperaturen-van-42-graden-en-meer-overstromingen-b4325540/>

- Veerkamp, C., Schoolenberg, M., van Rijn, F., & Dassen, T. (2023). *Natuur in en om de stad: Van een groene ambitie naar het realiseren van een gezonde, klimaatadaptieve, biodiverse en economisch aantrekkelijke leefomgeving*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- Verbond van verzekeraars. Klimatschademonitor. Geraadpleegd op 16 september 2024, van <https://bipublic.verzekeraars.nl/Home/ShowReport/5beb3391-1660-4b40-a9d5-6982d8cae31f>
- Verlinde, J., Visser, M., Knotters, J., & Pieneman, J. (2023). *Uitvoeringsagenda 2023-2026*. Rotterdams WeerWoord.
- Verstraten, P., Bonte, C., Nieuwenhuijs, A., Vedder, K., Verdaasdonk, W., Mulder, G., & Domrose, J. (2024). Herijking klimaatrisico's: Huidige impacts en risico's. (TNO Rapport 2024 R10424). TNO.
- Visser, M., & Oosterholt, M. (eds.). (2023). *Programmakader Rotterdams Weerwoord 2030*. Rotterdams WeerWoord.
- Vreman, B.-J., Vaarten, A., De Haan, M., Robben, M., Sollie, S., Blesser, J., De Jong, A., Van der Meulen, S., Limaheluw, J., Van Bijsterveldt, M. (2022). *Stedelijke waterkwaliteit, klimaat en adaptatie: Achtergrondrapportage*. NKWK Klimaatbestendige Stad.
- Vriend, H. (2024). Rotterdam heeft vermoedelijk duizenden ziekmakende schimmelwoningen. Rijnmond. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.rijnmond.nl/nieuws/1809082/rotterdam-heeft-vermoedelijk-duizenden-ziekmakende-schimmelwoningen>
- Weessies, R. (2020). Komst bioscoop en parkeergarage naast Ahoy definitief. Architectenweb. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://architectenweb.nl/nieuws/artikel.aspx?id=48480>
- Wildkamp (z.d.) Aanleg infiltratievoorzieningen Deventer. Wildkamp. Geraadpleegd op 20 september 2024 van <https://www.wildkamp.nl/cases/klantinterview-aanleg-infiltratie-voorzieningen-deventer>
- Witmer, M., Franken, R., Van Gaalen, F., Van Minnen, J., Beijer, E., & Kirkels, F. (2023). *Nationale klimaatrisicoanalyse 2022-2026: Uitwerking analysemethodiek*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- Wong, T. H. F., Rogers, B. C., & Brown, R. R. (2020). *Transforming cities through water-sensitive principles and practices*. *One Earth*, 3 (4), 436-447.





# Over de lector

Ted Veldkamp is opgeleid aan de Vrije Universiteit Amsterdam (MSc. Earth Sciences, Spec. Earth Sciences and Economics, Track Water and Ecology) waar zij in 2013 haar diploma Cum Laude behaalde.

Tussen 2013 – 2017 is Ted gepromoveerd aan de Vrije Universiteit Amsterdam – Instituut voor Milieuvraagstukken op de thema's droogte en waterschaarste. In 2017 rondde Ted haar promotietraject Cum Laude af met het proefschrift: 'Water scarcity at the global and regional scales: unravelling its dominant drivers in historical and future time periods'. Daaropvolgend werkte Ted tot 2019 als Post-Doc, Assistant Professor en (visiting) Researcher aan de Vrije Universiteit Amsterdam, het International Institute for Applied Systems Analysis (Oostenrijk) en het Potsdam Institute for Climate Impact Research (Duitsland) aan diverse klimaat en water gerelateerde onderzoeksthema's.

In 2019 maakte Ted de overstap naar het hbo. Bij de Hogeschool van Amsterdam heeft ze in verschillende rollen bijgedragen aan onderwijs, onderzoek en de strategische positionering van de hogeschool rondom het thema klimaatbestendige stad en delta. Ted is op 1 februari 2023 aangesteld als lector Klimaat en Water aan Hogeschool Rotterdam. Zij richt zich op realisatie van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste Rotterdamse stedelijke delta middels praktijkgericht onderzoek en onderwijs voor de student van nu en de professional van morgen. Naast haar functie als lector is Ted werkzaam als docent-onderzoeker klimaatbestendige stad aan de Hogeschool van Amsterdam.

Haar werk is gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften, praktijkgerichte vakbladen en is overgenomen door verschillende media. Ze spreekt regelmatig in een onderzoeks-, onderwijs- of praktijkgerichte setting.



