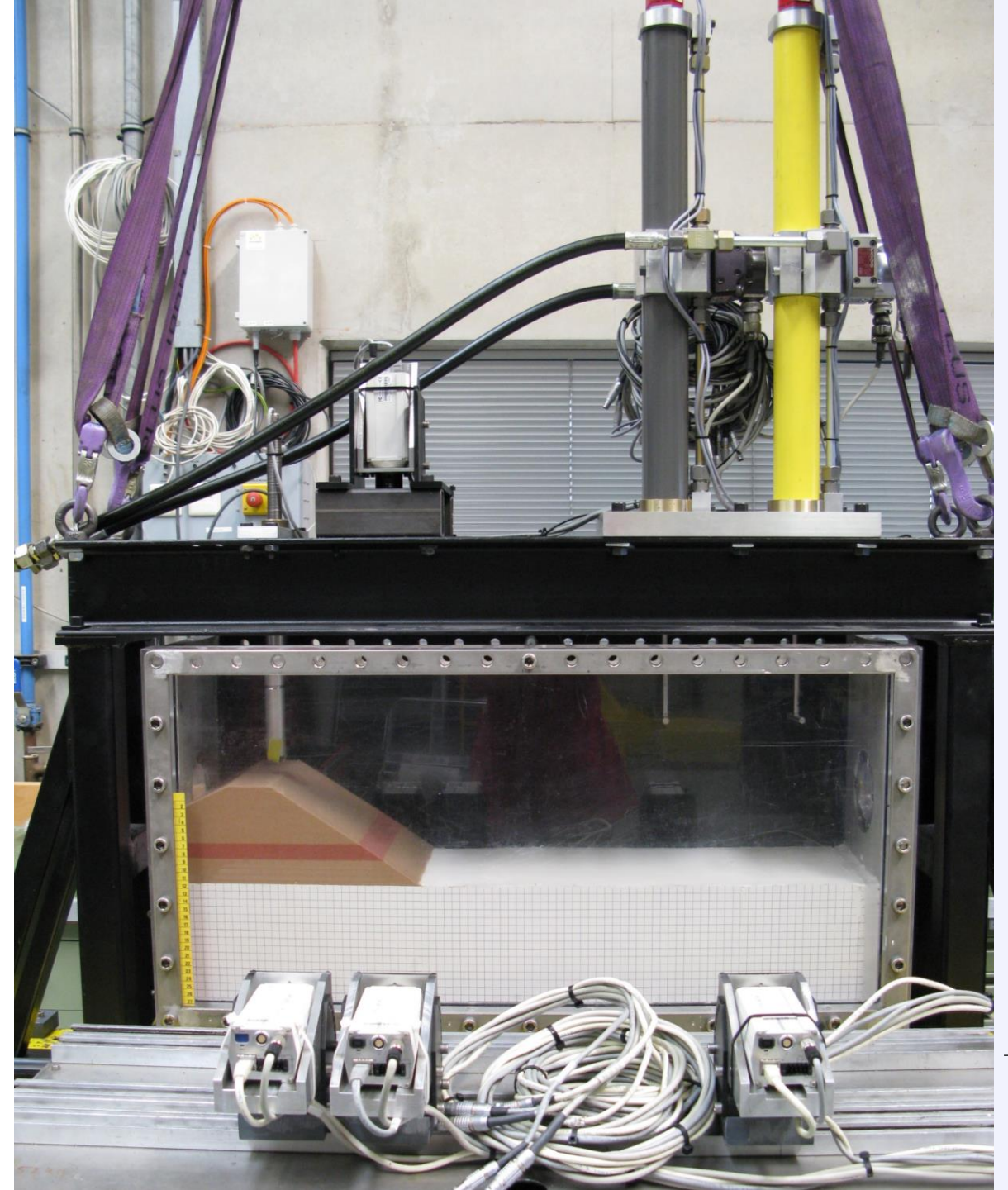


Vervolgonderzoek

Cor Zwanenburg

Inhoudsopgave

- Doel en impact van het onderzoek
- Toelichting voorgesteld vervolgonderzoek

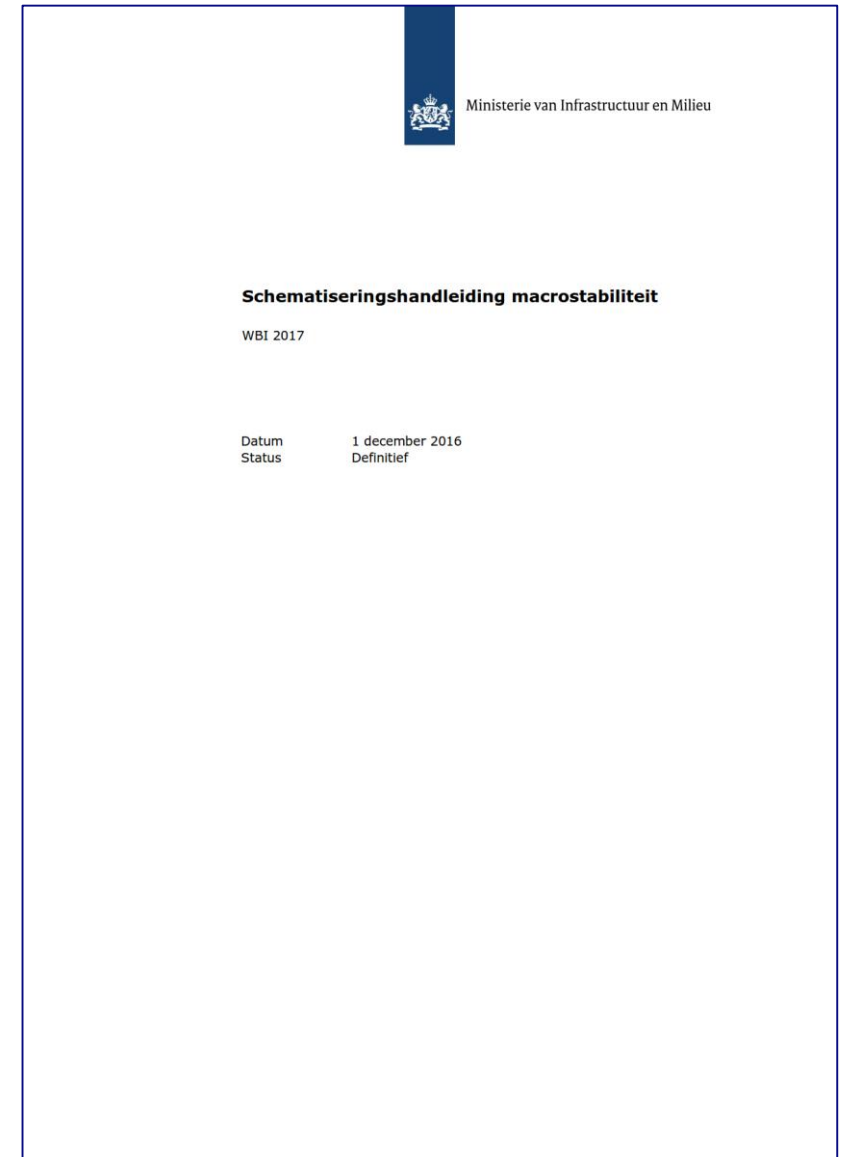


Doel van vervolgonderzoek:

Te komen tot een fysisch realistisch en gevalideerd beoordelings-, en ontwerpmethodiek met betrekking voor de stabiliteit van dijken bij opdrijven / opbarsten van dunne deklagen

M.a.w. een fysisch beter alternatief voor de huidige $c' = \phi' = 0$ berekeningen.

Verwacht wordt dat een benadering, dicht bij de fysica, zal leiden tot een scherper beoordeling / ontwerpmethodiek.



Impact van het vervolgonderzoek

Door Arcadis (POVM 2016) is een kosten – baten analyse gemaakt

