



**Hanzehogeschool  
Groningen**  
University of Applied Sciences

## Lectorale rede Ruimtelijke Transformaties – Water

dr. ir. F.C. (Floris) Boogaard, 24 februari 2016

### Klimaatadaptatie van Groningen tot Mae Phaem

**share** your talent. **move** the world.



Floris Boogaard

Lectorale rede Ruimtelijke  
Transformaties – Water  
dr. ir. F.C. (Floris) Boogaard  
24 februari 2016

**Klimaatadaptatie van Groningen  
tot Mae Phaem**



# Inhoud

<b>Voorwoord</b>	<b>5</b>
<b>1. Context lectoraat Ruimtelijke Transformaties</b>	<b>7</b>
<b>2. Uitdagingen in stedelijk waterbeheer</b>	<b>8</b>
<b>3. Visie op transformatie naar klimaatadaptieve steden</b>	<b>11</b>
Problematiek	11
Strategie en maatregelen	13
Ontwerpmethodologie	16
Internationalisering	20
Onderzoeksagenda 2016-2020	21
Tot Slot	26
<b>Bijlagen</b>	<b>27</b>
Voorbeeldprojecten: van lokaal naar internationaal:	
Voorbeeld 1 lokaal 'Klimaatscan Groningen'	27
Voorbeeld 2 regionaal 'Klimaat masterclasses Hogeveen'	29
Voorbeeld 3 nationaal 'Klimaatbestendige Stad'	31
Voorbeeld 4 internationaal 'Climateproof the world'	32
<b>English version</b>	<b>34</b>

## Colofon

Titel: Klimaatadaptatie van Groningen tot Mae Phaem  
Auteur: dr. ir. F.C. (Floris) Boogaard  
Eindredactie: Rixt Froentjes  
Uitgever: Kenniscentrum NoorderRuimte Hanzehogeschool  
Groningen, februari 2016  
Layout: Canon Business Services  
Vertaling: All Translations Company  
Drukkerij: Grafische Industrie De Marne

©2016 F.C. Boogaard

ISBN 9789081935692



**Hanzehogeschool  
Groningen**  
University of Applied Sciences

Kenniscentrum NoorderRuimte

[info@noorderruimte.nl](mailto:info@noorderruimte.nl)

[www.noorderruimte.nl](http://www.noorderruimte.nl)

This is a publication of Hanze university of Applied Sciences Groningen,  
F.C. Boogaard.

Application for the reproduction of any part of this book in any form should be made to the author. No part of this publication may be reproduced, stored or introduced in a retrieval system or transmitted in any form or by other means (electronical, mechanical, photocopying or otherwise) without the author's prior, written permission.

## Voorwoord

Het voordeel van het schrijven van een lectorale rede als je bijna drie jaar lector bent, is dat je kunt aangeven wat je al hebt bijgedragen aan het verbinden van onderzoek, onderwijs en ondernemerschap. De strategie staat beschreven in de Position Paper<sup>1</sup> van het Kenniscentrum NoorderRuimte, de onderzoeksresultaten staan in diverse publicaties en de onderzoeksplannen voor de komende jaren staan in hoofdlijnen in deze lectorale rede beschreven. In dit persoonlijke voorwoord ga ik daarom graag terug naar mijn studietijd, waar al vroeg de basis werd gelegd voor mijn liefde voor toegepaste wetenschap: empirisch onderzoek, ‘Learning by doing’, onderzoek dat zichtbaar is en een concrete bijdrage levert aan urgente maatschappelijke vraagstukken.

Als lid van het herontwerp team van het nieuwe curriculum van de Academie voor Architectuur, Bouwkunde en Civiele Techniek (SABC) werd mij de elementaire vraag gesteld: ‘Wat gun je de nieuwe ingenieurs?’ Een lastige vraag, waarbij het antwoord ‘inspirerende personen en een inspirerende omgeving’ mij het eerste te binnen schoot. Al tijdens mijn studie besepte ik dat het zonder inspirerende personen in en buiten mijn onderwijsomgeving heel anders met mij zou zijn gelopen. Twintig jaar geleden schreef ik als journalist van het universiteitsblad ‘Delta’ van de TU Delft een artikel<sup>2</sup> over mijn bewondering voor enkele hoogleraren: docenten die een passie hebben, met beide benen in de praktijk staan en die bij het starten van elke les mij boeiden met een praktijkvoorbeeld, voor ze het bord vol kalkten met differentiaalvergelijkingen. Geïnspireerd schreef ik in datzelfde jaar in het boek ‘Dromen aan Zee’<sup>3</sup> (dat het leven beschrijft van een laborant die onderzoek doet naar het effect van aardbevingen op waterbeheer): ‘Ook al zullen we het onmogelijke bereiken en de natuur exact met differentiaalvergelijkingen en modellen kunnen voorspellen, wat zal er dan overblijven van de romantische kijk op de dingen die ons begripsvermogen te boven gaan?’ Ik geloof dat hier de basis is gelegd voor mijn liefde voor toegepaste wetenschap en een gezonde kritische en creatieve houding die ik iedereen gun.

Applied science, internationaal, innovatief, multifunctioneel, integraal en ‘met beide benen in de modder’ heeft mijn voorkeur. Ik heb tijdens mijn studie dan ook geen veldpracticum gemist en heb me vrijwillig ingeschreven voor een antropologisch aanvullend examen ‘internationaal samenwerken’. Hier werd van een multidisciplinaire groep een kritische blik gevraagd op conservatieve ingenieurs met het motto ‘Techniek is het antwoord, maar wat was de vraag?’

1 Kenniscentrum NoorderRuimte, Position Paper, NoorderRuimte 2020, 27 november 2015

2 Boogaard F.C. ‘Een privé verzameling ongelukken’, Delta, 24 april 1997, <http://delta.tudelft.nl/artikel/een-priv-233-verzameling-ongelukken/8273>

3 Boogaard F.C., Dromen aan zee, Averbode, Goede Pers, Vlaamse filmpjes, ISSN 0733-1027, 69<sup>e</sup> jaargang nr 34, 1999.

Eind vorig jaar, bijna 20 jaar later, kwamen zes studenten van diverse hogescholen en universiteiten terug uit de inspirerende omgeving van Mae Phaem in Thailand. Onder begeleiding van mij en diverse experts onderzochten zij in een multidisciplinaire groep met beperkte middelen en communicatiemogelijkheden wat een bergstam in de oerwouden van Thailand nu echt nodig heeft en ‘techniek kwam niet op de eerste plaats’<sup>4</sup>.

Een inspirerende omgeving met vrijheid voor creativiteit is ook nú voor mij en mijn omgeving nog niet vanzelfsprekend. Stel maar eens voor om een hele straat onder water te zetten in de naam van de wetenschap. Of probeer maar eens een onderzeeër te declareren voor onderzoek. Gelukkig heb ik in de loop der jaren mensen in mijn omgeving kunnen verzamelen die durven te innoveren en hiervoor de ruimte geven. Deze ‘champions of change’ kennen politiek en praktijk; ze kennen de weg naar de wethouder en hebben vaak een puthaak achter in hun auto liggen<sup>5</sup>. Inmiddels heb ik met docenten en studenten meer dan 25 straten en waterpleinen onder water gezet in binnen- en buitenland. Ook heeft de onderwaterdrone inmiddels de waterkwaliteit in vrijwel elk waterschapsgebied gemeten. De nieuwe innovatieve dynamische monitoringsmethodieken zijn gevaloriseerd in het bedrijf INDYMO, een bedrijf opgericht door lectoren voor en met multidisciplinaire internationale studenten. Een omgeving waar de nieuwe ontwerpende ingenieurs zich bewust worden van hun veranderende complexe multidisciplinaire omgeving. Ik gun deze toekomstige ontwerpers ‘champions of change in een inspirerende omgeving’; zij zijn immers de belangrijkste resource voor creatieve en innovatieve oplossingen voor een veerkrachtig, duurzaam, hoogwaardig leefklimaat.



Afbeelding 1 visuele impressies van onderzoek uitgevoerd door het lectoraat Ruimtelijke Transformaties - Water.

- 4 Pepping A, Na Appingedam nu Thailand, Dagblad van het Noorden, 9 februari 2015, pag. 20.
- 5 Boogaard F.C. Stormwater characteristics and new testing methods for certain sustainable urban drainage systems in The Netherlands, Delft 2015.



# 1. Context lectoraat Ruimtelijke Transformaties

Het lectoraat Ruimtelijke Transformaties van de Hanzehogeschool Groningen is onderdeel van het Kenniscentrum NoorderRuimte, dat praktijkgericht onderzoek doet naar de gebouwde omgeving in Noord-Nederland. Het Kenniscentrum is gevestigd in Noord-Nederland en onze onderzoeksactiviteiten zijn ook sterk verweven met de uitdagingen en kansen in deze regio, zoals krimp en aardbevingen en de behoefte aan een gezond en duurzaam leefklimaat. Duurzaamheid is een basisvoorwaarde en de belangrijkste drijfveer voor het lectoraat Ruimtelijke Transformaties.

Door onder andere een groeiende wereldbevolking, grondstoffengebruik en klimaatwijziging zullen onze attitude, ons handelen en producten en diensten in onze (gebouwde) omgeving transformeren. Klimaatbestendige leefgebieden vragen om een integrale aanpak voor aspecten als water en energie. Als vertrekpunt voor het thema 'duurzaamheid' monitoren en bestuderen we de lokale effecten van klimaatverandering, energie-transitie en resource efficiency en de gevolgen daarvan voor mensen en de lokale gemeenschappen in het noordelijke deel van Nederland.

De aanpak binnen NoorderRuimte is integraal. Lectoren, docent-onderzoekers en studenten verbinden in samenwerking met professionals, bedrijven en overheden de vakgebieden architectuur, bouwkunde, civiele techniek, engineering, industrieel product ontwerpen, facility management en vastgoed. Wat wij delen is onze nieuwsgierigheid en passie voor een verbeterd (her)ontwerp van de gebouwde omgeving voor mensen.

## **Lectoraat Ruimtelijke Transformaties**

Het lectoraat Ruimtelijke Transformaties is in 2007 van start gegaan met als doel kennis te genereren rondom maatschappelijk noodzakelijke ruimtelijke transformaties in de gebouwde omgeving. Het lectoraat is opgedeeld in Ruimtelijke Transformaties - Water en Ruimtelijke Transformaties - Energie. Het lectoraat Ruimtelijke Transformaties - Water doet onderzoek naar de effecten van een veranderend klimaat in het stedelijk gebied. Naast maatregelen die meehelpen om globale klimaatverandering af te remmen (mitigatie), worden er in dit verband ook maatregelen genomen om de gebouwde omgeving aan te passen (adaptatie) aan de gevolgen van de klimaatverandering en effecten van menselijk handelen. In samenwerking met het onderwijs, kennisinstituten en bedrijfsleven wordt zowel op regionaal, nationaal als internationaal niveau onderzoek gedaan naar onder andere: wateroverlast en het functioneren van riool- en watersystemen, opwarming van stedelijk gebied (hittestress). Belangrijk hierbij zijn het kosteneffectief ontwerp, aanleg en beheer van klimaatadaptieve maatregelen zoals het implementeren van water en groen tot vergaande klimaatadaptatie als drijvend bouwen.

## 2. Uitdagingen in stedelijk waterbeheer

Diverse onderzoeken wijzen uit dat urbanisatie en klimaatontwikkeling in veel regio's van de wereld een groot effect hebben op de hydrologische kringloop en het stedelijk klimaat. Urbanisatie leidt tot intensiever gebruik van (stedelijke) landschappen en grondstoffen. Oppervlakken worden verhard, waardoor de (stedelijke) waterbalans wijzigt. Water zal minder infiltreren in de ondergrond, wordt minder lang vastgehouden en sneller afgevoerd, waardoor wateroverlast en schade kan ontstaan.



Afbeelding 2 internationale voorbeelden van problemen in het stedelijk gebied: 2a vervuiling van waterlichamen (Manilla, Filipijnen<sup>6</sup>), 2b hoge temperaturen 'hittestress'<sup>7</sup> (Ljubljana, Slovenië) en 2c schade aan gebouwen (Bergen, Noorwegen<sup>8</sup>).

Als gevolg van klimaatverandering en verstedelijking kan de temperatuur stijgen in het stedelijk gebied en hittestress en verdroging van de ondergrond veroorzaken. Door langere droge perioden en verlaging van de grondwaterstanden, kunnen verzakkingen optreden met als gevolg schade aan onze infrastructuur (b.v. uitdroging van gronden en objecten als veendijken). Warmere lucht kan meer vocht bevatten, wat kan leiden tot intensievere regenbuien en daarmee wateroverlast.

De impact van een veranderend klimaat op de waterkwantiteit wordt in elke krant beschreven, maar de gevolgen op de waterkwaliteit worden vaak onvoldoende onderkend. Hogere temperaturen kunnen namelijk de waterkwaliteit alsmede de beleving en het gebruik van waterlichamen verslechteren door hogere kans op bijvoorbeeld blauwalg en botulisme. Onze welvaart en intensiever gebruik van onze stedelijke landschappen introduceren nieuwe verontreinigingen en

- 6 Boogaard F.C., Zware regenval: Oplossingen liggen in een computermodel, groene daken en minder verkeersdrempels 'Zo voorkomen we wateroverlast' Parool 6-8-2014.
- 7 Boogaard F, Chen Y, Kluck J., Yang S., van der Meulen L., Lin T, The integration of storm water flooding and thermal stress potential in Tainan (Taiwan) and Groningen (Netherlands), Lyon NOVATECH 2016.
- 8 Riksantikvaren 2015, Monitoring mitigation management, the groundwater project 'safeguarding the world heritage site of Bryggen in Bergen. ISBN 978-82-7574-085-2 (trykt).

vragen om nieuwe monitoringsmethoden, afvalstoffen management en creatieve oplossingen (afbeelding 3).

Samenvattend kan urbanisatie en een veranderend klimaat grote gevolgen hebben voor onze steden, met risico's voor onder andere: wateroverlast, vermindering van waterkwaliteit, hittestress, uitdroging van de ondergrond, verzakkingen en schade aan de infrastructuur.

De opgaven voor een klimaatbestendige toekomst omvatten een betere balans te vinden tussen te veel en of te weinig water. We zullen wateroverlast moeten minimaliseren en te hoge temperaturen en verdroging tegengaan. Bij deze opgaven wordt vaak onderscheid gemaakt in waterkwantiteit en waterkwaliteit; deze zijn echter in de praktijk nauw met elkaar verbonden. Deze gevolgen vragen om gepaste integrale oplossingen, waarbij een waterkwantiteitsprobleem alsmede problemen met de waterkwaliteit gelijktijdig en integraal worden aangepakt.



Afbeelding 3 waterkwaliteitsproblemen zoals lozing van ongezuiverd afvalwater (3a Ganges India) zwemverbod wegens blauwalg (3b Haarlem) en nieuwe onderzoeksmethoden (3c drones<sup>9</sup>) en creatieve oplossingen (bv aquaponics, 3c)

De grootste opgave is kosteneffectieve oplossingen te implementeren met vaak beperkte ruimte en budget. Samenwerking met de diverse gebruikers en beheerders van het stedelijk gebied en het optimaal gebruik maken van beschikbare middelen en plannen zijn van groot belang om dit tegen lage kosten, minimaal ruimtegebruik en breed draagvlak van diverse partijen te realiseren.

9 de Lima R. L. P., Boogaard F. C., de Graaf. R. E. Innovative dynamic water quality and ecology monitoring to assess about floating urbanization environmental impacts and opportunities, International waterweek 2015, Amsterdam.

Om een nieuwe waterbalans in steden te bereiken, zijn bestaande technieken voor waterafvoer, zoals conventionele riolering waarbij (regen)water door buizen wordt afgevoerd, vaak niet geschikt. Het aanpassen van bestaande afvoersystemen, zoals het vergroten van buizen om de intensievere buien af te voeren, zou te kostbaar zijn en te grote eisen stellen aan (ondergronds) ruimtegebruik. Ook zijn de mogelijkheden om de waterbalans te beïnvloeden vaak beperkt. Een nieuwe waterbalans vraagt daarmee om optimaal gebruik van de openbare ruimte en om innovatie in techniek en aanpak. Aangezien de openbare ruimte wordt gedeeld met vele functies en gebruikers, is dit een integrale en complexe opgave.

