



Rijkswaterstaat

Deltares

HWBP
voor sterke dijken



waterschap



Hollandse Delta



**De Innovatie
versneller**

HWBP voor sterke dijken



**Drents
Overijsselse
Delta**

uw waterschap



Waterschap
Rivierenland



Waterschap
Aa en Maas

GAP

K&I Café: Ontwikkelingen Piping

Huishoudelijke mededelingen



Zet je
microfoon op
stil



We houden
ons aan de
afgesproken
tijd



Zet je camera
uit tijdens de
presentaties



Gebruik de
chat voor
vragen

Programma

Tijd	Onderwerp	Spreekers
15.30	Welkom	Esther Rosenbrand
15.35	Rode Draden piping: overzicht van ontwikkelingen, kennisleemtes, en toepassing nieuwe kennis	Bianca Hardeman (HWBP)
15.45	Van data naar schematisatie	Chris Bremmer (Deltares)
15.55	Piping in getijdenzanden	Marc Hijma (Deltares), Hans de Bart (Waterschap Hollandse Delta)
16.10	Geohydrologische aanpak piping	Guido van Rinsum (Witteveen + Bos), Wing Hong Wong en Rick van Tilburg (Waterschap AA en Maas)
16.25	Aanpak voorlanden	Esther Rosenbrand (Deltares), Sander Kapinga (Waterschap Rivierenland)
16.40	Actuele ontwikkelingen:	
	<ul style="list-style-type: none">•Praktijkonderzoek opbarsten bij dijken•3D effecten bij piping•Innovatieve maatregelen zoals de grofzandbarrière	<ul style="list-style-type: none">•Peter Hopman (Waterschap Drents Overijsselse Delta)•Henk van Hemert (Rijkswaterstaat, WVL)•Han Knoeff (De Innovatieversneller)
16.55	Wat vind jij belangrijk?	Esther Rosenbrand
17.00	Napraten in virtuele omgeving Wonder.me via link in chat	

Rode draad piping

Afstemming en samenwerking Kennis en Innovatieprogramma's



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

HWBP
voor sterke dijken

Deltares



Gebruik rode draden

- De rode draden kunnen worden gebruikt bij
 - Afstemmen kennis en innovatieprojecten
 - Programmeren en prioriteren onderzoeksprogramma's,
 - Keuze om nieuwe kennis mee te nemen bij beoordeling en versterking van waterkeringen
- De rode draden zijn nooit af! Overzicht is altijd in ontwikkeling. Wij verwachten de rode draden een of twee maal per jaar te updaten
- Geschetste proces staat open voor iedereen. Iedereen kan een bijdrage leveren aan de uitwerking van de rode draden.






Samenvattend overzicht kennis piping

	<p>Toename waterspanningen in watervoerend pakket en opbarsten</p> <p>Buitenwaterstand: kans op overschrijding combinatie kritieke waterstand EN kritieke duur</p> <p>Geohydrologie: waterhuishouding binnendijs, bodemopbouw (in 3D), doorlatendheden (incl. anisotropie), inredeweerstand voorland (& rivierbodem), leklengte achterland</p> <p>Opbarsten: dikke deklaag</p>	<p>Heave</p> <p>Buitenwaterstand & geohydrologie zie kolom Initiatie en effect erosielens en concentratie stroming naar wel, effect van meerdere wellen, optillen korrels: korrelgrootte, diameter opbarstkanaal</p>	<p>Horizontale pipegroei tot aan kritiek verval (verval waarbij geen evenwicht meer is en pipe zal doorgroeien)</p> <p>Buitenwaterstand & geohydrologie zie kolom Initiatie, en ook concentratie van stroming naar pipe, heterogeniteit in de baan van de pipe, weerstand in het opbarstkanaal</p> <p>erosie van korrels: secundaire erosie: korrelgrootte, fijne fractie, gradering van zand, heterogeniteit in de baan van de pipe</p> <p>primaire erosie: pakkingsdichtheid, uniformiteit</p>	<p>Doorlopende pipe en hydraulische kortsluiting, verbreden en verdiepen pipe</p> <p>zie ook kolom horizontale pipegroei. Duur van de waterstand l.r.t. pipegroei en kwelweglengte en noodmaatregelen.</p>	<p>Kruinverlaging en overloop, leidend tot bresgroei</p> <p>zie ook kolom horizontale pipegroei.</p>
Theorie	Grondwaterstroming theorie Theorie voor sterkte van grond	Grondwaterstroming theorie Theorie voor fluidisatie zand Theorie voor optillen van korrels ten gevolge van stroomsnelheid Theorie voor ontwikkeling erosielens	Theorie voor in beweging brengen van korrels op de bodem van pipe door grondwaterstroming door een pijp (secundaire erosie) 2D (3D) Theorie voor optillen van korrels ten gevolge van stroomsnelheid (voor weerstand in opbarstkanaal) Theorie voor sterkte van grond (wanneer een laag als dak voor een pipe kan dienen) Theorie voor in beweging brengen korrels aan de kop van de pipe (primaire erosie) (2D-3D) Theorie pipegroei bij instroom door deklaag naar pipe	Theorie voor pipegroeisnelheid (in relatie tot buitenwaterstandsverloop & duur) Theorie voor wanneer grondbreuk optreedt bij voorland en wanneer pipe doorgroeit. Theorie voor verbreding/verdieping van pipe. Theorie voor eigenschappen van de deklaag waarbij pipe in stand blijft tussen opeenvolgende hoogwaters.	Theorie voor invloed deklaag en dijklidingslichaam op kruinverlaging en bresgroei.
Model	Voor belasting Gecombineerde kansverdeling overschrijding waterstand en overschrijding duur Voor waterspanning onder deklaag Regionale 3D grondwaterstromingsmodellen Lokale EEM grondwaterstromingsmodellen (2D, D-GeoFlow, Plaxflow...) Voor opbarsten Gekoppeld model grondwaterstroming en opbarsten (met sterke deklaag).	Zie ook kolom initiatie voor belasting. Gekoppeld model grondwaterstroming & weerstand in opbarstkanaal (2D-3D)	Secundaire erosie: Sellmeijer model, andere erosie formules (e.g. Shields) D-Geo Flow: koppeling geohydrologisch model met Sellmeijer voor erosie van korrels (2D) Toepassingsgebied Sellmeijer model: korrelgrootte en gradering (fines of grof materiaal), toestroom door deklaag voorland Invloed 3D stroming naar de pipe in Sellmeijer model Gekoppeld model grondwaterstroming, pipegroei & weerstand in opbarstkanaal (2D-3D) Toepassingsgebied pipelengte in D-Geo Flow bij voorland Analytische berekening weerstand in opbarstkanaal Zie ook kolom initiatie voor belasting.	Zie ook kolom initiatie voor belasting.	Zie ook kolom initiatie voor belasting.
rekenregels	Voor waterspanning onder deklaag Analytische of empirische modellen/rekenregels voor stijghoogte onder deklaag. Voor opbarsten: verticaal krachtenevenwicht voor opbarsten. Voor opbarsten Toepassingsgebied verticaal krachtenevenwicht. Vuisregels Macro stabiliteit wanneer geen opbarsten. Voor belasting Rekenwaarde voor waterstand en duur	Zie ook kolom initiatie voor belasting Huidige heave regel o.b.v. fluidisatie zand & waterspanning voor opbarsten. Toepassingsgebied heave regel. Effect water	Sellmeijer rekenregel (1-laags grondwaterstroming & korrel erosie). Toepassingsgebied 0,3d rekenregel. Toepassingsgebied voorland in rekenregel	<p>Legenda</p> <p>Geaccepteerde kennis en gevalideerde modellen</p> <p>In ontwikkeling</p> <p>Kennisleemte</p>	
Ontwerp /realisatie	Geohydrologie en bodemopbouw Datagedreven ondergrondschematisatie Omgang met onzekerheden bodemopbouw in 3D modellen Omgang met lengte effect en lokale zwakke plekken Omgang met onzekerheden i.r.t. dataverzameling				
Implementatie	Geohydrologie en bodemopbouw Schematiseringshandleiding piping, beschrijving wat te doen buiten toepassingsgebied Factsheet anisotropie bepaling voor getijdenaafzettingen. Handreikingen zoals: meenemen grondwaterstroming (2D & 3D); grondonderzoek & monitoringstrategie i.r.t. faalpad, omgang met heterogeniteit op verschillende schalen, Validatie HPT-AMPT Tools: Screening tool (piping tool WSRL)				

