

# INVITATION

You are kindly invited to attend  
the public defence of my thesis

design of floodproof  
urban riverfronts

The defence will take place on  
Wednesday 8th of September  
2010 at 12:30 hrs at the  
Senate Hall of Aula Congress  
Centre, Mekelweg 5 in Delft.

I will give a short presentation  
about my research at 12:00 hrs.

You are most welcome to the  
reception directly after the  
defence as well as to the  
celebration at 21:00 hrs at  
café-restaurant de Wijnhaven,  
Wijnhaven 22 in Delft.

Bianca Stalenberg

defence\_bianca@hotmail.com





Stellingen behorende bij het proefschrift

## Ontwerpen van overstromingsvrije stedelijke rivierfronten

Bianca Stalenberg; Delft, 8 september 2010

1. Het in dit proefschrift ontwikkelde concept van aanpasbare waterkeringen (AFD concept) maakt het mogelijk om hoogwaardige en overstromingsvrije stedelijke rivierfronten te ontwikkelen door stedelijke functies synergetisch en op een duurzame wijze te combineren met de functie waterkeren. (dit proefschrift)
2. Het in dit proefschrift ontwikkelde beslissingsondersteunend model 'stedelijke waterkeringmatrix' (UFPM tool) is het eerste Nederlandse model op het gebied van hoogwatermanagement dat synergie bewerkstelligt in het (her)ontwerpproces van een stedelijk rivierfront door zowel de wensen van stedenbouwkundigen als hoogwaterbestrijders te belichten. (dit proefschrift)
3. Waar men in eerste wereld landen zowel een hoogwaardige zichtbare als een hoogwaardige fysieke kwaliteit wenst in stedelijke rivierfronten, daar hecht het merendeel van de bevolking in ontwikkelingslanden hoofdzakelijk waarde aan de fysieke kwaliteit opdat de rivier in hun eerste levensbehoeften kan voorzien. Het AFD concept en de UFPM tool, beide ontwikkeld in dit proefschrift, bieden daarom vooral uitkomst in eerste wereld landen. (dit proefschrift)
4. Economische ontwikkeling en bevolkingsgroei hebben een grotere invloed op het overstromingsrisico dan klimaatverandering (dit proefschrift).
5. Buitendijks gelegen drijvende woningen bieden alleen zichzelf bescherming tegen inundatie tijdens een rivieroverstroming. Ze reduceren niet de kans of de gevolgen van een rivieroverstroming voor het achter de primaire waterkering gelegen land.
6. Interdisciplinaire projecten kunnen alleen succesvol zijn als miscommunicatie tussen de betrokken disciplines wordt herkend, erkend en opgelost. Aanvullende educatie in de voor hen relevante vakgebieden en de welwillendheid om de opgedane kennis toe te passen zijn hierbij essentieel.
7. Proefschriften dragen nauwelijks bij aan kennisvergroting in het bedrijfsleven; gepromoveerden doen dit doorgaans wel.
8. Vandaag de dag worden onderzoekers aan universiteiten geconfronteerd met een onderzoeksomgeving die overmatig gedomineerd wordt door het produceren van artikelen. De kwantitatieve prestatiedruk hindert onderzoekers om wetenschap van hoge kwaliteit te kunnen beoefenen.
9. Het negatieve effect van technologische ontwikkeling op de zelfredzaamheid van de mens komt tijdens onvoorziene gebeurtenissen aan het licht. Het uitvallen van technologisch gestuurde voorzieningen legt in zulke gevallen de maatschappij vaak lam.
10. Voorkeursbehandeling op de arbeidsmarkt is ook discriminatie en dus ongewenst. Voor het bewerkstelligen van een rechtvaardige arbeidsmarkt zou onder andere elke man, hetero of blank persoon dezelfde kansen moeten krijgen als elke vrouw, homo of gekleurd persoon.

Deze stellingen worden oponeerbaar en verdedigbaar geacht en zijn als zodanig goedgekeurd door promotor prof.drs.ir. J.K. Vrijling.