Het mechanisme stabiliteit van dijken bij opdrijven / opbarsten bij dunne deklaag is met relevant voor bovenrivierengebied, circa 243 km dijk lengte

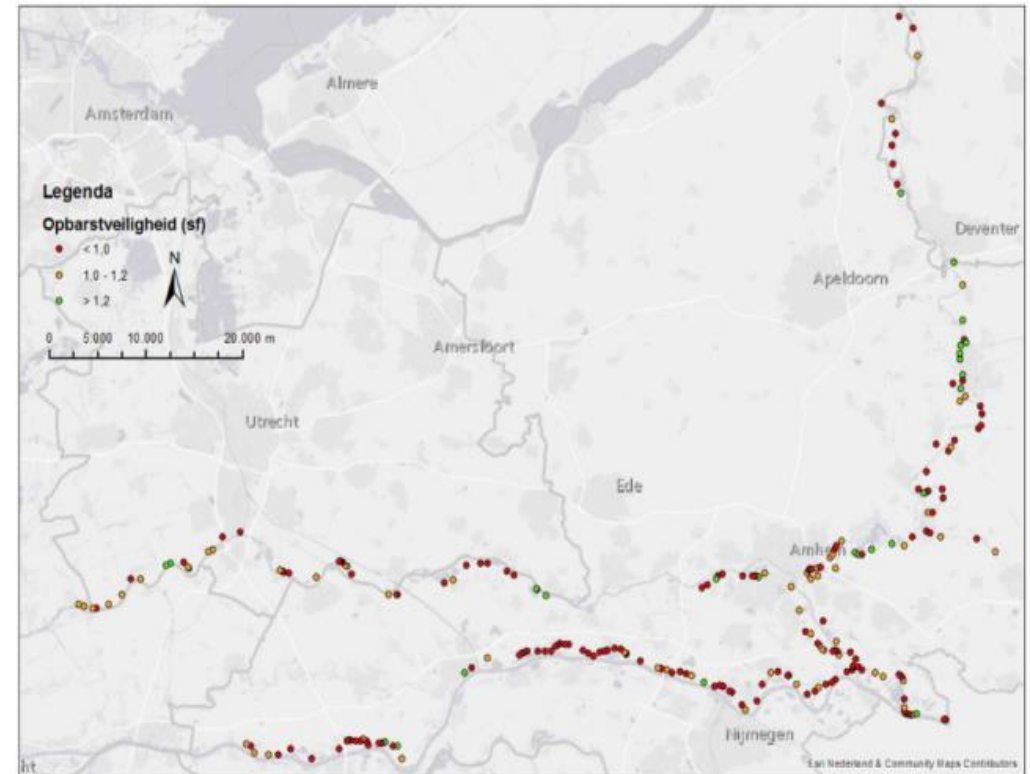
Circa 90 km dijk lengte voldoet nu niet aan dit mechanisme,

Versterkingskosten geschat op 585 M€. Potentiële besparing geschat op 150 M€.

Door zeespiegelstijging zal mechanisme op meer locaties relevant worden; door toenemende verstedelijking worden dijkversterkingen complexer en daarmee duurder.

Deze meerkosten zijn niet in de potentiële besparing opgenomen.

Onderzoeksvoorstel vanuit WDOD wordt ingediend bij HWBP-Kennis en Innovatie Agenda



Geografische weergave van de opbarstveiligheid in het bovenrivierengebied, uit: POVM 2016

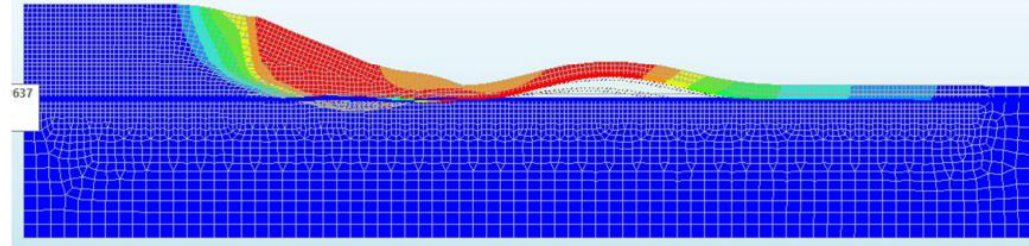
Validatie numerieke tools

wat te valideren?