Onzekerheden dataverzameling

Relevantie solitaire wellen: als opbarsten uitgesloten kan worden

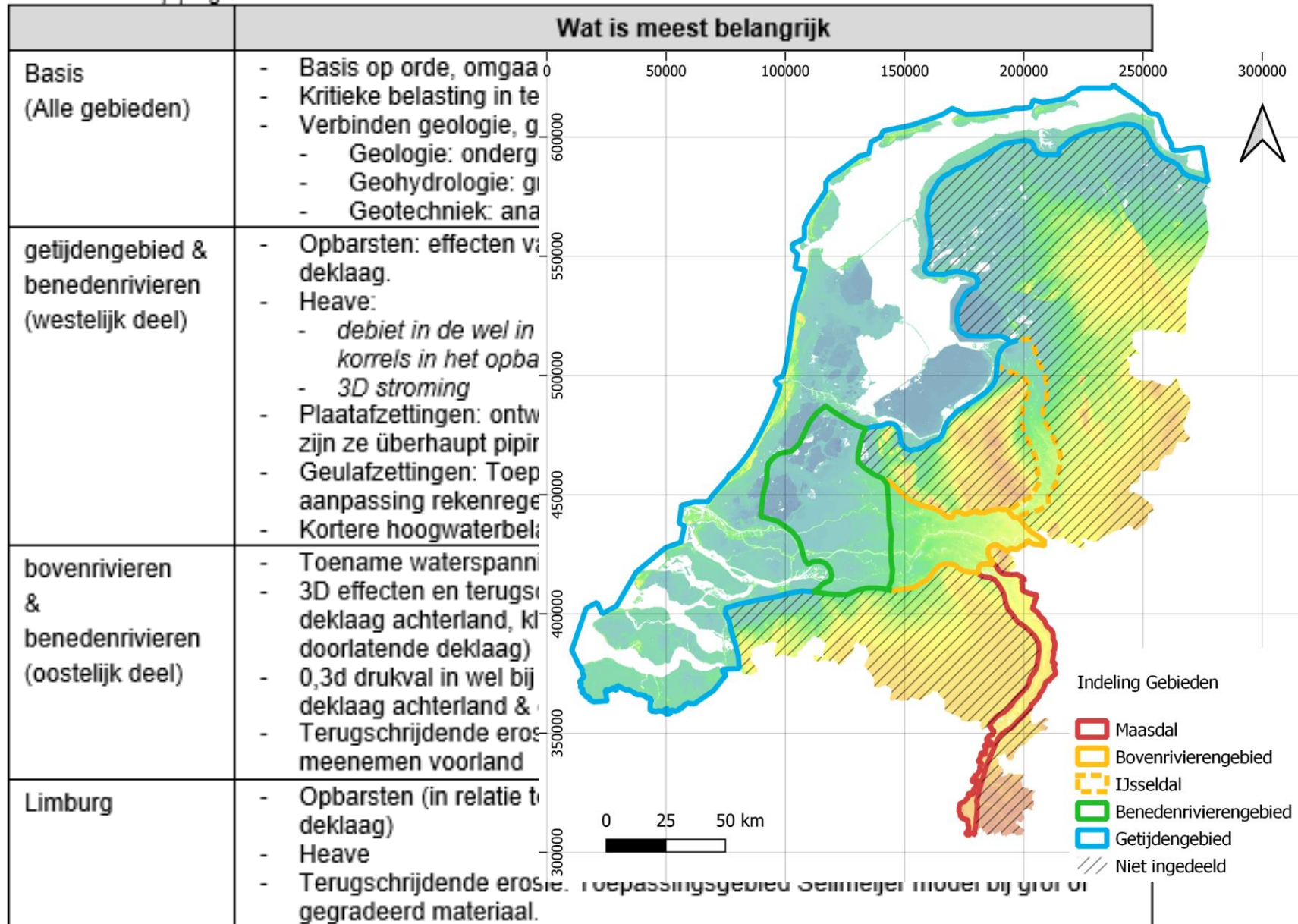
Handreiking meenemen grondwaterstroming DIV-GAP