### 3. Visie op transformatie naar klimaatadaptieve steden

Klimaatrobuuste maatregelen die wateroverlast, hoge temperaturen en droogte tegengaan lijken te vragen om drastische, dure maatregelen. Toch ben ik van mening dat er diverse creatieve oplossingen in het druk stedelijk gebied zijn, die relatief eenvoudig en tegen lage kosten effectief kunnen worden geïmplementeerd. Concrete kosteneffectieve ideeën voor de Amsterdamse wijk Betondorp i.s.m. stadsdeel Oost, Waternet, Rainproof en diverse andere organisaties waren o.a.: vergroening van verhard oppervlak, een waterplein, wadi's, maaiveld profilering, het slim plaatsen van drempels voor watergeleiding en oppervlakkige regenwaterafvoer. Deze ideeën en unieke samenwerking werden in 2015 bekroond met de peilstok prijs voor klimaatadaptatie<sup>10</sup>. Dit bevestigt het idee dat de klimaatbestendige stad alleen gecreëerd kan worden als slim gebruik wordt gemaakt van de bestaande plannen voor de infrastructuur en als de openbare ruimte multifunctioneel wordt ingericht.

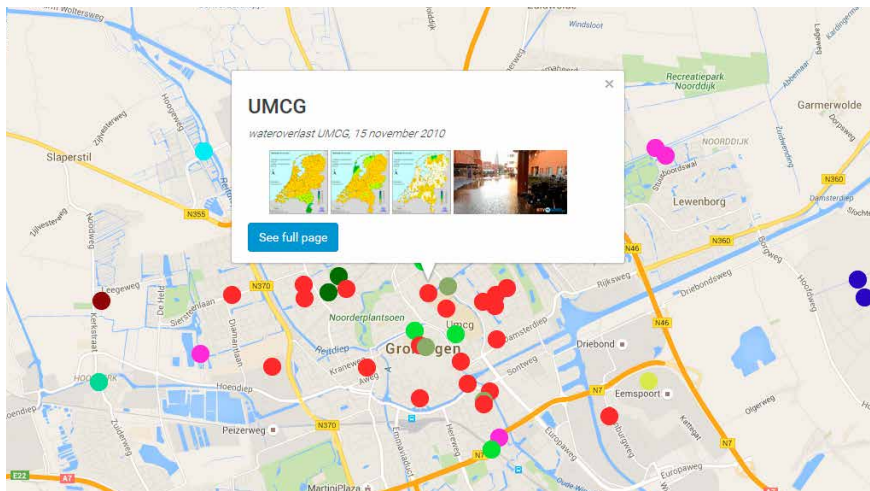
Voor een transformatie naar een klimaatadaptieve stad zijn globaal 3 stappen nodig:

1. Inzicht in de problematiek
2. Strategie en maatregelen
3. Implementeren en evalueren van maatregelen

#### **Problematiek**

Allereerst is inzicht nodig in de locaties waar overlast wordt ervaren, zowel op stadsniveau als op objectniveau. Vaak zijn overlastlocaties in het stedelijk gebied al in enige mate bekend bij gemeente, waterschap en/of gebruikers van de openbare ruimte en deze kunnen vaak redelijk eenvoudig in kaart worden gebracht (zie voorbeeld afbeelding 4).

10 Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA), De Peilstok 2014, inspirerende projecten voor droge voeten en een koel hoofd, ISBN: 9789491190056, 2015



Afbeelding 4 inventarisatie knelpunten wateroverlast in Groningen, gevisualiseerd in foto's en video's op [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl)<sup>11</sup>.

Bij deze inventarisatie kunnen 'klimaatstresstesten' worden uitgevoerd. Dit zijn quickscan modellen die wateroverlast<sup>12</sup> en hittestress op woningniveau kunnen bepalen op basis van beschikbare hoogtedata (voorbeeld afbeelding 5). In het bepalen van de strategie is het erkennen van prioriteitsgebieden waar overlast wordt ervaren (b.v. hoge temperaturen en of wateroverlast) van groot belang. Locaties met prioriteit zijn locaties waar de kwetsbaarheid van het gebied of personen (b.v. ouderen, of plekken waar veel mensen samen komen) het grootst is (b.v. vitale wegen in de stad, uitvalswegen voor hulpdiensten, hoge schade e.d.). Voor minder urgente delen kan met geplande werkzaamheden worden meegelift, zodat kosten en capaciteit worden gespaard. Met het selecteren van meer en minder urgente locaties ontstaat een kosteneffectieve lange termijn strategie met bijbehorend budget en planning.

Als lector heb ik bijgedragen aan deze zogenaamde 'klimaatstresstesten' in onder andere de regio's Groningen (2013) en Hoogeveen (2015) in samenwerking met adviesbureau Tauw en het Centrum voor Informatie Technologie van de Rijksuniversiteit Groningen. In 2016 worden verbeterde modellen toegepast op

- 11 Boogaard F.C., Palsma B., Broks K., Studie naar effect van klimaatmaatregelen, Land en water, mei 2014. Tipping, J., Boogaard F., Jaeger R., Duffy A., Klomp T., Manenschijn M., Climatescan.nl: the development of a web-based map application to encourage knowledge-sharing of climate-proofing and urban resilient projects, International waterweek 2015, Amsterdam.
- 12 Blanksby J. Kluck J., Boogaard F.C., Simpson S., Shepherd W. and Doncaster S., Modelling and mapping of urban storm water flooding – Using simple approaches in a process of Triage. aquatech Hamburg Germany 2011.

diverse internationale steden in Noorwegen, Roemenië, Taiwan<sup>13</sup> en de Filipijnen met diverse (inter)nationale partners. In afbeelding 5 kunt u als voorbeeld zien hoe als eerste stap prioriteitsgebieden zijn geïnventariseerd en gevisualiseerd. Het integraal bekijken van deze prioriteitsgebieden in samenhang met geplande werkzaamheden brengt de kansen en mogelijkheden in beeld om de leefomgeving kosteneffectief te verbeteren.



Afbeelding 5a stresstest Groningen met hittestress, 5b wateroverlast in Groningen en beide weergegeven in 5c dat prioriteitgebieden weergeeft<sup>14</sup>.

De modelresultaten zijn gevalideerd met behulp van waarnemingen in het stedelijk gebied (afbeelding 4). Deze verificatie vindt plaats met diverse stakeholders en studenten en is onderdeel van het informatie inwinningsproces, maar is ook een bewustwordingsproces van de problematiek en de start van inventarisatie van mogelijke strategie en maatregelen.

### Strategie en maatregelen

Na de inventarisatie van knelpunten en kansen wordt het ambitieniveau bepaald en vastgelegd. Dit is vaak een iteratief proces, waarbij regelmatig vooruit wordt gekeken naar mogelijke maatregelen<sup>15</sup>. Daarbij vinden afwegingen plaats over bijvoorbeeld het budget voor implementatie en beheer, concrete kansen zoals het meeliften met bestaande plannen en werkzaamheden, draagvlak voor mogelijke oplossingen van diverse actoren, de organisatorische samenwerkingsmogelijkheden en concrete criteria bij het ontwerp en implementatie en beheer van klimaat adaptatieve maatregelen.

13 Boogaard F, Chen Y, Kluck J., Yang S., van der Meulen L., Lin T, The integration of storm water flooding and thermal stress potential in Tainan (Taiwan) and Groningen (Netherlands), Lyon NOVATECH 2016.

14 Verlaat M., van der Meulen L., Schoof G., Boogaard F., Kluck J., Disaster Risk Management: Urban Flooding and heatstress, Geomatics Workbooks n° 12 – "FOSS4G Europe Como 2015".

15 Collaboratorium Klimaat en Weer, Klimaatkennis levert geld op, De resultaten van het Valorius programma Een uitgave van de Stichting Klimaat voor Ruimte en de CKW partners, Haarlem, juli 2015.

Belangrijke criteria voor klimaatadaptatie of water robuust inrichten die van belang zijn, zijn onder andere<sup>16</sup>: ruimtebeslag, kosten (aanleg en beheer), rendement (hydraulische capaciteit en rendement bij zuivering), multifunctionaliteit en esthetica. Aangezien sommige klimaatadaptieve maatregelen nog niet zo lang in Nederland geïmplementeerd zijn, is over het lange termijn functioneren nog niet veel bekend. Dit maakt de keuze voor innovatieve klimaatadaptivemaatregelen vaak moeilijk: ‘onbekend maakt onbemind’.

Het herkennen van mogelijkheden voor klimaatadaptatie kan op objectniveau gebeuren. In workshops knip ik de stad vaak op in openbaar en particulier gebied, waarbij in het openbare gebied de volgende assets kunnen worden onderscheiden: gebouwen, verharde open ruimte, groen (parken en perken), wegen en water. Bij elk object kunnen klimaatadaptieve oplossingen worden genomen zoals opgenomen in tabel 1.

Tabel 1 objecten en oplossingsrichtingen voor klimaatrobuuste inrichting van het stedelijk gebied.

<b>Object</b>	<b>Voorbeelden van klimaatadaptieve inrichting</b>
Gebouwen	Groene gevels en daken, waterberging op het dak, daktuinen, drijvende woningen e.d.
Verharde open ruimte	Waterpleinen, infiltrerende verharding en implementatie van multifunctionele groene en blauwe maatregelen.
Stedelijk groen	Het stedelijk groen en water in parken en perken kan worden gebruikt om water te bergen en te infiltreren (b.v. wadi's en inundatievelden).
Wegen	Wegen kunnen water bergen, transporteren en infiltreren zoals: doorlatende wegen, berging onder wegen of waterafvoerende wegen.
Water	Op water kan gebouwd worden of aan water kan een bergende en zuiverende functie worden toegevoegd. Denk aan: helofytenvelden, inundatie vijvers en vergaande klimaatadaptieve maatregelen als amfibisch wonen.

Er zijn diverse pilots in Nederlands gestart met ruimtelijke adaptatie, waarbij innovatief gebruik wordt gemaakt van de bestaande openbare ruimte<sup>17</sup>. Deze voorbeelden van klimaatadaptieve inrichting of ‘groene en blauwe oplossingen’ kunnen de volgende functies vervullen:

16 STOWA (authors: Bogaard F.C., Rombout J.): zuiverende voorzieningen regenwater 'verkenning van de kennis van ontwerp, aanleg en beheer van zuiverende regenwaterstystemen, ISBN 978.90.5773.369.7 Amersfoort, 2007.

17 Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA), De Peilstok 2014, inspirerende projecten voor droge voeten en een koel hoofd, ISBN: 9789491190056, 2015



- Minimaliseren van wateroverlast
- Reguleren extremen temperaturen
- Vasthouden en bergen van water
- Reduceren van vervuiling door zuivering van regenwater
- Verhogen van de biodiversiteit in steden
- Versterken van cohesie in gemeenschappen
- Verhogen van de beleving en educatieve waarde van het stedelijk gebied
- Verhogen van functies als recreatieve en esthetische waarde

Er zijn talrijke oplossingen en varianten. Ik noem ze vaak ‘101 oplossingen’ en vele komen in glossy folders op het bureau met de informatie dat ze: goedkoper zijn dan reguliere riolering en geen onderhoud vergen. We komen daarmee bij een van de grootste obstakels voor een innovatieve klimaatbestendige inrichting. Er is nog weinig ervaring met ontwerp, aanleg en beheer van deze nieuwe creatieve maatregelen en daarom gaat het nog wel eens mis. Van goede voorbeelden hoor je meer dan van de ‘slechte voorbeelden’. Dit is erg jammer, want van de laatste categorie kun je meer leren.

Met name over het lange termijn functioneren van nieuwe watersystemen is weinig bekend en dit roept veel vragen op. Wat voor onderhoudsinspanning is nodig? Welke kosten zijn hiermee gemoeid? Hoe snel slibt een infiltratievoorziening dicht? Vervuult mijn voorziening door verontreinigd regenwater? Hoe worden deze oplossingen op de lange termijn door de gebruikers en beheerders van de openbare ruimte gewaardeerd?

### **Implementeren en evalueren van maatregelen**

Door gebrek aan kennis over het lange termijn functioneren, zijn monitoring en evaluatie van het (technisch) functioneren van klimaatadaptieve voorzieningen van groot belang. Het verzamelen van ervaringen bij ontwerp, aanleg en beheer is nodig om de effectiviteit van klimaatbestendige maatregelen aan te tonen en te gebruiken om deze te optimaliseren. Het gaat hierbij zowel om het monitoren van het dagelijkse functioneren van de klimaatbestendige inrichting, alsmede het functioneren bij extreme situaties. Hierbij is niet alleen het lange termijn functioneren ten opzichte van de functie water van belang, maar ook het effect op bijvoorbeeld zuivering van lucht, lagere temperaturen, beleving, esthetica tot aan extra functies als: sociale cohesie, energieopwekking, voedselproductie (urban farming) etc.

Toegepast onderzoek is hierbij gewenst, waarbij naast onderzoek ook het functioneren van de systemen wordt gevisualiseerd om inzicht en draagvlak voor innovaties te creëren bij de diverse stakeholders en gebruikers van de openbare ruimte. Daarbij past het lectoraat de ontwerpmethodologie toe die in de volgende paragraaf wordt beschreven.

## Ontwerpmethodologie

In het onderzoek naar klimaatbestendige steden kunnen we diverse activiteiten onderscheiden: ontwerpen, theoretisch- en praktijkonderzoek, implementeren van concrete maatregelen en het evalueren en verbeteren van maatregelen die de kwaliteit van onze leefomgeving verbeteren.

De toegepaste methodologie is een cyclisch leerproces waar ontwerpactiviteiten en ontwerponderzoeksactiviteiten centraal staan. Het bestaat uit de volgende fasen<sup>18</sup>:

1. Een huidige (ongewenste) situatie
2. Een vaststelling van de voor- en nadelen van de huidige (ongewenste) situatie
3. Een proces waarin een toekomstige (gewenste) situatie wordt (her)ontworpen
4. De uitvoering van dit proces
5. Een toekomstige (gewenste) situatie
6. Een vaststelling van de voor- en nadelen van de toekomstige (gewenste) situatie
7. Een evaluatie (waarin de gewenste en de ongewenste situatie met elkaar worden vergeleken) en het ontwerp voor een nieuwe klimaatrobuste implementatie wordt geoptimaliseerd.

Deze fasen sluiten grotendeels aan bij de systematiek van de klimaatadaptieve stad van: weten, willen en werken<sup>19</sup>. De nadruk ligt bij het lectoraat op 'werken' en 'learning by doing' in een praktische, empirische, cyclische aanpak. Als lector ben ik een aanhanger van de leerstijlen van Kolb. Kolb onderscheidt vier gedragingen en vier bijhorende leerstijlen:

- **Doener:** doeners vertonen een combinatie van actief experimenteren en concreet ervaren.
- **Dromer:** zij hebben een voorkeur voor concreet ervaren en reflectief observeren.
- **Denker:** denkers combineren het reflectief observeren en abstract conceptualiseren.
- **Beslisser:** zij zijn goed in en hebben een voorkeur voor abstract conceptualiseren en actief experimenteren.

<sup>18</sup> Kenniscentrum NoorderRuimte, Position Paper, NoorderRuimte 2020, Groningen, 27 november 2015

<sup>19</sup> manifest klimaatbestendige stad, nu bouwen aan de stad van de toekomst, DPNH: Deelprogramma Nieuwbouw en Herstructurering van het Deltaprogramma, 3 oktober 2013



Afbeelding 6 de vier leerstijlen geïnspireerd door Kolb<sup>20</sup>

Volgens Kolb is efficiënt leren dat leidt tot een duurzame gedragsverandering het resultaat van het cyclisch doorlopen van een proces (afbeelding 6), waarbij een viertal gedragingen op elkaar inhaken. Ik vind met name de stap ‘experimenterend leren’ erg interessant voor het onderzoek bij het lectoraat, omdat dit bij onderzoekers leidt tot het opdoen van nieuwe ervaringen met reflectiemomenten.