# Dankwoord

Klaar! Of begint het nu eigenlijk pas?! Na mijn aanstelling op 1 februari 2023 en een klein jaar van koffiedrinken, gesprekken voeren, luisteren en kennismaken – binnen in de hogeschool en buiten in de praktijk kwam de vaart er het afgelopen jaar goed in. Met in de ene hand een onderzoeksagenda in ontwikkeling en in de andere een netwerk binnen en buiten de hogeschool om hierop in gezamenlijkheid te acteren staan we inmiddels in de startblokken. Eind 2024/begin 2025 start er een heel aantal grotere en kleinere onderzoeks- en onderwijsprojecten waarmee we beogen die gewenste bijdrage leveren aan een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste Rotterdamse stedelijke delta. Natuurlijk naast de projecten die nu al lopen en waarop we mooie resultaten boeken. Het schrijven van deze openbare les heeft me de afgelopen periode niet alleen geholpen de opgave scherper in beeld te krijgen en eerdergenoemde onderzoeksagenda te ontwikkelen. Het heeft me ook nogmaals bevestigd in het belang van praktijkgericht onderzoek en onderwijs als sleutel tot succes voor de maatschappelijke uitdagingen op het gebied van klimaat en water waar we met elkaar voor staan. Samen bouwen we aan de stad en samenleving van de toekomst – een toekomstbestendige welteverstaan. Ik ben zeer erkentelijk om hier – als lector – mijn steentje aan te mogen bijdragen.

Middels dit dankwoord wil ik mijn dank uitspreken aan en de aandacht vestigen op diegenen die een bijdrage hebben geleverd aan waar ik/we nu staan. Allereerst bedank ik het College van Bestuur van Hogeschool Rotterdam voor het vertrouwen dat ze mij hebben gegeven om vorm en invulling te geven aan het lectoraat Klimaat en Water. Daarnaast bedank ik CoE HRTech, met daarbij in het bijzonder Willemijn, Anneloes, Anniek, Arlette, Lieke, Eliza, Naomi en Tjallien voor de thuisbasis die ze mij bieden binnen de hogeschool. Ook Sandra, Anne Marike, Elijane, Marloes en Elin hebben mij de afgelopen periode geweldig ondersteund. Niet alleen bij de totstandkoming van deze openbare les maar ook bij de diverse onderzoeksaanvragen die de afgelopen periode hebben gelopen – ingevuld in de meest onmogelijke formats en met in achtneming van soms onhaalbare doorlooptijden. In het bijzonder wil ik me daarbij bovendien richten tot Katri: zonder jouw kalmte, overzicht, doortastendheid, slagkracht en immer opgewektheid was het ons ongetwijfeld niet gelukt om de verschillende projecten aan te vragen en in de lucht te brengen/houden. Ik kijk er naar uit om samen nog meer structuur aan te brengen in 'het projectenmanagement' dat komt kijken bij het opzetten van een lectoraat. Myrna, spin in het web van de soms ondoorgroondelijke organisatie: ik hoop dat we de komende jaren samen nog verder kunnen optrekken in onze gedeelde ambities ten aanzien van de positionering van de hogeschool op het gebied

van duurzaamheid en het onderzoek dat hierbij hoort. Mijn collega-lectoren, van CoE HRTech en in het bijzonder het cluster Duurzame Stedelijke Delta – Gert-Joost, Haico, Martine, Christoph Maria – maar ook daarbuiten (Henk, Floris, Jeroen), vormen niet alleen een bron van inspiratie en voorbeeld maar ook nog eens een zeer prettig gezelschap. Ik hoop veel van jullie te blijven leren in de komende jaren. Het doen van praktijkgericht onderzoek alsook het werken op het snijvlak onderzoek, onderwijs en praktijk is bij tijd en wijlen nog steeds pionieren en avonturieren. Daarbij kan ik me geen betere mede-avonturiers wensen dan Rutger, Gerthe, Robert en Willemijn. Door oog te houden waar het om gaat en de kansen te pakken waar het kan (en soms ook nee te zeggen, ja echt!) ben ik er van overtuigd dat we met elkaar bouwen aan een prachtig samenspel tussen praktijkgericht onderzoek en onderwijs rondom dit belangrijke thema.