					
	<p>Toename waterspanningen in watervoerend pakket en opbarsten</p> <p>Buitenwaterstand; kans op overschrijding combinatie kritieke waterstand EN kritieke duur</p> <p>Geohydrologie: waterhuishouding binnendijs, bodemopbouw (in 3D), doorlatendheden (incl. anisotropie), intredeweerstand voorland (& rivierbodern), leklengte achterland</p> <p>Opbarsten; dichte deklaag</p>	<p>Heave</p> <p>Buitenwaterstand & geohydrologie zie kolom Initiatie en effect erosielens en concentratie stroming naar wel, effect van meerdere wellen, optillen korrels: korrelgrootte, diameter opbarstkanaal</p>	<p>Horizontale pipegroei tot aan kritiek verval (verval waarbij geen evenwicht meer is en pipe zal doorgroeien)</p> <p>Buitenwaterstand & geohydrologie zie kolom Initiatie, en ook concentratie van stroming naar pipe, heterogeniteit in de baan van de pipe, weerstand in het opbarstkanaal</p> <p>erosie van korrels; secundaire erosie: korrelgrootte, fijne fractie, gradering van zand, heterogeniteit in de baan van de pipe</p> <p>primaire erosie: pakkingsdichtheid, uniformiteit</p>	<p>Doorlopende pipe en hydraulische kortsluiting, verbreden en verdiepen pipe</p> <p>zie ook kolom horizontale pipegroei.</p> <p>Duur van de waterstand l.r.t. pipegroei en kwelweglengte en noodmaatregelen.</p>	<p>Kruinverlaging en overloop, leidend tot bresgroei</p> <p>zie ook kolom horizontale pipegroei.</p>
Theorie	<p>Grondwaterstroming theorie</p> <p>Theorie voor sterkte van grond</p>	<p>Grondwaterstroming theorie</p> <p>Theorie voor fluidisatie zand</p> <p>Theorie voor optillen van korrels ten gevolge van stroomsnelheid</p> <p>Theorie voor ontwikkeling erosielens</p>	<p>Theorie voor in beweging brengen van korrels op de bodern van pipe door grondwaterstroming door een pijp (secundaire erosie) 2D (3D)</p> <p>Theorie voor optillen van korrels ten gevolge van stroomsnelheid (voor weerstand in opbarstkanaal)</p> <p>Theorie voor sterkte van grond (wanneer een laag als dak voor een pipe kan dienen)</p> <p>Theorie voor in beweging brengen korrels aan de kop van de pipe (primaire erosie) (2D-3D)</p> <p>Theorie pipegroei bij instroom door deklaag naar pipe</p>	<p>Theorie voor pipegroei (in relatie tot buitenwaterstandsverloop & duur)</p> <p>Theorie voor wanneer grondbreuk optreedt bij voorland en wanneer pipe doorgroeit .</p> <p>Theorie voor verbreding/verdieping van pipe.</p> <p>Theorie voor eigenschappen van de deklaag waarbij pipe in stand blijft tussen opeenvolgende hoogwaters.</p>	<p>Theorie voor invloed deklaag en dijklchaam op kruinverlaging en bresgroei.</p>
Model	<p>Voor belasting</p> <p>Gecombineerde kansverdeling overschrijding waterstand en overschrijding duur</p> <p>Voor waterspanning onder deklaag</p> <p>Regionale 3D grondwaterstromingsmodellen</p> <p>Lokale EEM grondwaterstromingsmodellen (2D, D-GeoFlow, Plaxflow...)</p> <p>Voor opbarsten</p> <p>Gekoppeld model grondwaterstroming en opbarsten (met sterke deklaag).</p>	<p>Zie ook kolom initiatie voor belasting.</p> <p>Gekoppeld model grondwaterstroming & weerstand in opbarstkanaal (2D-3D)</p>	<p>Secundaire erosie:</p> <p>Sellmeijer model, andere erosie formules (e.g. Shields)</p> <p>D-Geo Flow: koppeling geohydrologisch model met Sellmeijer voor erosie van korrels (2D)</p> <p>Toepassingsgebied Sellmeijer model: korrelgrootte en gradering (fines of grof materiaal), toestroom door deklaag voorland</p> <p>Involed 3D stroming naar de pipe in Sellmeijer model</p> <p>Gekoppeld model grondwaterstroming, pipegroei & weerstand in opbarstkanaal (2D-3D)</p> <p>Toepassingsgebied pipelengte in D-Geo Flow bij voorland</p> <p>Analytische berekening weerstand in opbarstkanaal</p>	<p>Zie ook kolom initiatie voor belasting.</p>	<p>Zie ook kolom initiatie voor belasting.</p>
rekenregel	<p>Voor waterspanning onder deklaag</p> <p>Analytische of empirische modellen/rekenregels voor stijghoogte onder deklaag.</p> <p>Voor opbarsten: verticaal krachterevenwicht voor opbarsten.</p> <p>Voor opbarsten</p> <p>Toepassingsgebied verticaal krachterevenwicht.</p> <p>Vuistregels Macrostablieit wanneer geen opbarsten.</p> <p>Voor belasting</p> <p>Dataverzameling voor waterstand en duur</p>	<p>Zie ook kolom initiatie voor belasting</p> <p>Huidige heave regel o.b.v. fluidisatie zand & waterspanning voor opbarsten.</p> <p>Toepassingsgebied heave regel.</p> <p>Effect opbarsten op waterspanning voor heave.</p>	<p>Zie ook kolom initiatie voor belasting.</p> <p>Sellmeijer rekenregel (1-laags grondwaterstroming & korrel erosie).</p> <p>Toepassingsgebied 0,3d rekenregel.</p> <p>Toepassingsgebied voorland in rekenregel</p>	<p>Geaccepteerde kennis en gevalideerde modellen</p> <p>In ontwikkeling</p> <p>Kennisleemte</p>	
Ontwerp /realisatie	<p>Geohydrologie en bodemopbouw</p> <p>Datagedreven ondergrondschematisatie</p> <p>Omgang met onzekerheden bodemopbouw in 3D modellen</p> <p>Omgang met lengte effect en lokale zwakke plekken</p> <p>Omgang met onzekerheden i.r.t. dataverzameling</p>	<p>Zie ook kolom initiatie voor geohydrologie & bodemopbouw</p> <p>Huidige heave regel voor fluidisatie.</p>	<p>Zie ook kolom initiatie voor geohydrologie & bodemopbouw</p> <p>Veiligheidsformat D-Geo Flow voor kritiek verval</p> <p>Ontwerp en beoordelingsregel meenemen voorland incl. bepaling effectieve voorlandlengte.</p> <p>Onzekerheden lengte effect en lokaal schematiseren</p> <p>Probabilistiek & kalibratieregul D-Geo Flow (incl. pipe lengte)</p>		
Implementatie	<p>Geohydrologie en bodemopbouw</p> <p>Schematiseringshandleiding piping, beschrijving wat te doen buiten toepassingsgebied</p> <p>Factsheet anisotropie bepaling voor getijdenafzettingen.</p> <p>Handreikingen zoals: meenemen grondwaterstroming (2D & 3D); grondonderzoek & monitoringstrategie i.r.t. faalpad, omgang met heterogeniteit op verschillende schalen, verticale HPT-AMPT meetmethode</p> <p>Tools: Screening tool (piping tool WSRL)</p>	<p>Zie ook kolom initiatie voor geohydrologie & bodemopbouw</p> <p>SH Piping: heave regel, beschrijving wat te doen buiten toepassingsgebied</p> <p>KvK Bijsluiter Wanneer zijn wellen een risico voor terugschrijdende erosie?</p>	<p>Zie ook kolom initiatie voor geohydrologie & bodemopbouw</p> <p>Factsheets: Gebruik D-Geo Flow. Voorland, Fijne Fractie, 3D; Schematiseringshandleiding piping, beschrijving wat te doen buiten toepassingsgebied, o.a. bij 'zand op zand'; handvat meenemen</p>		