Propositions pertaining to the thesis

## Design of floodproof urban riverfronts

Bianca Stalenberg; Delft, September 8, 2010

1. The concept of adaptable flood defences (AFD concept), developed in this thesis, enables the development of high quality and floodfree urban riverfronts by combining urban functions with flood protection in a synergetic and sustainable way. (this thesis)
2. The decision support tool 'Urban Flood Protection Matrix' (UFPM tool), developed in this thesis, is the first Dutch tool in the field of flood management that realises synergy in the process of (re)designing an urban riverfront by involving both the desires of urban planners and flood controllers. (this thesis)
3. People in developed countries desire both a high visible and physical quality of their riverfronts. In contrast, most people in developing countries attach value mainly to the physical quality so that the river can provide their basic needs. Hence, the AFD concept and the UFPM tool, both developed in this thesis, mainly offer a solution in developed countries. (this thesis)
4. Economic development and population growth have a larger influence on flood risk than climate change. (this thesis)
5. Floating houses that are located outside flood defence systems only protect themselves against inundations during a fluvial flood. They do not reduce the probability or consequences of flooding of land that is located behind the primary flood defence.
6. Interdisciplinary projects can only be successful if miscommunication between the disciplines involved is recognised, acknowledged, and solved. It is essential both to have supplementary education in relevant fields and to be willing to apply the knowledge obtained.
7. Dissertations rarely contribute to the enlargement of knowledge in businesses; PhD graduates mostly do contribute.
8. Today, researchers at universities are confronted with a research environment that is excessively dominated by the production of papers. The pressure to publish a large quantity of papers hinders researchers to practice science of high quality.
9. The negative effect of technological development on the ability of humans to cope for themselves comes to light during unforeseen events. Failure of technological facilities often paralyses society in such cases.
10. Preferential treatment in the labour market is also discrimination and therefore undesired. In order to achieve a fair labour market, each man, straight or white person, amongst others, should get similar chances as each woman, gay or coloured person.

These propositions are considered opposable and defensible and as such have been approved by supervisor prof. drs. ir. J.K. Vrijling.

# design of floodproof urban riverfronts

PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van de graad van doctor  
aan de Technische Universiteit Delft,  
op gezag van de Rector Magnificus prof. ir. K.C.A.M. Luyben,  
voorzitter van het College voor Promoties,  
in het openbaar te verdedigen op woensdag 8 september 2010 om 12:30 uur  
door

Bianca STALENBERG  
civiel ingenieur  
geboren te Gouda

Dit proefschrift is goedgekeurd door de promotor:

prof. drs. ir. J.K. Vrijling

Samenstelling promotiecommissie:

Rector Magnificus	voorzitter
prof. drs. ir. J.K. Vrijling	Technische Universiteit Delft, promotor
prof. dr. ir. M.J.F. Stive	Technische Universiteit Delft
prof. dr. ir. V.J. Meyer	Technische Universiteit Delft
prof. dr. ir. W.A.H. Thissen	Technische Universiteit Delft
prof. dr. ir. C. Zevenbergen	UNESCO-IHE Institute for Water Education
prof. dr. S. Fujita	Nagaoka University of Technology, Japan
dr. ir. H.G. Voortman	ARCADIS, the Netherlands

This research has been financially supported by Water Research Centre Delft, Delft Cluster and dr. ir. Cornelis Lely Stichting.

Published by VSSD, Delft, The Netherlands  
Copyright © 2010, by Bianca Stalenberg

ISBN 978-90-6562-247-1

# Samenvatting

## Proefschrift 'Ontwerpen van overstromingsvrije stedelijke rivierfronten'

Water kent vele toepassingen. Naast het feit dat Eerste wereld landen water vooral zien als een luxe architectonisch goed, wordt water hoofdzakelijk gebruikt als drinkwater, voor irrigatiedoeleinden, als koelwater in de industrie, voor opwekken van energie, en voor de scheepvaart. Water heeft leven op aarde mogelijk en een stuk makkelijker gemaakt. Echter, water kan ook een dreiging vormen voor de mensheid. Overstromingen veroorzaken beschadigde goederen, uitvallen van verkeersfaciliteiten, stroomuitval en besmet drinkwater.