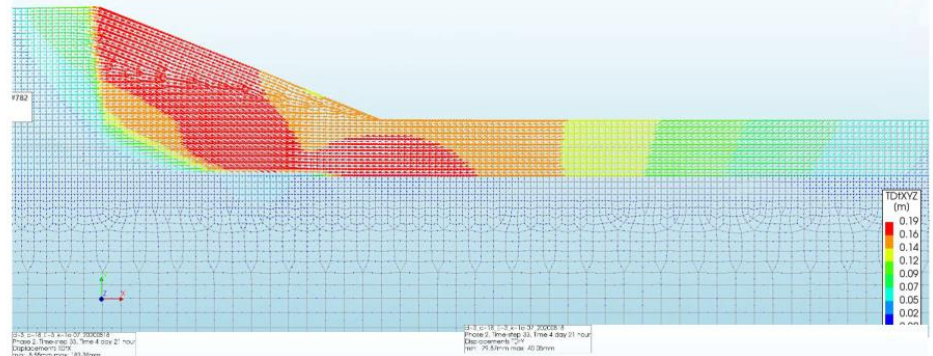
Het numeriek onderzoek levert interessante uitkomsten op die gevalideerd dienen te worden voor gebruik in dagelijkse praktijk:

- Opbarsten treedt alleen bijzondere situaties op; zeer dun < 2 m, relatief stijf, teensloot afwezig
- In andere gevallen speelt horizontaal indrukken van de toplaag een belangrijke rol; dit mechanisme wordt nu niet getoetst
- Bezijken van dijken met dunne deklaag (opbarsten of zijdelings indrukken) kan numeriek worden gesimuleerd. In welke mate komt de bezwijkbelasting overeen met bezwijkbelasting in het veld?
- Wat is de invloed van de teensloot, optredende wellen?
- Wat is de invloed van niet horizontaal verlopende laagscheidingen?
- Welke rol speelt gedeeltelijke verzadiging en doorlatendheid toplaag? N.B. in het bovenrivierengebied bestaat toplaag vaak uit siltig/zandige klei

Uplift analysis
Phase 2, Time-step 27, Time 2 day 2 hour
Displacements TDtXYZ
min: 0.00m max: 0.20m



Uplift analysis
Phase 2, Time-step 33, Time 4 day 21 hour
Displacements TDtXYZ
min: 0.00m max: 0.19m



Validatie numerieke tools

wat te valideren?

Validatie mechanismen:

- Opbarsten door knik van de toplaag als gevolg van horizontale kracht en opdrijven,
- Bezwijken door horizontaal samendrukken toplaag
- Interactie berging grondwater en opdrijven
- Kunnen in werkelijkheid mechanismen optreden die niet in de berekeningen naar voren zijn gekomen

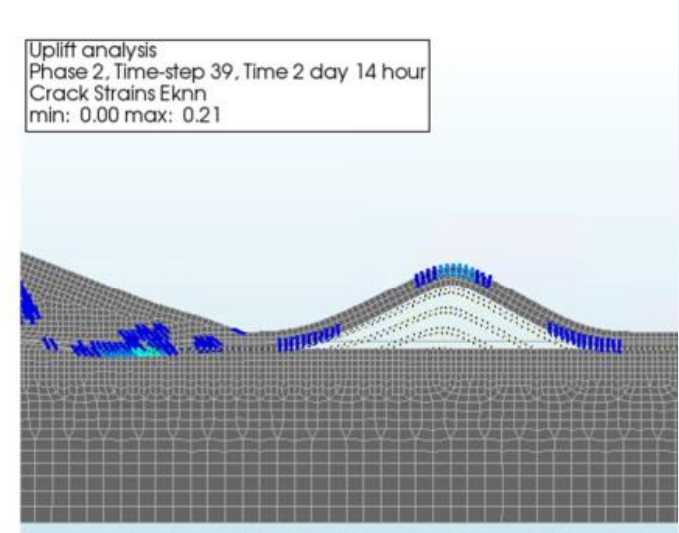
Validatie berekende stabiliteit:

- Komt de berekende bezwijkbelasting overeen met de werkelijk optredende bezwijkbelasting, voor de verschillende situaties van deklaagdikte, taludhelling en dijkhoogte

Afwijkingen:

- Aanwezigheid bermsloten
- Aanwezigheid wellen
- Niet horizontale laagscheidingen

Deltares



Validatie numerieke tools

hoe te valideren?

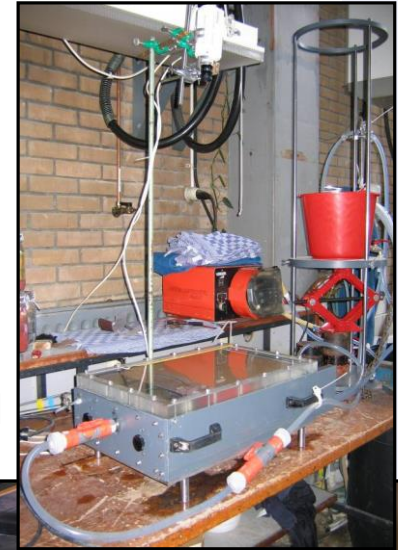
Validatie aan de hand van experimentele data:

- Proeven waarin gevarieerd wordt met parameters, laagdikte, volume gewicht, taludhelling dijkhoogte etc
- Proeven onder volledig gecontroleerde omstandigheden zodat een exacte vergelijking tussen numerieke en experimentele resultaten kan worden uitgevoerd
- Proeven voldoende realistisch om alle relevante aspecten die zich in werkelijkheid voordoen ook in de experimenten beschikbaar zijn

Proeven in opbouwende volgorde:

- Kleine schaal, groot aantal, voor begrip mechanismen
- (Medium schaal, iets complexer, volledig gecontroleerd)
- Werkelijk schaal, slechts één of enkele proeven, meest natuurgetrouw