Voorland meenemen in rekenregel

Onzekerheden lengte effect en lokaal schematiseren, onderzocht voor WSRL, uittredepunten methode

Gespecificeerd per gebied



Tabel 1 Rode draad en voorlopige onderzoeken prioritering mechanische piping

Gebied	Rode draden	Lopende/ geagendeerde ontwikkelingen	Resterende aspecten urgent	Lange termijn
Basis	1 Basis op orde a Veiligheidsraamwerk b Technische Leidraden c Embankment Suite d <u>Handvat sanity check / werkwijze piping¹</u> e <u>Comply or explain lijst en Releasekalender</u>	<u>Implementatie</u> : Digitale technische leidraad incl. schematiseren D-Piping; Handreiking piping analyse incl. beslisregels & sanity check; Release kalender (BOI 2023) <u>Model</u> : Validatie en nieuwbouw D-Geo Flow in Embankment suite. Probabilistisch piping met D-Geo Flow/veiligheidsformat D-Geo Flow (HWBP & BOI) <u>Implementatie</u> : Handreiking geohydrologische aanpak piping (HWBP DIV) <u>Implementatie</u> : Comply or explain (HWBP DIV) <u>Implementatie</u> : Prototype sanity check (Deltares) <u>Implementatie</u> : Decision support framework (internationale sanity check) (WVL MOU USACE)	<u>Ontwerp</u> : <u>Geologische Aanpak</u> : grondonderzoek en monitoring i.r.t. omgang met onzekerheden	Probabilistische faalpaden Update SOS waardes k en aanvulling SOS met anisotropie Detail meerlaagsheid en anisotropie
Getijdengebied - Plaatafzettingen	2 Uitsluiten piping o.b.v. beslisregels	<u>Implementatie</u> : uitsluitingscriteria o.b.v. eenvoudig in het veld te meten geotechnische parameters HWBP KIA - Hedwigepolder		
Getijdengebied- Geulafzetting	3 Scherpere bepaling kans <u>terugschrijdende erosie</u> a extra sterkte fines b extra sterkte anisotropie	<u>Theorie/Model</u> : extra sterkte fines meenemen in Sellmeijer model (rekenregel/D-Geo Flow) HWBP KIA – Hedwigepolder		
Bovenrivieren	4 Scherpere bepaling <u>toename waterspanningen</u> : a Voorland b Gelaagdheid & anisotropie c 3D stroming d. 0,3d regel	<u>Model/Ontwerp</u> : Voorlanden omgaan met onzekerheden en schematisatie en handreiking voorlanden (KvK) <u>Theorie/ Model</u> : 3D effecten bij terugschrijdende erosie (incl. pipe lengte) (KvK) <u>Theorie</u> : leren van wellen en 0,3d regel bij terugschrijdende erosie (KvK) <u>Implementatie</u> : Datagedreven schematiseren (KvK)		
Benedenrivieren	5 Scherpere bepaling kans <u>opbarsten en heave</u>	<u>Theorie/model/implementatie</u> : beslis- en rekenregels opbarsten deklaag inclusief sterkte deklaag (HWBP KIA Reevediep)	<u>Implementatie</u> : Handvatten omgang met individuele wellen in situatie met dikke deklaag.	piping Tijdsafhankelijkheid meenemen (zie getijdengeul afzetting)
Limburg	6 faalpadanalyse piping in Limburg		<u>Theorie</u> : Faalpadanalyse Limburg <u>Model/veiligheidsformat</u> : toepassingsgebied erosiemodel bij breed gegradeerde zanden of situatie leem op grind.	