Het overstromingsrisico in Nederland is significant gestegen door de economische ontwikkeling en bevolkingsgroei sinds het begin van de twintigste eeuw. Deze ontwikkelingen hebben geleid tot een stijging van de gevolgen bij een mogelijke overstroming. Er zullen mensen het slachtoffer worden en er zullen meer bezittingen worden beschadigd. Dit zal leiden tot hogere economische en sociale schade bij met name stormvloed en rivieroverstromingen. Daarnaast heeft de transformatie van landelijk gebied naar stedelijk gebied een stijging in de kans van vooral regenoverstromingen veroorzaakt. Sinds het einde van de negentiende eeuw, zijn kanalen gedempt en omgevormd tot verkeersaders en spoorwegen, en heeft de bouw van woonwijken gezorgd voor het omvormen van groene gebieden tot bestraatte gebieden met gebouwen. Het overstromingsrisico in Nederland wordt, naast de economische ontwikkeling en bevolkingsgroei, ook beïnvloed door fysische processen. De kans is groot dat de overstromingskans zal stijgen door de effecten van klimaatverandering. Temperatuurstijgingen zullen waarschijnlijk veranderingen teweegbrengen in de hoeveelheid neerslag en verdamping. Meer en heviger stortregens veroorzaken op hun beurt een grotere afvoer van regenwater en zeer waarschijnlijk hogere rivierafvoeren. Klimaatverandering beïnvloedt ook de zeespiegel.

Klimaatverandering en vooral economische ontwikkeling van de laatste decennia hebben ervoor gezorgd dat het huidige systeem van waterkeringen zal moeten worden verbeterd in diverse Nederlandse Rijnsteden. De onzekerheden betreffende klimaatverandering en economische ontwikkeling in de toekomst zullen waarschijnlijk tot gevolg hebben dat de waterkeringen in andere Nederlandse Rijnsteden ook verbeterd zullen moeten worden. Tegelijkertijd zijn stedelijke rivierfronten onderhevig aan trends en wensen van lokale bevolking en beleidsmakers. Hiervoor is voldoende beslissingsvrijheid gewenst. Helaas is het verbeteren van waterkeringen en het herontwikkelen

van stedelijke rivierfronten zeer ingewikkeld. Het doel van dit onderzoek is daarom om een oplossing te vinden voor de moeilijkheden die zich voordoen bij het verbeteren van waterkeringen en het herontwikkelen van een stedelijk rivierfront in een gemeenschappelijke ruimte. Is het mogelijk om synergie te creëren en te behouden in een stedelijk rivierfront tussen waterkeren en stedelijke functies waarbij rekening wordt gehouden met economische ontwikkeling en fysische processen?

Dit proefschrift laat zien dat fysieke synergie kan worden gecreëerd en behouden door het toepassen van het concept van aanpasbare waterkeringen, ook wel het AFD concept genoemd. Dit concept heeft de potentie om fysieke synergie te creëren door middel van innovatieve constructies die stedelijke functies en waterkeren combineren in een multifunctionele constructie. Constructies zoals parkeergarages, gebouwen, huizen en wegen zijn ontworpen en aangepast zodat ze naast hun stedelijke functies tegelijkertijd ook het achterland kunnen beschermen tegen overstromingen. De kenmerk 'multifunctionaliteit' zorgt ervoor dat de aanwezigheid van een waterkering in een stedelijk rivierfront niet langer wordt gezien als een aantasting van de stedelijke kwaliteit, maar juist als een bijdrage aan deze kwaliteit. Het creëren van fysieke synergie in een stedelijk rivierfront door het aanwenden van het AFD concept moet geen momentopname zijn, maar een duurzame aangelegenheid. Het is daarom belangrijk om rekening te houden met het tijdsaspect. Het AFD concept zorgt ervoor dat de fysieke synergie tussen de technische functie waterkeren en stedelijke functies kan worden behouden. De kenmerk 'aanpasbaarheid' van het AFD concept maakt het voor hoogwaterbestrijders mogelijk om rekening te houden met externe invloeden zoals klimaatverandering en economische verandering, en om de technische levensduur van de waterkerende elementen van de multifunctionele waterkering te verlengen. De aanpasbaarheid van stedelijke elementen van een multifunctionele waterkering maakt het voor stedenbouwkundigen mogelijk om rekening te houden met veranderingen in stedelijke functies en om de technische levensduur van de stedelijke elementen te verlengen.