De behoefte om het lange termijn functioneren van klimaatrobuuste inrichting nauwkeurig te monitoren en te visualiseren heeft onder andere geleid tot een nieuwe onderzoeksmethode: ‘full scale testen’.



Afbeelding 7a onderzoek naar IT riolering (Groningen<sup>21</sup>) en 7b waterpleinen (Den Bosch<sup>22</sup>).

Bij full scale testen wordt een groot oppervlak of het functioneren van de gehele voorziening geëvalueerd, waarbij hele straten en of pleinen onder water worden gezet. Dit is niet alleen nauwkeuriger<sup>23</sup>, maar geeft tegelijkertijd praktisch inzicht in het functioneren van de klimaatadaptieve inrichting aan stakeholders en gebruikers van de openbare ruimte.

20 [https://nl.wikipedia.org/wiki/David\\_Kolb#](https://nl.wikipedia.org/wiki/David_Kolb#)

21 Vloeimans N, 'We pompen onszelf naar beneden', Dagblad van het Noorden, 10 februari 2015, pag. 22.

22 Boogaard F., Macke F, Tax S., Lekkerkerk J., Waterpleinen voor klimaatadaptatie, case Eikendonkplein 's-Hertogenbosch, h20 september 2015.

23 Boogaard F.C., Lucke T, Giesen N, Ven F, Evaluating the Infiltration Performance of 10 Dutch Permeable Pavements Using a New Full-scale Infiltration Testing Method, Journal Water 2014.

Concrete voorbeelden van deze vorm van toegepast onderzoek bij klimaatrobuuste inrichting zijn bijvoorbeeld: onderzoek bij infiltrerende riolering (IT riolering, afbeelding 7a en 8c), doorlatende verharding<sup>24</sup>, waterpleinen (afbeelding 7b), wadi's en helofytenvelden (afbeelding 8a en 8b).

Bij deze 'full scale testen' is participatie van de diverse stakeholders (b.v. gemeente, waterschap, provincie, consultants, leveranciers) alsmede de onderzoekers, studenten en gebruikers en beheerders van de openbare ruimte van groot belang. Het proces bij de testen is van belang: vanaf het eerste veldbezoek tot aan het bespreken van de uiteindelijke meetresultaten met de diverse stakeholders. Dit proces is vaak een voorbereiding van de korte en lange termijn strategie voor klimaatadaptatie, hierbij wordt namelijk bepaald welke oplossingsrichtingen haalbaar zijn en draagvlak hebben binnen de betrokken organisaties.

### Klimaatrobuust

De full scale testen zijn vaak een onderdeel van een workshop of masterclass waarin een concrete maatregel wordt beschouwd met daarbij behorende criteria zoals beschikbare ruimte, kosten en benodigd beheer. Hiermee wordt de basis gelegd voor een pakket aan maatregelen als onderdeel van de korte en lange termijn strategie voor stad en/of regio (zie bijlage Voorbeeld 2).

Voortschrijdend inzicht moet vervolgsessies stimuleren; de voorkeur voor voorzieningen heeft een dynamisch karakter door nieuwe inzichten en oplossingen of door bijvoorbeeld verandering in wetgeving en/of organisatie.



Afbeelding 8a onderzoek naar wadi's (Haren), 8b helofytenveld<sup>25</sup> (Hoogeveen) en 8c IT riolering (Groningen<sup>26</sup>).

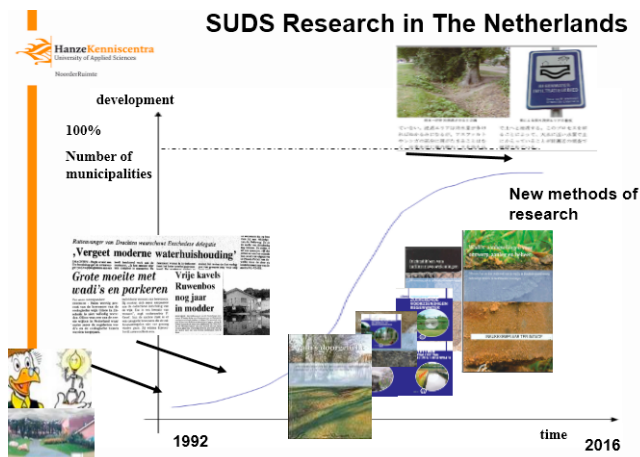
24 Boogaard F., Lucke T., Dierkes C., Wenkink R., Akkerman O. International long-term efficiency of stormwater infiltration by permeable pavement, International waterweek 2015, Amsterdam.

25 Boogaard F.C., Vorenhout M., Akkerman O., Lima R., Blom J., Lessons Learned From Over Two Decades of constructed wetland Use for urban stormwater in The Netherlands, wetpol conference September 2015.

26 Vloeimans N., 'We pompen onszelf naar beneden', Dagblad van het Noorden, 10 februari 2015, pag. 22.

De geïnventariseerde ervaringen van de diverse stakeholders worden gebruikt om nieuwe ontwerpen te optimaliseren in het cyclische proces volgens ‘use design experience’.

Nederland is een bijzondere speeltuin, omdat Nederland al redelijk vroeg is begonnen met het introduceren van nieuwe watersystemen. Er zijn maar weinig landen die onderzoek kunnen doen naar infiltrerende watersystemen die 20 jaar geleden grootschalig zijn geïmplementeerd. Een voorbeeld van de introductie van een nieuw watersysteem is het ‘Water Afvoer Drainage en Infiltratie systeem’ (of het Arabische woord WADI) dat naar het Duitse model van het ‘mulde rigole’ watersysteem als idee rond 1992 naar Nederland is overgewaaid. De implementatie van de eerste wadi’s in Nederland werd niet door iedereen goed ontvangen: er zouden moerassen worden gemaakt in het stedelijk gebied en de malariamug zou ons land tergen. Toch is het watersysteem geïntroduceerd en rondleidingen door de wijk en presentaties van de eerste positieve monitoringsresultaten<sup>27</sup> leidden tot de implementatie van dit watersysteem in meer dan tweederde van de Nederlandse gemeenten. Het Nederlandse wadisysteem wordt nu als internationaal voorbeeld gebruikt in o.a. Japanse publicaties<sup>28</sup>. Het wadisysteem is in de loop der jaren wel veranderd; het is cyclisch geoptimaliseerd en er zijn richtlijnen voor ontwerp, aanleg en beheer opgesteld (afbeelding 9).



Afbeelding 9 Ontwikkelingscurve van wadi's in Nederland vanaf de eerste introductie tot aan breed (inter) nationaal toegepast watersysteem.

27 RIONED (authors: Boogaard, F.C., Bruins, G. and Wentink, R). Swales: recommendations for design, implementation and maintenance (in Dutch: Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer). Stichting RIONED, 2006.

STOWA (authors: Ir. F.C. Boogaard, Ir. N. Jeurink, Ing. J.H.B. Gels), Vooronderzoek natuurvriendelijke wadi's Inrichting, functioneren en beheer, rapportnummer 2003-04, ISBN nummer 90.5773.207.6Stowa Utrecht 2003.

28 Ryu M., Japans Journal of hydrological systems 2008 vol 69.

Naast de implementatie van wadi's zijn we in Nederland ook vroeg begonnen met het experimenteren met doorlatende verhardingen en zijn relatief nieuwe innovaties als waterpleinen geïntroduceerd. De nieuwe watersystemen, de full scale testen en de daaruit volgende ervaringen en richtlijnen worden internationaal actief gedeeld in workshops, artikelen en congressen. Vanuit het lectoraat leveren we hier een belangrijke bijdrage aan door te participeren in diverse internationale projecten waarin we de kennis van lokale projecten internationaal delen.

## **Internationalisering**

Hoewel wij in Nederland bekend staan om ons waterbeheer en integratie van wateraspecten in stedenbouw en planologie, is het van belang dat we onze kennis delen en ook leren van andere landen. De hiervoor beschreven ontwikkelingen zoals klimaatadaptatie vragen om een internationale aanpak; daarom werkt het lectoraat Ruimtelijke Transformaties – Water nauw samen met internationale universiteiten en hogescholen. Regionaal werken we bijvoorbeeld veel met de Van Hall Larenstein in Leeuwarden (VHL) en de Rijksuniversiteit Groningen en op nationaal niveau werken we nauw samen met onder andere de hogeschool van Amsterdam en Rotterdam, alsmede de Technische universiteit Delft, Rijksuniversiteit Groningen en Wageningen Universiteit. Bij het landelijk aanpakken van uitdagingen door hogescholen is onderlinge samenwerking, net als bij overige organisaties, helaas niet vanzelfsprekend. Ik wil daarom de unieke samenwerking met andere watergerelateerde lectoren Jeroen Kluck (HVA), Paul van Eijk (VHL) en Rutger de Graaf (HRO) specifiek noemen. Een samenwerking die ik erg waardeer en die unieke opdrachten, samenwerkingsvormen en onderzoeksresultaten heeft opgeleverd (zie b.v. paragraaf Onderzoeksagenda 2016-2020). Of we een vraagstuk regionaal, nationaal of internationaal oppakken is afhankelijk van de specifieke onderzoeksvragen. In het algemeen starten we regionaal, om vervolgens de aanpak en resultaten (inter)nationaal uit te rollen. De bijlagen tonen voorbeelden die deze manier van kennis verbreden, van regionaal naar (inter)nationaal, illustreren:

- Regionaal: bijvoorbeeld de klimaatscan in de regio Groningen, waarvan de eindresultaten zijn gepresenteerd op de Climate Toolbox Experience Day<sup>29</sup> met onder andere SBR, CURNET en STOWA.
- Nationaal: bijvoorbeeld het onderzoeksproject 'De klimaatbestendige stad'<sup>30</sup> in samenwerking met onder andere de hogeschool van Amsterdam. Een ander voorbeeld is het recent gestart project omtrent het evalueren van duurzame watersystemen<sup>31</sup> die 10 tot 15 jaar geleden zijn aangelegd in regio Friesland en Rotterdam. En tenslotte een afgerond project masterclasses klimaatadaptatie met

29 [http://www.stowa.nl/nieuws\\_\\_\\_agenda/agenda/climate\\_toolbox\\_experience\\_day](http://www.stowa.nl/nieuws___agenda/agenda/climate_toolbox_experience_day)

30 <http://www.hva.nl/kc-techniek/over-het-kenniscentrum/nieuws/content/nieuwsberichten/2015/03/hva-onderzoeksproject-%E2%80%98De-klimaatbestendige-stad-in-richting-in-de-praktijk%E2%80%99-van-start.html>

31 Sybrand Tjallingii, Paul van Eijk en Floris Boogaard, Leren innoveren op watersysteemniveau, ervaringen met duurzaam stedelijk waterbeheer. Land en Water, februari 2016.

de gemeente Hoogeveen en Waterschap Drents Overijsselse Delta in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

- Internationaal: de aanpak naar klimaatadaptieve steden wordt op internationale schaal toegepast in landen buiten Europa als: India (Kanpur), China (Beijing), Thailand (Mae Phaem), Taiwan (Tainan<sup>32</sup>) Australië (sunshine coast) en de Filipijnen (Manila<sup>33</sup>). Europese project(partners) waarmee in de periode 2016-2020 zal worden samengewerkt staan vermeld in tabel 2.

De aanpak van het lectoraat Ruimtelijke Transformaties werkt van lokaal, via regionaal en nationaal naar internationaal: nieuwe ontwerpen en/of concepten worden eerst op kleine, lokale schaal getest en worden daarna op grotere (inter) nationale schaal uitgerold. Ervaringen worden geëvalueerd op elk schaalniveau om het ontwerp en/of concept te optimaliseren (zie afbeelding 10). Bij deze aanpak, die kenmerkend is voor de hele Hanzehogeschool Groningen, denk ik vaak aan een geactualiseerde en uitgebreide Hanzeroute (afbeelding 11).



Afbeelding 10a strategie voor kennis opdoen en delen 'van lokaal naar internationaal' 10b [www.climatecan.nl](http://www.climatecan.nl)

## Onderzoeksagenda 2016-2020

De Hanzehogeschool dankt haar naam aan 'de Hanze'; dit was een samenwerkingsverband van handelaren en steden tijdens de Middeleeuwen. Door samenwerking probeerden ze hun handel te beschermen en uit te breiden. Bij het reizen van de Hanze werden, naast handel, ook ideeën uitgewisseld. Anno 2016 heeft het lectoraat Ruimtelijke Transformaties – Water twee nieuwe grote internationale opdrachten, waarin de landen van de Hanzeroute vertegenwoordigd zijn (tabel 2).

32 Boogaard F, Chen Y, Kluck J., Yang S., van der Meulen L., Lin T, The integration of storm water flooding and thermal stress potential in Tainan (Taiwan) and Groningen (Netherlands), Lyon NOVATECH 2016.

33 Boogaard F.C., 'Klimaatontwikkeling verandert (inter-)nationaal straatbeeld' Straatbeeld 1 september 2014.



Afbeelding 11 historische Hanzeroute met landen waarmee het lectoraat Ruimtelijke Transformaties -Water kennis uitwisselt (bron: wikipedia).

Er waren in de Middeleeuwen in totaal vier Hanzekantoren, het Hanzekantoor van Brugge, Peterhof in Novgorod, Stalhof in Londen en Tyskebygge in Bergen. Tyskebygge is het enige bewaard gebleven Hanzekantoor en is onderdeel van de Unesco world heritage site Bryggen. Als lector van de Hanzehogeschool en onderzoeker van deze unieke locatie kan ik het niet laten hier toch een paar zinnen aan te wijden. Bryggen in de Noorse stad Bergen verkeerde namelijk enkele jaren geleden in slechte staat door onder andere verlaging van de grondwaterstand (onttrekkingen, toename verharding en langere droge perioden) wat zichtbaar was door verzakkingen en schade aan gebouwen (afbeelding 2c). In samenwerking met een internationale projectgroep is een gedetailleerde probleemanalyse uitgevoerd (afbeelding 12b) en heb ik duurzame watersystemen mogen ontwerpen en implementeren zoals: wadi's (afbeelding 12c), doorlatende verharding en rainwater gardens. De geohydrologische situatie van Bryggen en de staat van de gebouwen waaronder het laatste handelskantoor van de Hanze blijkt op basis van de laatste monitoringscijfers sterk te zijn verbeterd<sup>34</sup>.

34 Riksantikvaren 2015, Monitoring mitigation management, the groundwater project 'safeguarding the world heritage site of Bryggen in Bergen. ISBN 978-82-7574-085-2 (trykt).  
Boogaard F.C., de Beer H, Revier J, de Boer E, Coastal climate change adaptation in existing urban areas, lessons learned from Dutch and Norwegian pilots. 12th coastal conference Littoral 2014. Facing Present and Future Coast Challenges, Klaipeda; 09/2014.





Afbeelding 12a Bryggen met rechts het laatste bestaande handelskantoor van de Hanze, 12b visualisatie van resultaten van het wateroverlastmodel Bergen, 12c geïmplementeerde wadi in Bryggen<sup>35</sup>.

Anno 2016 heeft het lectoraat de (inter)nationale werkrelaties en projecten verder uitgebreid. Het lectoraat Ruimtelijke Transformaties – Water werkt in meerjarige onderzoeksprogramma's samen met partners van internationale (technische) universiteiten. Zo zijn er bijvoorbeeld meerjarige werkrelaties binnen internationale projecten als INXCES en Water Co-Governance for sustainable ecosystems. In tabel 2 staan enkele (inter)nationale projecten met betrokken partners en steden uitgelicht.

Bij het project INXCES 'INnovations for eXtreme Climatic events' staat het modelleren van klimaatontwikkeling centraal, waarbij bijvoorbeeld de risico's van extreme neerslag, verzakkingen, hitte en droogte worden gevisualiseerd voor steden als Groningen, Bergen (Noorwegen) en Boekarest (Roemenië). Op basis van deze modellering met toepassing van innovatieve rekentechnieken en (big) data zoals INSAR, worden prioriteitsgebieden gekozen met diverse stakeholders en innovatieve concrete oplossingen geformuleerd en geïmplementeerd.