Lopende en geagendeerde ontwikkelingen:

Highlights:

- Embankment Suite (basis)
- Pipingproef Hedwigepolder (Getijdengebied)
- Voorlanden (bovenrivieren)
- Onderzoek 3D (bovenrivieren)
- Datagedreven schematiseren (bovenrivieren)
- Reevediep opbarsten (benedenrivieren)
- Faalpadanalyse Limburg (Limburg Maasdal)

Uitbreiding rode draden: pipingmaatregelen Concept i.s.m. de Innovatieversneller

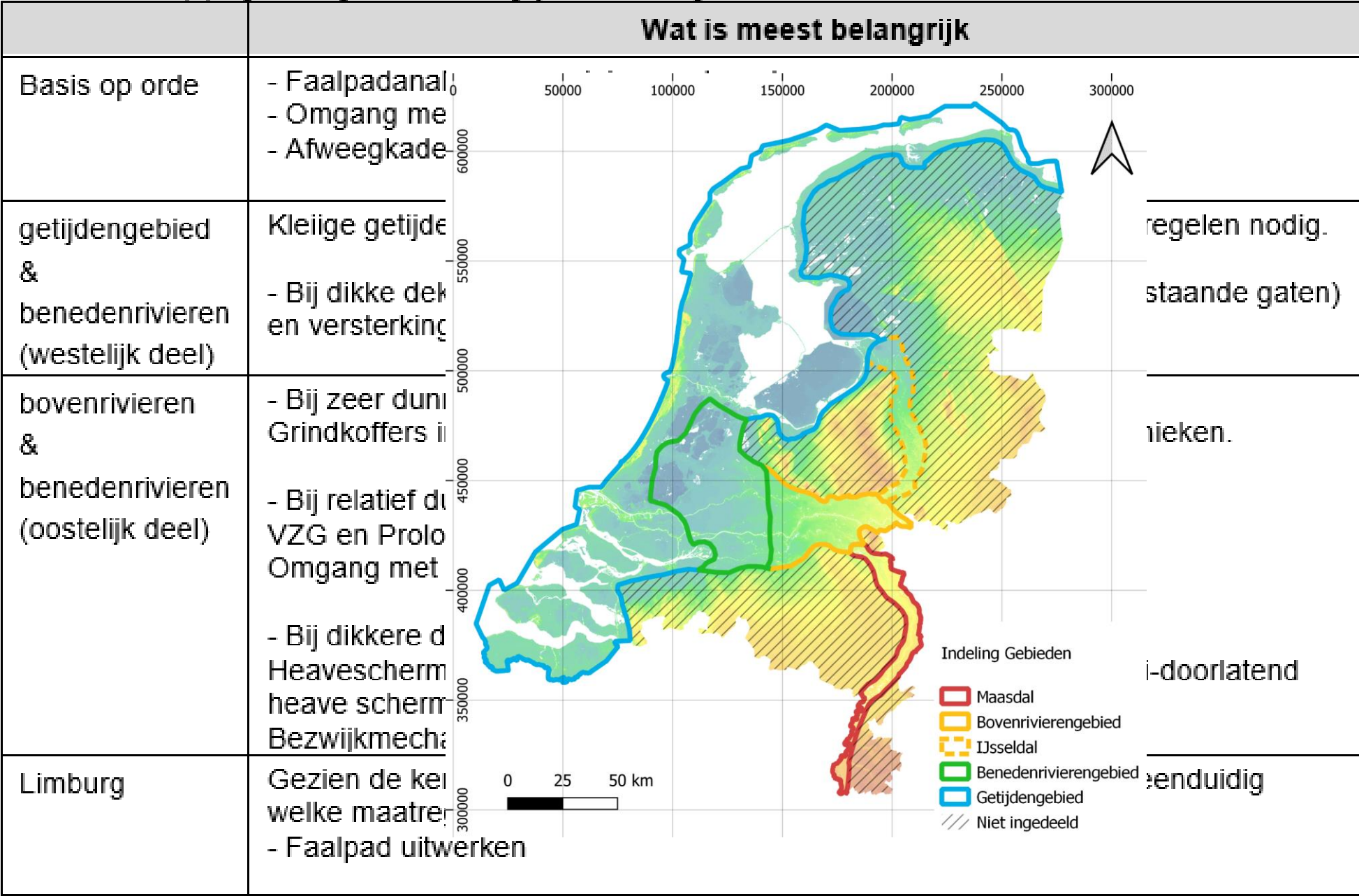
4 oplossingsrichtingen:
 Filtertechnieken
 Heaveschermen
 Drainagemaatregelen
 Kwelwegverlenging

Beschrijving

Eerste vragen, nadere
 uitwerking volgt i.s.m.
 DIV & projecten

	Filtertechnieken	Heaveschermen	Drainagemaatregelen	Verhogen weerstand tegen stroming
Tabel 3	Technieken die voorkomen dat terugschrijdende pipe kortsluiting maakt doordat korrels tegen worden gehouden en water wordt doorgelaten. <i>Relevante karakteristieken zijn de korrelgrootteverdeling bovenin het watervoerend pakket voor filterwerking. Voor de belasting is de geohydrologie van belang</i>	Technieken die zorgen voor meer weerstand tegen terugschrijdende erosie door verticaal scherm dat grondwaterstroming tegenhoudt. <i>Relevante karakteristieken zijn diepte van scherm, de doorlatendheid en weerstand tegen erosie van het scherm, en de geohydrologie voor belasting.</i>	Technieken die waterspanningen onder de deklaag binnendijks verlagen om zo opbarsten, heave en terugschrijdende erosie tegen te gaan. <i>Relevante karakteristiek is geohydrologie, de maatregel grijpt in op de belasting.</i>	Technieken om de kwelweg te verlengen en daardoor waterspanning binnendijks te verlagen om zo opbarsten, heave en terugschrijdende erosie tegen te gaan. <i>Relevante karakteristieken zijn de geohydrologie, en expliciet de karakteristieken in het voorland.</i>
Thema:	Faalpadanalyse Grondwaterstroming Sterkte/vervorming geotextiel Erosieproces (van de GZB) Bezwijkmechanisme voor VZG & Prolock	Faalpadanalyse Grondwaterstroming Erosieproces (pipegroef tot aan scherm) Weerstand heave (fluidisatie van grond bij constante gradiënt langs het scherm; niet constante gradiënt)	Faalpadanalyse Grondwaterstroming Fluidisatie (grindkoffer) Verstoppingsprocessen Zie tabel 2	Faalpadanalyse Zie tabel 2 voor voorlandverbetering Flocculatie (SoSeal) Erosieproces, stabiliteit van SoSeal, en bezwijkmechanisme voor SoSeal
Rekenmodel	Filterregels Grondwaterstromingsmodel met GZB Rekenregels 3D effecten met GZB Interactie grondwaterstroming, erosie en sterke filtererosie van filter 3D effecten bij filtermaatregelen	Heave voor homogeen isotroop aquifer (2D) en ondoorlatend heave scherm Grondwaterstroming Model met interactie grondwaterstroming, erosie, en fluidisatie bij heavescherm Heave bij meelaagsheid, of bij semi-doorlatend heave scherm 3D effecten bij heave	Filterregels Grondwaterstroming Model met interactie drainage en terugschrijdende erosie (3D)	Zie tabel 2 voor voorlandverbetering Gekoppeld grondwaterstroming en terugschrijdende erosie
Ontwerp/ realisatie	Full scale pilots (VZG, GZB, Groenland) Maakbaarheidsproef (Prolock) Omgaan met onzekerheden en veiligheidsformat filterregels <i>Optimalisaties: aanbrengmethodieken, ontwerp andere dimensies en andere materialen voor de GZB. Combinatie van maatregelen.</i>	Heave Regel bij dichte stalen of kunststofschermen, Veiligheidsformat heave dichte schermen (0,3d regel, geohydrologie) Omgaan met onzekerheden en veiligheidsformat overige niet volledig dichte schermen zoals Soilmix heaveschermen	DMC, onlastputten, etc. In verschillende projecten, toepassing onlastputten op grote schaal in buitenland (relief wells) Omgaan met onzekerheden en veiligheidsformat drainage	Zie tabel 2 Bermen en voorlandverbetering veelvuldig toegepast Toepassing SoSeal in pilot (als kwel beperkende maatregel) Omgaan met onzekerheden en veiligheidsformat
Implementatie	Publicatie Filtertechnieken, inclusief schematisering en monitoring strategie OBR VZG OBR GZB OBR kunststof filterschermen (Prolock)	Toepassing danwanden bij o.m. GOWA, voorzien bij vele projecten Publicatie Filtertechnieken, inclusief schematisering en monitoring strategie OBR Soilmix heaveschermen OBR kunststof heaveschermen	Publicatie drainagetechnieken, inclusief schematisering en monitoring strategie OBR drainagetechnieken Legenda Geaccepteerde kennis en gevalideerde modellen In ontwikkeling Kennisleemte Optimalisatie	Zie tabel 2 standaard instrumenten voor ontwerp bermen Publicatie inclusief schematisering en monitoring strategie OBR Geotextiel OBR SoSeal