Dit proefschrift laat tevens zien dat synergie kan worden gecreëerd en behouden in het (her)ontwerpproces van een stedelijk rivierfront door het raadplegen van het beslissingondersteunend model 'stedelijke waterkeringmatrix', ook wel de UFPM tool genoemd. Dit model heeft de potentie om synergie te creëren en te behouden in het proces van het (her)ontwerpen van een stedelijk rivierfront door hoogwaterbestrijders en stedenbouwkundigen (meer) te laten samenwerken in de conceptuele ontwerpcyclus tijdens de analyse fase en de synthese fase. De UFPM tool is een creatieve methode, zoals brainstorming, die bijdraagt aan het proces van het verminderen van de moeilijkheden bij het verbeteren en aanpassen van waterkeringen en bij het aanpassen van de stedelijke constructies in de

gemeenschappelijke ruimte van een stedelijk rivierfront. De ontwikkelde demoversie van de UFPM tool bevat twee datasets, drie matrices en drie beslisbomen, en een website als interface. De datasets bevatten een aantal typen rivierfronten, zoals een weg, en een aantal typen waterkeringen, zoals een kademuur. De scores, die zijn gepresenteerd in de matrices zijn gebaseerd op het doorlopen van de beslisbomen en laten de levensvatbaarheid zien van combinaties type rivierfront – type waterkering vanuit het perspectief van stedenbouwkundigen en hoogwaterbestrijders. De UFPM tool kan worden geraadpleegd voor inspiratie tijdens het ontwerpproces, inzicht in elkaars vakgebied en wederzijds begrip tussen hoogwaterbestrijders en stedenbouwkundigen. De demoversie van de UFPM tool is beschikbaar op <http://www.urbanriverfronts.com>.

De casestudie in de Nederlandse Rijnstad Nijmegen laat zien dat het AFD concept en de UFPM tool toepasbaar kunnen zijn in bestaande Nederlandse riviersteden. Het zou mogelijk moeten zijn om een (meer) synergetisch en duurzaam stedelijk rivierfront te ontwerpen waarin tegelijkertijd het huidige en toekomstige hoogwaterprobleem worden opgelost. De casestudie in de Japanse hoofdstad Tokio laat zien dat het AFD concept ook potentie heeft in de Eerste wereld landen buiten Nederland. De superdijk in Tokio is een voorbeeld van het AFD concept dat al is toegepast in Japan. De casestudie in Tokio laat ook zien dat de UFPM tool tevens toepasbaar is in andere Eerste wereld landen zoals Japan. De visuele en fysieke kwaliteit van waterfronten is de afgelopen decennia steeds belangrijker geworden en overstromingen worden steeds minder geaccepteerd. De casestudie in de Bengaalse hoofdstad Dhaka laat zien dat het AFD concept en de UFPM tool minder potentie hebben in Derde wereld landen. De stedelijke kwaliteit is onbelangrijk in de ogen van een groot deel van de Bengaalse bevolking. Armen streven vooral naar het voorzien in hun basis levensbehoeften om te overleven waarin goede toegang tot de rivier prioriteit is; esthetica en visuele kwaliteit van het rivierfront zijn hierbij niet belangrijk.

Concluderend, dit proefschrift laat zien dat het mogelijk is om synergie te creëren en te behouden in een stedelijk rivierfront in een eerste wereld land tussen stedelijke functies en waterkeren, waarbij rekening wordt gehouden met economische ontwikkeling en fysieke processen door het toepassen van het concept van aanpasbare waterkeringen, het AFD concept, voor het realiseren van fysieke synergie, en het raadplegen van het beslissingondersteunend model 'stedelijke waterkeringmatrix', de UFPM tool, voor het realiseren van synergie in het (her)ontwerpproces.