Voorbeeld schaalgrootte,
Piping onderzoek



Kleine schaal



Medium schaal



veldproeven

Validatie numerieke tools

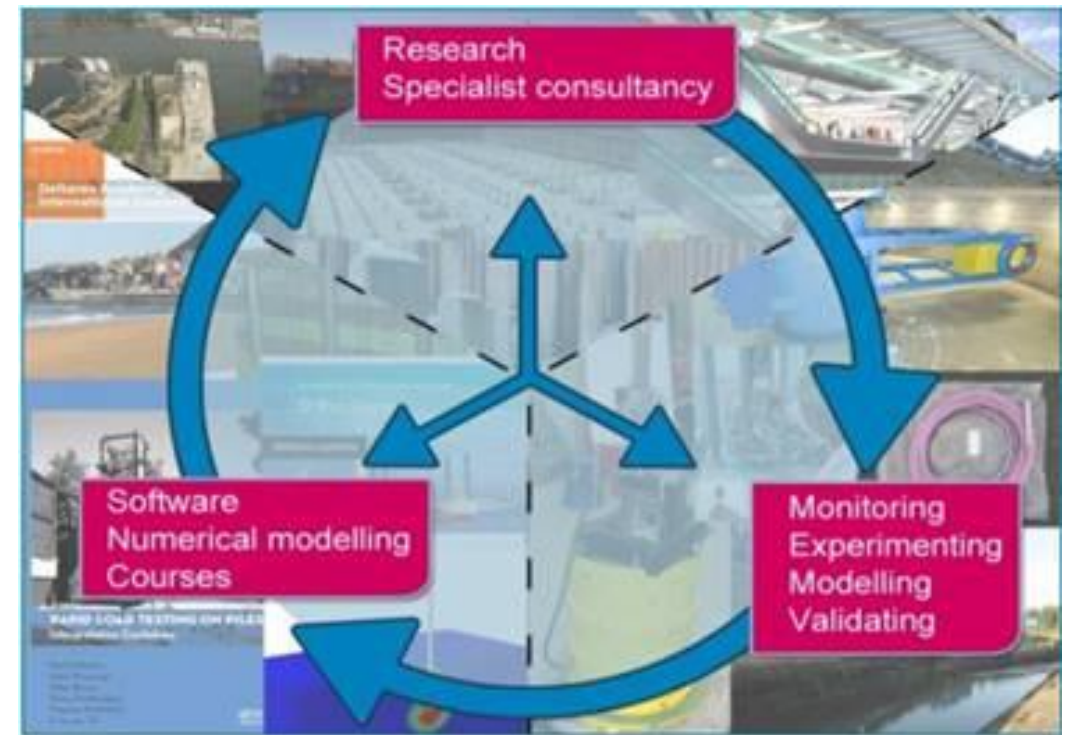
hoe te valideren?

Interactie tussen numeriek en experimenteel

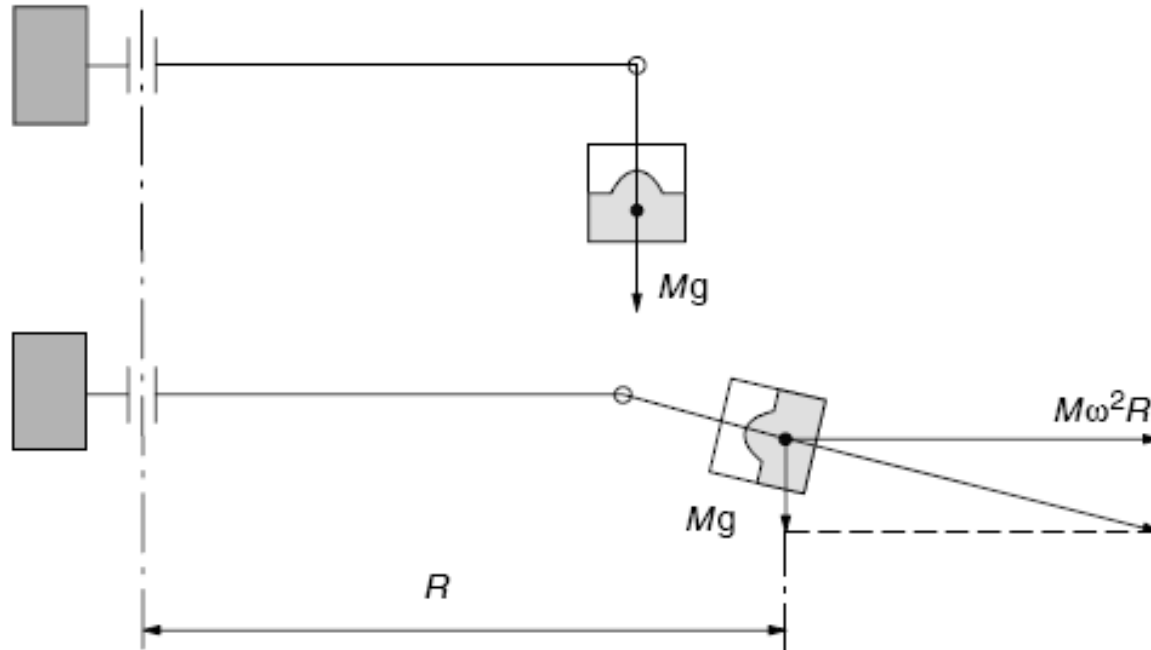
- Uitvoeren predicties, en gevoeligheidstudies vooraf
- Ontwerpen proeven op basis van numerieke resultaten en vragen uit numerieke resultaten
- Analyse proeven na afloop, voor een nieuwe proef / proevenserie start, een analyse van de vorige proef / proevenserie is uitgevoerd
- Overall analyse van alle proeven

En dan....

- Inpassen in veiligheidsfilosofie
- Afleiden partiële veiligheidsfactoren
- Vastleggen in eenduidige werkwijze voor beoordelen/ontwerp