Net als bij mechanisme:
rode lijn op basis van
gebiedsspecifieke
kenmerken.



Overzicht voor comply or explain

Recente ontwikkelingen	Huidige fase ¹	Rode lijn
Geohydrologische aanpak piping	implementatie	Faalmechanisme piping: Basis op orde
D-Geo Flow (meerlaagsheid, anisotropie)	Ontwerp / implementatie	Faalmechanisme piping: Basis op orde en Bovenrivieren
Meenemen voorland	Ontwerp /implementatie	Faalmechanisme piping: Boven en benedenrivieren
Uitsluiten pipegroei getijdenplaatafzettingen	implementatie	Faalmechanisme piping: Getijdegebieden
Drainageconstructies	Ontwerp / implementatie	Piping maatregelen: Benedenrivierengebied drainage
Grof Zand Barrière (GZB)	Ontwerp/ implementatie	Piping maatregelen: Bovenrivierengebied filtertechnieken
Verticaal Zanddicht Geotextiel (VZG)	Ontwerp / implementatie	Piping maatregelen: Bovenrivierengebied filtertechnieken
Prolock schermen	Ontwerp	Piping maatregelen: Bovenrivierengebied filtertechnieken
Soil Mix en kunststof heaveschermen	Ontwerp	Piping maatregelen: Bovenrivierengebied heaveschermen

Ontwikkelingen in
ontwerpfase afwegen

Afweegkader volgt
vanuit DIV

KvK – Datagedreven Schematisatie BOI

**K&I-café
10 maart 2022**

Chris Bremmer

Probleemstelling

Heterogeniteit Voorland:

- Dikte?
- Weerstand?
- Relevantie voor piping?

