

# **DR. IR. CORNELIS LELY STICHTING**

## **Voortgangsrapportage 2007**

**Rapportage van de voortgang in 2007 van de door de  
Dr. Ir. Cornelis Lely Stichting gesubsidieerde projecten**

**P.J. Visser (redacteur)**

Maart 2008

Secretariaat van de Dr.Ir. Cornelis Lely Stichting:  
Dr.ir. P.J. Visser (secretaris/penningmeester)  
Postbus 5048  
2600 GA DELFT  
Tel.: 015-2788005  
Fax: 015-2785124  
E-mail: [p.j.visser@tudelft.nl](mailto:p.j.visser@tudelft.nl)  
Website: [www.lelystichting.nl](http://www.lelystichting.nl)

## **Overzicht voortgang projecten die in 2007 subsidie hebben ontvangen**

- Project 1:** **Effect of ageing of bituminous mortar on the ravelling of porous surface layers (projectnr.: 04.002)**  
Technische Universiteit Delft, E.T. Hagos MSc
- Project 2:** **Dune erosion during storm surges (Duinafslag; projectnr.: 04.011)**  
Technische Universiteit Delft, ir. J. van Thiel de Vries
- Project 3:** **Systematische stabiliteits- en deformatie monitoring van kunstwerken in stedelijk gebied met behulp van satellietradarinterferometrie (projectnr.: 04.014)**  
Technische Universiteit Delft, ir. F. van Leijen
- Project 4:** **Assimilatie van video-observaties en morfologische modellen van de brandingszone (projectnr.: 04.012)**  
Technische Universiteit Delft, ir. M.W.J. Smit
- Project 5:** **Aanpasbaarheid van constructies, een onderzoek naar aanpasbaarheid van het casco in het kader van Slimbouwen (oorspronkelijk: Flexibele constructies, een onderzoek naar een verbetering van de gebruiksflexibiliteit van constructies in het kader van Slimbouwen; projectnr.: 05.003)**  
Technische Universiteit Eindhoven, ir. G. Gijsbers
- Project 6:** **Particle packing efficiency in concrete (projectnr.: 05.004)**  
Technische Universiteit Delft, H. He MSc
- Project 7:** **Development of a rapid assessment method for river strategies, applied to the Lower Meuse (Methodologie voor snelle verkenning voor rivier beheersstrategieën, toegepast op de Beneden Maas; projectnr.: 05.006)**  
Universiteit Twente, ir. J.A.E.B. Janssen
- Project 8:** **Design of multifunctional flood defences in urban areas (projectnr.: 06.006)**  
Technische Universiteit Delft, ir. B. Stalenberg
- Project 9:** **Milieuvriendelijk verkeersmanagement door geïntegreerde voertuig-weg systemen (projectnr.: 06.014)**  
Universiteit Twente, ir. M.K. Mors

## **Overzicht voortgang projecten die vóór 2007 subsidie hebben gekregen**

**Project 10: SPatial Adaptation to Concepts of Electronic road traffic (SPACE, Intelligente verkeersbeheersing; projectnr.: 01.016)**  
Radboud Universiteit Nijmegen, Raffael Argiolu

**Project 11: Functioneel onderhoud van de civieltechnische infrastructuur (projectnr.: 99.176)**  
Universiteit Twente, ir. A. van der Toorn

## **Overzicht projecten die in 2007 met een promotie zijn afgerond**

De volgende projecten zijn in 2006 voltooid (zie daarvoor de Voortgangsrapportage 2006) en in 2007 met een proefschrift en succesvolle verdediging daarvan afgerond:

- **Permanent Deformation of Asphalt Mixes (Permanente deformatie van asfaltmengsels, projectnr.: 01.009)**  
P. Muraya BSc MSc, Technische Universiteit Delft (gepromoveerd op 5 juni 2007)
- **Hydration of Slag Cement; Theory, Modeling and Application (oorspronkelijke titel: Hydratation and microstructure development of cement paste and concrete and its realisation with mechanical/physical properties, projectnr.: 01.013)**  
W. Chen, Universiteit Twente (gepromoveerd op 25 januari 2007)

**Project 1: Effects of ageing of bituminous mortar on the ravelling of porous surface layers**

**Universiteit: Technische Universiteit Delft**

**Naam onderzoeker: E.T. Hagos MSc**

**Naam begeleider(s): prof.dr. ir. A.A.A. Molenaar (promotor),  
ir. M.F.C. van de Ven**

**Duur van het project:**      Begindatum:    1 april 2004  
   Einddatum:    1 april 2008

### **Projectbeschrijving**

ZOAB draagt bij aan een aanzienlijke reductie van de geluidsoverlast door het verkeer. De hoge holle ruimte (meer dan 20 %) maakt zoab echter uiterst gevoelig voor schadelijke acties van het klimaat en het verkeer. De schade uit zich vooral in clogging en rafeling van het oppervlak. Hierdoor heeft zoab een relatief geringe levensduur in vergelijking met dichte mengsels.

Rafeling is het verlies van korrels uit het oppervlak en wordt veroorzaakt doordat de adhesie tussen de mortel en de steen wordt verbroken, de cohesie in de bitumineuze mortel wordt overschreden, of een gemengd proces.

Rafeling bedreigt niet alleen de technische duurzaamheid van de toplaag (met als gevolg vervroegd onderhoud of rehabilitatie), maar heeft ook een negatief effect op de bijdrage aan de geluidsreductie van de zoab toplaag.

De veroudering van het bindmiddel/de mortel wordt gezien als een belangrijke factor die het gedrag van zoab in de tijd mede kan verklaren. Het cohesief gedrag van de bitumineuze mortel wordt sterk beïnvloed door de veroudering van het bindmiddel, dat harder wordt door de inwerking van zuurstof, UV straling, temperatuur e.d. Het doel van dit project is om de effecten van veroudering van het bitumen te onderzoeken op de rheologische, mechanische en chemische eigenschappen van het bindmiddel, respectievelijk de mortel. Deze eigenschappen zullen dan worden gebruikt om de mogelijke gevolgen van veroudering voor rafeling aan te geven.

Een uitgebreid laboratorium onderzoek is ontworpen om de invloed van veroudering van bitumen op de cohesieve eigenschappen van het bitumen/de mortel te bepalen. Hierbij moet worden gedacht aan rheologische proeven, vermoeiingsproeven, kruip en relaxatie proeven op het bitumen/de mortel bij gemiddelde en lage verhardings temperaturen. Daarnaast zal een uitgebreide chemische analyse van de verouderde bitumen worden uitgevoerd om het mechanisme van veroudering beter te begrijpen. In het onderzoek wordt waar mogelijk het laboratoriumonderzoek vergeleken met de praktijksituatie. Het onderzoek moet resulteren in een betere sturing van het verouderingsproces, de mogelijke bijdrage van veroudering aan rafeling duidelijk maken (mede door nieuwe/aangepaste verouderingsproeven) en de bepaalde eigenschappen van de mortel moeten kunnen worden gebruikt als input parameters bij de eindige elementen modellering op meso- en micro-niveau van zoab.

Belangrijke onderzoek gebieden zijn:

1. Het bepalen van de invloed van verschillende verouderings mechanismen op de eigenschappen van het bindmiddel.
2. De invloed van veroudering op het cohesief bezwijken van bindmiddelen.
3. Methodes om de weerstand tegen rafeling van ZOAB te verbeteren.
4. Link tussen bindmiddel gedrag en gedrag van ZOAB

Het doel van het verouderingsprogramma kan als volgt worden samengevat: ten eerste het begrijpen van het verouderingsproces en de invloed ervan op de cohesieve eigenschappen van ZOAB en ten tweede materiaal modellering van de mortel die kan worden gebruikt als input in eindige elementen modellering van ZOAB.

### **Voortgang**

*Wat is er tot nu toe bereikt?*

In 2004 is een uitgebreide literatuur studie uitgevoerd over veroudering (zie publikaties). Interessant is de verandering in gedrag van ZOAB in relatie tot verkeer, en soort strook. De rol van bitumen eigenschappen moet daaraan worden gerelateerd. Een onderzoeksplan is opgesteld, waarbij onderzoek wordt uitgevoerd naar de

veroudering van ZOAB in de weg en in het laboratorium. Tevens is een eerste verouderingsonderzoek uitgevoerd samen met DWW in een speciale klimaatkast van Atlas die het mogelijk maakt om complete proefstukken ZOAB te verouderen en zowel afzonderlijk als cumulatief de invloed van zuurstof, UV straling, water, temperatuur kan simuleren. Standaard korte (RTFOT) en langeduur (RCAT) veroudering is uitgevoerd op de 70/100 pen bitumen, die in het onderzoek wordt gebruikt .

In 2005 zijn voor een groot aantal vakken kernen verzameld volgens het onderzoeksplan. Op de kernen zijn proeven uitgevoerd zoals: CT-scanning, samenstelling bepalen, mechanische proeven (ITT/SCB). Van de kernen is de bitumen teruggewonnen en op de teruggewonnen bitumen zijn proeven uitgevoerd zoals: IR/GPC (chemische samenstelling), DSR/DMA (rheologisch gedrag). Ook is in 2005 onderzoek gedaan naar de mogelijke bouw van een abrasion machine om de rafelingsgevoeligheid van mengsels te onderzoeken. In 2005 is de motivering voor de Weather-O-meter opgesteld. Van de diverse onderzoeken zijn rapporten opgesteld.

In 2006 zijn volgende activiteiten uitgevoerd:

- Extractie van bindmiddelen en uitvoering van het onderzoeksprogramma op de teruggewonnen bitumen van de kernen uit de weg
- Proefdraaien met de Weather-O-Meter
- Maken van platen/kernen in het laboratorium en uitvoeren van verschillende verouderings protocollen op de zoab proefstukken in de Weather-O-Meter, waarna het bindmiddel is teruggewonnen en verder onderzocht.
- Extractie van bindmiddelen van verouderde monsters en beproeven van de teruggewonnen bindmiddelen
- Afronden van het test programma in 2006.

Twee belangrijke activiteiten werden uitgevoerd in 2007: 1. Analyse van proef data, 2. Rapport schrijven. Analyse van zowel rheologische als chemische test resultaten is uitgevoerd. Parallel met de data analyse, zijn de onderzoeksresultaten op gestructureerde wijze gerapporteerd en geschikt gemaakt voor publicatie. Hierdoor is 85% van het thesis rapport afgerond aan het einde van het fiscal jaar 2007. De inhoud van de thesis zal zijn:

1. Introductie
2. Literatuur studie
3. Onderzoeks aanpak
4. Materialen and test methodes
5. Invloed van veroudering op rheologisch gedrag
6. Chemische karakterisering
7. Modelleren van het visco-elastisch gedrag van het bindmiddel
8. Conclusies en aanbevelingen

De eerste 6 hoofdstukken zijn afgerond.

De belangrijkste conclusies uit het onderzoek naar de invloed van veroudering zijn:

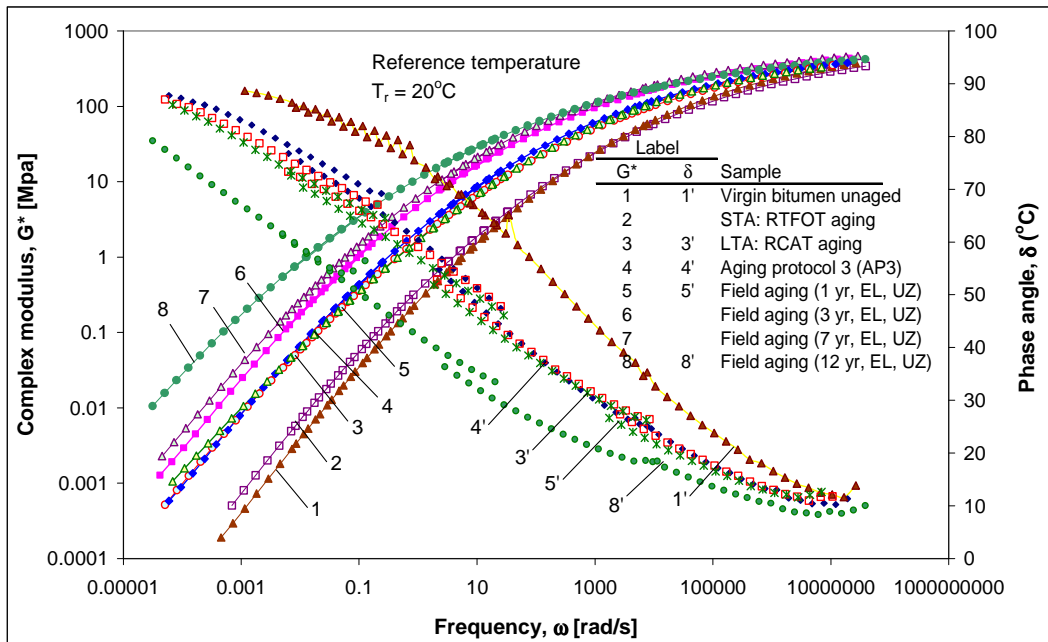
- i. De lange termijn veroudering van bitumen volgens de standard verouderingsprocedure en de voorgestelde verouderingsprocedure op het mengsel in het laboratorium gaven dezelfde rheologische eigenschappen, maar toonden verschil in chemische samenstelling (Figuur 1 en Figuur 2).
- ii. De veroudering in het lab en in de praktijk komen niet overeen. De bindmiddelen uit de praktijk toonden zware veroudering en verschillend gedrag vergeleken met de laboratorium veroudering van bitumen. Hiermee wordt aangetoond dat de praktijk veroudering is complex met allerlei interacties met het aggregaat naast het oxidatie proces (Figuur 1 and Figuur 2).
- iii. Omdat de chemische karakterisering van het mengsel verouderingsprotocol vergelijkbare veroudering toonde met bitumen veroudering, word teen verbetered protocol voorgesteld om de werkelijke veroudering van het bindmiddel in de praktijk te simuleren. Het nu ontwikkelde verouderingsprotocol voorspelt slechts 3 jaren veroudering in de praktijk op de weg (Figuur 3).
- iv. Veroudering schijnt een nadelig effect te hebben op het lage temperatuurgedrag van het bindmiddel en dit is in overeenstemming met de praktijkervaring met rafeling. Andere eigenschappen, zoals vermoeiing van het bindmiddel geven een verbetering vergeleken met de oorspronkelijke bitumen eigenschappen. Dit in tegenstelling tot het gedrag in de praktijk (Figuur 2).