*Bianca Stalenberg*  
*juli 2010*

# Summary

## **Thesis ‘Design of floodproof urban riverfronts’**

Water serves many purposes. Besides the fact that developed countries see water as a luxurious architectonic feature, water is primary used for drinking water, for nourishment of crops, as cooling water for industry, for energy, and for inland navigation. Water has made life on earth possible and easier. However, water can also cause a threat to mankind. Floods cause damaged goods, disconnected traffic facilities, power loss and polluted drinking water.

In the Netherlands, the risk of flooding has significantly increased due to the economic development and population rise during the last century. This development created higher consequences if a flood occurs. More people would be hit by a flood, especially a storm surge or a fluvial flood, and more assets would be damaged which results in more economic and social damage. Additionally, the transformation of rural land into urban land caused an increased probability of pluvial floods in particular. From the end of the nineteenth century, canals were transformed into traffic roads or train tracks and the construction of residential districts transformed green fields into paved fields with buildings. The flood risk in the Netherlands is also influenced by physical processes. The probability of a flood is likely to increase due to the effects of climate change. Changes in temperature are expected to cause changes in precipitation and evaporation. More and heavier downpours tend to cause higher amounts of storm water and higher river discharges. Climate change also affects the sea level.

Due to climate change and especially economic change of the last decades improvement of the current flood defence system is needed in several Dutch Rhine cities today; the uncertainties in climate change and economic change likely demands improvement of flood defences in more Dutch Rhine cities in the future. At the same time, urban riverfronts are subjected to changes due to urban trends and desires of inhabitants and policy makers. Freedom in this transformation process is desired. Unfortunately, both improvement of flood retaining structures and the redevelopment of an urban riverfront are extremely difficult. Aim of this research is therefore to find a solution for the difficulties in improving the flood protection structures and the redevelopment of an urban riverfront in the shared realm. Is it possible to create and maintain synergy in an urban riverfront between the technical function of flood protection and urban functions, taking economic development and physical processes into account?

This thesis shows that it is possible to create and maintain physical synergy in an urban riverfront by adopting the concept of Adaptable Flood Defences, also called the AFD concept. This concept has the potential to create physical synergy by providing innovative structures which combine urban functions and the technical function of flood protection into one multifunctional structure. Structures like car parks, buildings, dwellings and roads are designed or transformed with the additional capability of protecting the hinterland against floods. The feature 'multifunctional' sees to it that the presence of a flood defence in the urban riverfront is no longer seen as degradation, but as a contribution to the urban quality. Creating physical synergy in an urban riverfront by adopting the AFD concept should not be a snapshot, but a sustainable affair. It is therefore important to take the aspect of time into account. The AFD concept ensures maintaining physical synergy between the technical function of flood protection and urban functions. The feature 'adaptable' of the AFD concept enables flood controllers to cope with the uncertainties of external influences like climate change or economic change and to extend the technical lifespan of flood retaining elements. The adaptability of the urban elements enables urban planners to anticipate on changes in desires on urban activities and to extend the technical lifespan of urban elements.

This thesis also shows that it is possible to create and maintain synergy in the (re)design process of an urban riverfront by consulting the tool 'Urban Flood Protection Matrix', also called the UFPM tool. This decision support tool has the potential to create and maintain synergy in the process of (re)designing an urban riverfront by letting flood controllers and urban planners work (more closely) together in the conceptual design cycle during the analysis phase and synthesis phases. The web-based UFPM tool is a creative method, like brainstorming, that contributes to the process of decreasing the difficulties in improvement and adaptation of flood retaining structures and adaptation of urban structures in the shared realm of an urban riverfront. The developed demo version of the UFPM tool contains two datasets, three matrices and three decision trees, and a website as interface. The datasets contain a number of types of riverfronts, like a road, and a number of types of flood retaining structures, like a quay wall. The scores that are presented in the matrices are based on the completion of the decision trees and show the feasibility of a combination type of riverfront – type of flood retaining structure from an urban planner's point of view and from a flood controller's point of view. The UFPM tool can be consulted to obtain inspiration during the design process, insight in each others' fields and mutual understanding amongst urban planners and flood controllers. The demo version of the UFPM tool is available at <http://www.urbanriverfronts.com>.