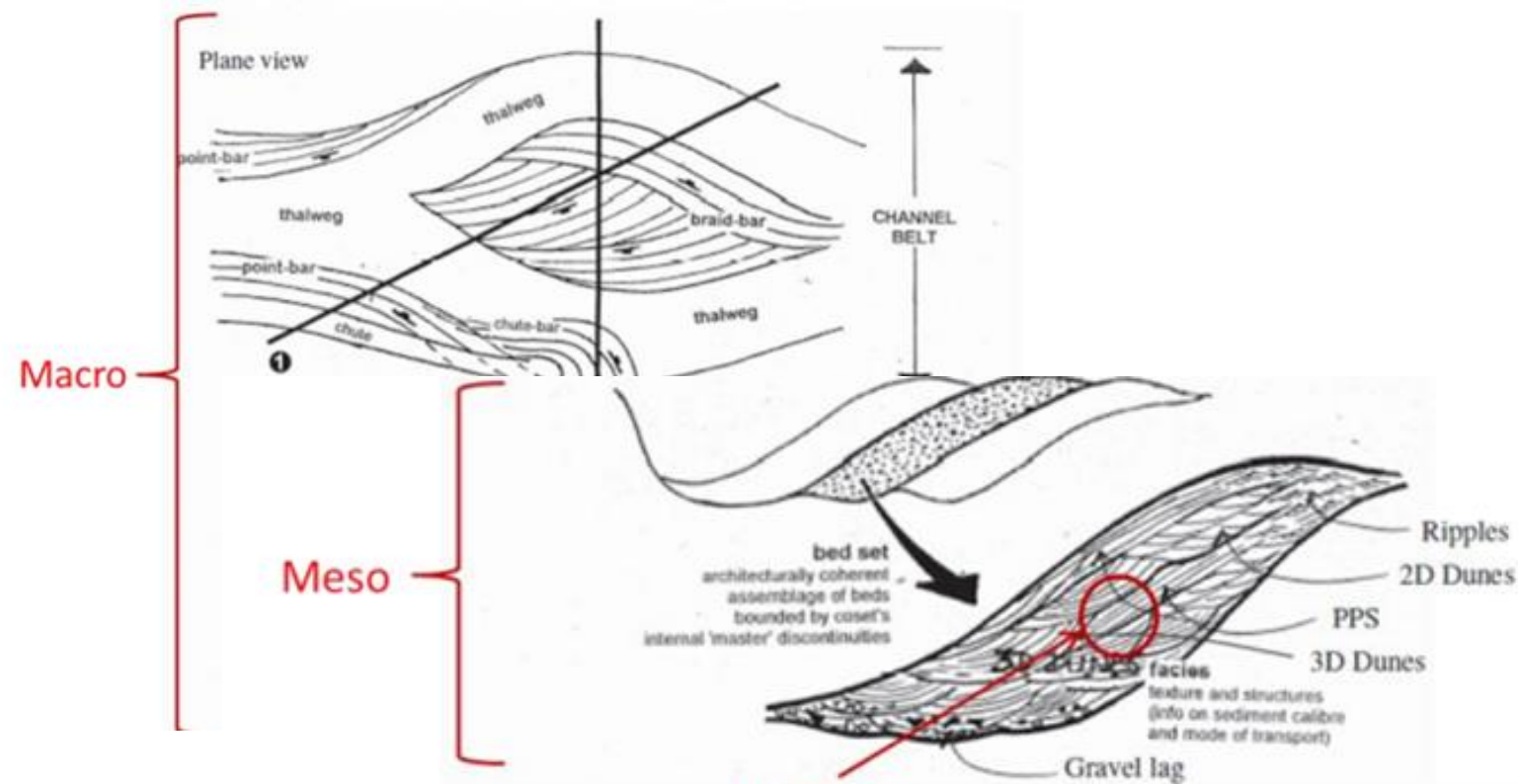
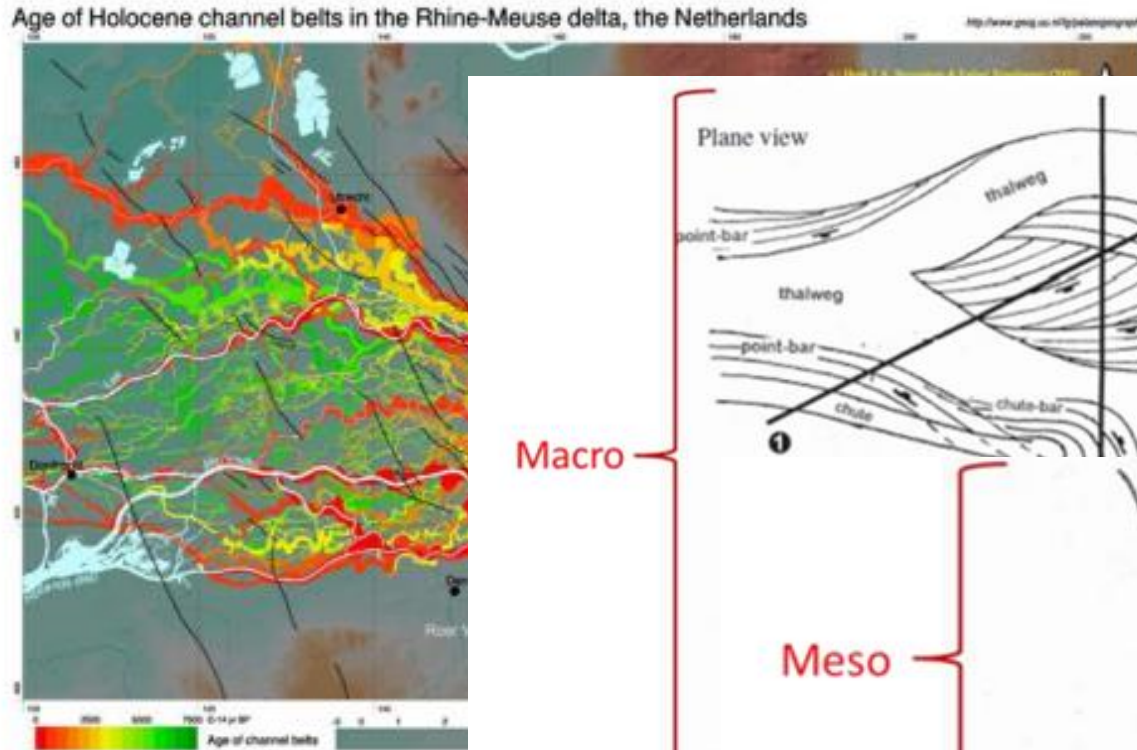


Vraagstelling

- Gegeven de toenemende beschikbaarheid van data en tools: kan een meer datagedreven aanpak ons helpen ondergrondgerelateerde overstromingsrisico's nauwkeuriger in te schatten?
- Kan een dergelijke aanpak toegepast worden op het mechanisme 'Piping'?
- Kunnen inzichten vertaald worden naar praktijkrichtlijnen/-adviezen?

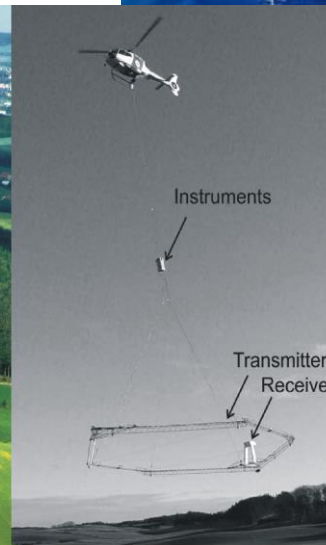
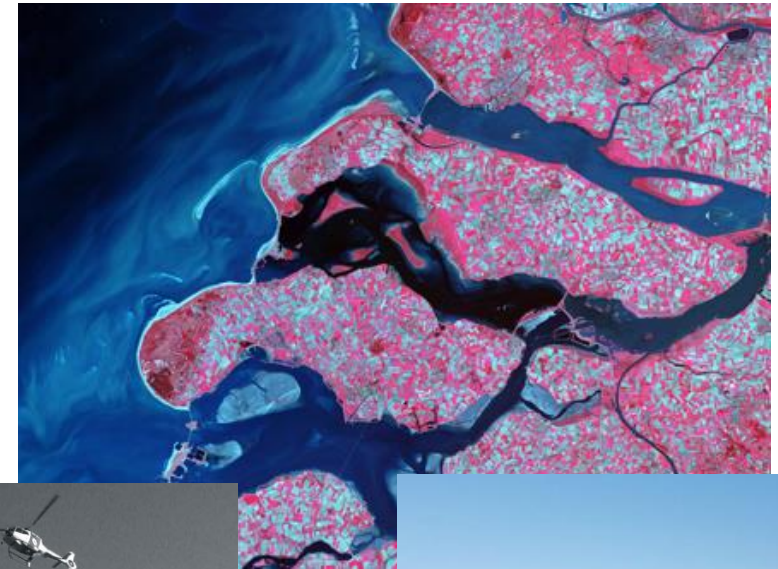
Heterogeniteit van de ondergrond – Schaal en Structuur