*Welke werkzaamheden zijn er volgend jaar gepland?*

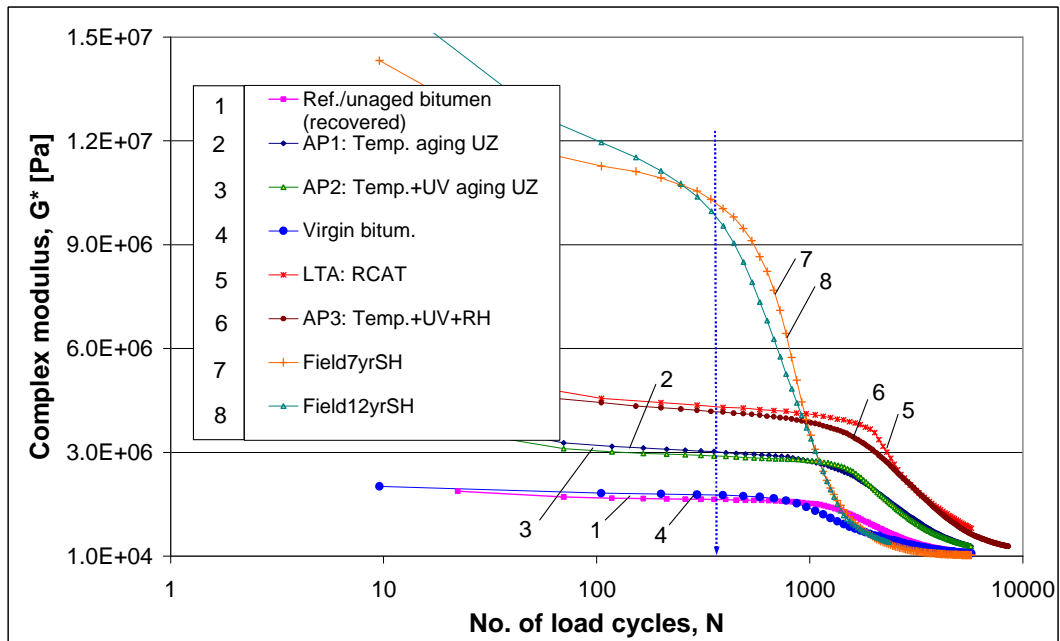
Voor 2007 ging al het laboratorium onderzoek volgens planning. De student is op tijd begonnen met analyse en schrijven dissertatie. Momenteel ligt de student op schema.

Voor 2008 zijn gepland:

- Afronden van de laatste hoofdstukken in het eerste kwartaal van 2008
- Meerdere artikelen schrijven ter publikatie in een journal en conferentie
- Verdediging dissertatie in voorjaar 2008



Figuur 1: Complex modulus master curve van laboratorium verouderd bitumen en bitumen teruggewonnen uit boorkernen



Figuur 2: Vermoeings-resultaten van lab verouderd en teruggewonnen bitumen uitboorkernen ( 10 rad/s, 10% schuifrek, en 20°C temperatuur)

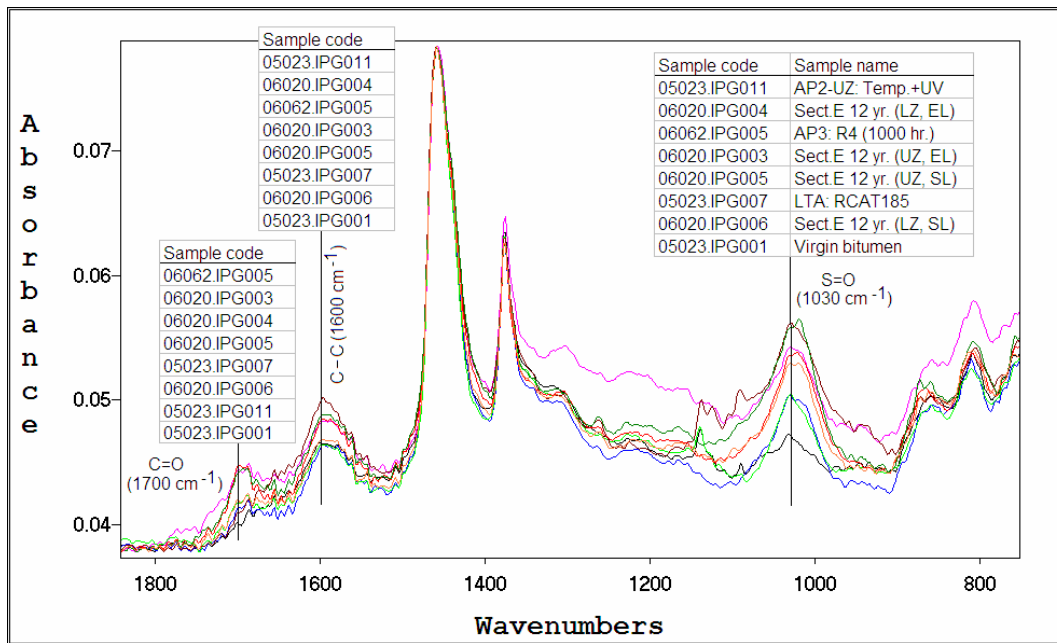


Figure 3: IR spectrum van bitumen na lab veroudering en teruggewonnen bitumen uit boorkernen

Welke werkzaamheden zijn er volgend jaar gepland?

Voor 2007 ging al het laboratorium onderzoek volgens planning. De student is op tijd begonnen met analyse en schrijven dissertatie. Momenteel ligt de student op schema.

Voor 2008 zijn gepland:

- Afronden van de laatste hoofdstukken in het eerste kwartaal van 2008
- Meerdere artikelen schrijven ter publicatie in een journal en conferentie
- Verdediging dissertatie in voorjaar 2008

## Publicaties

- Hagos, E.T., Molenaar A.A.A., Ven, M.F.C. van de, 2004. *The Effects of Aging of the Bituminous Mortar on the Ravelling of Porous Asphalt Surface Layers, A Literature Review*. 5<sup>th</sup> International PhD Symposium in Civil Engineering. Delft, The Netherlands.
- Hagos, E.T., 2004. *The Effects of Aging of the Bituminous Mortar on the Ravelling of Porous Asphalt Surface Layers, A Literature Review*. Report No. 7-04-132-1, Road and Railway Engineering, Delft University of Technology, The Netherlands.
- Hagos, E.T., 2004 *Research Plan: Effects of Aging of the Bituminous Mortar on the Ravelling of Porous Asphalt Layers*. Report No. 7-04-132-2, Road and Railway Engineering, Delft University of Technology, The Netherlands.
- Hagos, E.T., Molenaar, J.M.M., Ven, M.F.C van de, 2004. *Practical Use of Empirical and Fundamental Rheological Relationships for the Purpose of Specification of Polymer Modified Bitumen*, Proceedings of Transport Research Board (TRB), Washington DC, USA.
- Hagos E.T., Molenaar A.A.A., Ven van de M.F.C., 2005. *The effect of aging on the rheology and fatigue response of bitumen*. 7<sup>th</sup> int. conference on the bearing capacity of roads, railways and airfields (BCRA). Trondheim, Norway.
- Hagos, E.T., Molenaar A.A.A., Ven, M.F.C. van de, Hofman R. *Investigation into the effect of bitumen aging on porous asphalt durability: Research methodology and preliminary results and interpretation*, (WW 2006).
- Hagos, E.T., Molenaar A.A.A., Ven, M.F.C. van de., Voskuilen, J. *Durability related investigation into porous asphalt* (Athens, July 2007)
- Hagos, E.T., Molenaar A.A.A., Ven, M.F.C. van de., Voskuilen, J. *Durability related investigation into porous asphalt*, Advanced characterization of pavement and soil engineering materials, Athens, July 2007.

Co-author:

- Molenaar, J.M.M., Hagos, E.T., Ven, M.F.C. Van de. 2004. *An Investigation into the Specification of Rheological Properties of Polymer Modified Bitumen*. 3<sup>rd</sup> Eurasphalt and Eurobitume Congress, Vienna, Austria.
- Molenaar, J.M.M., Hagos, E.T., Ven, M.F.C. Van de, Hofman, R., 2004. *An analysis into the Analysis of Polymer Modified Bitumen*. 3<sup>rd</sup> Eurasphalt and Eurobitume Congress, Vienna, Austria.

### **Geplande publicaties**

- Hagos, E.T., Molenaar A.A.A., Ven, M.F.C. van de., 2008. *Chemical characterization of lab and field bitumen aging*. 7th International RILEM Symposium
- Hagos, E.T., Molenaar A.A.A., Ven, M.F.C. van de., 2008. *Effect of aging on PA binder properties – Rheological and chemical investigation*. International journal on road materials and pavement design.

### **Contact met de begeleidingscommissie**

Het contact met de directe begeleiders Molenaar en van de Ven verloopt uitstekend. Dit overleg is op wekelijkse basis of wanneer de noodzaak er is.

Het afgelopen jaar is student vooral druk bezig geweest met analyse en schrijven dissertatie. Hierdoor is er dit jaar relatief weinig interactie geweest met de begeleiders dr. R. Hofman, ing. D. van Vliet, J. Voskuilen van DVS (was DWW). De begeleidingscommissie zal weer worden geactiveerd in het eerste kwartaal om de concept dissertatie door te spreken.

### **Andere relevante opmerkingen**

DWW (vanaf november 2007 DVS) hecht groot belang aan dit onderzoek en heeft zich bereid verklaard het project tot het einde concreet te ondersteunen. Voorbeelden:

- De promovendus heeft veel gebruik gemaakt van de gezamenlijke laboratoria van TU Delft en DWW. Bepaalde apparatuur is slechts beschikbaar bij de DWW en is belangeloos beschikbaar gesteld met de benodigde ondersteuning.
- DWW heeft een Weather-O-Meter aangeschaft voor dit onderzoek die in het laboratorium van TU Delft is geplaatst vanaf februari 2006. In deze machine zijn in 2006 een aantal verouderingsproeven uitgevoerd, die van essentieel belang waren voor het project
- DWW zal resultaten uit onderzoek verwerken in het rafelingsproject van IPG.

TU Delft heeft DSR en DMA apparatuur aangeschaft o.a. om de voortgang van het project te garanderen. Hierdoor was het mogelijk om een gedeelte van de achterstand in 2007 in te lopen.



**Project 2:** **Dune erosion during storm surges (Duinafslag)**

**Universiteit:** **Technische Universiteit Delft**

**Naam onderzoeker:** **ir. J. van Thiel de Vries**

**Naam begeleider(s):** **prof.dr.ir. M.J.F. Stive (promotor), dr.ir. J. van de Graaff,  
dr.ir. A.J.H.M. Reniers**

**Duur van het project:** Begindatum: 15 februari 2004  
Einddatum: 15 februari 2008

### **Project description**

During severe storms a significant surge can flood the beach causing large storm waves to impact the sandy dunes. These wave impacts cause the episodically slumping of sand from the dune face onto the active beach. In turn, inner surf and swash zone processes redistribute this sand over the fore shore forming a profile that apparently better fits the extreme hydraulic conditions. The system is characterized by a feedback between fore shore dependent inner surf and swash zone processes that cause dune erosion and the profile evolution that evolves from that erosion.

Objective is to gather further insight into the physical processes that are important to dune erosion. In order to model dune erosion in complex three dimensional coastal systems requires a good description of the near shore (inner surf and swash) hydrodynamics and sediment transports. In addition a sediment source is necessary that represents the episodically slumping of dune face sand onto the active beach. In order to model dune erosion the feedback between near shore hydrodynamics, dune face slumping and foreshore development has to be modeled accurately.

### **Progress**

Next year objective is to further elaborate produced research in journal papers. New ideas for a sediment concentration formulation that includes the effect of wave breaking induced turbulence on sediment suspension will be presented at ICCE 2008 conference and will be further elaborated and validated in a journal paper. Also a journal paper about modeling near dune hydrodynamics will be submitted.

A 2DH dune erosion model called XBeach has been developed last year within a co-op between IHE-UNESCO, Delft University of Technology, Deltares, and Miami University (Roelvink et al., 2007). The model solves waves, hydrodynamics and sediment transports on the wave group time scale. The waves are solved with a time varying wave action balance including refraction, shoaling and breaking. Near dune hydrodynamics associated with the long wave time scale are solved with the Non linear Shallow Water Equations that are coupled with the wave action balance. Sediment transports are solved with a depth averaged advection diffusion equation for sediment and slumping of the dune face is modeled with an avalanching algorithm with separate critical slopes above and below the water surface. The numerical scheme is first order and momentum conservative in order to model shock waves (bores) correctly.

Large scale dune erosion tests have been conducted in the Deltaflume a WL|Delft Hydraulics research facility. Collected data during these experiments is used to respectively obtain further insight into inner surf and swash zone hydrodynamics and sediment transports and to calibrate and validate a process based dune erosion model developed during the study. Conducted measurements have been described in a data report (WL|Delft Hydraulics, 2006) and two journal papers (Van Gent et al, 2008 and Van Thiel de Vries et al., 2008).

Three months were spent at Oregon State University to analyze collected stereo video data during the large scale dune erosion experiment. A stereo video algorithm was successfully developed and applied in order to make a three dimensional reconstruction of the near shore water surface and dune face. In the next year obtained video data will be further analyzed with developed algorithm in order to extract a boundary condition that relates wave

impact to dune erosion volumes (Fisher and Overton, 1986). A conference paper about the work has been submitted to Coastal Sediments (Van Thiel de Vries et al., 2007). A journal paper about developed video algorithm is prepared and a second paper on the interaction of dune face and swash zone is planned.

Inner surf and swash hydrodynamics have been simulated on the wave Group time scale with the Delft 3d surfbeat model and have successfully been validated using two data sets of inner surf and swash zone measurements. First data set concerns field measurements at La Jolla (Raubenheimer, 2002) and second data set regards the large scale dune erosion tests in the Delta flume (WL|Delft Hydraulics, 2006). Results have been presented in a conference paper at ICCE 2006 (Van Thiel de Vries et al., 2006) and will be further elaborated in a journal paper.