Bij het INTEREG IVb project Water Co-Governance for sustainable ecosystems staat het uitwisselen van internationale innovaties centraal, evenals het betrekken van diverse stakeholders bij problemen in waterbeheer in de breedste zin van het woord. Bij dit project werkt de Hanze nauw samen met het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Het onderzoeksprogramma van 2016-2020 zal zich richten op: 'innoveer en behoud het goede'. Hierbij vindt weer schaalvergroting plaats van regionaal, nationaal naar internationaal en weer terug. De stresstesten die in Nederland zijn uitgevoerd zullen met studenten en docentonderzoekers worden toegepast van lokaal (stad) naar regionaal (Noord-Nederland) naar (inter)nationaal niveau.

35 Boogaard F.C., Lucke T., Sommer H., Beer J., Giesen N., Ven F., Lessons Learned From Over Two Decades of Global Swale Use, 13th International Conference on Urban Drainage, Sarawak, Malaysia, 7-12 September 2014. Harvold K., Larsen K., de Beer J., Boogaard F., Vandrup Martens V., Matthesen H., Muthanna T. M., Seither A., Skogheim R., Vorenhout M., Protecting the Past and Planning for the Future, Results from the project 'Cultural Heritage and Water Management in Urban Planning' (Urban WATCH), ISBN: 978-82-92935-13-2, CIENS Report 2015:1

Tabel 2 overzicht van enkele Europese project(partners) in het programma 2016-2020.

Land	Organisatie(s)	Stad	Projecten o.a.
Nederland	University of Applied Sciences Amsterdam	o.a. Steden Groningen, Amsterdam, Hoogeveen, Houten en Eindhoven	Raak onderzoek Klimaatbestendige Stad, inrichting in de praktijk (zie voorbeeldprojecten in bijlagen)
Nederland	University of Applied Sciences Rotterdam, Leeuwarden (VHL), Wetterskip Fryslan	Leeuwarden, Drachten, Delft, Rotterdam	Diverse projecten omtrent (beoordeling van) duurzame watersystemen o.a. met onderwater drones
Nederland	ministerie van Infrastructuur en Milieu, gemeente Hoogeveen en Waterschap Drents Overijsselse Delta	Hoogeveen, Meppel en omgeving	Masterclasses klimaatadaptatie (zie voorbeeldprojecten in bijlagen)
Nederland	STOWA	Diverse (inter)nationale steden en regio's	Implementatie en actualisatie <a href="http://www.climatescan.nl">www.climatescan.nl</a>
Noorwegen	Norwegian University of Science and Technology (NTNU), University of Applied and The Geological Survey of Norway (NGU)	Oslo/Trondheim/Bergen	"INnovations for eXtreme Climatic eventS" "INXCES"
Zweden	Luleå University of Technology (LTU)	Luleå	"INnovations for eXtreme Climatic eventS" "INXCES"
Roemenië	Technical University of Civil Engineering of Bucharest (UTCB-CCIAS)	Bucharest	"INnovations for eXtreme Climatic eventS" "INXCES"
Duitsland	Oldenburgisch-Ostfriesische Wasserverband	Brake	Water Co-Governance for sustainable ecosystems
Zweden	Havs- och vattenmyndigheten en Vattenmyndigheten Västerhavets vattendistrikt	Gothenburg	Water Co-Governance for sustainable ecosystems
Denemarken	SEGES Kommunernes Landsforening Aalborg Kommune	Aarhus, Kopenhagen Aalborg	Water Co-Governance for sustainable ecosystems
Engeland	The Rivers Trust	Callington	Water Co-Governance for sustainable ecosystems

Gezien de internationalisering en het verbinden van onderwijs, ondernemerschap en onderzoek, is het spreken van dezelfde taal van groot belang. Het onderwijs verandert en dikke boeken en volgeschreven schoolborden zullen plaats maken voor interactieve communicatiemiddelen. Tools om kennisoverdracht te ondersteunen kunnen erg effectief<sup>36</sup> zijn en het lectoraat zal daarom steeds meer gebruik maken van interactieve communicatietools zoals: serious gaming, augmented reality en interactieve sites als [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl) (afbeelding 13). Het lectoraat zal dit voortzetten en in de komende jaren uitbreiden.



Afbeelding 13 voorbeelden van interactieve hulpmiddelen als: interactieve websites, integrale rondleidingen, 3D schetsen op straat, touchtables, augmented reality, serious gaming, interactieve workshops, internationale rondleidingen, 3D ontwerpen van boven- en ondergrond, laboratorium presentaties van full scale modellen en diverse seminar- en workshopmethodieken.<sup>37</sup>

36 <http://skintwater.blogspot.de/>

Boogaard F.C., M. Claassen, E.G. Claessen, R. Newman Augmented reality: Interactive visualisation and communication water projects for European water managers, IT Water Amsterdam November 2012

37 Tipping, J., Boogaard F.C., Jaeger R., Duffy A., Klomp T., Manenschijn M., [Climatescan.nl](http://www.climatescan.nl) the development of a web-based map application to encourage knowledge-sharing of climate-proofing and urban resilient projects, International waterweek 2015, Amsterdam.

## Tot Slot

Samenvattend staat het lectoraat Ruimtelijke Transformaties - Water voor: applied science, innovatie, minimalisme, multifunctioneel, integraal en internationaal. 'Learning by doing' is terug te vinden in onze onderzoeksmethodiek met als voorbeeld de full scale testen. De hieruit voort vloeiende ervaringen en richtlijnen worden internationaal actief gedeeld. Vanuit het lectoraat leveren we hier een belangrijke bijdrage aan door te participeren in diverse internationale projecten; hierin delen we de kennis van lokale projecten internationaal. Mede daarom werkt het lectoraat nauw samen met (inter)nationale universiteiten en hogescholen in diverse projecten.

De aanpak van het lectoraat Ruimtelijke Transformaties werkt van lokaal, via regionaal en nationaal naar internationaal: nieuwe ontwerpen en/of concepten worden eerst op kleine, lokale schaal getest en worden daarna op grotere (inter)nationale schaal uitgerold. Ervaringen worden geëvalueerd op elk schaalniveau om het ontwerp en/of concept te optimaliseren.

Met deze visie op internationalisering en het uitvoeren van toegepast onderzoek kan het lectoraat Ruimtelijke Transformaties - Water de nieuwe ontwerpende ingenieurs bewust maken van hun veranderende, complexe, multidisciplinaire omgeving. Met participatie van inspirerende mensen 'the champions of change' creëren we de basis voor creatieve en innovatieve oplossingen ten gunste van een veerkrachtige, hoogwaardige leefomgeving. Hierbij hoort een visie met een hoog gehalte aan 'applied science' die empirisch cyclisch leren promoot. Deze visie hebben we vertaald naar een concrete aanpak en praktische eindproducten die door ons en onze partners (inter)nationaal worden toegepast (bijlage 1).

# Share your talent, move the world!

## Bijlagen

### Voorbeeldprojecten: van lokaal naar internationaal:

#### Voorbeeld 1 lokaal 'Klimaatscan Groningen'

Klimaatontwikkeling en menselijk handelen hebben invloed op de kwaliteit van de leefomgeving van de stad Groningen en omgeving. Onder leiding van het lectoraat Ruimtelijke Transformaties - Water hebben diverse partijen de handen ineengeslagen om inzicht te krijgen in de impact die intensievere buien, langdurige droogte en hitte kunnen hebben op de economie en de leefomgeving. In 2013 startte het lectoraat het project Klimaatscan Groningen, dat niet alleen de effecten inventariseert en visualiseert, maar ook tot doel heeft tot handelen over te gaan om snel en kosteneffectief een verbetering van de stedelijke kwaliteit te bereiken. De betrokken partijen waren: Hanzehogeschool Groningen, gemeente Groningen, provincie Groningen, waterschap Hunze en Aa's, waterschap Noorderzijlvest, gemeente Assen en de regio Groningen Assen. Maar ook bedrijven en burgers en organisaties als de GGD waren betrokken bij dit project dat breed in de pers is gepresenteerd (afbeelding 14a en 14b). Vanwege de verscheidenheid van de projectleden, is van een gevulde gereedschapskist aan interactieve tools gebruik gemaakt om de urgentie van klimaatverandering te tonen en participatie te stimuleren. Deze ontwikkelde tools stonden centraal in de studie naar het effect van de klimaatregelingen tijdens de Climate Toolbox Experience Day<sup>38</sup> op de Hanzehogeschool Groningen op 27 maart 2014 (afbeelding 15). Enkele van deze tools worden hieronder samengevat.

#### Hittestresskaart en wateroverlast landschapskaart

Er zijn in Groningen diverse maatregelen genomen om negatieve effecten van klimaatverandering te voorkomen. We hebben een analyse van de stedelijke wateropgave gemaakt met als resultaat een wateroverlast landschapskaart die de wateroverlast en hitte laat zien voor heel Groningen. Om de beleving van deze kaarten te optimaliseren is in samenwerking met Tauw en het Centrum voor Informatie Technologie van de Rijksuniversiteit Groningen wateroverlast in 3D gevisualiseerd. Als inleiding van diverse workshops, zijn deze 3D visualisaties gebruikt om de problematiek op specifieke locaties helder te krijgen.

Bij de implementatie van de strategie voor klimaatadaptatie in Groningen bleken een adequaat ontwerp, goede aanleg en een beheerplan van maatregelen van groot belang. Vanuit de inventarisatie van probleemlocaties is de globale strategie besproken in diverse workshops (afbeelding 14c).

38 [http://www.stowa.nl/nieuws\\_\\_\\_agenda/agenda/climate\\_toolbox\\_experience\\_day](http://www.stowa.nl/nieuws___agenda/agenda/climate_toolbox_experience_day)

Boogaard F.C., Palsma B., Broks K., Studie naar effect van klimaatmaatregelen, Land en water, mei 2014.



Afbeelding 14a en b informeren project(resultaten) klimaatscan Groningen, 14c workshops over strategie en concrete maatregelen met diverse stakeholders.

De modelresultaten zijn geverifieerd door diverse studenten bij het Kenniscentrum NoorderRuimte aan de hand van foto's en video's die op een interactieve website [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl) zijn gezet. Daarnaast zijn metingen verricht (afbeelding 18) in en om Groningen om te achterhalen of de gemodelleerde temperaturen overeenkomen met de praktijk.

DOSSIER **Waterbouw**

## Studie naar effect van klimaatmaatregelen

Er is al een aardig gevulde gereedschapskist om de klimaatverandering te lijf te gaan. Maar voldoen de verwachtingen wel aan de verwachtingen? En is er misschien te veel vanafte of te weinig? Dit soort vragen staat centraal op de Toolbox Day op de Hanzehogeschool in Groningen. In elk geval opti een studie naar het effect van de maatregelen, bijvoorbeeld van watersoortelijke veranderingen.

F. BOOGAARD, F. PALMSA B. BROKS

Op 27 maart 2014 verspreiden een kleine driehonderd mensen zich op de Hanzehogeschool in Groningen om mee te kijken naar het resultaat van de afgelopen maanden van de studie naar het effect van de maatregelen, bijvoorbeeld van watersoortelijke veranderingen. In elk geval opti een studie naar het effect van de maatregelen, bijvoorbeeld van watersoortelijke veranderingen.

**WIJ KORT - STUDIEDAG OVER KLIMAAT**  
De drie resultaten van de klimaatstudie worden in vijf uur, maar welke zijn precies?



Onderzoeksveld naar de workshop over strategie en concrete maatregelen.

gemeenten, provincie, waterschappen, waterbedrijven en andere partijen. Er volgen korte presentaties van de partijen die voor de studie verantwoordelijk zijn. Het is een interactieve dag met veel vragen en antwoorden. Het is een dag waarop de studie resultaten worden gepresenteerd en de partijen hun rol kunnen spelen in de toekomst.



Waterschap en gemeente werken samen aan de realisatie van de waterkering in de stad.



De agenda voor de experience day hangt aan de deur in de Groninger Hanzehogeschool.

dat een deel van de stad Groningen kan worden overvloedig. Het is een studie naar het effect van de maatregelen, bijvoorbeeld van watersoortelijke veranderingen. De studie is een interactieve dag met veel vragen en antwoorden.

In de volgende maanden worden de resultaten van de studie gepresenteerd. Het is een interactieve dag met veel vragen en antwoorden. De studie is een interactieve dag met veel vragen en antwoorden.



Kenniscentrum NoorderRuimte aan de hand van foto's en video's die op een interactieve website zijn gezet.

Afbeelding 15 verslag van climate toolbox experience day<sup>39</sup> waarbij onderzoeksresultaten konden worden ervaren op diverse plekken in Groningen. Links een grondwatermodel, rechtsboven een full scale test bij doorlatende verharding in Hoogkerk (gemeente Groningen) en rechtsonder het 3D beleven van wateroverlast in Groningen bij het datacentrum van de universiteit Groningen.

39 Boogaard F.C., Palsma B., Broks K., Studie naar effect van klimaatmaatregelen, Land en water, mei 2014. [http://www.stowa.nl/nieuws\\_agenda/agenda/climate\\_toolbox\\_experience\\_day](http://www.stowa.nl/nieuws_agenda/agenda/climate_toolbox_experience_day)

Uit de evaluatie van deze en andere klimaatscans zijn diverse praktische tips afgeleid:

- Goed voorbeeld doet volgen, bespreek 'goede en slechte voorbeelden' en deel deze door:
  - Veldexcursies met ervaringsdeskundigen uit de buurt
  - Interactieve websites die lokale problematiek en oplossingen weergeven zoals [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl)
  - Gebruik internationale voorbeelden als inspiratie (Best management practices 'BMPs')
  - Van praktijklocaties naar strategie (door bijvoorbeeld Masterclasses)
  - Stimuleer participatie van diverse actoren door bijvoorbeeld interactieve hulpmiddelen; deze kunnen helpen om de betrokkenheid en inzicht te vergroten (afbeelding 13).

### **Voorbeeld 2 regionaal 'Klimaat masterclasses Hoogeveen'**

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu gaf de Hanzehogeschool Groningen opdracht voor het Impactproject 'Klimaatbestendig inrichten' in Hoogeveen, waarin samen met de gemeente Hoogeveen, Waterschap Drents Overijsselse Delta en diverse andere partijen in drie masterclasses inzicht is gecreëerd in de problematiek en oplossingen voor wateroverlast en hittestress in de gemeente.

Hoogeveen is als impactproject met ondersteuning van het stimuleringsprogramma Ruimtelijke Adaptatie gekozen, omdat de schaalgrootte van de problematiek vergelijkbaar is met veel andere gemeenten. De opzet van de masterclasses heeft uiteindelijk geleid tot een goede formule voor andere gemeenten om op praktische wijze met de eigen organisatie aan de slag te gaan. De masterclasses hebben plaatsgevonden in de periode oktober t/m december 2015.