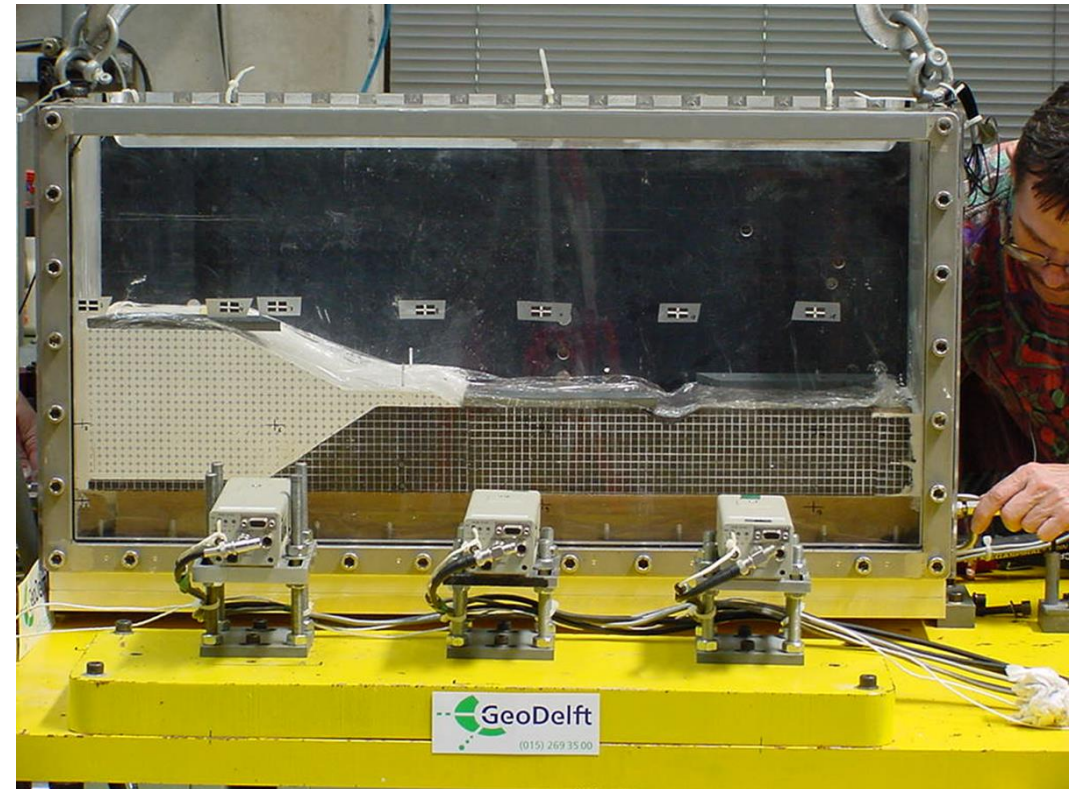
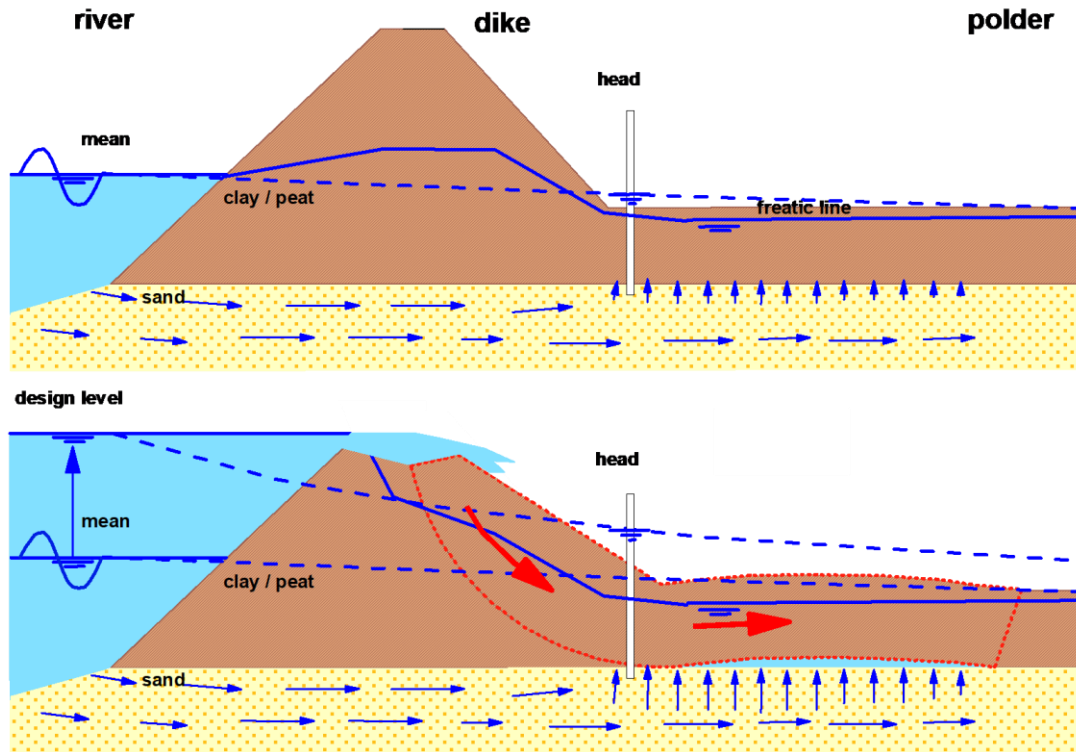
Centrifugeproeven