## **Publications**

- Van Thiel de Vries J.S.M., J. van de Graaff, A.J.H.M. Reniers, M.J.F. Stive, Effects of wave groupiness on dune erosion, Coastal Dynamics, 2005.
- Van Thiel de Vries, J.S.M., J. van de Graaff, B. Raubenheimer, A.J.H.M. Reniers, M.J.F. Stive (2006), Modelling inner surf hydrodynamics during storm surges, ICCE, 2006.
- Van Thiel de Vries, J.S.M., L.B. Clarke, S.G.J. Aarninkhof, E.M. coeveld, R.A. Holman, M.L. Palmsten, A.J.H.M. Reniers, M.J.F. Stive, W.S.J. Uijtewaal, 2007, Interaction of dune face and swash zone, Proceedings Coastal Sediments, New Orleans.
- Roelvink, D., A. Reniers, A. Van Dongeren, J. Van Thiel de Vries, J. Lescinski, and D. J. Walstra (2007), Modeling hurricane impact on beaches, dunes and barrier islands paper presented at International workshop on wave hindcasting and forecasting, Hawaii.
- Van Gent, M. R. A., J. S. M. Van Thiel de Vries, E. M. Coeveld, J. H. De Vroeg, and J. Van de Graaff (2008), Large scale dune erosion tests to study the influence of the wave periods, submitted to Coastal Engineering.
- Van Thiel de Vries, J. S. M., M. R. A. Van Gent, A. J. H. M. Reniers, and D. J. R. Walstra (2008), Analysis of dune erosion processes in large scale flume experiments, submitted to Coastal Engineering. WL|Delft Hydraulics, 2006. Measurement report large-scale model tests, project number H4357

## **Other results**

MSc Thesis committees:

1. M.Sc. Thesis with title 'Effect of wave period on dune erosion', C. den Heijer, January 2005.
2. M.Sc. Thesis with title 'Nourishment Behavior Delray Beach', W.M. Hartog, February 2006.
3. M.Sc. Thesis with title 'On the generation of surfable ship waves in a circular pool, part I', M.A. de Schipper, June 2007.
4. M.Sc. Thesis with title 'On the generation of surfable ship waves in a circular pool, part II', S. de Vries, June 2007.
5. M.Sc. Thesis with title 'Wave-impact driven dune face erosion processes', I. Kateman, July 2007.
6. M.Sc. Thesis with title 'Influence of the wave of the wave period in the dune erosion model DUROSTA', P. van Baaren, August 2007.
7. M.Sc. Thesis with title 'Dune and overwash modeling in a 2DH environment', R. Mc Call, ongoing.
8. M.Sc. Thesis with title 'Non Hydrostatic modeling of tsunamis in coastal waters', P. Smit, ongoing.

## **Co-operation with supervising committee**

There is good co-operation with the supervising committee.

**Project 3: Systematische stabiliteits- en deformatie monitoring van kunstwerken in stedelijk gebied m.b.v. satellietradarinterferometrie**

**Universiteit:** TU Delft, faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek

**Naam onderzoeker:** ir. F.J. van Leijen

**Naam begeleider(s):** prof.dr.ir. R.F. Hanssen

**Duur van het project:** Begindatum: 1 maart 2004  
Einddatum: 29 februari 2008

### **Projectbeschrijving**

#### *Probleemstelling*

De bodem van Nederland beweegt op verschillende ruimte- en tijdschalen. Binnen stedelijk gebieden treedt lokale bodembeweging op ten gevolge van o.a. grondwateronttrekking, bemaling, olie- en gaswinning en de aanleg van infrastructuur zoals wegen, tunnels en ondergrondse garages. Indien vooraf geen deformatie wordt vermoed is er meestal onvoldoende informatie voorhanden om stabiliteit en/of deformatie aan te tonen. Zelfs indien doelgerichte metingen plaatsvinden hebben deze vaak een lage ruimtelijke bedekking en een tijdelijke aard. Een systematische stabiliteits/deformatie analyse van stedelijk gebied is daarom vaak te kostbaar met conventionele technieken.

#### *Doelstellingen*

Door middel van satelliet radar interferometrie is aangetoond dat zeer kleine deformaties (minder dan 1 mm/jaar) van kunstwerken kunnen worden waargenomen. Een ruimtelijke bedekking van enkele honderden punten per vierkante kilometer kan lokaal worden gehaald, over geheel Nederland, met een frequentie van meer dan twee metingen per maand. Archief data zijn voorhanden vanaf 1992. Een systematische analyse van stedelijk gebied in Nederland kan beter inzicht geven in de lokale stabiliteit van de ondergrond en de processen die hierbij een rol spelen. De eerste doelstelling van dit project is om te onderzoeken op welke wijze een systematische analyse van geheel Nederland mogelijk is. In de tweede plaats dient de kwaliteit van de waargenomen stabiliteits- en/of deformatieparameters te worden beschreven en dienen deze met additionele kennis en waarnemingen te worden gevalideerd.

#### *Benadering*

Om bovenstaande doelstellingen te realiseren wordt de techniek van multi-temporele coherentieschatting en deformatieanalyse met radar interferometrie verder uitgewerkt en toegepast op een aantal middelgrote en grote steden, in eerste instantie in het westen van Nederland. Onafhankelijke datasets zullen worden vergeleken, waarna veldonderzoek moet aantonen of de gemeten deformaties geotechnisch dan wel geofysisch verklaarbaar zijn. Het onderzoek beslaat zowel een gedeelte van de theoretische achtergrond als ook de praktische optimalisatie van numerieke methoden voor de systematische verwerking van alle beschikbare data van Nederland.

### **Voortgang**

#### *Wat is er tot nu toe bereikt?*

Het algoritme voor de analyse van radar interferometrische tijdseries is verder ontwikkeld en toegepast op verschillende datasets. Zo is het algoritme uitgebreid met de mogelijkheid om ook sterk niet-lineaire deformatie signalen in tijd te meten, bijvoorbeeld periodieke effecten. Dit is toegepast in de case studie Delft, waar natuurlijke en geïnduceerde effecten resulteren in een fluctuerende grondwaterspiegel, wat resulteert in een periodiek deformatie signaal. Er is intensief contact met de gemeente Delft over de uitwisseling van data en interpretatie van de resultaten.

Verder is de toepasbaarheid van satellietradarinterferometrie voor het beheer van waterkeringswerken in Nederland verder onderzocht. Verschillende case studies zijn uitgevoerd. De resultaten zijn veelbelovend en de toepas-

sing zal zeker verder worden uitgewerkt. Figuur 1 laat een overzicht zien van gemeten deformaties van waterkeringen in het noordelijk deel van Nederland. De Figuren 2 en 3 tonen de resultaten van een studie van de Hondsbossche zeewering.

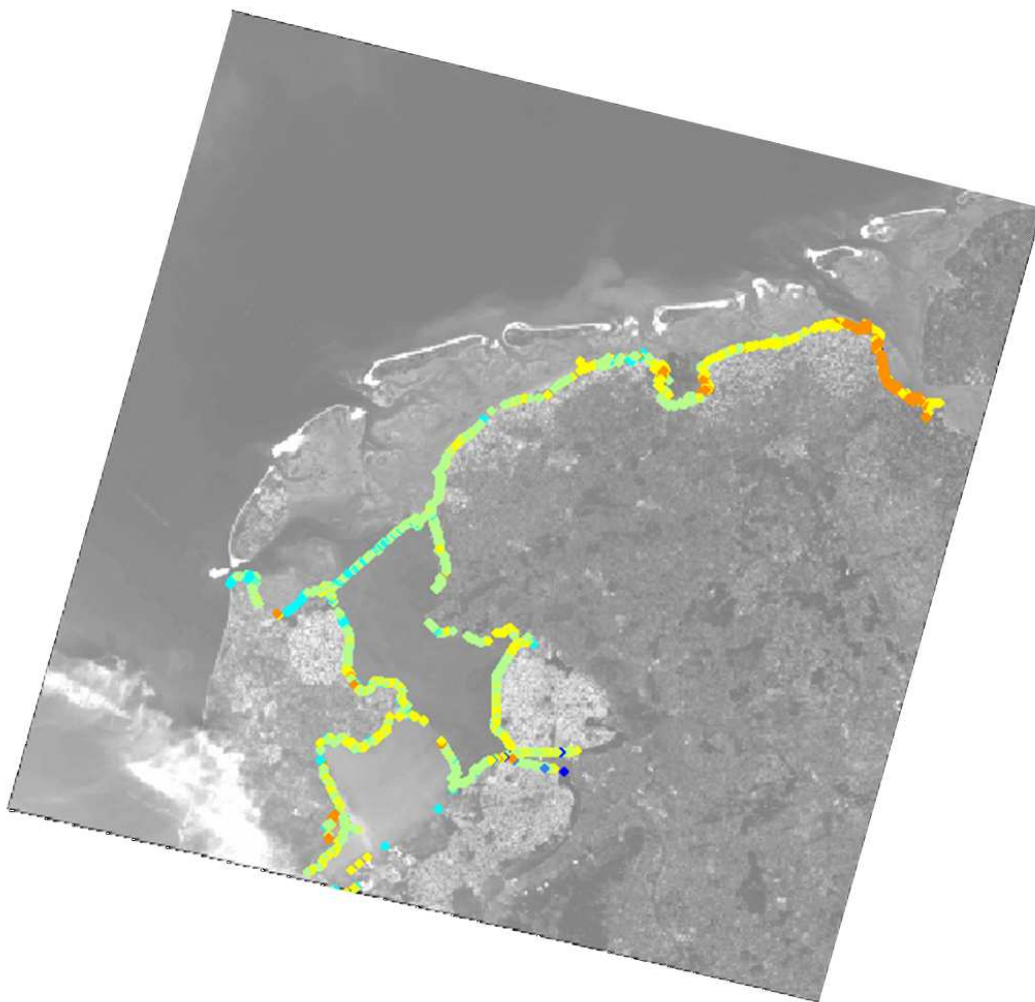
De ontwikkelde algoritmen worden inmiddels ook door andere wetenschappers en studenten binnen de onderzoeksgroep gebruikt, onder andere voor het in kaart brengen van de bodemdaling in Groningen als gevolg van de gaswinning.

*Verloopt het onderzoek volgens planning?*

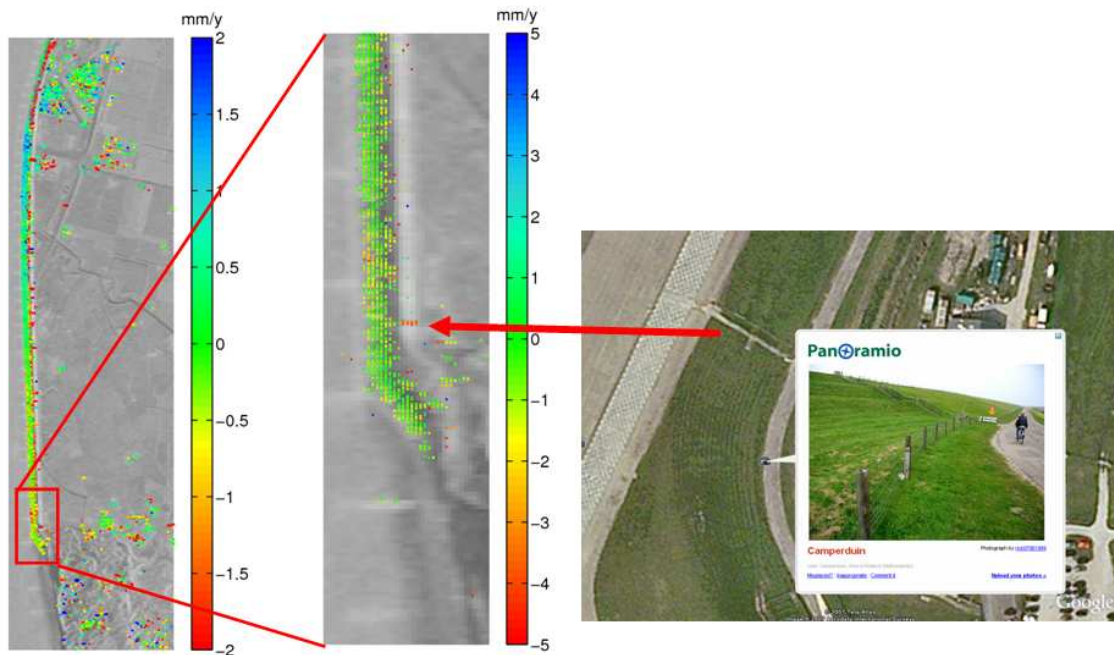
Het project is volgens planning verlopen.

*Welke werkzaamheden zijn er volgend jaar gepland?*

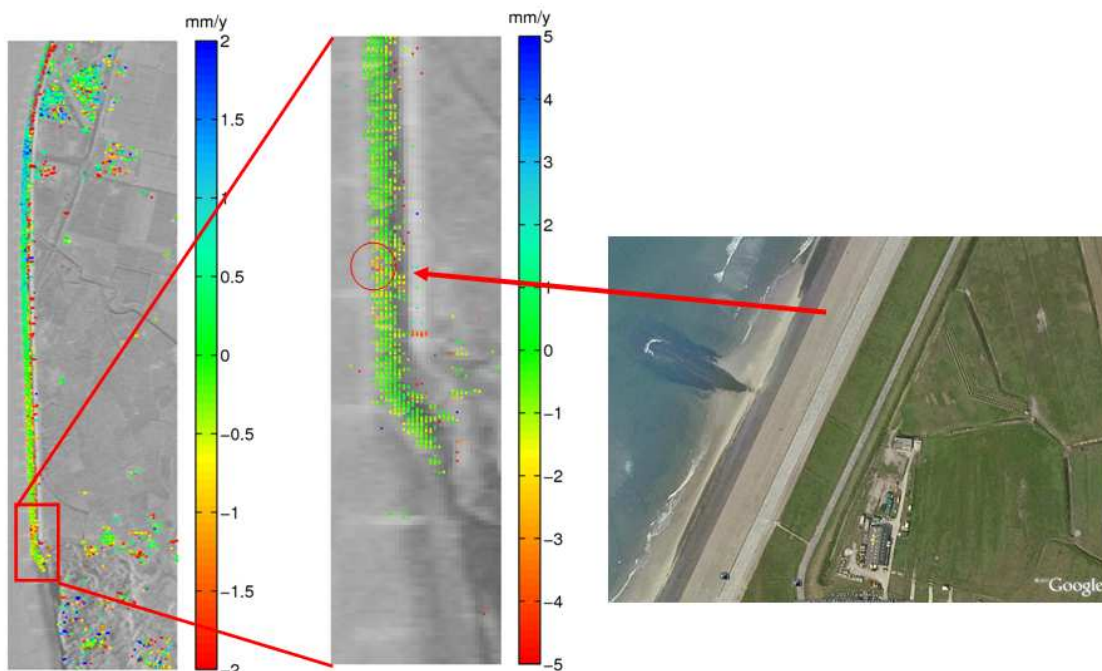
De looptijd van het project van de Dr.Ir. Cornelis Lely stichting is inmiddels verstreken. De komende maanden wordt gewerkt aan de afronding van het proefschrift en het schrijven van publicaties. Naar verwachting worden deze werkzaamheden dit jaar afgerond.