The case study in the Dutch Rhine city of Nijmegen demonstrates that the AFD concept and the UFPM tool could be applicable in existing Dutch river cities. It should be possible to create a (more) synergetic and sustainable urban riverfront which simultaneously solves the current and future flood issues that threat this urban riverfront.

The case study in the Japanese capital Tokyo demonstrates that the AFD concept has potential in other developed countries than the Netherlands. The super levee in Tokyo is an example of the AFD concept that has already been implemented in Japan. Additionally, the case city of Tokyo demonstrates that the UFPM tool is applicable in other developed countries like Japan. The visible and physical quality of waterfronts has become more and more important and flooded cities have become less and less accepted. The case study in the Bengali capital Dhaka demonstrates that the AFD concept and the UFPM tool have less potential in developing countries. The urban quality is irrelevant to most Bengali people. The poor are striving at basic needs to survive for which good access to the river is priority. Aesthetics and visual quality are not yet important.

Concluding, this thesis demonstrates that it is possible to create and maintain synergy in an urban riverfront of a developed country between the technical function of flood protection and urban functions, taking economic development and physical processes into account, by adopting the concept of Adaptable Flood Defences, the AFD concept, to achieve physical synergy, and by consulting the web-based decision support tool 'Urban Flood Protection Matrix', the UFPM tool, to achieve synergy in the (re)design process.


*Bianca Stalenberg*  
*July 2010*

## Curriculum Vitae

Bianca Stalenberg was born on 17th of March 1978 in Gouda (the Netherlands). After finishing her preliminary education at Alfrink College in 1996 in Zoetermeer (the Netherlands), she started studying Civil Engineering at Delft University of Technology in Delft (the Netherlands). During her bachelor program she studied one semester at Technical University Darmstadt (Germany) in 1999 and during her master program she interrupted her studies for approximately two years to become a board member of the Delft Student Union (Vereniging voor Studie- en Studentenbelangen te Delft) in 2000-2001 (full-time) and in 2001-2002 (part-time). Bianca received her masters degree in Civil Engineering at Delft University of Technology in 2004. During her master thesis she developed a multifunctional flood defence for the city of Deventer (the Netherlands) in which flood protection is combined with several urban functions such as living and recreation. This master project resulted in a PhD research at the department of Hydraulic Engineering of TU Delft on creating and maintaining synergy between flood protection and urban functions in urban riverfronts, taking economic development and physical processes into account.

Next to her PhD research, Bianca has worked as scientific secretary of the Water Research Centre Delft (WRCD) since 2006. The Water Research Centre Delft brought five different faculties of TU Delft together, covering a broad variety of water issues. She handled the finances of granted WRCD research projects, produced several official documents and took care of a large part of the internal and external communication.

Currently, Bianca is working as project-leader at the company ARCADIS at the department of flood defences.



This brochure shows the summary, English and Dutch version, of the thesis 'Design of floodproof urban riverfronts' by Bianca Stalenberg. Additionally, it shows the propositions belonging to this thesis. The PDF of the thesis is available at <http://repository.tudelft.nl>. Please send an e-mail to [defence\\_bianca@hotmail.com](mailto:defence_bianca@hotmail.com) to receive a hardcopy of the thesis (if still available).

Aim of the thesis 'Design of floodproof urban riverfronts' is to find a solution for the difficulties in improving flood protection structures and the redevelopment of an urban riverfront in the shared realm. Freedom in these processes is desired. However, urban functions and flood protection claim the same area of an urban riverfront. Both improvement of flood retaining structures and the redevelopment of an urban riverfront is a challenge.

The main objective of this thesis is therefore:

'To create and maintain synergy in an urban riverfront between the technical function of flood protection and urban functions, taking economic development and physical processes into account'.