De masterclass bestond uit drie sessies van een halve dag die elk op een andere locatie zijn gehouden:

1. Willen: Inleiding in klimaatadaptatie aan de hand van de praktijk (Groningen)
2. Weten: Maatregelen om goed voor te bereiden op ruimtelijke adaptatie (Meppel)
3. Werken: Uitwerking in praktijkvoorbeeld van Hoogeveen (Hoogeveen)

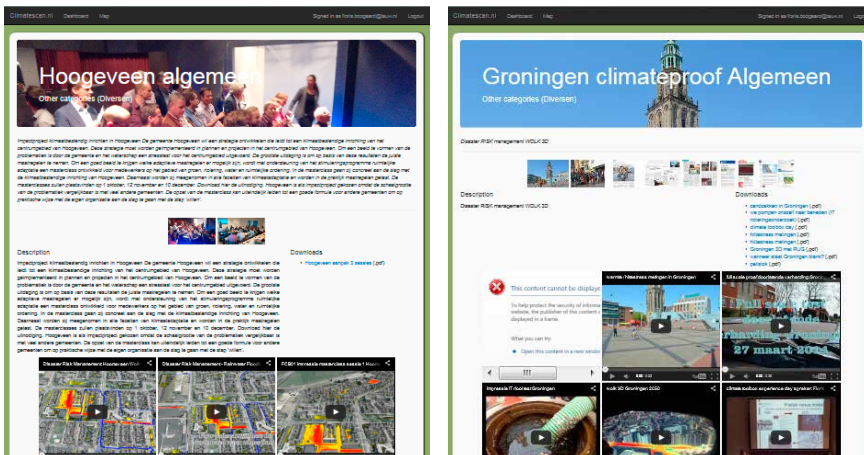
Om een goed beeld te krijgen van welke adaptieve maatregelen er mogelijk zijn en in welke mate daarvoor draagvlak is, zijn de masterclasses ontwikkeld voor medewerkers op het gebied van groen, riolering, water en ruimtelijke ordening. In de masterclasses zijn zij meegenomen in alle facetten van klimaatadaptatie en werden in de praktijk maatregelen getest, zoals ondergrondse en bovengrondse infiltratie (doorlatende verharding, zie afbeelding 16b). Om een beeld te vormen van de problematiek, is een 3D stresstest voor Hoogeveen uitgevoerd om de juiste maatregelen op de juiste locaties te formuleren (afbeelding 16a). Na de

masterclasses hebben nog bijeenkomsten plaatsgevonden om kennis uit te wisselen (o.a. met 3D visualisatie) en zijn diverse oplossingen om Hoogeveen klimaatproof te maken verder uitgewerkt. Hiermee heeft de masterclass bijgedragen aan de strategie om Hoogeveen klimaatbestendig in te richten en de bewustwording van stakeholders is vergroot. Deze strategie wordt nu vervolgens geïmplementeerd in plannen en projecten in het centrumgebied van Hoogeveen.



Afbeelding 16 impressies van de drie masterclasses ‘willen, weten werken’ met: 3D visualisatie wateroverlast (16a), 16b simulatie infiltratie in verharding en 16c workshops voor detaillering oplossingen<sup>40</sup>.

De drie masterclasses gaven invulling aan de klimaatadaptatie methodiek en leverden concrete eindproducten op: een goedgevulde website [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl) met diverse praktische voorbeelden van problematiek en ook oplossingen voor onder andere de gemeenten Hoogeveen en Meppel (afbeelding 17).



Afbeelding 17 eindresultaten van klimaatstresstesten in Hoogeveen en Groningen ([www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl))<sup>41</sup>

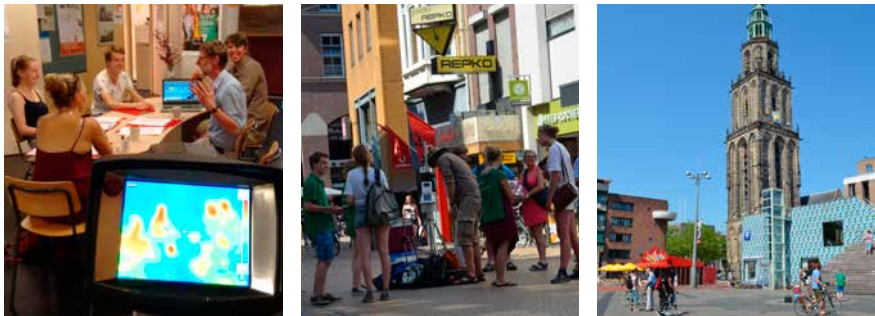
40 Boogaard F., Klomp T., Manenschijn M., *Onderzoeksresultaten Impactproject klimaatbestendig Hoogeveen*, nog niet gepubliceerd 2016.  
 41 Tipping, J., Boogaard F., Jaeger R., Duffy A., Klomp T., Manenschijn M., *Climatescan.nl: the development of a web-based map application to encourage knowledge-sharing of climate-proofing and urban resilient projects*, International waterweek 2015, Amsterdam.



Naar aanleiding van de evaluatie van de projecten gaat de Hanzehogeschool Groningen in nauwe samenwerking met diverse overheden, bedrijven en andere hogescholen in Amsterdam, Leeuwarden en Rotterdam de aanpak en resultaten in de toekomst gebruiken in het onderwijs en bij andere projecten. De diverse tools, zoals 3D visualisaties, climatescan en de fullscale proeven blijken een goed hulpmiddel om aandacht en begrip te krijgen voor de problematiek en de kosteneffectiviteit van diverse oplossingen.

### Voorbeeld 3 nationaal 'Klimaatbestendige Stad'

Sinds januari 2015 werkt het lectoraat Ruimtelijke Transformaties - Water nauw samen met de Hogeschool Amsterdam aan een onderzoeksproject 'De klimaatbestendige stad'<sup>42</sup>. Doel van dit project is te onderzoeken hoe gemeenten hun wijken en straten klimaatbestendig kunnen inrichten. De focus van het onderzoek ligt op het duiden van de urgentie van hittestress, op het ontwerpen van standaard klimaatbestendige situaties en op een afweging van kosten en baten (o.a. voordelen van vergroening). Onderzoekers en studenten van de Hanzehogeschool Groningen en Hogeschool van Amsterdam hebben in dat kader de hitte gemeten tijdens de hete zomer van 2015 (afbeelding 18). Mijn onderzoeksgroep heeft testen uitgevoerd naar diverse groene en blauwe voorzieningen in het stedelijk gebied en naar het lange termijn functioneren daarvan. Ook hebben we in Hoogeveen workshops georganiseerd om straten klimaatbestendig in te richten. Daarbij heeft het lectoraat met de onderzoekers uit Amsterdam varianten van een traditionele en klimaatbestendige inrichting met elkaar vergeleken wat betreft kosten en baten.



Afbeelding 18 metingen hittestress in Groningen voor RAAK onderzoek samen met Hogeschool van Amsterdam en diverse overheden en bedrijven.

42 <http://www.hva.nl/kc-techniek/over-het-kenniscentrum/nieuws/content/nieuwsberichten/2015/03/hva-onderzoeksproject-%E2%80%98de-klimaatbestendige-stad-inrichting-in-de-praktijk%E2%80%99-van-start.html>

### Voorbeeld 4 internationaal 'Climateproof the world'

De kennis van de eerdere regionale en nationale voorbeelden wordt toegepast in internationale projecten. Internationale kennisuitwisseling en de betrokkenheid van het onderwijs staan bij het onderzoek 'climateproof the world' centraal. Hierbij wordt gestreefd naar interdisciplinaire werkgroepen van diverse schools. Klimaatadaptatie is een internationale opgave en de interactieve tools die bij de diverse projecten zijn gebruikt zijn een goede basis om, ondanks cultuur- en taalproblemen, dezelfde taal te spreken. Een voorbeeld is het bottom up project 'duurzaam leven in Mae Phaem': drie Groningse studenten van twee verschillende studies gingen samen met twee studenten van de Hogeschool van Amsterdam en één student van de Hogeschool Utrecht in 2015 de uitdaging aan om te leven en te werken in een bergstam bij de grens van Myanmar en Laos. Hierbij werden visuele technieken als film en fotografie (timelapse) gebruikt om de problemen in dit gebied te verifiëren, alsmede elementaire metingen te doen in de waterstromen. Dit creëerde bewustwording voor de problematiek en leverde ook diverse mogelijke oplossingsrichtingen op, en dit alles met minimale verbale communicatie (afbeelding 19).



Afbeelding 19 Thailand (Mae Phaem<sup>43</sup>) als voorbeeld van een integrale bottom up approach met studenten van drie verschillende instellingen en vier opleidingen, van kunst tot techniek.

Op afbeelding 20 zien we voorbeelden van internationale samenwerking in 'climateproof megacities' met de Filipijnen en Taiwan. Een voorbeeld waarbij de kennis weer terugvloeit uit internationale projecten naar nationale projecten is Taiwan, waarbij de hittestresskaarten worden gevalideerd in een tropisch klimaat door studenten uit Taiwan en Groningen met metingen in het stedelijk gebied. In de komende jaren gaat het lectoraat Ruimtelijke Transformaties meer samenwerkingsverbanden aan met (inter)nationale overheden. Zo zullen in april

43 Pepping A, ' Na Appingedam nu Thailand, Dagblad van het Noorden, 9 februari 2015, pag. 20.

2016 circa vijftien studenten van de hogescholen Rotterdam en Groningen afreizen naar Manila om gezamenlijk met Filipijnse studenten, in opdracht van lokale overheden, oplossingen te genereren voor de overstromingsproblematiek en de vervuilde rivieren (afbeelding 2a en 3a). Naast de landen Taiwan, Thailand en de Filipijnen staan projecten gepland in onder andere India, Colombia, Kenia en Australië en diverse Europese landen (tabel 2). 'Share your talent, move the world'.



Afbeelding 20a internationale masterclass over heatstress in Taiwan (Tainan<sup>44</sup>) 20b kennisuitwisseling aardbevingen met Taiwan en 20c het tekenen van een memorandum of understanding (MoU) met diverse overheden in Filipijnen (Manila).

44 Boogaard F, Chen Y, Kluck J., Yang S., van der Meulen L., Lin T, The integration of storm water flooding and thermal stress potential in Tainan (Taiwan) and Groningen (Netherlands), Lyon NOVATECH 2016.



**Inaugural speech on Spatial  
Transformations – Water**

dr. ir. F.C. (Floris) Boogaard, 24 February 2016

**Climate adaptation from Groningen  
to Mae Phaem**

**share your talent. move the world.**



# Table of contents

<b>Preface</b>	<b>39</b>
<b>1. Context of professorship in Spatial Transformations</b>	<b>41</b>
<b>2. Challenges in urban water management</b>	<b>43</b>
<b>3. Vision of transformation into climateadaptive cities</b>	<b>46</b>
Problems	46
Strategy and measures	48
Design methodology	50
Internationalisation	55
Research agenda 2016-2020	56
In conclusion	60
<b>Enclosures</b>	<b>62</b>
Examples from local to international:	
Example 1 'Groningen climate scan' local project	62
Example 2 'Hoogeveen climate masterclasses' regional project	64
Example 3 'Climate-Proof City' national project	66
Example 4 'Climateproof the world' international projects	67





## Preface

The advantage of writing an inaugural speech once you have already been a professor for almost three years is that you can highlight what you have already contributed when it comes to combining research, education and entrepreneurship. The following strategy is described in the NoorderRuimte, Centre of Applied Research for Built Environment's position paper<sup>1</sup>. The results of the research appear in various publications and the outline for the research plans for the next few years are described in this inaugural speech. In this personal preface, I would therefore like to return to my student days, where the foundations for my love of applied science were laid early on. These included: empirical research, 'learning by doing', research that is visible and that makes a specific contribution to urgent social problems.

As a member of the team whose role it is to redesign the new SABC curriculum, I was asked the fundamental question: 'What do you wish for new graduate engineers?' A difficult question, whereby the answer: 'to be inspirational young professionals who can thrive in an inspirational environment' is the first to spring to mind. During my student days, I realised that without inspirational people inside and outside of my educational environment, things could have gone very differently for me. Twenty years ago, as a journalist for university newspaper 'Delta' at TU Delft, I wrote an article<sup>2</sup> about my admiration for a number of professors: lecturers who had passion, who stood on their own two feet in practice and who, when starting any lesson, caught my interest with a practical example, before they scribbled differential equations all over the board. Inspired by this, that same year, in the book 'Dromen aan Zee'<sup>3</sup> (Dreams at Sea), (which describes the life of a lab assistant who conducts research into the effect of earthquakes on water management), I wrote: *'Even if we achieve the impossible and are able to predict nature exactly with differential equations and models, what will remain of the romantic view of things that exceed our understanding? I believe that this has laid the basis for my love of applied science and a healthy critical and creative attitude that I pass onto everyone.'*

I am enthusiastic about applied sciences which links an international, innovative, multifunctional and integrated approach but importantly where both feet planted firmly on the ground. During my student days, I therefore didn't miss a single field trip and I voluntarily signed myself up for an additional anthropological exam entitled 'international collaboration', where a multidisciplinary group was asked to take a critical look at conservative engineering with the motto 'Technology is the answer, but what was the question?' At the end of last year, almost 20 years

1 Position Paper, NoorderRuimte 2020, Groningen, 27 November 2015

2 <http://delta.tudelft.nl/artikel/een-priv-233-verzameling-ongelukken/8273>

3 *Boogaard F.C.*, Dromen aan zee, Averbode, Goede Pers, Vlaamse Filmpjes, ISSN 0733-1027, 69th volume no 34, 1999.

later, six students from various universities of applied sciences and universities returned from the inspirational environment of Mae Phaem in Thailand. Under the supervision of myself along with various experts, these students researched in a multidisciplinary group with limited resources and means of communication what were the real needs of a hill tribe in the jungles of Thailand. The interesting revelation was that ‘technology wasn’t at the top of the list’<sup>4</sup>.

An inspirational environment with freedom for creativity isn’t yet par for the course for me and my environment. Imagine putting an entire street under water in the name of science. Or try to declare payments for a submarine used for research. Luckily, over the years, I have been able to gather together people around me who dare to innovate and give them the space to do so. These ‘champions of change’ are familiar with policy and practice; they know where to find those in authority and often come prepared with the necessary tools<sup>5</sup>. I have worked with lecturers and students to flood over 25 streets in the Netherlands and abroad. In addition, the underwater drone has now measured the water quality in virtually every water board area in the country. The new innovative dynamic monitoring methods have been exploited by the company INDYMO, a company established by a number of professors for and with multidisciplinary international students. These practical examples show give new graduate engineers a chance to be involved in their changing complex multidisciplinary environment. I wish for these future professionals to be ‘champions of change in an inspirational environment’; after all, they are the main resource for creative and innovative solutions for a resilient, sustainable, high-quality living environment.



Figure 1 visual impressions of research conducted by the professorship in Spatial Transformations.

- 4 Pepping A, Na Appingedam nu Thailand, Dagblad van het Noorden, 9 February 2015, page 20.
- 5 Boogaard F.C. Storm water characteristics and new testing methods for certain sustainable urban drainage systems in The Netherlands, Delft 2015.

# 1. Context of professorship in Spatial Transformations

Hanze University of Applied Sciences, Groningen's professorship in Spatial Transformations forms part of NoorderRuimte, Centre of Applied Research for Built Environment, which conducts applied research into the built environment in the North of the Netherlands. The Centre of Applied Research is located in the North of the Netherlands and our research activities are also firmly intertwined with the challenges and opportunities of this region, such as depopulation, earthquakes and the need for a healthy and sustainable living environment. Sustainability is a basic condition and the main driving force for the professorship in Spatial Transformations.

The impact of a growing world population and our increased use of raw materials has many consequences, one being the dramatic effect on our climate. This means our attitude and our actions towards the products and services of our (built) environment will have to change. Climate-proof habitats require an integrated approach to aspects such as water and energy. As a starting point for the theme of 'sustainability', we are monitoring and studying the local effects of climate change, energy transition and resource efficiency and their consequences for people and the local communities in the northern part of the Netherlands.

NoorderRuimte adopts an integrated approach where professors, lecturers, researchers and students, in collaboration with external professionals, companies and authorities, combine the fields of architecture, architecture and construction engineering, civil engineering, engineering, human technology, facility management and real estate. What we share is our curiosity and passion for an improved design or redesign of the built environment for people.

## **Professorship in Spatial Transformations**

The professorship in Spatial Transformations started in 2007 with the aim of generating knowledge in relation to socially necessary Spatial Transformations of the built environment. Since April 2013, there has been a separation into 'Spatial Transformations – Water' and 'Spatial Transformations – Energy' within the professorship. Since the start of Spatial Transformations - Water in 2013, the group has been conducting research into the effects of a changing climate in the urban area. In addition to measures that help to slow down global climate change (mitigation), related measures are also being taken to adapt the built environment (adaptation) to the effects of climate change and effects of human actions. In collaboration with the education sector, knowledge institutes and the business world, research is being conducted at regional, national and international level into: flooding and the functioning of drainage and water systems, the warming of the urban area (heat stress) and cost-effective design, implementation and management

of climate-adaptive measures such as implementing water and greenery and far-reaching climate adaptation in the form of floating structures etc.