Zonder (docent-)onderzoekers geen lectoraat: Tijmen, Clara, Mariska, Sarah, Jonas, Audrey, Thomas, Merel, Elma, Marlies, Remko, Rick, Kaj, Friso, Anabel en Sara. Dank voor het vertrouwen dat jullie in me stellen samen het onderzoekspad te bewandelen en samen te leren hoe we het praktijkgericht onderzoek aan de hogeschool op een succesvolle maar ook evenwichtige wijze vormgeven en invullen. Dank ook voor jullie enthousiasme, engagement, creativiteit, kritische houding, en professionaliteit. En dank voor het geduld, de flexibiliteit, maar ook de snelheid die ik soms van jullie vraag als er weer eens een mooie kans voorbij komt om mee aan de slag te gaan. Een warmere ontvangst na mijn aanstelling dan in de docentenkamer van WAM had ik mij niet kunnen wensen. Andy, Andreas, Emiel, Joost, Juliette, Doeke, Wendalin, Lisette, Annebeth, Jorrit, Nadine, Zehra, Anoushik, Charlotte, maar ook Matthijs: bedankt dat ik bij tijd en wijlen mag komen aanschuiven. Dank ook voor de lekkere koffie, de goede maar bovenal gezellige gesprekken. En de inhoudelijke uitwisselingen die we hebben ten aanzien van het vakgebied. Blijf me vooral benaderen ter verbintenis met het onderwijs. Ik beloof dat ik af en toe taart zal blijven meebrengen.

Een bijzonder dankwoord verdient ook de Hogeschool van Amsterdam, mijn 'andere werkgever'. Jeroen, Annelies, maar ook Claartje, Esther en Geleyn. Dank voor de mogelijkheid die jullie mij hebben geboden om deze combinatie te verkennen. De afgelopen periode was een tijd van investeren – dat besef ik me goed. Ik ben er echter van overtuigd dat de verbinding Amsterdam-Rotterdam zich in de komende jaren goed zal kunnen gaan uitbetalen. Zowel op het gebied van onderzoek, als op het vlak van onderwijs, wat betreft profilering en positionering, en bovenal met het oog op maatschappelijke 'impact maken'. Hard nodig in deze tijd.

Een belangrijke basis voor het doen van goed praktijkgericht onderzoek is wat mij betreft wederzijds vertrouwen. Vertrouwen in en van partners in de opbouw van duurzame netwerken en relaties en de formulering van een gezamenlijke agenda.

Maar ook vertrouwen in het kunnen tonen van kwetsbaarheden, onzekerheden, drempels en obstakels – in organisaties en bij de aanpak van complexe opgaven. Vertrouwen in de geborgenheid van een goed gesprek. Vertrouwen in de juiste intenties van betrokken buitenstaanders die soms op heel intieme momenten in de gelegenheid worden gesteld om mee te kijken en luisteren bij ingewikkelde beslissingen of afwegingen. Vertrouwen in onze capaciteit om de juiste vragen te stellen, met een zinvolle bijdrage, antwoord of oplossing te komen. Maar ook het vertrouwen dat – in het geval van een te grote opgave- capaciteit van elders uit het netwerk (bij zusterorganisaties) kan worden bijgeschakeld. Ik heb de afgelopen jaren het geluk gehad kennis te mogen maken met ontzetten veel partners die ons het vertrouwen gaven en op wie wij konden vertrouwen. In het bijzonder wil ik daarbij Johan Verlinde (en het gehele Rotterdamse team), Bart van den Hurk, Floor Pino, Ellen van Bodegom, en Max Latour bedanken. Voor hun bereidheid om mee te werken aan de documentaire die is gemaakt ten behoeve van mijn openbare les. Dank voor jullie vertrouwen!

Als laatste dank ik mijn gezin, naaste familie en vrienden voor de geboden ondersteuning, begrip en – bij tijd en wijlen – ook de nodige aanmoediging. Ik dank jullie ook voor het onophoudelijk aanhoren van mijn verhalen. Zeker als ik enthousiast of bevlogen ben over iets (werk) kan ik daar niet altijd even snel over ophouden. Jolien en Anne, bedankt dat jullie me geregeld uit die werkmodus trekken door lekker te gaan fietsen. Ik kijk uit naar ons volgende weekend! Mam, Jan & Lidy: wat moesten we zonder jullie. Ontzettend bedankt voor alle geplande en ongeplande momenten waarop jullie konden inspringen om de kinderen op te vangen. Of het nu is vanwege een snotneus, koortsstuip, publiek debat, vergadering of niet rijdende trein. Jullie staan altijd voor ons klaar. Zonder grootouders geen draaiende economie – in ieder geval niet de onze! Pap, een zoveelste mijlpaal die je niet hebt mogen meemaken. Ik weet zeker dat je ontzettend trots zou zijn geweest. Niet zozeer op het behaalde doel maar des te meer op het werk dat ik doe en de maatschappelijke impact die ik er mee maak. Wat dat betreft lijken we nog meer op elkaar dan we toen al hadden kunnen voorzien.

Merijn, Saar en Lot: Waar moet ik beginnen? Waar zal ik eindigen? Ik kan niet genoeg woorden vinden om jullie te bedanken voor de onvoorwaardelijke steun, liefde, vrolijkheid en genegenheid die ik bij jullie vind (afgewisseld met af en toe een strenge blik of een goed gesprek als het werk weer eens de overhand krijgt). Samen houden we beide voeten op de grond, blijven we op de been, zien we de zon stralen en kunnen we de wereld aan. Saar en Lot: het is af – jullie mogen je glitterjurk aan!