Figuur 1 Overzicht van gemeten deformaties van waterkeringswerken in het noordelijk deel van Nederland (kleurenschaal loopt van blauw (relative stijging), via groen (stabiel) naar rood (verzakking)). De effecten van olie- en gaswinning in Groningen en Friesland zijn duidelijk zichtbaar. Ook in andere delen van Nederland treden lokale effecten op. Waterkeringsbeheerders hebben aangegeven dat dit waardevolle informatie is ter ondersteuning van hun beheerstaken.



Figuur 2 Deformatie (mm/jaar) van de Hondsbossche zeewering. Het rechter figuur laat een kanteling zien van de dijk van 2-2.5 mm/jaar van noord naar zuid, grotendeels veroorzaakt door gaswinning aan de zuidzijde. Tevens blijken er metingen mogelijk te zijn in het duingebied aan de zuidzijde van de dijk. Het figuur in het midden is een zoom van de zuidkant van de dijk. Hieruit blijkt dat een trap aan de binnenkant van de dijk met 5 mm/jaar verzakt (zie foto's).



Figuur 3 Deformatie (mm/jaar) van de Hondsbossche zeewering (gelijk aan figuur 2). De uitvergroting in het midden laat een deformatie van de dijk aan de waterzijde zien. Deze deformatie was bij de betreffende waterkeringsbeheerder niet bekend, omdat het niet met het blote oog waarneembaar is. Dit voorbeeld geeft de toegevoegde waarde van de techniek weer, omdat mogelijke schadeeffecten in een vroeg stadium kunnen worden ontdekt. De oorzaak van de deformatie wordt samen met de waterkeringsbeheerder verder onderzocht.

## Publicaties

- Freek J van Leijen and Ramon F Hanssen. Persistent scatterer density improvement using adaptive deformation models. In *International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Barcelona, Spain, 23-27 July 2007*, 4 pp, 2007.
- Freek J van Leijen and Ramon F Hanssen. Persistent scatterer interferometry using adaptive deformation models. In *ESA ENVISAT Symposium, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007*, 2007.
- Gini Ketelaar, Freek van Leijen, Petar Marinkovic, and Ramon Hanssen. Multi-track PS-InSAR datum connection. In *International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Barcelona, Spain, 23-27 July 2007*, 4 pp, 2007.
- Gini Ketelaar, Freek van Leijen, Petar Marinkovic, and Ramon Hanssen. Multi-track PS-InSAR fusion. In *ESA ENVISAT Symposium, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007*, Submitted, 2007.
- Zbigniew Perski, Freek van Leijen, and Ramon Hanssen. Applicability of PSInSAR for building hazard identification. study of the 29 January 2006 Katowice exhibition hall collapse and the 24 February 2006 Moscow Basmanny market collapse. In *ESA ENVISAT Symposium, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007*, Submitted, 2007.
- Freek van Leijen and Ramon Hanssen. Ground water management and its consequences in Delft, the Netherlands as observed by persistent scatterer interferometry. In *Fifth International Workshop on ERS/Envisat SAR Interferometry, 'FRINGE07', Frascati, Italy, 26 Nov-30 Nov 2007*, 6 pp., 2008. Submitted.
- R F Hanssen, F J van Leijen, G J van Zwieten, S Dortland, C N Bremmer, and M Kleuskens. Validation of PSI results of Alkmaar and Amsterdam within the Terrafirma validation experiment. In *Fifth International Workshop on ERS/Envisat SAR Interferometry, 'FRINGE07', Frascati, Italy, 26 Nov-30 Nov 2007*, 6 pp., 2008. Submitted.
- Mahmut Arikan, Freek van Leijen, Liu Guang, and Ramon Hanssen. Improved image alignment under the influence of elevation. In *Fifth International Workshop on ERS/Envisat SAR Interferometry, 'FRINGE07', Frascati, Italy, 26 Nov-30 Nov 2007*, 4 pp., 2008. Submitted.
- Sami Samiei Esfahany, Freek J van Leijen, Petar Marinkovic, Gini Ketelaar, and Ramon F Hanssen. Lessons learned from PSIC4: Improving PSI results for a constrained test site. In *Fifth International Workshop on ERS/Envisat SAR Interferometry, 'FRINGE07', Frascati, Italy, 26 Nov-30 Nov 2007*, 7 pp., 2008. Submitted.
- Petar Marinkovic, Gini Ketelaar, Freek van Leijen, and Ramon Hanssen. InSAR quality control: Analysis of five years of corner reflector time series. In *Fifth International Workshop on ERS/Envisat SAR Interferometry, 'FRINGE07', Frascati, Italy, 26 Nov-30 Nov 2007*, 8 pp., 2008. Submitted.
- R F Hanssen and F J van Leijen. Monitoring water defense structures using radar interferometry. In *IEEE Radar Conference, Rome, Italy, 26-30 May 2008*, 4 pp., 2008. Submitted.
- R F Hanssen and F J van Leijen. Water defense system monitoring using SAR interferometry. In *European Conference on Synthetic Aperture Radar, Friedrichshafen, Germany, 2-5 June 2008*, 4 pp., 2008. Submitted.

## Geplande publicaties

Proefschrift.

## Andere resultaten

Posters:

- Ramon Hanssen and Freek van Leijen. On the potential of persistent scatterer interferometry for monitoring dikes in the Netherlands. 9e Nederlands Aardwetenschappelijk Congres 18-19 March, 2008, Veldhoven, 2008.
- F J van Leijen and R F Hanssen. Ground water management and its consequences in Delft, the Netherlands as observed by persistent scatterer interferometry. 9e Nederlands Aardwetenschappelijk Congres 18-19 March, 2008, Veldhoven, 2008.

Artikel:

- Ramon Hanssen, Freek van Leijen, F Dentz, L van Halderen, B Possel, S Esfahany, C Slobbe, and T Wortel. Satellite dike monitoring: safety checks from space. *Leonardo Times*, 11(1):18-19, 2007.

## Contact met de begeleidingscommissie

Er is intensief contact met Dhr. Van der Werf van de gemeente Delft. Het gaat hierbij vooral om de analyse en verificatie van de resultaten van het gebied in en rond Delft. Daarnaast is er contact met Dhr. Bremmer van TNO-NITG. Dhr. Swart is helaas niet meer werkzaam bij de Adviesdienst Geo-informatie en ICT van Rijkswaterstaat.

**Project 4: Assimilatie van video-observaties en morfologische modellen van de brandingszone**

**Universiteit:** Technische Universiteit Delft

**Naam onderzoeker:** ir. Marije W.J. Smit

**Naam begeleider(s):** prof.dr.ir. M.J.F. Stive (promotor), dr.ir. A.J.H.M. Reniers, dr.ir. S.G.J. Aarninkhof, dr.ir. J.A. Roelvink, dr. G.J. Ruessink

**Duur van het project:** Begindatum: 1 april 2004  
Einddatum: 1 april 2008 (mogelijk later i.v.m. werkweek 32 uur)

### **Projectbeschrijving**

Dit project is gericht op het begrijpen en voorspellen van het kustnabije morfologisch gedrag van een kust met zandbanken. De Nederlandse kust typeert zich door de aanwezigheid van één of meerdere zandbanken. In dit project gaat de aandacht met name uit naar het korte termijn gedrag van zandbanken en muien (dagen tot seizoenen). Uit observaties met recent ontwikkelde videogebaseerde meetmethoden blijken zandbanken op deze tijdschaal niet-lineair gedrag te vertonen, dat wil zeggen ze vertonen quasi-ritmisch en/of onregelmatig gedrag in kustlangse richting dat niet lineair correleert met forcering door hydrodynamische processen. De observaties bij Egmond aan Zee geven aan dat dit gedrag effect heeft op de stabiliteit van de kustzone en de daar aangebrachte suppleties. Het klassieke concept dat gesuppleerd zand simpelweg diffundeert in kustdwarse en in kustlangse richting lijkt niet op te gaan. Dit betekent dat zowel de levensduur van suppleties negatief wordt beïnvloed als dat het strand in langsrichting sterke variaties vertoont.

Dit onderzoek exploreert een eerder elders toegepaste techniek om informatie uit verschillende bronnen te combineren. Zo wordt kennis van het waargenomen gedrag (uit Argus videobeelden) gecombineerd met kennis van de fysica van de kust (via procesgebaseerde numerieke modellen). Het doel van dit project is de kennis van het fysische systeem te vergroten en de nauwkeurigheid van voorspellingen van de bathymetrie te verbeteren. Deze kennis zal het mogelijk maken zowel de efficiëntie als de effectiviteit van suppleties te verhogen. Dit wordt verwacht in belangrijke mate bij te dragen aan het vinden van oplossingen voor de veiligheidsproblematiek aangaande de kustplaatsen.

### **Voortgang**

*Wat is er tot nu toe bereikt?*

Modelberekeningen met een initieel kustlangs uniform profiel wat geforceerd werd met constante golfcondities hebben inzicht gegeven in de intentie van een dubbelbanksysteem: hoe wil een bank reageren, wanneer condities oneindig zouden aanblijven. De locatie van muistromen en snelheid van ontwikkeling van een initieel kustlangs uniform dubbelbank profiel blijkt gerelateerd te zijn aan de lokale hydrodynamica en de geometrie van het dwarsprofiel. Modelberekeningen met verschillende volumes zand in het bankprofiel kwamen overeen met de op observaties gebaseerde hypothese van Van Enckevort et al. (2004) dat banken met een kleiner volume sneller reageren dan banken met een groter volume.

Berekeningen met condities die varieerden in de tijd toonden aan dat bodems welke reeds een behoorlijke ontwikkeling hadden, zich slechter aanpasten aan de nieuwe golfcondities en de bijbehorende nieuwe lengteschaal nauwelijks of niet ontwikkelden vergeleken met een bodem die slechts in beperkte mate ontwikkeld was.

Over het algemeen variëren hydrodynamische condities sneller dan de tijd die het systeem nodig lijkt te hebben om de lengteschalen te ontwikkelen die bij de betreffende condities horen. Dit verklaart waarom geobserveerde patronen zelden een afdruk zijn van de op dat moment optredende condities.

Voorts zijn er voorspellingen gedaan van geobserveerde ontwikkelingen (hindcasts) op Palm Beach, New South Wales, Australia. Gemeten golfcondities nabij Palm Beach zijn gebruikt in het model om de morfologische respons van Palm Beach te voorspellen. Deze is vergeleken met de waargenomen respons, gebruik makend van vi-

deobeelden. De morfologische ontwikkeling bleek erg gevoelig voor de gebruikte golfspreiding en transportformulering. Het is dus van belang een model ook morfologisch te calibreren, naast de hydrodynamische calibratie. *Verloopt het onderzoek volgens planning?*

De werkzaamheden in het eerste jaar van het project kostten meer tijd dan verwacht. Zoals omschreven in de eerste voortgangsrapportage kwam dit door onduidelijkheden in de modelopzet waardoor meer tijd nodig was voor de gevoeligheidsanalyse. Verder kostten de daaropvolgende berekeningen veel tijd eenvoudigweg daar ze rekentechnisch veel tijd kostten.

*Welke werkzaamheden zijn er volgend jaar gepland?*

Het onderzoek richt zich nu op hoe goed we geobserveerd gedrag van kustnabije banken kunnen voorspellen. Uit sommen met verstoringen in de orde van cm op een initieel kustlangs uniform bankprofiel bleek dat andere willekeurige verstoringen (qua locatie) leiden tot gelijke lengteschalen in het systeem, maar de muistromen ontwikkelden zich op andere locaties. Daar het nagenoeg onmogelijk is om 100% exacte bodems te meten waarmee je een modelberekening kunt starten, zullen er reeds fouten zitten in de bodem waarmee een morfologische berekening wordt gestart. Wanneer een bodem reeds enige mate van ontwikkeling heeft, is deze fout wellicht minder overheersend ten opzichte van de bathymetrische patronen en zullen de muistromen op de juiste plaatsen ontwikkelen. In modelberekeningen van Palm Beach wordt onderzocht hoe ver het systeem zich reeds ontwikkeld dient te hebben om een goede voorspelling te kunnen doen. Verder wordt gekeken wat de rol is van de verschillende processen in het model. We zullen de uitkomsten van onze modelberekeningen voor verschillende reset-events vergelijken met de statistische analyse van video-observaties van Palm Beach (Holman et al. 2006). Voorts wordt gewerkt aan een paper over de respons van een initieel kustlangs uniform profiel op tijdsvariërende condities. Tot slot is het plan het proefschrift af te ronden en te verdedigen.

## **Publicaties**

- Smit, M.W.J., M.D. Klein, M.J.F. Stive, 2003, 'Morphodynamic modelling of rip channel migration', Coastal Sediments, Clearwater Beach Florida.
- Smit, M.W.J., A.J.H.M. Reniers, M.J.F. Stive, J.A. Roelvink, 2004, 'Non-linear behaviour of a double nearshore bar system', Conference Proceedings International Conference on Coastal Engineering, Lisbon Portugal.
- Smit, M.W.J., A.J.H.M. Reniers, M.J.F. Stive, 2005, 'Nearshore bar response to time-varying conditions', Conference Proceedings of Coastal Dynamics, 2005.
- Smit, M.W.J., A.J.H.M. Reniers, G. Symonds, B.G. Ruessink, 2006, 'Modelling non-linear nearshore dynamics of a barred coast: Palm Beach, Sydney, Australia', Conference Proceedings International Conference on Coastal Engineering, San Diego, California.
- Smit, M.W.J., S.G.J. Aarninkhof, K.M. Wijnberg, M. González, K.S. Kingston, H.N. Southgate, B.G. Ruessink, R.A. Holman, M. Davidson, R. Medina, 2007, 'The role of video imagery in predicting daily to monthly coastal evolution', Coastal Engineering. 54(6-7), 539-553.
- Plant, N.G., K.T. Holland, R.A. Holman, K.D. Splinter, A.J.H.M. Reniers, M.W.J. Smit, 2007, 'A dynamical systems approach to analyzing morphodynamic states', River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2007, Enschede, The Netherlands.
- Smit, M. W. J., A. J. H. M. Reniers, B.G. Ruessink, J.A. Roelvink, accepted, 'The morphological response of a nearshore double sandbar system to constant wave forcing', accepted for publication in Coastal Engineering.

## **Geplande publicaties**

- Smit, M.W.J., A.J.H.M. Reniers, G. Symonds, 'Morphodynamic modelling of down-state transitions at Palm Beach, NSW, Australia', International Conference on Coastal Engineering, Hamburg, 2008, abstract accepted.
- Smit, M.W.J., et al., in preparation, 'Role of antecedent morphology'.
- Smit, M.W.J., A.J.H.M. Reniers G. Symonds et al., in preparation, 'Role of morphology and physical processes in the morphological evolution of nearshore sandbars: a hindcast'.