## 2. Challenges in urban water management

Various studies indicate that urbanisation and climate development in many regions of the world are having a major effect on the hydrological cycle and the urban climate. Urbanisation is resulting in more intense impact on landscapes and the use of raw materials. One of the biggest impacts are the vast concrete surfaces that are being covered in concrete causing the local water balance to change. Closed surfaces cause less infiltration and less local storage resulting in more rapid draining. This has the potential to lead to increased flooding and damage to occur.



Figure 2 international examples of problems in the urban area: 2a contamination of bodies of water (Manilla, the Philippines<sup>6</sup>), 2b high temperatures 'heat stress' (Ljubljana, Slovenia) and 2c damage to buildings (Bergen, Norway<sup>7</sup>).

As a result of climate change and urbanisation, it is likely that temperatures will increase in the urban area and cause heat stress and dehydration of the subsoil. Longer dry periods and reduction in the groundwater level may cause subsidence, resulting in damage to our infrastructure (such as dehydration of the soil and objects such as peat dykes). Warmer air may contain more moisture, which may result in more intense downpours and therefore flooding.

The impact of a changing climate on the water quantity is described in every newspaper, but the effects on the water quality often don't receive sufficient recognition. After all, higher temperatures may have a negative impact on water quality, as well as perception and use, due to a higher risk of blue-green algae and botulism, for example. Our welfare and more intense use of our urban landscapes are introducing new contaminants and demand new monitoring methods, waste substance management and creative solutions (figure 3).

6 Boogaard F.C., 'Klimaatontwikkeling verandert (inter-)nationaal straatbeeld' (Climate development changes national and international street scene), *Straatbeeld* 1 September 2014.

7 Riksantikvaren 2015, Monitoring mitigation management, the groundwater project 'safeguarding the world heritage site of Bryggen in Bergen. ISBN 978-82-7574-085-2 (trykt).

To summarise, urbanisation and a changing climate may have major effects on our cities, posing a risk of: flooding, reduced water quality, heat stress, dehydration of the subsoil, subsidence and damage to the infrastructure.

The tasks for achieving a climate-proof future include finding a better balance between too much and/or too little water. We will have to minimise flooding and counteract excessive temperatures and drought. With these tasks, a distinction is often made between water quantity and water quality; however, these are closely related in practice. These effects require appropriate integrated solutions, where a water quantity problem as well as problems with the water quality are tackled simultaneously and in an integrated manner.



Figure 3 water quality problems such as drainage of unpurified waste water (3a Ganges India) or blue-green algae (3b Haarlem) and new research methods (3c drones<sup>s</sup>) and creative solutions (such as aquaponics, 3c)

The main task is implementing cost-effective solutions with often limited scope and budget. Collaboration with the various users and managers of the urban area and making optimal use of available resources and plans are of major importance for achieving this at low costs, with minimum use of space and with the widespread support of various parties.

To achieve a new water balance in cities, existing techniques for draining water, such as conventional drains where rainwater or other water is drained away by pipes, are often unsuitable. The adaptation of existing drainage systems, such as enlarging pipes for draining away more intense downpours, could be too expensive and place too great requirements on the use of space or underground space. The

8 de Lima R. L. P., Boogaard F. C., de Graaf. R. E. Innovative dynamic water quality and ecology monitoring to assess about floating urbanization environmental impacts and opportunities, International water week 2015, Amsterdam.

options for affecting the water balance are often limited too. A new water balance thereby requires optimal use of the public space and innovation in technology and approach. As the public space is being shared with many positions and users, this is an integrated and complex task.

### 3. Vision of transformation into climate-adaptive cities

Measures that are able to withstand the climate and that counteract flooding, high temperatures and drought are often drastic and expensive. Nevertheless, I believe there are various creative solutions in the busy urban context, which can be implemented effectively at relatively low costs. This was confirmed in 2015 when my ideas (including greening of paved surface, a water square, wadis, lawn profiling, the smart placement of thresholds for guiding water and surface rainwater drainage) were implanted for Betondorp in Amsterdam, in collaboration with the district of Amsterdam East, Waternet, Rainproof and various other organisations. The success of this project was recognised nationally and it received with the Peilstok Climate Adaptation Award<sup>9</sup>. A climate-proof city can only be created if smart use is made of existing plans for the infrastructure and if the public space is equipped in a multifunctional manner.

For a transformation to a climate-adaptive city, three steps are generally required:

1. Understanding of the problem
2. Strategy and measures
3. Implementation and evaluation of measures

#### Problems

First of all, an understanding of the locations where problems are experienced, at both city and object level, is required. The municipality, the water board and/or users of the public space are often aware to a certain extent of problematic locations in the urban area, and these can often be mapped out relatively easily (see example in figure 4).

9 Delta Programme for Spatial Adaptation (DPRA), De Peilstok 2014, inspirerende projecten voor droge voeten en een koel hoofd(The Peilstok Award 2014, inspirational projects for dry feet and a cool head), ISBN: 9789491190056, 2015



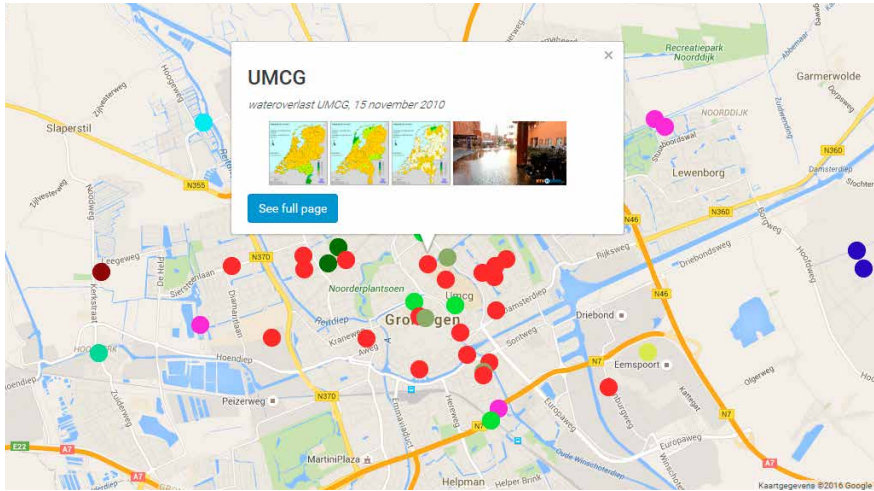


Figure 4 listing of flooding bottlenecks in Groningen, visualised in photos and videos at [www.climatecan.nl](http://www.climatecan.nl).

‘Climate stress tests’ can be carried out when compiling this list. These are QuickScan models that can determine flooding and heat stress at home level based on available height details (examples can be found in figure 5). In determining the strategy, recognising priority areas where problems are experienced (such as high temperatures and/or flooding) are of major importance. Priority locations are locations where problems are experienced and where the vulnerability of the area is highest (such as essential roads in the city, exit roads for emergency services, a high level of damage etc.). For less urgent parts, we will piggyback onto planned work, so that costs and capacity can be saved, thereby creating a cost-effective long-term strategy with corresponding budget and plans.

These so-called ‘climate stress tests’ were carried out in the regions of Groningen (2013) and Hoogeveen (2015), among others, in collaboration with Tauw and the University of Groningen. In 2016, improved models will be applied to various international cities in Norway, Romania, Taiwan<sup>10</sup> and the Philippines with various national and international partners. In figure 5, you can see as an example how, as a first step, priority areas have been listed and visualised. Viewing these priority areas in an integrated manner in connection with planned work maps out the possibilities and opportunities for improving the living environment in a cost-effective manner.

10 Boogaard F, Chen Y, Kluck J., Yang S., van der Meulen L., Lin T, The integration of storm water flooding and thermal stress potential in Tainan (Taiwan) and Groningen (Netherlands), Lyon NOVATECH 2016.



Figure 5 Groningen stress test with heat stress (left) and flooding (middle) and both depicted (right)<sup>11</sup>

The results of the model have been validated using observations in the urban area (figure 4). This verification is carried out with various stakeholders and students and forms part of the information gathering process, but is also a realisation process of the problem and the start of listing potential strategy and measures.

### Strategy and measures

After listing problems and opportunities, the level of ambition is determined and laid down. This is often an iterative process, whereby potential measures are regularly anticipated. In addition, considerations are made in relation to the budget for implementation and management, specific opportunities such as anticipating existing plans and work, support for potential solutions by various actors, organisational collaboration opportunities and specific criteria when designing, implementing and managing climate-adaptive measures, for example.

Criteria for climate adaptation or supplying water in a robust manner that are important, include<sup>12</sup>: use of space, costs (implementation and management), output (hydraulic capacity and output during cleaning), multifunctionality and aesthetics. Given that some climate-adaptive measures haven't been in use for a long time in the Netherlands, not much is known about long-term performance. This often makes the choice of innovative climate-adaptive measures difficult: 'unknown, unloved'.

11 Verlaat M., van der Meulen L., Schoof G., Boogaard F., Kluck J., Disaster Risk Management: Urban Flooding and heat stress, Geomatics Workbooks n° 12 – "FOSS4G Europe Como 2015", Climate and Weather Collaboratorium, Klimaatkennis levert geld op(Climate knowledge makes money), The results of the Valorius programme A publication by the Climate Changes Spatial Planning Programme and the CKW partners, Haarlem, July 2015.

12 STOWA (authors: Bogaard F.C., Rombout J.): zuiverende voorzieningen regenwater 'verkenning van de kennis van ontwerp, aanleg en beheer van zuiverende regenwaterstystemen (purifying rainwater supplies 'exploring knowledge of design, implementation and management of purifying rainwater systems), ISBN 978.90.5773.369.7 Amersfoort, 2007.

Recognising opportunities for climate adaptation may happen at object level. In workshops, I often split the city up into public and private space, whereby in the public space, a distinction can be made between the following assets: buildings, paved open space, green (parks and lawns), roads and water. For each object, climate-adaptive solutions can be taken, as stated in table 1.

Table 1 objects and potential solutions for structuring the urban area in a way that is able to withstand the climate

Object	Examples of climate-adaptive measures
Buildings	Green façades and roofs, water storage on the roof, roof gardens, floating homes etc.
Paved open area	Water squares, penetrating cement and implementation of multifunctional green and blue measures.
Urban green	The urban green and water in parks and lawns can be used to store and infiltrate water (e.g. wadis and inundation fields)
Roads	Roads can store, transport and infiltrate water such as: permeable roads, storage under roads or water-draining roads.
Water	Water can be built on or a storage and purifying function can be added, such as: marsh fields, inundation ponds and far-reaching climate-adaptive measures such as amphibious living.

Various pilots involving spatial adaptation have been started in the Netherlands, whereby innovative use is made of the existing public space<sup>13</sup>. These examples of climate-adaptive measures or ‘green-blue solutions’ may fulfil the following functions:

- Minimising flooding
- Regulating extreme temperatures
- Retaining and storing water
- Reducing contamination by purifying rainwater
- Increasing biodiversity in cities
- Strengthening cohesion in societies
- Increasing the perception and educational value of urban areas
- Increasing functions such as recreational and aesthetic value

13 Delta Programme for Spatial Adaptation (DPRA), De Peilstok 2014, inspirerende projecten voor droge voeten en een koel hoofd(The Peilstok Award 2014, inspirational products for dry feet and a cool head), ISBN: 9789491190056, 2015

There are numerous solutions and alternatives. I often call them ‘101 solutions’ and many arrive at the office in glossy brochures with the information that they are: cheaper than regular drains and don’t require any maintenance. We therefore face one of the greatest obstacles for an innovative climate-proof measure. There is still little experience with design, implementation and management of these new creative measures and therefore things can go wrong sometimes. You hear more about good examples than ‘bad examples’, which is a real shame, because you can learn more from the latter category.

Little is known about the long-term performance of new water systems and this raises many questions. What type of maintenance work is required? What costs does this involve? Is an infiltration device silting up? Is my device becoming contaminated due to contaminated rainwater? How will these solutions be rated in the long term by users of the public space?

### **Implementing and evaluating measures**

Due to a lack of knowledge about long-term performance, monitoring the performance or technical performance of climate-adaptive measures is of major importance. Acquiring experiences of design, implementation and management is necessary for demonstrating the effectiveness of climate-proof measures and using this to optimise these areas. This involves both monitoring the day-to-day performance of the climate-proof measure, as well as its performance in extreme situations. In this respect, it’s not just long-term performance compared to the water function that is important, but also the effect on air purification, lower temperatures, perception and aesthetics to additional functions such as: art, social cohesion, energy generation, food production (urban farming) etc.

Applied research is advisable in this regard, whereby in addition to research, the performance of the systems is also visualised in order to create insight and support for innovations among the various stakeholders and users of the public space. In addition, the Spatial Transformations – Water professorship applies the design method described in the following paragraph.

### **Design methodology**

In the research into climate-proof cities, we can make a distinction between various activities: designing, theoretical and practical research, implementing concrete measures and evaluating and improving measures that improve the quality of our living environment.

The applied methodology is a cyclical learning process that has design activities and design research activities at the centre. It consists of the following phases:

1. A current situation or undesirable situation
2. Establishment of the advantages and disadvantages of the current situation or undesirable situation
3. A process in which a future situation or desirable situation is designed or redesigned
4. The implementation of this process
5. A future situation or desirable situation
6. Establishment of the advantages and disadvantages of the future situation or undesirable situation
7. An evaluation (in which the desirable and the undesirable situations are compared with one another) and the design for a new implementation that is able to withstand the climate are being optimised.

These phases are largely in keeping with the systematics of the climate-adaptive city of: knowing, wanting and working<sup>14</sup>. The emphasis in the professorship lies on 'working' and 'learning by doing' in a practical, empirical, cyclical approach. As a professor, I am a supporter of Kolb's learning styles. Kolb makes a distinction between four behaviours and four corresponding learning styles:

- **Doer**, demonstrating a combination of active experimentation and concrete experience.
- **Dreamer**, they prefer concrete experience and reflective observation.
- **Thinker**, combining reflective observation and abstract conceptualisation.
- **Decision-maker**, being good at and preferring abstract conceptualisation and active experimentation.



Figure 6 Kolb's four learning styles<sup>15</sup>

14 Climate-proof city manifesto, building on the city of the future now, DPNH: New-Build and Restructuring of the Delta Programme Sub-Programme, 3 October 2013

15 [https://nl.wikipedia.org/wiki/David\\_Kolb#](https://nl.wikipedia.org/wiki/David_Kolb#)

According to Kolb, efficient learning that results in a long-term change in behaviour is the result of the cyclical progress of a process (figure 6), whereby four behaviours hitch onto one another. I find the last step ‘experimental learning’ in particular of great interest to the professorship’s research, because among researchers, this results in the acquisition of new experiences with moments of reflection.

The need to carefully monitor and visualise the long-term performance of measures that are able to withstand the climate resulted in a new research method, among other things: ‘full-scale testing’.



Figure 7a research into IT drainage (Groningen<sup>16</sup>) and 7b water squares (Den Bosch<sup>17</sup>).

Full-scale testing involves evaluating a large surface or the performance of the entire measure, which involved putting entire streets or squares under water. This isn’t just more precise<sup>18</sup>, but at the same time provides insight into the performance of the climate-adaptive measures to stakeholders and users of the public space.

Specific examples of this form of applied research for measures that are able to withstand the climate are, for example: research into infiltrating drains (IT drain, figures 7a and 8c), permeable concrete<sup>19</sup>, water squares (figure 7b), wadis and marsh fields (figures 8a and 8b).

16 Vloeimans N, ‘We pompen onszelf naar beneden’ (We are pumping ourselves downwards), Dagblad van het Noorden, 10 February 2015, page 22.

17 Boogaard F., Macke F, Tax S., Lekkerkerk J., Waterpleinen voor klimaatadaptatie, case Eikendonkplein 's-Hertogenbosch (Water squares for climate adaptation, Elkendonkplein 's-Hertogenbosch), 20 September 2015.