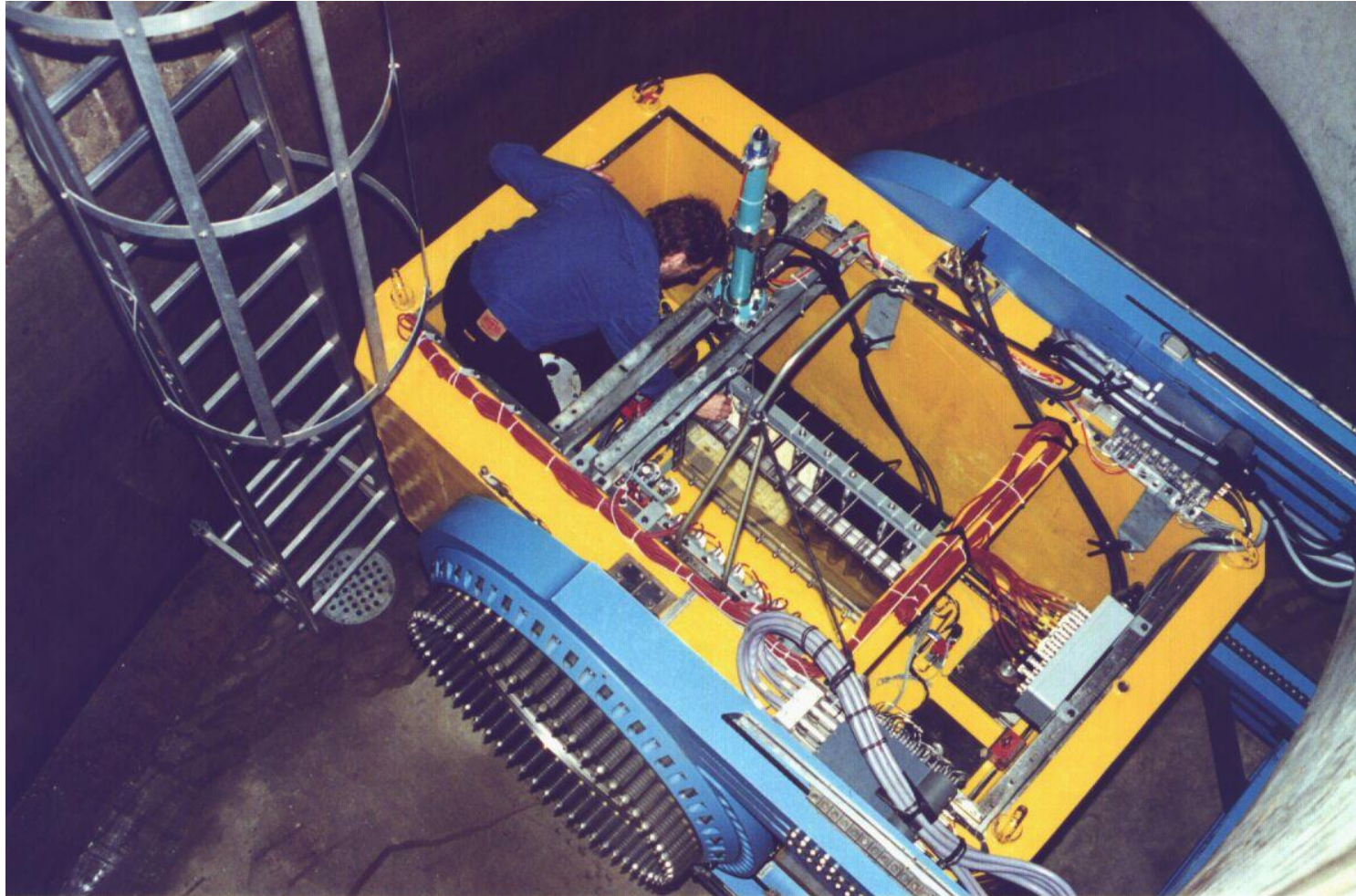


Grondgedrag is sterk spanningsafhankelijk; geotechnische schaal modellen geven niet natuurgetrouw grondgedrag weer. Met Geo-Centrifuge wordt centrifugaal kracht gebruikt om zwaartekracht te verscalen. In Geo-Centrifuge zijn de spanningen in het model gelijk aan spanningen van het prototype

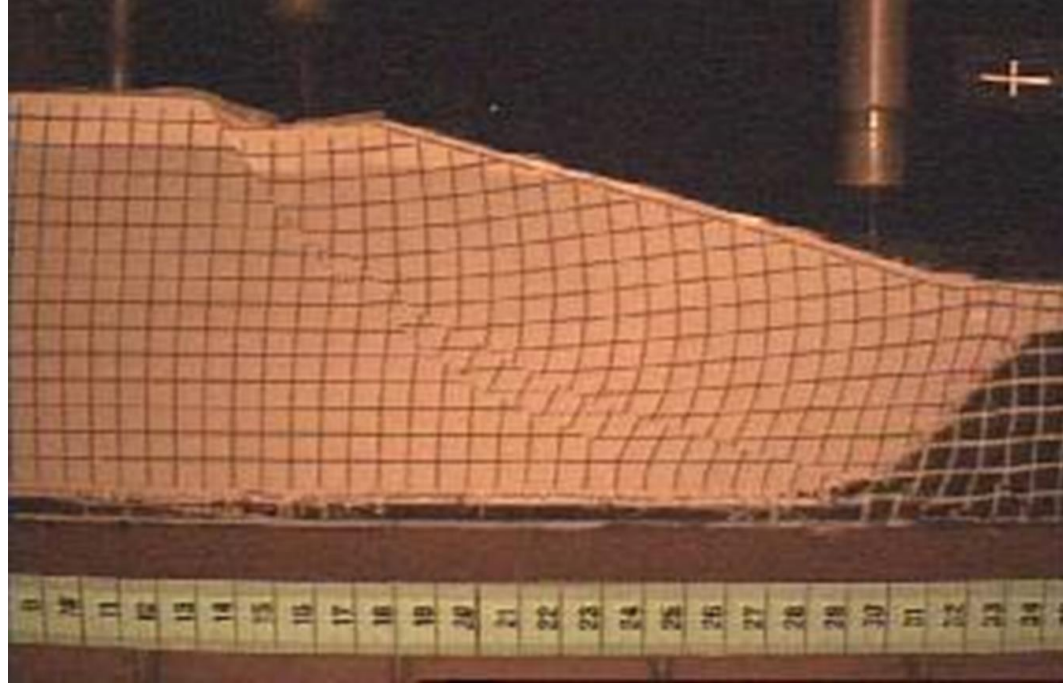
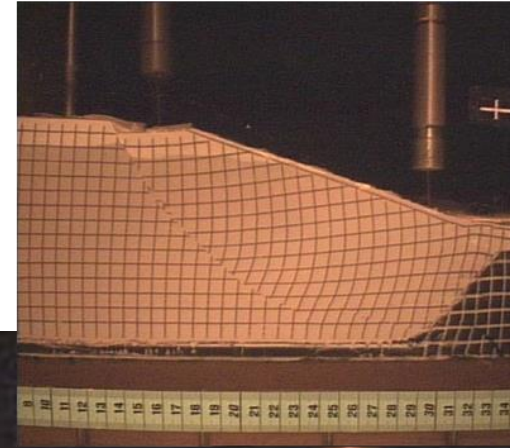
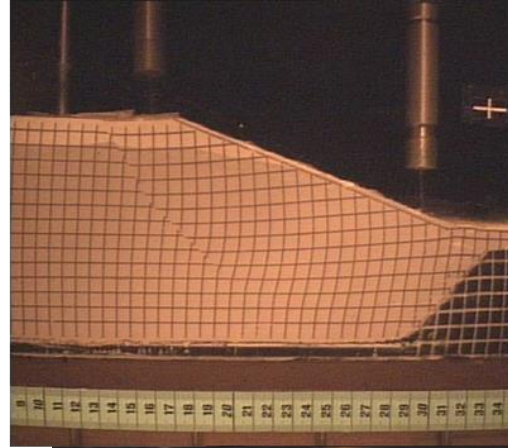
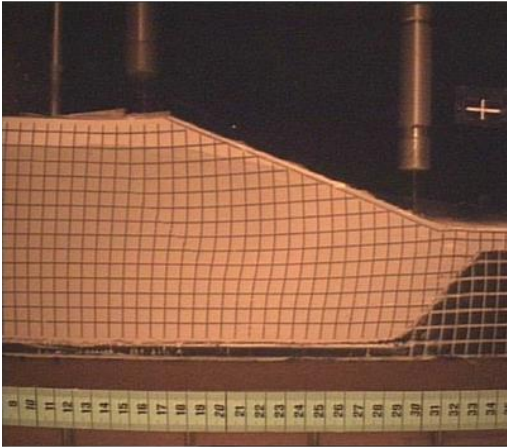
Centrifugeproeven