## **Contact met de begeleidingscommissie**

Er is op regelmatige basis contact met de directe begeleidingscommissie. Dr. Ir. A.J.H.M. Reniers werkt momenteel part-time aan de TU Delft en part-time (9 maanden per jaar) aan de Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Research, University of Miami. Marije Smit heeft daar ten behoeve van haar onderzoek het afgelopen jaar 3 maanden gewerkt. Dit kon worden bekostigd uit het Amerikaanse Beach Wizard Project (ONR).



**Project 5:                   Aanpasbaarheid van constructies, een onderzoek  
naar aanpasbaarheid van het casco in het kader van  
Slimbouwen®**

**Universiteit:               Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde,  
Unit Architectural Design and Engineering (ADE),  
Building Concepts and Components (BC&C),  
Chair: Product Development**

**Naam onderzoeker:        ir. R. Gijsbers**

**Naam begeleider(s):     prof.dr. ir. J.J.N. Lichtenberg (promotor)  
dr.ir. P.A. Erkelens (co-promotor)**

**Duur van het project:**    Begindatum:    1 juli 2005  
                                  Einddatum:    31 juni 2009

Aanpasbaarheid van constructies, een onderzoek naar aanpasbaarheid van het casco in het kader van Slimbouwen®: “Het zoeken naar ontwerpregels voor implementatie van aanpasbaarheid in het casco om de levensduur van het gebouw te vergroten met het oog op flexibiliteit in ruimtegebruik in de toekomst.”

### **Projectbeschrijving**

De hedendaagse gebouwenvoorraad in Nederland is niet erg duurzaam. Er bestaat een aanzienlijke leegstand van (disfunctionele) kantoorgebouwen en in de woningbouw kan het woningaanbod kwalitatief niet voldoen aan de eisen die de consument stelt. Er is een te groot verschil in de technische en de functionele levensduur van een gebouw. Een traditioneel gebouw heeft immers een technische levensduur van 50-100 jaar, maar is functioneel en daardoor economisch al na 20-30 jaar niet waardevol meer.

Dit probleem moet maatschappelijk gedragen worden. Het slopen van een gebouw dat technisch nog in orde is, is immers niets anders dan kapitaalvernietiging, met negatieve neveneffecten zoals afval, CO<sub>2</sub>-uitstoot en energieverbruik.

Het algemene doel van het onderzoek is het verduurzamen en verlengen van de levensduur van de toekomstige gebouwenvoorraad. Om in de toekomst gebruiksflexibiliteit te kunnen bieden en de functionele en economische levensduur te verlengen moet flexibiliteit in een eerder stadium in het gebouw worden geïmplementeerd. Vanuit dit oogpunt is de verwachting dat door de draagconstructie (gedeeltelijk) aanpasbaar te maken een hogere mate van flexibiliteit te halen is en de functionele levensduur te verlengen.

In de huidige bouwpraktijk wordt flexibiliteit vaak in één adem genoemd met overcapaciteit van het gebouw. De veronderstelling is dat door een overmaat van vierkante meters vloeroppervlakte en een overcapaciteit van het draagvermogen van de constructie de gebruiksmogelijkheden van het gebouw in de toekomst groter zijn. Deze redenering is juist, echter door middel van deze maatregelen is een forse hoeveelheid extra materiaal nodig, met een grotere milieubelasting en hogere investering als gevolg. De vraag is echter of deze extra lasten verantwoord zijn indien de overcapaciteit niet ten volle wordt benut. In de praktijk wordt overcapaciteit meestal toegepast door middel van een grote vrije overspanning. Het positieve gevolg hiervan is de indelingsvrijheid, een negatief gevolg is de zwaarte van de constructie, met name de dikte van vloeren en draagbalken.

Slimbouwen® doelt onder andere op een efficiënter gebruik van materiaal en gebouwvolume, in combinatie met comfort en gebruiksflexibiliteit. In dit onderzoek wordt daarom de vraag gesteld of dezelfde gebruiksflexibiliteit kan worden geleverd door de constructie zonder excessief materiaal en volumegebruik. Wat zou het effect zijn op de gebruiksflexibiliteit indien een constructief element in de gebruiksruimte aanpasbaar zou zijn? Deze vraag staat centraal in het onderzoek, door middel van de ontwikkeling van een analysemethode en een systeem van aanpasbare constructieve elementen wordt getracht om deze vraag te beantwoorden.

Waar de constructie in gerealiseerde projecten star uitgevoerd wordt en als een beperking op de flexibiliteit werkt, is de verwachting dat een fysiek aanpasbare constructie juist een meerwaarde kan bieden. In wezen faciliteert de constructie de mogelijke mate van gebruikersflexibiliteit, ook in relatie tot de overige gebouwdelen. Om flexibiliteit in de gebruiksfase van het gebouw mogelijk te maken wordt in dit onderzoek uitgegaan van de mogelijkheid om de constructie aan te passen binnen de reeds aanwezige gebruiksruimte van het gebouw. Dat wil zeggen dat uitbreiding en inkrimping niet aan de orde is, in tegenstelling tot verplaatsbaarheid, samenvoeging, scheiding en doorbreken van constructieve elementen. Om dit te bereiken wordt gefocust op meerlaagse gebouwen die zijn opgebouwd met een uniforme en repeterende structuur, zodat een aanpassing een structurele mogelijkheid wordt bij een verandering van functionele wensen van ruimten. In dergelijke gebouwen is het vanwege de traditionele bouwwijze vrijwel onmogelijk om een aanpassing te maken in de constructie zonder gebruik te maken van een zware bouwkundige ingreep, vanwege de grote gevolgen van een aanpassing voor de samenhang van de constructieve structuur.

Om het probleemveld specifiek gericht te benaderen op aanpasbaarheid van de constructie is een uitgebreide literatuurstudie verricht. Hierbij is met name gezocht naar eerder ontwikkelde strategieën op het gebied van flexibiliteit en aanpasbaarheid van gebouwen. Omdat flexibiliteit in eerste instantie voor de gebruiker is bedoeld is met behulp van bronnen en een survey bepaald wat de wenselijkheid van gebruikersflexibiliteit uit oogpunt van gebruiker. Daarnaast is ook bepaald wat de voor- en nadelen zijn van flexibiliteit van het gebouw voor de eigenaar en ontwikkelaar. Indien het gebouw is uitgerust om functieveranderingen in de toekomst te faciliteren levert dit voor de gebouweigenaar een financieel goed toekomstscenario. Naast de gebruikerseigenschappen van aanpasbaarheid is ook de technische kant nader bestudeerd. Er is onderzocht wat de mogelijkheden in de huidige bouwpraktijk zijn m.b.t. een aanpasbare constructie en op welke wijze de huidige bouwtechniek in staat is om een constructieve aanpassing mogelijk te maken.

Op basis van bovenstaande studie is een model ontwikkeld waarmee de ontwikkeling wordt uitgevoerd van een constructief aanpasbare systeemoplossing en een analytisch model waarmee de effecten van aanpasbaarheid van constructieve elementen kunnen worden gekwantificeerd. Hiermee wordt een relatie gelegd tussen de gewenste mate van gebruikersflexibiliteit, constructietype en mogelijkheden tot aanpasbaarheid. Met behulp van dit analytisch model is in kaart te brengen wat het effect van een aanpasbaar constructiedeel is op de interne gebruikersruimte en op de bouwtechnische onderdelen.

De ontwikkelde systeemoplossing zal tezamen met de analysemethode worden gevalideerd met behulp van een aantal gebouwtypologieën, die de voor het onderzoek geselecteerde functies representeren door middel van de meest voorkomende gebouwconfiguraties. In deze gebouwtypologieën wordt enerzijds de systeemoplossing getoetst op technologische condities en anderzijds wordt de analysemethode waar nodig aangescherpt door middel van een validatie op basis van gebruikscondities. Uit deze validatiestap volgt een definitieve analysemethode en een definitieve systeemoplossing voor constructieve aanpasbaarheid.

Om aan te tonen dat de ontwikkelde methode en systeemoplossing in de definitieve vorm voldoet voor toepassing in de bouwpraktijk worden zij getoetst met behulp van enkele case studies. Deze cases beschrijven een functionele herbestemming van een bestaand gebouw. In dit herbestemmingsproces wordt aan de hand van een programma van eisen, waarin flexibiliteit van de gebruikersruimte een eis is, een specifieke systeemoplossing geselecteerd voor constructieve aanpasbaarheid. Met behulp van de analyse methode wordt het effect van de toepassing van de aanpasbare constructieve delen op de gebruikersflexibiliteit bepaald. Het resultaat van de analyse geeft aan of de doelstellingen met betrekking tot gebruikersflexibiliteit worden behaald. Indien dit het geval is, voldoet de ontwikkelde oplossing in theorie. Om de oplossing voor de bouwpraktijk geschikt te maken moet ook de technische (en daarmee financiële) haalbaarheid worden getoetst. Daarnaast moet worden bepaald in welke mate de oplossingen voldoen aan de Slimbouwen<sup>®</sup>-criteria. In praktische zin wordt met behulp van sleutelinformanten (experts) en een survey onder gebruikers van woongebouwen bepaald of de oplossingen in de ogen van de betrokken actoren in een dergelijk geval voldoen aan de verwachtingen.

Het beoogde resultaat is een serie ontwerpregels die ondersteund worden door een analysemethode voor gebruikersflexibiliteit en een systeemoplossing voor constructief aanpasbare elementen, waarmee een succesvolle implementatie van constructieve aanpasbaarheid in de bouwpraktijk kan worden gerealiseerd.

Om een gebouw een duurzaamheid mee te geven die ook in de toekomst wordt gewaardeerd, is de veronderstelling dat een op de juiste plaatsen aanpasbare constructie mogelijkheden biedt om maximale gebruikersflexibiliteit te bieden. In combinatie met de overige Slimbouwen<sup>®</sup> speerpunten moet het mogelijk zijn om de levensduur van gebouwen dermate te vergroten, zodat een duurzame gebouwenvoorraad ontstaat.

## Voortgang

*Wat is er tot nu toe bereikt?*

Een uitvoerig literatuuronderzoek is uitgevoerd naar wat er reeds op onderzoeksgebieden met raakvlak is gepubliceerd (nationaal en internationaal), en er is geconstateerd dat het gekozen onderzoeksgebied uniek is. Het literatuuronderzoek heeft geleid tot een duidelijk beeld van het probleemveld en inzicht in het resultaat van eerdere pogingen om hiervoor een geschikte oplossing te vinden.

Deze uitvoerige verkenning heeft ertoe geleid dat allereerst de marktsituatie is onderzocht naar wat gevraagd en geboden is op het gebied van aanpasbare constructies in relatie tot gebruikers, eigenaars en investeerders. Er is een beeld gevormd van de wenselijkheid van aanpassingsmogelijkheden van de gebruikruimte door enerzijds literatuur te raadplegen en anderzijds ervaringen van belanghebbenden te inventariseren. Eén van de conclusies hiervan is dat een gebruiker niet direct een wens tot flexibiliteit of aanpasbaarheid heeft, omdat deze mogelijkheid grotendeels onbekend is en door de markt praktisch niet aangeboden. Wel zijn heel duidelijk per doelgroep de belangrijkste behoeften te onderscheiden, ook in het geval van een verandering van functionele eisen, zoals gezinsuitbreiding, lichamelijke beperkingen of bedrijfs groei. Om deze bevindingen te staven voor de woningsector is een survey gehouden onder 275 inwoners van woongebouwen in Eindhoven.

Op basis van bouwtechnische kenmerken, zoals grootte van ruimte, voorzieningenniveau, etc. is te bepalen welke impact een flexibiliteitsmaatregel kan hebben op de technische functionaliteit van een ruimte. Om het effect van een aanpasbaar element inzichtelijk te maken is het van belang een analysemethode te ontwikkelen, op basis daarvan kan gericht een product of systeem worden ontwikkeld om aanpasbaarheid te verwezenlijken.

Om de gebruiksflexibiliteit te vergroten spelen vele factoren een rol die op complexe wijze samenhang vertonen. Om een beeld te krijgen van de problemen die optreden bij functieverandering binnen een gebouw is met een aantal Masterstudenten een project uitgevoerd waarin casestudies werden aangeboden met een sterk ingekaderd scenario. Men kreeg de opdracht een bestaand flexibel gebouw (Solids IJburg in Amsterdam en La Fenêtre in Den Haag) aan te passen zodat het voldeed aan een aangeleverd Programma van Eisen waarin meerdere functies zijn gecombineerd. In eerste instantie heeft men op basis van een indeling in Functieniveaus van aanwezige installatietechnische voorzieningen, het nieuwe PVE ingepast. Hierbij bleek dat het zeer veel problemen oplevert om een ander PVE in te passen, indien constructieve en installatietechnische onderdelen een vaste plek hebben. In veel gevallen werd niet aan de ruimtelijke eisen uit het Bouwbesluit voldaan. In de tweede fase van de opdracht waren installatietechnische elementen vrij te plaatsen. De plaatsing van constructieve elementen staat echter wel vast. Door deze stap is het mogelijk om inzichtelijk te krijgen op welke punten de constructie een obstakel vormt bij herindeling van plattegronden. Slimbouwen<sup>®</sup> streeft ernaar om de benodigde leidingen flexibel te kunnen aanbrengen en veranderen. Dat is in beginsel ook het uitgangspunt voor constructieve aanpasbaarheid. Uit het tweede deel van het project bleek dat met name stabiliteitselementen en kolommen in de open ruimte voor problemen zorgden voor de indelingsvrijheid. Zonder beperking van de plaatsing van installatietechnische elementen bleek het wel mogelijk om aan de ruimtelijke Bouwbesluit-eisen te voldoen.

Op bouwtechnisch vlak is een traditionele bouwwijze met een Slimbouwen<sup>®</sup> bouwwijze vergeleken. Met de methode 'Design for Variety'<sup>1</sup> is de verwevendheid van de verschillende gebouwdelen inzichtelijk te maken. Een grote interne verwevendheid van een bepaald onderdeel beperkt de aanpassingsvrijheid, indien de eisen veranderen. Met behulp van deze methode is daarnaast ook uit te drukken voor welke onderdelen van het gebouw het meeste inspanning nodig is om deze te wijzigen bij een (ingeschatte) eisen verandering in de toekomst. Uit de toepassing van deze methode is gebleken dat de constructieve delen een zeer grote interne verwevendheid hebben met de overige gebouwlagen. Dat bewijst dat de constructiedelen het kader is waarin de overige gebouwdelen in moeten worden gepast. Een wijziging aan de constructie vanwege een eisenverandering of een functionele herbestemming vraagt in de traditionele bouw daarom een enorme inspanning ten opzichte van de overige gebouwdelen. Wanneer het gebouw op een Slimbouwen<sup>®</sup> wijze wordt gebouwd, levert dit voor de constructiedelen nog steeds een zeer grote verwevendheid op. Dit geeft aan dat wanneer een constructie plaatselijk aanpasbaar is, het flexibiliseren van het gebruik een stuk haalbaarder wordt.