18 Boogaard F.C., Lucke T, Giesen N, Ven F, Evaluating the Infiltration Performance of 10 Dutch Permeable Pavements Using a New Full-scale Infiltration Testing Method, Journal Water 2014.

19 Boogaard F. Lucke T., Dierkes C., Wenkink R., Akkerman O. International long-term efficiency of storm water infiltration by permeable pavement, International water week 2015, Amsterdam.

It is very important that various stakeholders (such as the municipality, water board, province, consultants, suppliers) as well as researchers, students and users of the public space take part in these ‘full-scale tests’. The results of the tests, combined with a field trip in which designers and managers of the public space tell their story, is often a preparation for the short and long-term strategy for climate adaptation. Here it is determined what potential solutions are feasible and have public support within the organisations concerned.

The full-scale tests therefore often form part of a workshop or masterclass in which a concrete measure is considered with corresponding criteria such as available space, costs and necessary management. The basis is thereby being laid for a set of measures as part of the short and long-term strategy for city and/or region.

Progressive insight should encourage follow-up sessions; the preference for measures has a dynamic nature through new insights and solutions or by change in legislation and/or organisation, for example.



Figure 8a research into wadis (Haren), 8b marsh field<sup>20</sup> (Hoogeveen) and 8c IT drain (Groningen<sup>21</sup>).

The listed experiences of the various stakeholders are used to optimise new designs in the cyclical process according to the ‘use design experience’. The Netherlands is a unique playground, because the Netherlands started to introduce new water systems relatively early on. There are only a few countries that are able to conduct research into infiltrating water systems that were implemented 20 years ago.

20 Boogaard F.C., Vorenhout M, Akkerman O., Lima R., Blom J., Lessons Learned From Over Two Decades of constructed wetland Use for urban storm water in The Netherlands, wetpol conference September 2015.

21 Vloeimans N., Boogaard F., ‘We pompen onszelf naar beneden’ (We are pumping ourselves downwards), Dagblad van het Noorden, 10 February 2015, page 22.

An example of the introduction of a new water system is the ‘Water Afvoer Drainage and Infiltration system’ (or the Arabic word WADI), which found its way to the Netherlands as an idea in around 1992, just as the German model of the ‘mulde rigole’ water system. Not everyone was receptive to the implementation of the first wadis in the Netherlands: swamps are allegedly being created in the urban area and the malaria mosquito is allegedly aggravating our land. Yet the water system was introduced, and tours through the area and presentations of the first positive monitoring results<sup>22</sup> resulted in the implementation of this water system in over two thirds of municipalities in the Netherlands. The Dutch wadi system is now used as an international example in Japanese books etc<sup>23</sup>. Over the years, the wadi system has indeed changed; it has been cyclically optimised and guidelines have been drawn up for its design, implementation and management (figure 9).

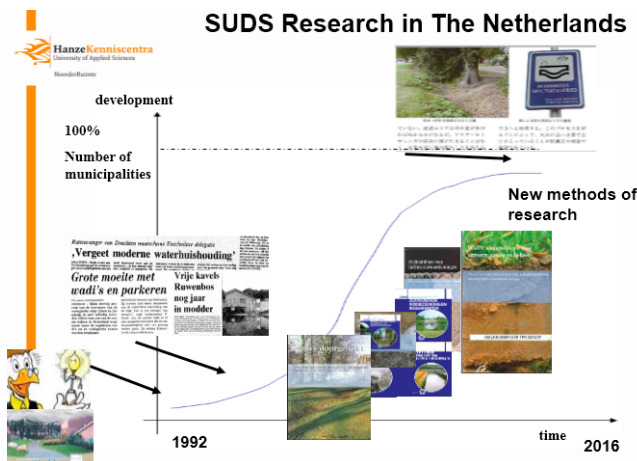


Figure 9 Development curve of wadis in the Netherlands from initial introduction to a water system that is widely used both nationally and internationally.

In addition to the implementation of wadis, we in the Netherlands also began experimenting with permeable concretes early on, and relatively new innovations such as water squares have been introduced. The new water systems, the full-scale tests and the resulting experiences and guidelines are being actively shared

22 RIONED (authors: Boogaard, F.C., Bruins, G. and Wentink, R). Swales: recommendations for design, implementation and maintenance (in Dutch: Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer). RIONED Foundation, 2006. STOWA (authors: Bogaard F.C., Rombout J.) SUDS recommendations for design, implementation and maintenance (in Dutch: zuiverende voorzieningen regenwater 'verkenning van de kennis van ontwerp, aanleg en beheer van zuiverende regenwaterstystemen'), ISBN 978.90.5773.369.7 Amersfoort, 2007. STOWA (authors: Ir. F.C. Boogaard, Ir. N. Jeurink, Ing. J.H.B. Gels), Vooronderzoek natuurvriendelijke wadi's Inrichting, functioneren en beheer (Preliminary research on nature-friendly wadis Implementation, performance and management), report nummer 2003-04, ISBN number 90.5773.207.6 Stowa Utrecht 2003.

23 Ryu M., Japans Journal of hydrological systems 2008 vol 69.



internationally in workshops, articles and conferences. From the professorship, we are making a significant contribution here by participating in various international projects in which we share knowledge of local projects internationally.

## Internationalisation

Although we in the Netherlands are known for our water management and integration of water aspects in urban development and town planning, it is important that we share our knowledge, as well as learn from different countries. The developments previously described such as climate adaptation require an international approach; which is why the Spatial Transformations – Water professorship is working in close collaboration with international universities and universities of applied sciences. Regionally, we work a lot with Van Hall Larenstein University of Applied Sciences in Leeuwarden (VHL) and the University of Groningen, and nationally we work in close collaboration with Amsterdam and Rotterdam Universities of Applied Sciences, as well as TU Delft, the University of Groningen and Wageningen University. Whether we tackle a problem regionally, nationally or internationally depends on the specific research questions. We generally start regionally, as this then enables us to roll out the approach and results nationally and internationally. Section 6 shows examples that illustrate this way of expanding knowledge from regionally to nationally or internationally:

- Regionally: the climate scan in the Groningen region, for example, for which the end results were presented on climate toolbox day<sup>24</sup>
- Nationally: for example, research project ‘The climate-proof city’<sup>25</sup> in collaboration with Amsterdam University of Applied Sciences etc. A project that was recently started concerning the evaluation of sustainable water systems that were laid 10 to 15 years ago in the Friesland and Rotterdam region<sup>26</sup>. And finally a completed climate adaptation project masterclass with the municipality of Hoogeveen and Waterschap Drents Overijsselse Delta, commissioned by the Ministry of Infrastructure and the Environment.
- Internationally: the approach to climate-adaptive cities is being applied on an international scale in countries such as: India (Kanpur), China (Beijing), Thailand (Mae Phaem), Taiwan (Tainan<sup>27</sup>) and the Philippines (Manila<sup>28</sup>).

24 [http://www.stowa.nl/nieuws\\_\\_agenda/agenda/climate\\_toolbox\\_experience\\_day](http://www.stowa.nl/nieuws__agenda/agenda/climate_toolbox_experience_day)

25 <http://www.hva.nl/kc-techniek/over-het-kenniscentrum/nieuws/content/nieuwsberichten/2015/03/hva-onderzoeksproject-%E2%80%98de-klimaatbestendige-stad-inrichting-in-de-praktijk%E2%80%99-van-start.html>

26 Sybrand Tjallingii, Paul van Eijk and Floris Boogaard, *Leren innoveren op watersysteemniveau, ervaringen met duurzaam stedelijk waterbeheer* (Learning to innovate at water system level, experiences with sustainable urban water management). Land en Water, February 2016.

27 Boogaard F, Chen Y, Kluck J., Yang S., van der Meulen L., Lin T, *The integration of storm water flooding and thermal stress potential in Tainan (Taiwan) and Groningen (Netherlands)*, Lyon NOVATECH 2016.

28 Boogaard F.C., ‘Klimaatontwikkeling verandert (inter-)nationaal straatbeeld’ (Climate development changes national and international street scene), *Straatbeeld* 1 September 2014.

The Spatial Transformations professorship’s approach works from local, via regional and national to international: new designs and/or concepts are first tested on a small, local scale, before being rolled out on a larger national and international scale. Experiences are evaluated at scale level to optimise the design and/or concept (see figure 10). With this approach, which is typical of Hanze University of Applied Sciences, Groningen as a whole, I often consider an updated and extended Hanze route (figure 11).



Figure 10 strategy for acquiring and sharing knowledge ‘from local to international’

### Research agenda 2016-2020

A ‘hanze’ was a collaboration between traders and cities during the Middle Ages. By collaborating, they tried to protect and expand their trade. When the Hanze travelled, in addition to trade, ideas were also shared. In 2016, the Spatial Transformations – Water professorship has two new major international assignments, in which the Hanze route countries are represented (figure 11, and table 2).



Figure 11 historical Hanze route with countries with which the Spatial Transformations - Water professorship shares knowledge

In the Middle Ages, there were a total of four Hanze offices, the Hanze office in Bruges, Peterhof in Novgorod, Stalhof in London and Tyskebrygge in Bergen. Tyskebrygge is the only Hanze office that has been kept preserved and forms part of Unesco world heritage site Bryggen. As a professor at Hanze UAS and researcher at this unique location, I cannot therefore leave it here without dedicating a few sentences to it. Bryggen in the Norwegian city of Bergen found itself in a poor condition a few years ago by lowering its groundwater level etc. (due to extractions, an increase in concrete and longer dry periods), which was visible due to subsidence and damage to buildings (figure 2c). In collaboration with an international project group, a detailed problem analysis was conducted (figure 12b) and I have been allowed to design and implement sustainable water systems such as: wadis (figure 12c), permeable concrete and rainwater gardens. Bryggen's geohydrological situation and the condition of the buildings including Hanze's last trade office, appears to have improved significantly based on the latest monitoring figures<sup>29</sup>.



Figure 12a Bryggen with Hanze's last existing trade office on the right, 12b visualisation of results of the Bergen flooding model, 12c implemented wadi in Bryggen<sup>30</sup>.

In 2016, the professorship further expanded the national and international working relationships and projects. The Spatial Transformations – Water professorship collaborates in long-term research programmes with partners from international universities and international technical universities. There are long-term working relationships within international projects such as INXCES and Water Co-Governance for sustainable ecosystems, for example. Table 2 highlights a few national and international projects along with the partners and cities involved.

29 Riksantikvaren 2015, Monitoring mitigation management, the groundwater project 'safeguarding the world heritage site of Bryggen in Bergen. ISBN 978-82-7574-085-2 (trykt).

30 Boogaard F.C., Lucke T, Sommer H, Beer J, Giesen N, Ven F, Lessons Learned From Over Two Decades of Global Swale Use, 13th International Conference on Urban Drainage, Sarawak, Malaysia, 7-12 September 2014.

Harvold K., Larsen K., de Beer J., Boogaard F., Vandrup Martens V., , Matthiesen H., Muthanna T. M., Seither A., Skogheim R., Vorenhout M., Protecting the Past and Planning for the Future, Results from the project 'Cultural Heritage and Water Management in Urban Planning' (Urban WATCH), ISBN: 978-82-92935-13-2, CIENS Report 2015:1

<http://www.climatescan.nl/page?details=16>

Table 2 overview of a few national and international partners in approved projects 2016–2020.

Country	Organisation(s)	City	Projects including
The Netherlands	University of Applied Sciences Amsterdam	including Groningen, Amsterdam, Hoogeveen, Houten and Eindhoven	Raak research into Climate-Proof City, implementation in practice
The Netherlands	University of Applied Sciences Rotterdam and Leeuwarden (VHL) and Wetterskip Fryslan	Leeuwarden, Drachten, Delft, Rotterdam	Various projects concerning sustainable water systems or assessment of sustainable water systems etc. with underwater drones
The Netherlands	Ministry of Infrastructure and the Environment	Hoogeveen, Meppel.	Climate adaptation masterclasses
The Netherlands	STOWA	Various national and international cities and regions	Implementation and realisation <a href="http://www.climatescan.nl">www.climatescan.nl</a>
Norway	Norwegian University of Science and Technology (NTNU), University of Applied Sciences and The Geological Survey of Norway (NGU)	Oslo/Trondheim/Bergen	"INnovations for eXtreme Climatic eventS" "INXCES"
Sweden	Luleå University of Technology (LTU)	Luleå	"INnovations for eXtreme Climatic eventS" "INXCES"
Romania	Technical University of Civil Engineering of Bucharest (UTCB-CCIAS)	Bucharest	"INnovations for eXtreme Climatic eventS" "INXCES"
Germany	Oldenburgisch-Ostfriesische Wasserverband	Brake	Water Co-Governance for sustainable ecosystems
Sweden	Havs- och vattenmyndigheten and Vattenmyndigheten Västerhavets vattendistrikt	Gothenburg	Water Co-Governance for sustainable ecosystems
Denmark	SEGES Kommunernes Landsforening Aalborg Kommune	Aarhus, Copenhagen Aalborg	Water Co-Governance for sustainable ecosystems
UK	The Rivers Trust	Callington	Water Co-Governance for sustainable ecosystems

For the INXCES ‘INnovations for eXtreme Climatic eventS’ project, modelling climate development is of central importance, whereby the risks of extreme rainfall and drought are visualised for cities such as Groningen, Bergen (Norway) and Bucharest (Romania), for example. Based on this modelling, priority areas are chosen with various stakeholders and innovative concrete solutions are formulated and implemented.

For the INTEREG IVb Water Co-Governance for sustainable ecosystems project, the sharing of international innovations is of central importance, as is involving various stakeholders in water management problems in the broadest sense of the word.

The research programme for 2016–2020 will focus on: ‘Innovate and hold onto what is good’. An increase in scale of regional, national and international is thereby taking place once again. The stress tests conducted in the Netherlands will be used with students and lecturer-researchers from local (city) to regional (North of the Netherlands) to national and international level.

Given the internationalisation and combining of education, entrepreneurship and research, it is very important that we are speaking the same language. Education is changing and thick books and school boards full of writing will make way for interactive means of communication. Tools for supporting knowledge transfer may be very effective<sup>31</sup> and the professorship will therefore make increasing use of interactive communication tools such as: serious gaming, augmented reality and interactive sites such as [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl) (figure 13). The professorship will continue this and expand over the coming years.

# Communication Tools

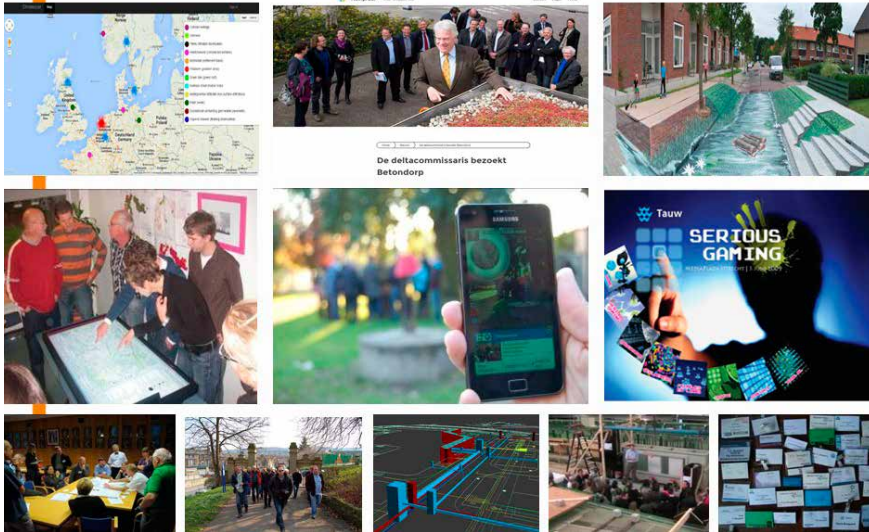


Figure 13 examples of interactive tools such as: interactive websites, integrated tours, 3D sketches on the street, touchtables, augmented reality, serious gaming, interactive workshops, international tours, 3D designs of above ground and underground, laboratory presentations of full-scale models and various seminar and workshop methodologies

## In conclusion

The professorship ‘Spatial Transformations – Water’ stands for applied science, innovation, multifunctional and international. ‘Learning by doing’ can be found in our research methodology, a prime example being our full-scale testing of SUDS. From the outcomes of our field experiences, guidelines are set up and shared on international scale through workshops, papers, and congresses.