Voorbeeld van enigszins vergelijkbaar onderzoek, onderzoek stabiliteit van dijken bij dik slappe lagen pakket, medio 2000 / 2001; Ook dit onderzoek bestond uit modelvorming, modelonderzoek en praktijkproef

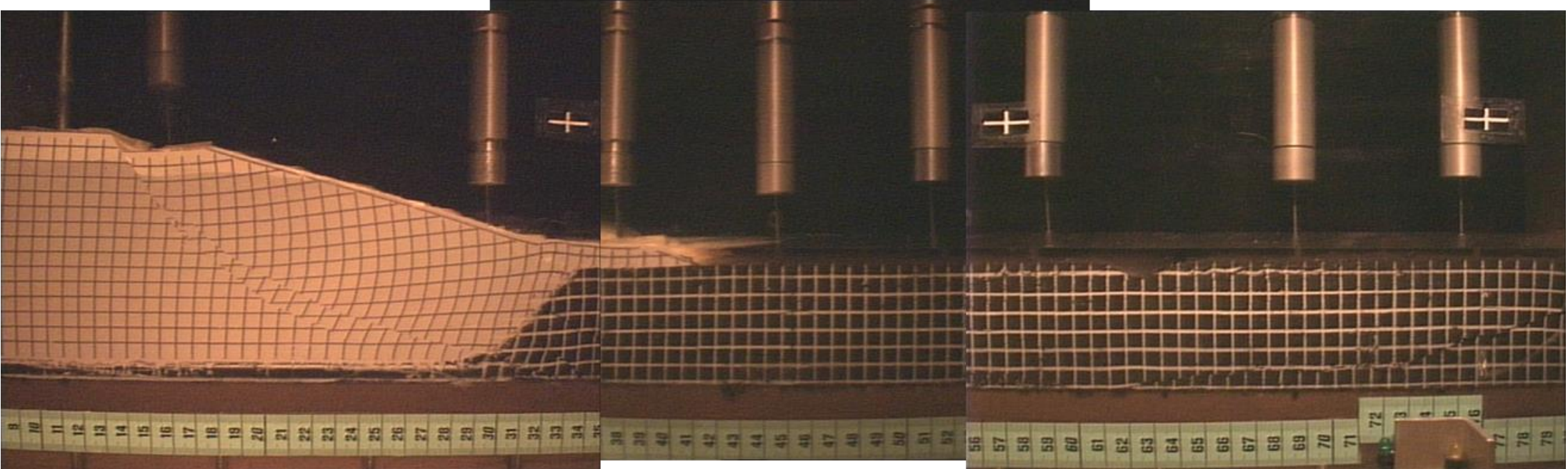
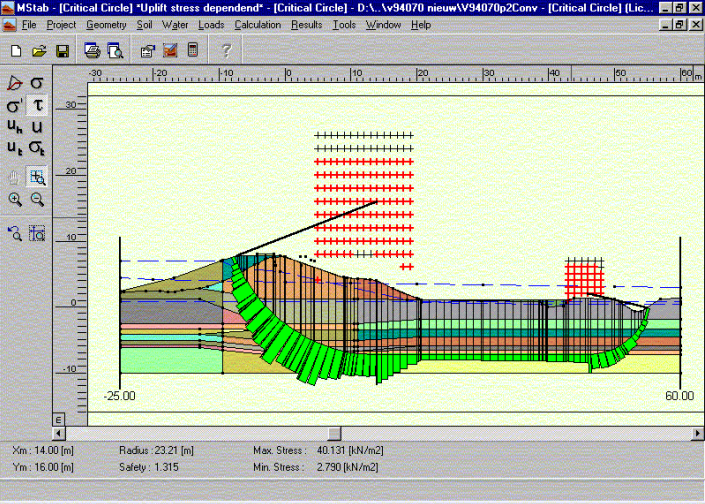




Begripsvorming – fenomenologisch onderzoek



Vergelijking numeriek - experimenteel

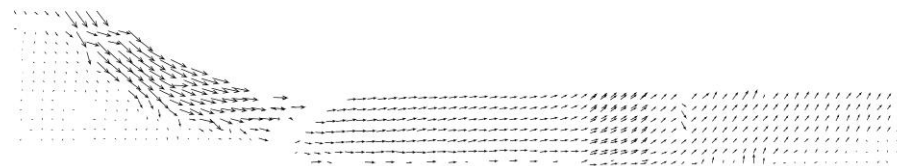


Vergelijking Numeriek - experimenteel

Image processing (centrifuge test)

1.0 (75g)

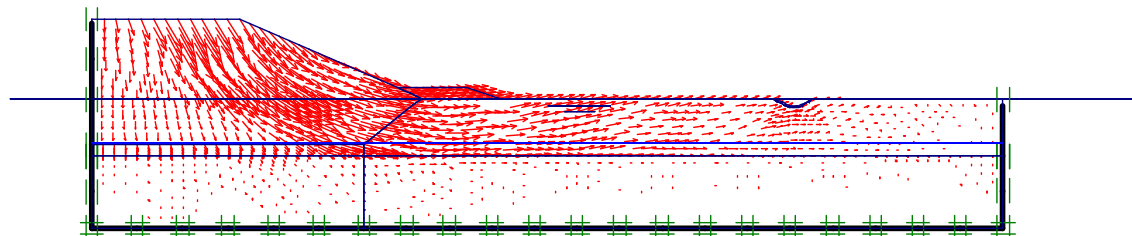
1.0 (100g)



Plaxis

0.81 (75g)