De volgende stap in het onderzoek is vergeleken met de vorige voortgangsrapportage enigszins gewijzigd. Daar werd een methode beschreven waarbij een theoretisch relationeel gebouwmodel werd gebruikt om het effect van een aanpassing te beschrijven. Deze nog te nemen stap is in uitvoering gewijzigd. In plaats van een methode gebaseerd op technische eigenschappen, wordt een meer abstracte methode aangewend, omdat het zeer moeilijk is gebleken om technische eigenschappen te vertalen naar gebruikaspecten. Door middel van plattegrondstudies gecombineerd met ondervragingen van experts wordt getracht het effect van een aanpasbaar constructief element

<sup>1</sup> Martin, Ishii, 2002, *Design for variety: developing standardized and modularized product platform architectures*, *Research in Engineering Design* 13 (2002) p.213-235

te kwantificeren voor de gebruiksruimte. Hierbij worden zowel aspecten die gelden voor de gebruiker als voor de eigenaar van het gebouw getoetst. De Slimbouwen<sup>®</sup>-uitgangspunten worden gebruikt als handheld voor het bepalen van weefactoren om de scoringswijze te optimaliseren. Deze analysemethode is nog in ontwikkeling. Het doel is om met de methode aanpasbaarheid van gebouwonderdelen te vertalen naar een score voor gebruiksflexibiliteit. Na validatie van de methode is deze te gebruiken om met de gebruikerseisen met betrekking tot flexibiliteit een concrete oplossing te vinden voor aanpasbaarheid in een bouwproject.

#### *Verloopt het onderzoek volgens planning?*

Een herstructurering van het onderzoek is noodzakelijk geweest om de gestelde doelen te verwezenlijken. Het is gebleken dat de gekozen opzet door het gebrek aan bruikbare input niet kan worden gevolgd. Eén van de redenen is dat het probleemveld te breed werd benaderd vanwege de complexiteit van het eigenlijke probleem. Er is nu voor gekozen om eerst het algemene probleemveld in de breedte te onderzoeken, waardoor alle van belang zijnde aspecten naar voren komen, om vervolgens op een onderdeel, geselecteerd op basis van betekenis voor de praktijk, de diepte in te gaan en het specifieke probleem op te lossen. In dit geval is dat de technologische ontwikkeling van een aanpasbaar constructief onderdeel op verdiepingniveau. Hierbij wordt de samenhang met het overkoepelend probleem verlaten om een systeem te ontwikkelen. In een later stadium wordt de ontwikkelde oplossing echter weer getoetst in de breedte. Deze stap was noodzakelijk om de focus van het onderzoek op de juiste plek te houden. Naast de productontwikkeling is er nu voor gekozen om een toetsinginstrument te ontwikkelen wat het effect van een aanpasbaar gebouwonderdeel weer kan geven voor de gebruiksflexibiliteit. Het voordeel van dit instrument is dat op deze wijze de ontwikkelde productoplossing op gebruikscondities in een bredere context kan worden getoetst. Het positieve gevolg van de herstructurering is dat het onderzoek nu een betere afgebakende structuur heeft met een duidelijk einddoel. Het nadelige gevolg is dat de planning hierdoor moet worden aangepast om aan het einde van de rit een kwalitatief hoogwaardig resultaat te behalen.

#### *Welke werkzaamheden zijn er volgend jaar gepland?*

In het komende jaar is de conceptontwikkeling van de analyse methode gepland en parallel lopend de conceptontwikkeling van een systeem van aanpasbare constructieve elementen. De volgende stap is de validatie van de beide ontwikkelingen aan de hand van de inpassing in een aantal gebouwtypologieën. In het najaar wordt opnieuw een survey gehouden onder bewoners van woongebouwen in Eindhoven, waarin de ontwikkelde methode en oplossingen worden getoetst op acceptatie en bruikbaarheid. Dit is tevens het eerste deel van de toetsingsfase, welke gedurende 2009 dient te worden afgerond.

## **Publicaties**

- Gijsbers, R., *Adaptability in structures to expand the functional lifespan of buildings related to flexibility in future use of space*, In: Proceedings of the international CIB conference 'Adaptables06', Eindhoven 2006
- Gijsbers, R., *The development of a strategy for the implementation of adaptability in building structures*. In: Proceedings of the International Conference 'Tectonics making meaning', Eindhoven 2007

## **Geplande publicaties**

Eind 2008 is een publicatie gepland in een wetenschappelijk tijdschrift waarin de herziene aanpak van het onderzoek wordt gepresenteerd, alsmede de eerste resultaten. Dit artikel wordt gezonden naar het tijdschrift 'Building Research and Information' (Taylor & Francis Group). Dit artikel is in voorbereiding.

## **Andere resultaten**

- Posterpresentaties: Adaptables2006 conference in Eindhoven, DDSS conference 2006 Heeze
- Presentatie tijdens Researchday TU Eindhoven 22-03-2007
- Gijsbers, R., *Towards a strategy for the implementation of adaptability in building structures*, In: E Blokhuys, C Hopfe, M Verhoeven, editors. PhD research projects 2007

## **Contact met de begeleidingscommissie**

Er is één keer per twee weken inhoudelijk overleg met prof. dr. ir. J.J.N. Lichtenberg, hierin wordt de te volgen strategie bepaald en inhoudelijk aangestuurd op het beoogde resultaat.

Eenmaal per week is strategisch overleg met dr. ir. P.E. Erkelens.

<b>Project 6:</b>	<b>Particle packing efficiency in concrete</b>
<b>Universiteit:</b>	<b>Technische Universiteit Delft</b>
<b>Naam onderzoeker:</b>	<b>H. He MSc</b>
<b>Naam begeleider(s):</b>	<b>prof.dr.ir. L.J. Sluys (promotor), prof.dr.ir. P. Stroeven, dr.ir. M. Stroeven, Z. Guo MSc</b>
<b>Duur van het project:</b>	Begindatum: 1 november 2005 Einddatum: 31 oktober 2009

## Project description

Making an optimized concrete is a dream for concrete engineers, with technological as well as economic impact. Concrete is a particulate material on different levels of the material structure, so research will focus on *particle packing phenomena* as to the aggregate and the binder. Approaches will employ up to date computer simulation facilities for a *systematic* approach. Basically, verification will be accomplished on the basis of available experimental data. A concurrent algorithm-based system, with the acronym SPACE, developed at TUD, encompasses a dynamic packing process versus sequential random (particle) addition procedures (SRA), which offers a more reliable simulation of granular nature of cementitious material structure. Preliminary investigations have confirmed the realistic packing nature of SPACE-generated aggregates of fluvial origin and conforming to different sieve curves. Similarly, experiments in which Portland cement was blended by a mineral admixture have been successfully simulated by SPACE, too. Since size and shape of the aggregate are major parameters in optimum mix design, both will be incorporated in this research. Further, their impact on mechanics and durability performance will be evaluated. These investigations will (partly) make use of the new HADES system, which allows for *arbitrary* grain shapes. On the other hand, using blended binders is a common and effective way to achieve economic and ecological advantages. Insight into blending mechanisms additionally allows realizing systematic improvements of concrete's properties. This part of the optimization study will be realized by the SPACE simulation system (based on spherical particles). Ultimate target of the project will be promoting the development and production of optimized concrete composites based on combinations of an optimized aggregate design and optimized binder compositions.

## Progress

### *Achievements so far?*

In the last year, much progress has been achieved in this project.

1. Incorporation of a generator code for crushed rock (i.e. the multi-polyhedron method and the arbitrary octahedron method) in HADES has been completed. Any group of regular polyhedrons or arbitrary octahedrons with specified size and shape index distributions can be generated in HADES. The newly generated particles can be subjected to packing simulation by HADES.
2. Some primary experiments have been performed, which mainly focus on shape analysis and packing trials. Coarse gravel, that is frequently used in practice, is employed in the specimens. Loose packing properties were assessed of coarse aggregate with narrow range of size distribution. Furthermore, shape analysis was conducted by submitting sections of specimens to quantitative image analysis. The results show that the intermediate particle axis correlates strongly with the sieve size distribution, in spite of the wide size distribution of three axes.
3. Since a force-contact based model is used in HADES, contact thickness is inevitably utilized in packing simulation. It will deduce a high probability of insufficient packing density that a packed structure can be achieved. To solve this problem, a growth model was developed for denser packing simulation. It yields particles to grow maintaining their initial shape. The penetration depth between particles is determined, so that the growth step can be determined. By this method, higher packing densities can be achieved.
4. A series of dense packing simulations have been performed with mono-size and mono-shape particles. It reveals influences of shape on packing properties. For packing with regular polyhedrons, sphericity was used in the evaluation as shape index because of its sensitivity to distinguishing the different polyhedrons.

It was found that sphericity was a crucial factor affecting dense random packing situation. In cubic random packing simulations, a special ordered packing phenomenon was also found, which contributes to its high packing density. The results also demonstrated that packing method and container boundary play an important role in packing behavior. These results of packing simulation comply with the literature. Some packing simulation experiments were also conducted on different types of ellipsoids. The results also reveal packing behavior correlated to various shape indexes, such as elongation and flakiness.

5. Coordination number distribution is a configuration-sensitive characteristic that can be expected to strongly correlate with packing properties. A numerical method for arbitrary shaped packed particles has been developed for this purpose, which is based on force-contact based HADES packing models. It was also found that a sufficiently fine mesh is crucial for evaluation of coordination number. Evaluation results show coordination number distribution governed by packing density as well as by shape in mono-size random packing.

#### *Progress in accordance with planning?*

The work that has been performed and still has to be accomplished in the near future is on schedule with the project outline. The results illustrate the research work to be on the proper way to ultimate target.

#### *Planing next year*

In next period, several parts will be conducted according to the research plan.

1. Local volume (surface area) distribution models play an important role in evaluation of properties of materials. The identification of some highly relevant material properties relies on assessment of local material features, such as the ITZ and patches. This is very complicated when dealing with packed arbitrary-shaped particles. This part of work will be solved numerically.
2. As shown above, a force contact model has its limitations in very dense packing simulations. A growth model can make up some part of these limitations. However, very likely this contact model can be further improved for dense packing simulation. Some preliminary trial work has been conducted for this purpose, i.e. application of non-linear spring force behavior. This work will continue, contributing to the quality of dense packing simulation.
3. Some primary investigations have been conducted on real particle shapes of coarse type of aggregate. Next, validation will be pursued on the basis of experimental results. Further, numerical simulations will be performed with the improved packing model and outcomes confronted with physical.
4. Some promising packing results of mono-size particles with different shapes have been obtained. Next, multi-sized aggregated will also be used in packing simulation, allowing assessment of the combined influence of size and shape (also surface texture) on packing properties. Furthermore, the promising results will also contribute to optimized mixture design.
5. Some additional work will focus on strength and durability prediction based on the developed modeled concrete structure.

## **Publications**

- He, H., Guo, Z., Stroeven, P. and Sluys, L.J. (2007) Numerical evaluation of concrete's self-healing capacity due to unhydrated cement nuclei, K. Audenaert, L. Marsavina and G. De Schutter (eds.), In: Proceedings of the International RILEM Workshop on "Transport Mechanisms in Cracked Concrete" , Sep. 7, 2007, Ghent, Belgium. (ACCO: 99-110)
- He, H., Guo, Z., Stroeven, P. Stroeven, M. and Sluys, L.J. (2007) Self-healing capacity of concrete – computer simulation study of unhydrated cement structure, *Image Anal Stereol* 26: 137-143
- He, H., Guo, Z., Stroeven, P. (2007) Self-healing capacity due to unhydrated cement nuclei in concrete, The ninth CANMET/ACI international conference on recent advances in concrete technology, M. Venurino (ed) May 23-25, 2007, Warsaw, Poland. (Supplementary paper: 483-493)

## **Publications in preparation**

- He, H., Guo, Z., Yang, W., Stroeven, M., Stroeven, P. and Sluys, L.J., Computer simulation of arbitrary-shaped grains and application to aggregate packing in concrete, CONMOD'08, May 26-28, 2008, Delft.
- Stroeven, P., He, H. and Guo, Z., Comparison of experimental and SPACE simulation approaches to particle packing in concrete, International workshop on hydration, microstructures and durability: experiments and modeling, Oct. 13-15, 2008, Nanjing, China.
- Stroeven, P., He, H., Guo, Z. and Stroeven M., Concrete's self-healing potentials for promoting durability; numerical evaluation of anhydrate cement contributions, International Conference on Durability of Concrete Structures, Nov. 26-27, 2008, Hangzhou, China.

- He, H., Guo, Z., Stroeven M., Stroeven, P. and Sluys L.J., Discrete element approach to packing of arbitrary-shaped particles in concrete, STERMAT 2008, Sep. 2-6, 2008, Zakopane, Poland.

### **Other results**

Second Prize award of 9<sup>th</sup> PhD Symposium of Research School. Delft, Dec. 19, 2007.

### **Contact with the supervising committee**

The PhD candidate has regular appointments with supervisor and promoter every two weeks and one month, respectively.

**Project 7:**                                   **Development of a rapid assessment method for river strategies, applied to the Lower Meuse (Methode voor snelle verkenning voor rivier beheersstrategieën, toegepast op de Beneden Maas)**

**Universiteit:**                               **Universiteit Twente**

**Naam onderzoeker:**                      **ir. Judith A.E.B. Janssen**

**Naam begeleider(s):**                   **prof.dr.ir. Arjen Y. Hoekstra (promotor), dr. Jean-Luc de Kok, dr. Maarten S. Krol (intern), Dr. Ralph M. J. Schielen, ir. Simone A.H. van Schijndel en dr.ir. Mathijs van Ledden (externe begeleidingscomissie)**

**Duur van het project:**                    Begindatum:     1 januari 2005  
  Einddatum:     31 mei 2009

## **Projectbeschrijving**

De praktische toepassing van veel beleidsondersteunende systemen is beperkt, onder andere doordat het vaak moeilijk is om ‘zachtere’ afwegingscriteria, zoals ruimtelijke kwaliteit, mee te nemen. Daarnaast zijn veel bestaande modellen zo uitgebreid en gedetailleerd dat de flexibiliteit ontbreekt om snelle iteratieslagen te kunnen maken met andere typen maatregelen of indicatoren. In dit onderzoek wordt geprobeerd door de toepassing van fuzzy set theory en door het werken met relatief eenvoudige, en daardoor sneller berekenbare, wiskundige concepten hier verbetering in te brengen. Het onderzoek richt zich in de eerste plaats op de ontwikkeling van een computermodel, dat vervolgens in een omgeving met stakeholders getest zal worden. Voor de ontwikkeling van het model wordt gebruik gemaakt van beschikbare data uit het IVM project dat betrekking heeft op de Maas. De lange planningshorizon en de uitgebreide mogelijkheden voor validatie dankzij de reeds beschikbare kennis en modellen maken de case hiervoor bij uitstek geschikt. De methode dient uiteindelijk ook toepasbaar te zijn op andere cases, met name die waarin minder informatie beschikbaar is waardoor gedetailleerd modelleren moeilijk is, en die waarin de initiële verkenning van maatregelen voorafgaand aan gedetailleerde modellering nog noodzakelijk is.