# Eerdere uitgaven

Hogeschool Rotterdam Uitgeverij

---



## **Lerend leiderschap in de lerende school**

Auteur Annemarie Neeleman

ISBN 9789493012493

Verschijningsdatum mei 2024

Aantal pagina's 112



## **Voor ieder kind een stevig taalhuis**

Auteur Martine van der Pluijm

ISBN 9789493012486

Verschijningsdatum februari 2024

Aantal pagina's 100



## **In stapjes radicaal digitaal circulair worden**

Auteur Ton Kollenburg

ISBN 9789493012462

Verschijningsdatum november 2023

Aantal pagina's 112



## **Bouwen aan motiverende leeromgevingen**

Auteur Petra Poelmans

ISBN 9789493012479

Verschijningsdatum november 2023

Aantal pagina's 92



## **Samen onderzoekend werken aan onderwijskwaliteit**

Auteur Jeroen S. Rozendaal

ISBN 9789493012455

Verschijningsdatum november 2023

Aantal pagina's 124



## **Artificial Intelligence voor Duurzamere en Efficiëntere Logistiek**

Auteur Dr. Raymond Hoogendoorn

ISBN 9789493012431

Verschijningsdatum mei 2023

Aantal pagina's 76





## **Versterken van het curriculaire denken en werken binnen Hogeschool Rotterdam**

**Auteur** Dominique Sluijsmans

**ISBN** 9789493012417

**Verschijningsdatum** januari 2023

**Aantal pagina's** 94



## **In verband met taal**

**Auteur** Jacqueline van Kruiningen

**ISBN** 9789493012400

**Verschijningsdatum** januari 2023

**Aantal pagina's** 136



## **Zelfregulerend leren gaat niet vanzelf**

**Auteur** Patrick Sins

**ISBN** 9789493012424

**Verschijningsdatum** januari 2023

**Aantal pagina's** 124



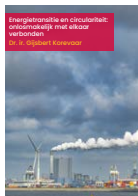
## **Ontwerpen en produceren voor waardebehoud in een circulaire economie**

**Auteur** Marcel den Hollander

**ISBN** 9789493012363

**Verschijningsdatum** januari 2023

**Aantal pagina's** 89



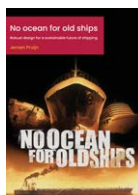
## **Energietransitie en circulariteit: onlosmakelijk met elkaar verbonden**

**Auteur** Dr. ir. Gijsbert Korevaar

**ISBN** 9789493012356

**Verschijningsdatum** januari 2023

**Aantal pagina's** 89



## **No ocean for old ships Robust design for a sustainable future of shipping**

**Auteur** Jeroen Pruijn

**ISBN** 9789493012387

**Verschijningsdatum** januari 2023

**Aantal pagina's** 51

Ted Isis Elize Veldkamp

## Samen werken aan een klimaatbestendig, waterrobuust en waterbewust Rotterdam



De effecten van extreem weer (hitte, droogte, wateroverlast, bodemdaling, waterkwaliteit) en zeespiegelstijging worden in toenemende mate gevoeld op de economie, de gebouwde omgeving en door mens en natuur. Wereldwijd en in de Rotterdamse stedelijke delta. Ook nu al. Om ons voor te bereiden op 2050, 2100 en verder is actie nu vereist. Vandaag bouwen we aan de stad en samenleving van morgen. We maken van de stad een spons met maatregelen op gebouw, straat, wijk en systeemniveau. Door - waar mogelijk - te vergroenen en waar nodig, technische klimaatinnovaties te laten landen in de praktijk. In de openbare ruimte of op privaat terrein, in herontwikkel- of nieuw te ontwikkelen gebied en in samenspel met de inwoners en/of ondernemers uit de stad.

Realisatie van een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste stad en samenleving bevindt zich in een fase van uitvoering. Er moeten grote slagen worden gemaakt om in 2050 de gestelde doelen en ambities te halen. Praktijkgericht onderzoek met aandacht voor die opgaven, uitdagingen en randvoorwaarden die ten grondslag liggen aan een succesvolle uitvoering in de praktijk is hiertoe cruciaal. In mijn lesbrief neem ik u mee in deze opgaven en uitdagingen en presenteer ik mijn onderzoeksagenda voor de komende jaren.

Ted Veldkamp is lector Klimaat en Water bij Centre of Expertise HRTech van Hogeschool Rotterdam. Ted richt zich op de ontwikkeling en uitvoering van praktijkgericht onderzoek voor een klimaatbestendige, waterrobuuste en waterbewuste Rotterdamse stedelijke delta en het maken van de verbinding met onderwijs voor de student van nu en de professional van morgen.