With this, the professorship contributes to international knowledge sharing and for this reason we work with several international universities.

The approach of the professorship Spatial Transformations is to work from local to international. New designs or concepts are tested locally and then shared on international scale.

With this vision of internationalisation and the conducting of applied research, the Spatial Transformations – Water professorship is able to make engineering students and graduates aware of their changing, complex, multidisciplinary environment. With the help of inspirational people, ‘the champions of change’ and by using inspirational dynamic learning environments, we are creating the basis for creative and innovative solutions that benefit a resilient sustainable high-quality living environment. A vision that promotes empirical cyclical learning with a high proportion of ‘make it happen’ is nothing without concrete examples from real life. The reason why I am concluding with the next section is so that you can see exactly how we translated this vision into complete end products and projects. For this reason this publication will end with examples of projects we have conducted with this research method from local scale to larger scale.

With this vision of internationalisation and the conducting of applied research, the Spatial Transformations – Water professorship is able to make the new designing engineers aware of their changing, complex, multidisciplinary environment. With the help of inspirational people, ‘the champions of change’ and by using inspirational dynamic learning environments, we are creating the basis for creative and innovative solutions that benefit a resilient sustainable high-quality living environment. A vision that promotes empirical cyclical learning with a high proportion of ‘make it happen’ is nothing without concrete examples, however, which is why I am concluding with the next section, so that you can see exactly how we translated this vision into concrete end products and projects.

**Share your talent, move the world!**

# Enclosures

## Examples from local to international

### Example 1 'Groningen climate scan' local project

Climate development and human action affect the quality of the living environment in the city of Groningen and the surrounding area. Under the leadership of the Spatial Transformations - Water professorship, various parties have come together to gain an understanding of the impact that more intense showers, long-term drought and heat may have on the economy and the learning environment. In 2013, the professorship started the Climate Scan Groningen project, which doesn't just list and visualise the effects, but also aims to take action to improve urban quality in a fast and cost-effective manner.

The parties involved are: Hanze UAS, the City of Groningen, the Province of Groningen, Hunze and Aa's waterboard, Noorderzijlvest waterboard, the City of Assen and the region of Groningen Assen. But companies, citizens and organisations such as the GGD were also involved in this project, which was widely presented in the press (figures 14a and 14b). Due to the diversity of the project members, a filled toolbox of interactive tools was used to demonstrate the urgency of climate change and to encourage participation. These developed tools formed a central part of the study into the effect of the climate control measures during Toolbox Experience Day<sup>32</sup>, which was held at Hanze UAS on 27 March 2014 (figure 15). A few of these tools are summarised below.

### Heat stress map and flooding landscape map

In Groningen, various measures have been taken to prevent the negative effects of climate change. We have produced an analysis of the urban water problem, which has resulted in a flooding landscape map that shows the flooding and heat for all of Groningen. To optimise how these maps are perceived, flooding has been visualised in 3D in collaboration with the University of Groningen's data centre. As an introduction to various workshops, these 3D visualisations have been used to clarify the problems at specific locations.

When implementing the strategy for climate adaptation in Groningen, a suitable design, proper implementation and a management plan of measures turned out to be of major importance. From the list of problem locations, the general strategy was discussed in various workshops (figure 14c).

32 [http://www.stowa.nl/nieuws\\_\\_\\_agenda/agenda/climate\\_toolbox\\_experience\\_day](http://www.stowa.nl/nieuws___agenda/agenda/climate_toolbox_experience_day)





Figure 14a announcing project results of Groningen climate scan. 14c workshops on strategy and concrete measures with various stakeholders.

The results of the model have been verified by various students at NoorderRuimte, Centre of Applied Research for Built Environment using photos and videos that have been put on an interactive website [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl). Measurements have also been taken in and around Groningen to find out whether the modelled temperatures correspond to practice.

DOSSIER **Waterbouw**

### Studie naar effect van klimaatmaatregelen

Er is af een aardig gevende gereedschapskist om de klimaatverandering te lijf te gaan. Maar voldoen de verwachtingen wel aan de verwachtingen? En is er misschien te veel variatie of te weinig? Dit soort vragen staat centraal op de Toolbox Day of de Hanzehogeschool in Groningen. In elk geval loopt er een studie naar het effect van de maatregelen, bijvoorbeeld van waterdoorlatende verhardingen.



Deelname aan een workshop over strategie en concrete maatregelen.

gemeenten, provincies, adviesbureaus, lokale overheden en bewoners samen. Er volgen korte presentaties van de deelnemers. De presentatie wordt gevolgd door een discussie over de uitkomsten van de workshop. Het is mogelijk om mee te kijken op de website [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl).

**Hetrisicoprofiel**  
De studie van de impact van de maatregelen op de risico's van overstroming en wateroverlast in de stad van Groningen. Dit is een studie naar de impact van de maatregelen op de risico's van overstroming en wateroverlast in de stad van Groningen. Dit is een studie naar de impact van de maatregelen op de risico's van overstroming en wateroverlast in de stad van Groningen.



Wijlen een workshop is een deel van een studie in Groningen naar het effect van de maatregelen op de risico's van overstroming en wateroverlast in de stad van Groningen.



De agenda voor de experience day hangt aan de deur in de Groninger Hanzehogeschool.



Deelname aan een workshop over strategie en concrete maatregelen.

Figure 15 report of climate toolbox experience day<sup>33</sup> whereby research results could be experienced in various spots in Groningen. On the left, a groundwater model, in the top right, a full-scale test on permeable concrete in Hoogkerk (City of Groningen) and in the bottom right, the 3D perception of flooding in Groningen at the University of Groningen's data centre.

33 [http://www.stowa.nl/nieuws\\_agenda/agenda/climate\\_toolbox\\_experience\\_day](http://www.stowa.nl/nieuws_agenda/agenda/climate_toolbox_experience_day)

Various practical tips can be derived from the evaluation of this and other climate scans:

- A good example tends to be followed, discuss ‘good and bad examples’ and share them through:
  - Field trips with local experience experts
  - Interactive websites that state local problems and solutions such as [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl)
  - Use international examples as inspiration (Best Management Practices, ‘BMPs’)
  - From practical locations to strategy (through masterclasses, for example)
  - Encourage the participation of various actors
  - Interactive tools can help increase commitment and understanding (figure 13).

### **Example 2 ‘Hoogeveen climate masterclasses’ regional project**

The Ministry of Infrastructure and the Environment commissioned Hanze UAS for the ‘Climate-proof implementation’ impact project in Hoogeveen, in which, together with the City of Hoogeveen, Waterschap Drents Overijsselse Delta and various other parties, in three masterclasses, insight was created into the problems and solutions to flooding and heat stress in the municipality.

Hoogeveen was chosen as an impact project with support from the Spatial Adaptation stimulation project, because the scale of the problem is comparable with many other municipalities. The structure of the masterclasses ultimately resulted in a good formula that would allow other municipalities to get to work with their own organisation in a practical manner. The masterclasses were held during the period October to December 2015.

The masterclass consisted of three half-day sessions, each of which were held at a different location:

1. Wanting: Introduction to climate adaptation based on practice (Groningen)
2. Knowing: Measures for preparing properly for spatial adaptation (Meppel)
3. Working: Development into Hoogeveen’s practical example (Hoogeveen)

To get a good idea of what adaptive measures are possible and the extent to which support is required, masterclasses have been developed for employees in the field of green, drainage, water and spatial planning. In the masterclasses, these are included in all aspects of climate adaptation and measures were tested in practice, such as underground and above-ground infiltration (permeable concrete, see figure 16b). To form an idea of the problem, a 3D stress test was carried out for Hoogeveen to formulate the right measures at the right locations (figure 16a). After the masterclasses, further meetings were held to share knowledge (with 3D visualisation etc.) and various solutions for making Hoogeveen climate-proof

were developed further. The masterclass thereby contributed to the strategy to equip Hoogeveen in a climate-proof manner and stakeholder awareness has been increased. This strategy is now subsequently being implemented in plans and projects in the centre of Hoogeveen.



Figure 16 impressions of the three masterclasses with, from left to right, ‘wanting, knowing, working’ with: a 3D visualisation of flooding, b simulation of infiltration into concrete (middle) and c workshops for elaboration of solutions<sup>34</sup>.

The three masterclasses fleshed out the climate adaptation methodology and delivered concrete end products: a well-filled website, [www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl), with various practical examples of problems, as well as solutions for the Cities of Hoogeveen and Meppel, among others (figure 17).

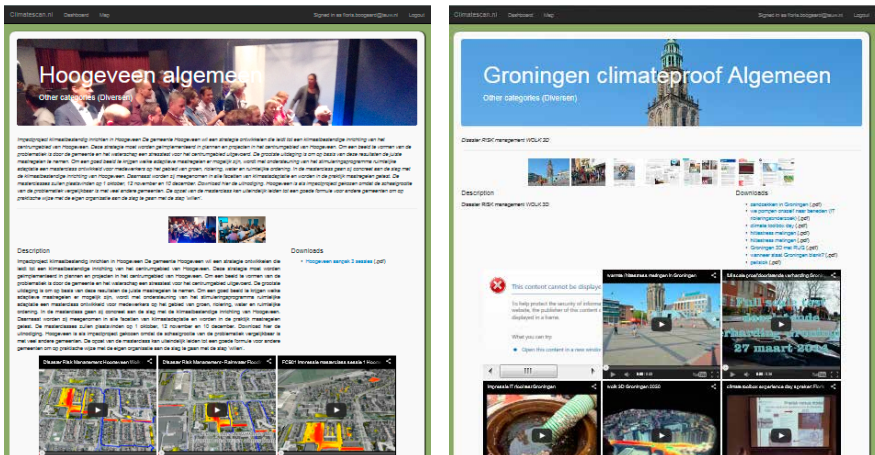


Figure 17 end results of climate stress tests in Hoogeveen and Groningen ([www.climatescan.nl](http://www.climatescan.nl))<sup>35</sup>

34 Boogaard F., Klomp T., Manenschijn M., *Research results of Hoogeveen Climate-Proof Impact Project*, to be published in 2016.

35 Tipping, J., Boogaard F., Jaeger R., Duffy A., Klomp T., Manenschijn M., *Climatescan.nl: the development of a web-based map application to encourage knowledge-sharing of climate-proofing and urban resilient projects*, International waterweek 2015, Amsterdam.

As a result of the evaluation of the projects, Hanze UAS, in close collaboration with various authorities, companies and other universities of applied sciences in Amsterdam, Leeuwarden and Rotterdam, will use the approach and results in the future in education and for other projects. The various tools, such as 3D visualisations, climate scan and the full-scale tests turned out to be a good resource for obtaining attention and understanding for the problems and the cost-effectiveness of various solutions.

### Example 3 'Climate-Proof City' national project

Since January 2015, the Spatial Transformations - Water professorship has been working in close collaboration with professor Jeroen Kluck from Amsterdam University of Applied Sciences on a research project entitled 'The climate-proof city'<sup>36</sup>. The aim of this project is to investigate how municipalities can equip their neighbourhoods and streets in a climate-proof manner. The focus of the research lies on explaining the urgency of heat stress, on designing standard climate-proof situations and on weighing up costs and benefits (such as benefits of greening). In that context, researchers and students from Hanze UAS and Amsterdam University of Applied Sciences measured the heat during the hot summer of 2015 (figure 18). Tests were also carried out into various green-blue facilities in the urban area and their long-term performance. In Hoogeveen, solutions in various streets were considered in detail in workshops. Costs were specified in this last step and the concrete implementation of green-blue facilities in some neighbourhoods was compared to traditional implementation in relation to various criteria.



Figure 18 heat stress measurements in Groningen for RAAK research in collaboration with Amsterdam University of Applied Sciences and various authorities and companies.

36 <http://www.hva.nl/kc-techniek/over-het-kenniscentrum/nieuws/content/nieuwsberichten/2015/03/hva-onderzoeksproject-%E2%80%98de-klimaatbestendige-stad-in-richting-in-de-praktijk%E2%80%99-van-start.html>

#### Example 4 ‘climateproof the world’ international projects

Knowledge of previous regional and national examples is being applied in international projects. International knowledge sharing and commitment from education form a central part of the ‘climateproof the world’ research. The aim is to achieve interdisciplinary working parties from various schools. Climate adaptation is an international task and the interactive tools used in the various projects form a good basis for speaking the same language, despite cultural and language problems. An example is the bottom-up project ‘sustainable living in Mae Phaem’. In 2015, Groningen students from two different study programmes, together with two students from Amsterdam University of Applied Sciences and one student from Utrecht University of Applied Sciences, took on the challenge to live and work in a hill tribe on the border of Myanmar and Laos. They used visual technologies such as film and photography (timelapse) to verify the problems in this area, as well as to make vital measures in the water flows. This created awareness of the problem (drought) as well as delivering various potential solutions, and all this with minimal verbal communication (figure 19).



Figure 19 Thailand (Mae Phaem<sup>37</sup>) as an example of an integrated bottom-up approach with students from three different institutions and four study programmes, from art to technology.

In figure 20, we can see examples of international collaboration in ‘climate-proof megacities’ with the Philippines and Taiwan. An example whereby the knowledge flows back again from international projects to national projects is Taiwan, where the heat stress maps are validated in a tropical climate by students from Taiwan and Groningen with measurements in the urban area. Over the coming years, the Spatial Transformations professorship will enter into more collaborations with national and international authorities. For example, in April 2016, around

37 Pepping A, ‘Na Appingedam nu Thailand’ (After Appingedam now Thailand, Dagblad van het Noorden, 9 February 2015, page 20.

20 students from Rotterdam and Groningen Universities of Applied Sciences will travel to Manila to generate solutions to the flooding problem and the contaminated rivers (figures 2a and 3a) together with Filipino students, and this will be commissioned by local authorities. In addition to the countries Taiwan, Thailand and the Philippines, projects are planned in countries such as India, Colombia, Kenya and Australia and various European countries (table 2). ‘Share your talent, move the world’.



Figure 20 international masterclass on heat stress in Taiwan (Tainan<sup>38</sup>) and the signing of a memorandum of understanding (MoU) with various authorities in the Philippines (Manila).

38 Boogaard F, Chen Y, Kluck J., Yang S., van der Meulen L., Lin T, The integration of storm water flooding and thermal stress potential in Tainan (Taiwan) and Groningen (Netherlands), Lyon NOVATECH 2016.





Floris Boogaard doet met zijn lectoraat Ruimtelijke Transformaties - Water onderzoek naar de effecten van het veranderende klimaat in het stedelijk gebied. Samen met het onderwijs, kennisinstellingen, het bedrijfsleven en de overheid ontwikkelt hij maatregelen om de gebouwde omgeving aan te passen (adaptatie) aan de effecten van klimaatverandering en menselijk handelen. De grootste opgave voor een klimaatbestendige toekomst is een betere balans te vinden tussen te veel en te weinig water. Dit vraagt om optimaal en innovatief gebruik van de openbare ruimte en bestaande infrastructuur.

Floris richt zich met zijn onderzoek op wateroverlast en het functioneren van riool- en watersystemen; hij houdt zich bezig met opwarming van stedelijk gebied (hittestress) en kosteneffectief ontwerp, aanleg en beheer van klimaatadaptieve maatregelen, zoals het implementeren van water en groen en vergaande klimaatadaptatie als drijvend bouwen.

De aanpak van het lectoraat Ruimtelijke Transformaties - Water werkt van lokaal, via regionaal en nationaal naar internationaal: ontwerpen en/of concepten worden eerst op kleine, lokale schaal getest en worden daarna op grotere (inter)nationale schaal uitgerold. Vandaar ook de titel 'Klimaatadaptatie van Groningen tot Mae Phaem' (een bergdorp in Thailand).

Floris heeft als visie vooral het empirisch leren: hij wil de nieuwe ontwerpende ingenieurs een hoog gehalte aan 'learning by doing' meegeven. Dit resulteert in concrete innovatieve onderzoeksproducten en projecten.