## **Voortgang**

*Wat is er tot nu toe bereikt?*

Het afgelopen jaar is een deel van het model verder uitgewerkt, met name daar waar het de waterstandmodellering betreft. Vervolgens is een koppeling gemaakt tussen een fuzzy module voor landbouw en deze waterstandmodellering. Op grond van de waterstands-schematisering zijn een aantal conclusies te trekken over de onzekerheid die in het model geïntroduceerd wordt door een zeer grove schematisatie van de rivier te gebruiken. Deze onzekerheden zijn plaatselijk aanzienlijk ;er moet nog een oplossing gevonden worden voor hoe hier mee om te gaan.

Tevens is er een slag gemaakt in de stap van vertaling van stakeholder-criteria naar beslissingsindicatoren. Met behulp van de uit de psychologie afkomstige ‘construal level theory’ wordt een argument gegeven om voor de modellering bepaalde keuzes te maken uit de door stakeholders aangedragen criteria. Deze theorie biedt tevens aanknopingspunten voor het analyseren van onzekerheid in de modelstudie. Dit deel heeft geleid tot het indienen van een publicatie bij Water Resources Management (nu onder review).

Tot slot is er veel werk verricht op het onderbouwen van het model ontwerp middels UML. Deze methode biedt handvaten voor het ontwerpen van DSS-en; een van de onderdelen die is uitgevoerd is een analyse van de voor- en tegens van UML in het ontwerp van een DSS. Een concrete toepassing laat zien hoe we een en ander utiwerken. Dit werk is uitgevoerd met Ioannis Dokas, van het Cork Constraint Computation Centre, Cork University in Ierland. Het heeft geleid tot het indienen van een publicatie voor de IEMSs 2008 conferentie.



### *Verloopt het onderzoek volgens planning?*

Het onderdeel waarop we vorig jaar achterliepen is het afgelopen jaar ingevuld. In zoverre is alles nu weer redelijk volgens plan. Zoals het er nu uitziet zal er meer tijd in validatie en calibratie gaan zitten dan in beginsel begroot.

### *Welke werkzaamheden zijn er volgend jaar gepland?*

Het schrijven van een artikel over de onzekerheid in het model, en met name in de fuzzy onderdelen ervan. Daarnaast moet er, om een en ander binnen de planning te laten verlopen, een proefschrift geschreven worden.

## **Publicaties**

Janssen, J. A. E. B. and R. M. J. Schielen (2007) 'The mind in the model: capturing expert knowledge with the help of fuzzy sets' in: Augustijn, D. C. M. and A. G. van Os (eds.) Proceedings of the NCR-days 2006: 2-4 nov. 2006, Enschede, The Netherlands. NCR publication 31-2007, pp. 80-81

Janssen, J. A. E. B., A. Y. Hoekstra, J.-L. de Kok and R. M. J. Schielen (2007) 'Use of fuzzy set modeling in assessment of river management measures: dealing with qualitative knowledge and uncertainties' in: Swayne, D. and J. Hrebicek (eds.) Environmental software systems, vol. 7, dimensions in environmental informatics, Proceedings of the 6th International Symposium on Environmental Software Systems, 22-25 May 2007, Prague, Czech Republic (ISBN: 978-3-901882-22-7)

Janssen, J. A. E. B., A. Y. Hoekstra, J.-L. de Kok and R. M. J. Schielen (2007) 'Delineating the model-stakeholder gap: framing perceptions to analyse the information requirement in river management', in: Water Resources management (submitted)

Janssen, J. A. E. B. and L. M. Bochev-Van der Burgh (2007) 'Verschillen in schaalniveaus: Combineren kun je leren', in: H2O, no 24, pp. 17-19

## **Geplande publicaties**

Janssen, J. A. E. B. and I. M. Dokas (2008) 'Representing river systems behaviour in UML to enhance development of DSS', extended abstract, to be submitted to: international Congress on Environmental Modeling and Software, Barcelona, July 6-10, 2008

Janssen, J. A. E. B., A. Y. Hoekstra, M. S. Krol, J.-L. de Kok (2008) 'Alleged contributions of fuzzy sets in dealing with uncertainties'

Brugnach, M., C. Pahl-Wostl, K. E. Lindenschmidt, J. A. E. B. Janssen, T. Filatova, A. Mouton, G. Holtz, P. v/d Keur, N. Gabor (xxxx) 'Complexity and uncertainty: rethinking the modeling activity', in: Rizolli (ed.) Book in IEMSS series.

## **Contact met de begeleidingscommissie**

Het contact is vooral met dhr. Schielen intensiever dan met de overige gebruikers, omdat dhr Schielen een dag per week werkzaam is op de UT. Met mw Van Schijndel zal in maart weer een afspraak gemaakt worden, terwijl dhr. Van Ledden het onderzoek nog steeds op afstand volgt. Afgelopen zomer heeft er een overleg plaatsgevonden tussen dhr Schielen, mw Van Schijndel en promovenda en promotor. Vanwege de problemen die er zijn om iedereen op dezelfde tijd op de zelfde plek te krijgen, en de wens vanuit de externe begeleidingscommissie toch betrokken te blijven, is besloten om vooral bilaterale contacten te onderhouden en minder nadruk te leggen op het afspreken met de gehele groep in 1x.

**Project 8: Design of multifunctional flood defences in urban areas**

**Universiteit: Technische Universiteit Delft**

**Naam onderzoeker: ir. Bianca Stalenberg**

**Naam begeleider(s): prof.dr.s.ir. Han Vrijling (promotor), ir. Wilfred Molenaar**

**Duur van het project:** Begindatum: 01-09-04  
Einddatum: 01-09-09 (i.v.m. werkweek van 32 uur)

**Project description**

From time immemorial the inland of the Netherlands has been protected by dikes. It was relatively safe to live behind the dikes in the polders in the west of the Netherlands and at the higher grounds in the east of the Netherlands. If a breach occurred, the dikes were improved until the next flood occurred. After the flood disaster of 1953 the government decided to change this approach and divided the Dutch delta into dike ring areas with different exceedance frequencies.

Due to canalisation and building in the flood plains the rivers have lost their natural river bed. The summer dikes have been replaced by quay walls. Bottle necks occur and create water slow down. Rivers need their space to discharge the rain water and melted water from the glacier towards the sea. Studies also point out a possible increase of the water amount in the rivers and the eternal rise of the sea level. This is caused by climate changes which give higher temperatures.

Focusing on the Dutch urban areas, the preservation of cities like Dordrecht and Nijmegen is desired. It is therefore necessary to maintain the flood defences in urban areas and if needed improved. At the urban river several conflicts can be pointed out such as conflicts between the river profile, flood discharges, traffic, the desire for higher building densities and a higher stay quality. These conflicts can be combined in one total multifunctional solution. The current historical city view is a result of a constantly changing relation between the city and her waterfront. This is due to the changing economic relations, changing urbanistic views towards the relation between city and water, and changing opinions about flood defence. By placing the current demand of flood defence alteration into this perspective one can come to a useful extrapolation to the future.

Main goal is to find durable multifunctional solutions for the improvement of flood defences in urban areas in the Netherlands but also in other parts of the world. The research will give insight in the feasibility of durable multifunctional flood defences in urban areas according to the:

- current and future hydraulic boundary conditions with its uncertainties;
- safety demands;
- technical feasibility;
- costs and profits;
- surplus value to urban areas.

Besides the design of durable multifunctional solutions, an overview of the current types of flood defences solutions will be collected and presented. This chart will complete the total picture of possible flood defences. and will be useful for municipalities, water boards and companies who deal with flood defence improvement or flood protection design.

**Progress**

*What has been achieved until now?*

The analysis of the Dutch Rhine cities has resulted in a two path policy in the search of a solution for the reduction of the friction between urban functions and flood protection in those river cities. The first path implies the development of the concept ‘Adaptable Flood Defences (AFD)’. This concept is a physical solution to handle

the friction problem. With this concept, the urban functions are incorporated in the structure which is used for flood protection. The other way could also be possible. Both types of functions are integrated into one structure. The second path implies the development of a method which helps urban planners and flood controllers in working together with the (re)development of a riverfront. This will be done with the use of matrix in which several flood retaining structures will be linked with several urban riverfronts.

*Is the research going according to schedule?*

The research has been going according to schedule.

*Which activities have been planned for next year?*

The matrix will be further developed. This matrix, as well as the concept of AFD, will be tested in a casecity: Nijmegen-Lent. In order to broaden my focus, I will not only look at Dutch Rhine cities, but I will also make a comparison of flood control management between the cities Tokyo, Japan, Dhaka, Venice and Dordrecht. I will also adjust the draft version of my dissertation and add new research to it.

## **Publications**

Bianca Stalenberg & Cornelia Redeker: Urban flood protection: two strategies. p. 875-882 in: Proceedings of International Conference on Water and Flood Management; Institute of Water and Flood Management, BUET. 2007 (ISBN: 984-300-000303-6)

Bianca Stalenberg & Cornelia Redeker: Urban flood protection strategies. p. 70,71 in: Proceedings NCR-days 2006; 2007. (ISSN 1568-234X)

Bianca Stalenberg: Creative flood protection designs in an urban environment. CD-ROM for 32nd congress of IAHR: Harmonizing the demands of art and nature in hydraulics; 2007. (book of abstracts ISBN: 88-89405-06-6)

Bianca Stalenberg: Tokyo and Dhaka: their battle against floods. p. 44,45 in: Proceedings NRC-days 2007; 2007 (ISSN 1568-234X)

## **Scheduled publications**

Bianca Stalenberg & Yoshito Kikumori: Japanese lessons for Dutch urban flood management. Conference: Water down under 2008; 15-18 April 2008.

Bianca Stalenberg: Overview of flood retaining structures in the Netherlands. Conference: Fourth International Symposium on Flood Defence (ISFD4); 6-8 May 2008.

Bianca Stalenberg: Urban Flood Protection Chart (UFPC). Conference: International Conference on Water and Urban Development Paradigms; 15-19 September 2008.

Twee hoofdstukken, geschreven met Yoshito Kikumori, in het boek 'Urban water in Japan; study of water management in Japan in comparison to the Netherlands'. Het boek wordt via Taylor & Francis uitgegeven.

## **Contact with the supervising committee**

The contact is going well. It is always possible to get an appointment. The feedback during the guiding commission and the user commission is very fruitful. One member of the user commission also helps me with the writing process.

**Project 9: Milieuvriendelijk verkeersmanagement door geïntegreerde voertuig-weg systemen**

**Universiteit: Universiteit Twente**

**Naam onderzoeker: Mohamed K.M. Mahmood**

**Naam begeleider(s): prof.dr.ir. Bart van Arem (promotor)**

**Duur van het project:** Begindatum: 1 november 2006  
Einddatum: 31 oktober 2010

### **Projectbeschrijving**

Vooraf in steden zorgt het wegverkeer voor een steeds zwaardere druk op de lokale leefomgeving door de uitstoot van schadelijke stoffen. De uitstoot van schadelijke stoffen hangt sterk samen met de karakteristieken en dynamiek van de verkeersstroom: type voertuigen, snelheid, acceleraties en deceleraties, files, schokgolven. Het doel van het project is het reduceren van de lokale 'vervuilingsdruk' op een stedelijke corridor. Het project start met een literatuurverkenning naar methoden om de vervuilingdruk te karakteriseren en te modelleren, alsmede een analyse van de vervuilingdruk naar kenmerken van de verkeersstroom. Vervolgens wordt een betrouwbare indicator worden ontwikkeld voor de momentane vervuilingdruk. Daarna wordt een geïntegreerd algoritme ontwikkeld voor het beïnvloeden van de verkeersstromen via systemen langs de weg (bijvoorbeeld verkeerslichten of andere signaalgevers) en systemen in de auto (bijvoorbeeld via rijtaakondersteunende systemen). De werking van het algoritme wordt onderzocht aan de hand een verkeerskundig model. Tot slot wordt het systeem in een stedelijke corridor met een testvoertuig gedemonstreerd. Het project wordt medegefinancierd door Vialis Verkeer & Nobiliteit en TNO

### **Voortgang**

*Wat is er tot nu toe bereikt?*

In 2007 is een literatuurstudie verricht naar emissies, luchtkwaliteit en maatregelen langs de weg en in het voertuig om deze te verbeteren. In het bijzonder is studie verricht naar simulatiemodellen. Op basis van de literatuurstudie en gesprekken met experts bij DWW, Vialis en TNO is een simulatie raamwerk opgesteld. In dit simulatie raamwerk wordt VISSIM gebruikt voor verkeerssimulatie, de ITS Modeller voor het modelleren van geïntegreerde voertuig-weg systemen, VERSIT+ voor de emissies en CAR voor de dispersiemodellering. Dit raamwerk vormt de basis van het verdere onderzoek en is in het 9 maanden plan vastgelegd. Het 9 maanden plan is door de Discipline raad van de opleiding Civiele Techniek na een aanvulling geaccepteerd.

*Verloopt het onderzoek volgens planning?*

Er is 1 maand achterstand opgelopen vanwege de aanvulling op het 9 maanden plan.

*Welke werkzaamheden zijn er volgend jaar gepland?*

In 2007 wordt de momentane indicator voor de lokale luchtkwaliteit ontwikkeld. Daarbij zullen VISSIM, VERSIT en een momentane variant van CAR worden toegepast. Er wordt gestart met de ontwikkeling van het regelalgoritme.

### **Publicaties**

M.K.M. Mahmood & B. van Arem (2007), Environment friendly traffic management using integrated road-vehicle systems, Poster presentation at TNO Symposium Cooperative systems: an intelligent way forward, March 31<sup>st</sup>, 2007, Eindhoven.

M.K.M. Mahmood & B. van Arem (2007), Environment friendly traffic management using integrated road-vehicle systems, ConcepTueel Magazine, Universiteit Twente.