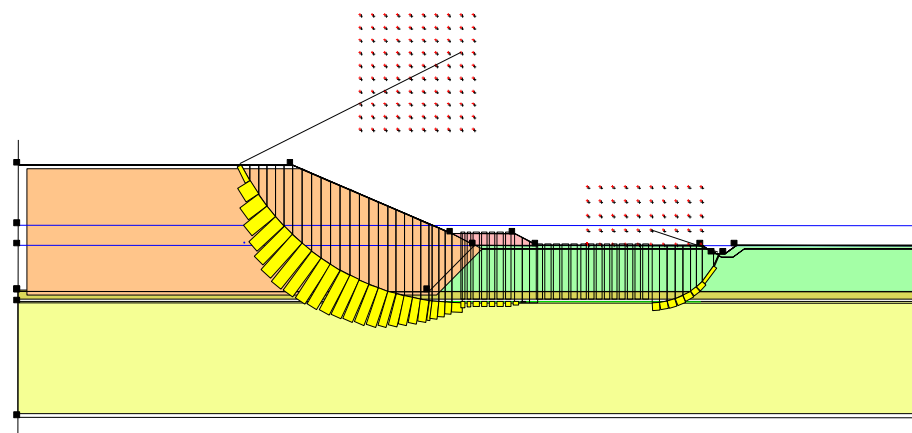
0.89 (100g)



Glijvlakberekening (LiftVan)

1.00 (75g)

1.03 (100g)



Effective stress, Safety factor $n = 1.033$

Veldproef

Veldproef dichtst bij de werkelijkheid

Eén unieke proef, als sluitstuk op de modelproevenseries; ijking van de modelproeven

Voor optimaal resultaat, bezwijken nodig



Voorbeeld veldproef; Bezwijkproef Bergambacht

Vooraf

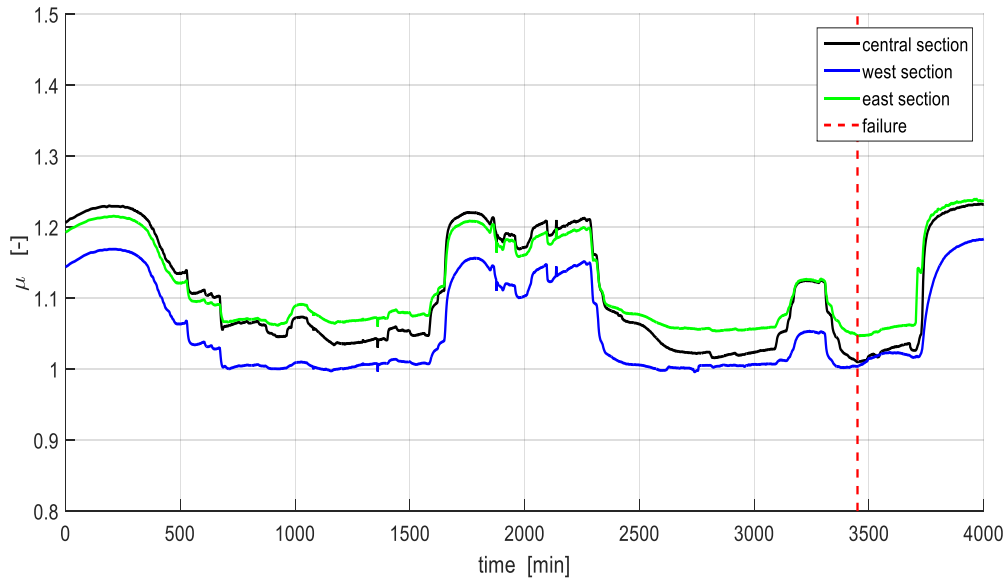


Na proef

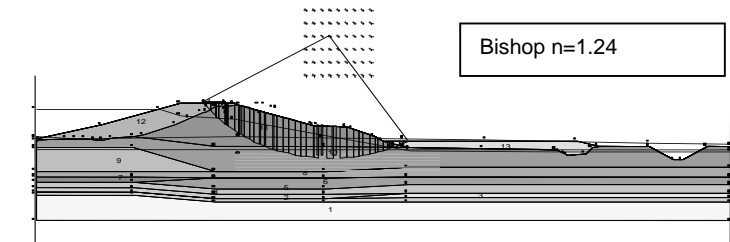
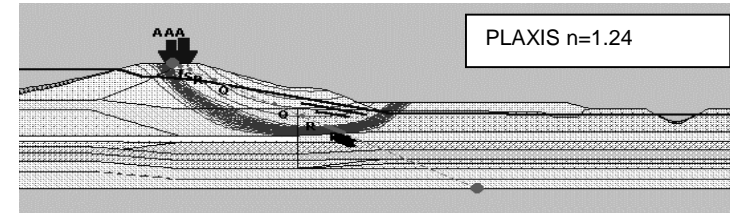
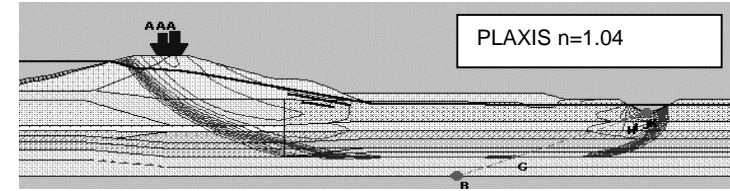


Bezwijkproef Bergambacht, najaar 2001
Bezwijken door opdrijven dik slappe lagen pakket

Voorbeeld veldproef; Bezwijkproef Bergambacht



μ = opdrijfveiligheid, σ_v / σ_w op 46 m uit de kruin, bovenzijde Pleistocene zand



Samenvatting

Doel van het vervolgonderzoek is te komen tot een betere (fysisch meer correcte) werkwijze van het bepalen van de stabiliteit van dijken bij opbarsten van het achterland.

Uitgevoerde case studie (POVM 2016) toont belang van het mechanisme voor Nederlandse dijken, circa 243 km en potentiële besparing, in de orde van 150 M€.

Uitgevoerde numerieke analyse (POVM 2020) laat zien dat er duidelijke mogelijkheden voor verbetering zijn en geeft richting:

- Alleen uitknikken en opbarsten onder specifieke omstandigheden
- Horizontale vervorming is belangrijk mechanisme dat nu niet wordt beschouwd

Vervolgonderzoek uitgekende combinatie van modelonderzoek – numeriek onderzoek en veldtest

Eindproduct gevalideerde beoordelings-, en ontwerpmethodiek voor bepalen stabiliteit van dijken bij opbarsten / opdrijven dunne deklaag



Contact

🏠 www.deltares.nl

🐦 [@deltares](https://twitter.com/deltares)

🌐 [linkedin.com/company/deltares](https://www.linkedin.com/company/deltares)

✉️ info@deltares.nl

📷 [@deltares](https://www.instagram.com/deltares)

📘 [facebook.com/deltaresNL](https://www.facebook.com/deltaresNL)



Deltares