## **Geplande publicaties**

M.K.M.Mahmod & B. van Arem (200x), Environment friendly traffic management using integrated road-vehicle systems, abstract submitted to ITS World Conference, New York, November 2008.

## **Contact met de begeleidingscommissie**

De begeleidingscommissie bestaat uit Ir. Frans op de Beek (TNO, Ir. Rudi Lagerweij (Vialis Verkeer & Mobiliteit) en Ir. Wim Broeders (Vialis Verkeer & Mobiliteit). De begeleidingscommissie is 2 maal bij elkaar gekomen op 24 januari en 10 juli.

## **Eventueel andere relevante opmerkingen**

Het onderzoek wordt ondergebracht bij de onderzoeksschool TRAIL. In het bijzonder zal samenwerking worden gezocht met een door Shell gefinancierd nog te starten onderzoek op het gebied van verkeersmanagement en milieu dat van start gaat bij het [Delft Center for Systems and Control](#) van de TU Delft.

## Overzicht voortgang projecten die vóór 2007 subsidie hebben gekregen

**Project 10:** **SPatial Adaptation to Concepts of Electronic road traffic (SPACE, Intelligente verkeersbeheersing)**

**Universiteit:** **Radboud Universiteit Nijmegen**

**Naam onderzoeker:** **Drs. R. Argiolu**

**Naam begeleider(s):** **prof.dr.ir. R.E.C.M. van der Heijden (RUN)**  
**dr.ir. V.A.W.J. Marchau (TUD)**

**Duur van het project:** Begindatum: 1 september 2002  
Einddatum: 1 september 2006

### Projectbeschrijving

Nederland kampt, net als andere westerse landen, met een mobiliteitsprobleem. Dit probleem is hardnekkig gebleken, waar geen simpele oplossingen voorhanden zijn. Intelligentie in vervoerssystemen zouden mogelijkwijs kunnen bijdragen aan verschillende deeloplossingen. Men kan hier bijvoorbeeld denken aan een betere informatievoorziening, zodat de doorstroom binnen het vervoersnetwerk beter is georganiseerd. Een ander voorbeeld zijn automatisch geleide voertuigen, die in het openbaar vervoer worden gebruikt. Deze vernieuwende technologie kan op lange termijn het vervoer goedkoper, betrouwbaarder en duurzamer maken.

Parallel aan de technologische ontwikkelingen is de wetenschap ook steeds meer geïnteresseerd in de verschillende werking van dergelijke nieuwe systemen. Wat voor invloed hebben bijvoorbeeld bestuurder ondersteunende toepassingen in auto's op andere mensen in het verkeer? Of, wat voor ruimtelijke effecten kunnen we verwachten wanneer intelligentie is verwerkt in een vervoerssysteem? Deze laatste vraag staat centraal in SPACE. SPACE is het onderzoek, binnen het bredere BAMADAS-programma, dat zich richt op de ruimtelijke effecten van Intelligente Transport Systemen (ITS). Het BAMADAS-programma is zo onderverdeeld dat de effecten op verschillende terreinen in kaart worden gebracht. Het gaat om psychologische (micro en macro), juridische, sociaal-economische en ruimtelijke factoren.

SPACE kan onderverdeeld worden in een zestal stappen in het onderzoek. De eerste stap is het literatuuronderzoek dat leidt tot een theoretisch raamwerk en een passend onderzoeksontwerp. De tweede stap is het construeren van toekomst scenario's voor ITS concepten. De derde stap bestaat uit het testen van de ITS concepten onder technologie-experts op plausibiliteit van conceptinhoud en tijdshorizon. De vierde stap bestaat uit een zogenaamde *Stated Preference*-studie, die is gericht op het achterhalen in hoeverre kantoorhoudende organisaties ITS concepten als een verbetering van hun locatiebereikbaarheid percipiëren. De vijfde stap bestaat uit een validatie-onderzoek. Door kantoorhoudende organisaties te laten kiezen voor allerlei locatieprofielen, waaronder locatieprofielen die ontsloten worden door ITS concepten, probeert Argiolu te achterhalen in hoeverre de resultaten uit de voorkeursstudie, stap vier, overeenkomen met de resultaten uit de validatiestudie. Om dit onderzoek uit te kunnen voeren, moeten de ITS concepten worden 'vertaald' naar concrete toekomstscenario's voor Arnhem en Nijmegen, die als casus zullen fungeren. De zesde en laatste stap is het afronden van het proefschrift.

### Voortgang

Argiolu is in september 2002 begonnen met het onderzoek en activiteiten die dat onderzoek ondersteunen. Argiolu heeft zich in het eerste jaar van het onderzoek vooral gericht op het bestuderen van literatuur. Het literatuuronderzoek heeft geresulteerd in een theoretisch raamwerk, dat als uitgangspunt dient voor de probleemstelling.

Naast het uitwerken van de theoretische inzichten en het beschrijven van een relevant onderzoeksontwerp heeft Argiolu zich in 2003 en begin 2004 bezig gehouden met het ontwerpen van toe-

komstige ITS scenario's. Dit heeft naast een paper voor Urban Transport<sup>2</sup> geleid tot een eerste verkenning die centraal stond in papers die in juli en oktober 2004 zijn gepresenteerd op respectievelijk het WCTR congres in Istanbul en het TRAIL-congres in Rotterdam<sup>3</sup>. Naast deze papers heeft Argioli in de zomer van 2004 mee geschreven aan een hoofdstuk over een ITS casus, de Phileas<sup>4</sup>.

In 2005 is Argioli trekker geweest van het onderzoeksproject FADAS (Future exploration of Advanced Driver Assistant Systems) binnen BAMADAS. Dit is de derde stap in het onderzoek, zoals het is uitgelegd in de vorige paragraaf. FADAS is een toekomstgerichte Delphi-studie waar naast Argioli nog vier andere onderzoekers van het BAMADAS programma aan meewerken. De eerste data van de Delphi-studie zijn reeds verzameld. Naast de sterke relatie die FADAS heeft met de scenario's die centraal staan in SPACE moet FADAS ook leiden tot één publicatie.

Verder heeft Argioli in 2005 een *stated preference survey* uitgevoerd waarvan de resultaten zullen worden gepubliceerd in *Environment and Planning A*<sup>5</sup>. De eerste resultaten van die studie zijn ook gepresenteerd op het AESOP congres in Wenen (juni 2005), en op het ERSA congres in Amsterdam (augustus 2005). In 2005 en 2006 is Argioli begonnen met de voorbereidingen voor het validatie-onderzoek. Dit onderzoek is in de zomer van 2006 uitgevoerd. De data van dit validatie onderzoek zijn geanalyseerd in de nazomer van 2006. In de nazomer van 2006 is Argioli ook begonnen met het afronden van het proefschrift. Naast het afronden van het proefschrift is Argioli ook intensief betrokken geraakt bij het onderwijs van de vakgroep Planologie.

In 2007 is het proefschrift afgerond en in de zomer voorgelegd aan de beoordelingscommissie. Die heeft daar zonder voorbehoud positief op gereageerd, waarna uiteindelijk in januari 2008 het proefschrift<sup>6</sup> aan de Radboud Universiteit is verdedigd. In termen van overige publicaties is een hoofdstuk<sup>7</sup> verschenen in een boek over transport economie en zijn proefdrukken van het artikel voor *Environment and Planning A* gecorrigeerd. Publicatie wordt nu verwacht in 2008. Verdere publicaties zijn in voorbereiding.

Het onderzoek toont aan dat verwacht mag worden dat de toepassing van ITS concepten waarschijnlijk effect zullen hebben op de voorkeur voor specifieke locaties. Daarbij wordt het meeste effect verwacht van de binnenstedelijke netwerken van geautomatiseerd OV. Het onderzoek levert informatie die ten dienste kan staan aan het verder beleidsmatig denken over de toepassing van intelligente systemen in het wegverkeer. In die zin sluit het goed aan bij de recente nota over Beter Benutten (V&W, jan. 2008). Een vervolg van het onderzoek wordt nagestreefd als onderdeel van een in maart 2008 ingediend onderzoeksvorstel in het kader van het nieuwe NWO programma Bereikbaarheid van de Randstad.

## Contact met de begeleidingscommissie

Het contact tussen de Argioli en zijn begeleiders, prof. dr. ir. Van der Heijden en dr. ir. Marchau (TUD) verliep goed en frequent. Argioli heeft extra dagelijkse begeleiding gekregen van dr. ir. Iona Bos, die gespecialiseerd is in de door Argioli gehanteerde onderzoeksmethoden.

---

<sup>2</sup>Van der Heijden, R., R. Argioli & Vincent Marchau (2004). Urban land use changes and ICT-based innovation of public transport. Paper presented at Urban Transport and the Environment conference, Dresden 19-21 May 2004.

<sup>3</sup>Argioli, R., R. van der Heijden & V. Marchau (2004). ITS policy strategies for urban regions: a creative exploration. Proceedings of revised and selected papers (CD-ROM) of the 10<sup>th</sup> WCTR conference in Istanbul, 4-8 July (paper also included as Supplement to the 8<sup>th</sup> TRAIL Congress 2004 Proceedings – ISBN 90-407-2555-1).

<sup>4</sup>Van der Heijden, R., R. Argioli, I. Bos & V. Marchau (2005). Innovating urban public transport: some recent developments in the Netherlands. In: Basbas, S. (ed.) *Advances in City Transport: Case Studies*, Witpress, UK.

<sup>5</sup>Argioli, R., R. van der Heijden, V. Marchau and I. Bos (2008). The influence of ITS based transport modes on office location attractiveness. *Environment and Planning A* (forthcoming).

<sup>6</sup>Argioli, R. (2008). *Office location choice behaviour and intelligent transport systems*. TRAIL Thesis Series T2008/2, Delft; Proefschrift Radboud Universiteit Nijmegen.

<sup>7</sup>Argioli, R., R. van der Heijden & V. Marchau (2007). ITS-based transport concepts and location preference: will ITS change Business-as-usual?. In: P. Coto-Millan & V. Inglada (Eds.) *Essays on Transport Economics*, Springer Physica-Verlag, Heidelberg/New York, pp. 293-316.

## **Project 11: Functioneel onderhoud van de civieltechnische infrastructuur**

<b>Universiteit:</b>	<b>Universiteit Twente</b>
<b>Naam onderzoeker:</b>	<b>ir. A. van der Toorn</b>
<b>Naam begeleider(s):</b>	<b>prof.dr.ir. H.G. Wind (UT, met emiritaat), prof.dr.s.ir. J.K. Vrijling (TUD, eerste promotor), prof.ir. A. Vrouwenfelder (TUD, promotor)</b>
<b>Duur van het project:</b>	Begindatum: 1999 Einddatum: 2008 (oorspronkelijke planning 2003)

### **Projectbeschrijving**

Het beheer van civieltechnische infrastructuur is veelal nog gebaseerd op een historisch gegroeide werkwijze, waarbij de resultaten van visuele inspecties worden beoordeeld aan de hand van historisch gegroeide, deels impliciete normen, gebaseerd op ervaring en slecht(s) toetsbaar via het hoofd van de ervaringsdeskundige. In het onderzoek wordt een systematiek aangegeven om te komen tot expliciete doelstellingen op systeem-niveau en daaruit afgeleide normen op object of onderdeel-niveau. Welke bedreigingen werkelijk van belang zijn voor het behalen van de doelstellingen en dus via inspecties bewaakt moeten worden, volgt uit risicoanalyses.

### **Voortgang**

*Wat is er tot nu toe bereikt?*

Er is een theoretisch model opgesteld, dat voortbouwt op de zgn. vijf minimale voorwaarden voor goed bestuur van De Leeuw, maar preventief en proactief handelen als extra meeneemt als mede systeemdenken om de link te kunnen leggen tussen doelstellingen op systeem-niveau en condities op element-niveau.

Er zijn een tweetal cases opgesteld (een stuk weg met daarin elementen als wegvakken, bruggen, etc. en een stuk haven met daarin elementen als een waterbodembodem, kademuur, etc.).

*Verloopt het onderzoek volgens planning?*

Het onderzoek dat in de eindfase verkeerde (ca. 90% was gereed en de samenstelling van de promotiecommissie was al besproken) is vertraagd door een aantal oorzaken:

- o Er was op de laatste bijeenkomst “plots” fundamenteel commentaar op het theoretische model als ook op de systematiek van de 25 stappen bij de cases.
- o Er was een verandering van baan, waardoor er minder tijd over was om aandacht te geven aan de promotie.
- o Er waren familieomstandigheden, die langdurige extra aandacht vroegen.
- o De hoofdpromotor H.G. Wind werd door de gevolgen van een auto-ongeval gedwongen om te stoppen met werken.

*Welke werkzaamheden zijn er volgend jaar gepland?*

Het afronden van de promotie, nu de theorie is aangepast en de twee cases grotendeels zijn herschreven. Omdat Ad van der Toorn sinds 1 maart 2006 bij de TUD werkzaam is, is er nu structureel tijd om het onderzoek af te ronden. Omdat het mede o.l.v. prof. Vrijling zal gebeuren vraagt dat nog wel enige accentverschuivingen, vooral op het punt van risicomatrices en doelenbomen. Ook is er een zijspoor naar het Delfts Cluster project Blijvend vlakke wegen. Hierin wordt voor een wegraject ingezoomd op een overgang van weg naar viaduct, waarin onderhoud na oplevering een van de mogelijke scenario is.

### **Publicaties**

Twee bijdragen aan een congres in Singapore sept. 2007 over modelleren en onderhouden van stalen damwandconstructies en over alternatieve oplossingen bij kademuuren.



## **Geplande publicaties**

Proefschrift.

## **Andere resultaten**

Er zijn diverse bijdragen geweest aan PAO-cursussen, TUD-colleges, PIANC-cies en IHE-workshops op het gebied van beheer en onderhoud, zoals Beheer en onderhoud in de bouw, Handboek kademuren, Ontwerp van damwandconstructies, Lifecycle management, etc.

De ontwikkelde theorie wordt al wel binnen de beheerpraktijk van het Havenbedrijf Rotterdam NV met succes toegepast.

Er is een viertal jaren een college gegeven op de Universiteit Twente bij Civiele Techniek, gebaseerd op het promotieonderzoek en er studeren ook regelmatig studenten af bij het Havenbedrijf op deelaspecten, zoals uitbesteden van beheer en Lifecycle management.

## **Contact met de begeleidingscommissie**

Door de bovengenoemde vertragingen is het overleg binnen de oorspronkelijke commissie helaas stil gevallen en wordt nu gewerkt met de nieuwe eerste begeleider prof. Han Vrijling.