Delta

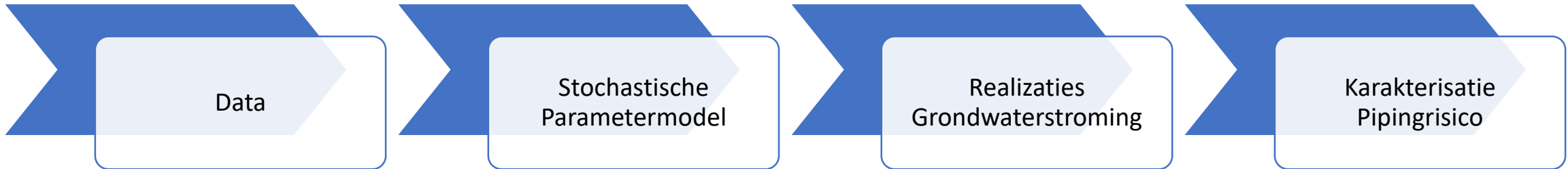
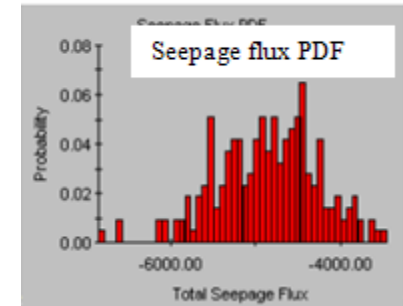
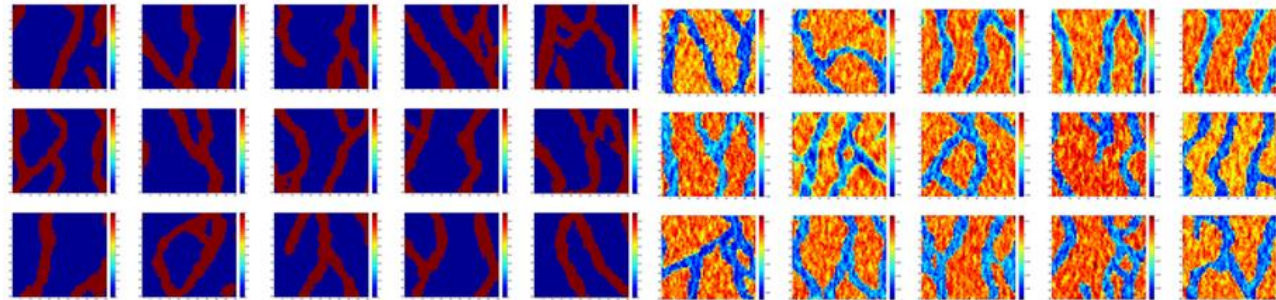


K
K
P
-
s
e
s
s
i
e
N
e
t
w
e
r
k
D
i
j
k
m
o
n
i
t
o
r
i
n
g

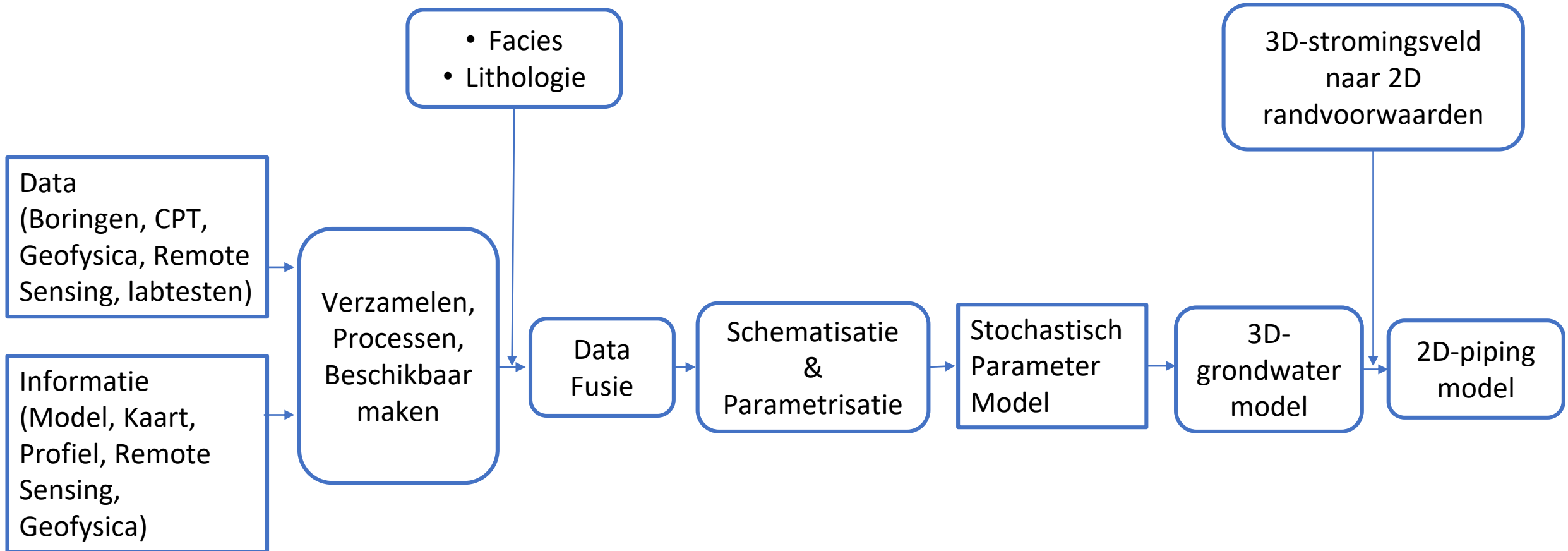
Steeds meer gegevens over dijken



Aanpak



Workflow



Beoogde resultaten

- Kwantificering relatie heterogeniteit 'Voorland' en piping risico voor twee test gebieden
- Beoordeling impact grondonderzoek op kwantificering piping risico ('Lengte-effect')



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

HWBP
voor sterke dijken



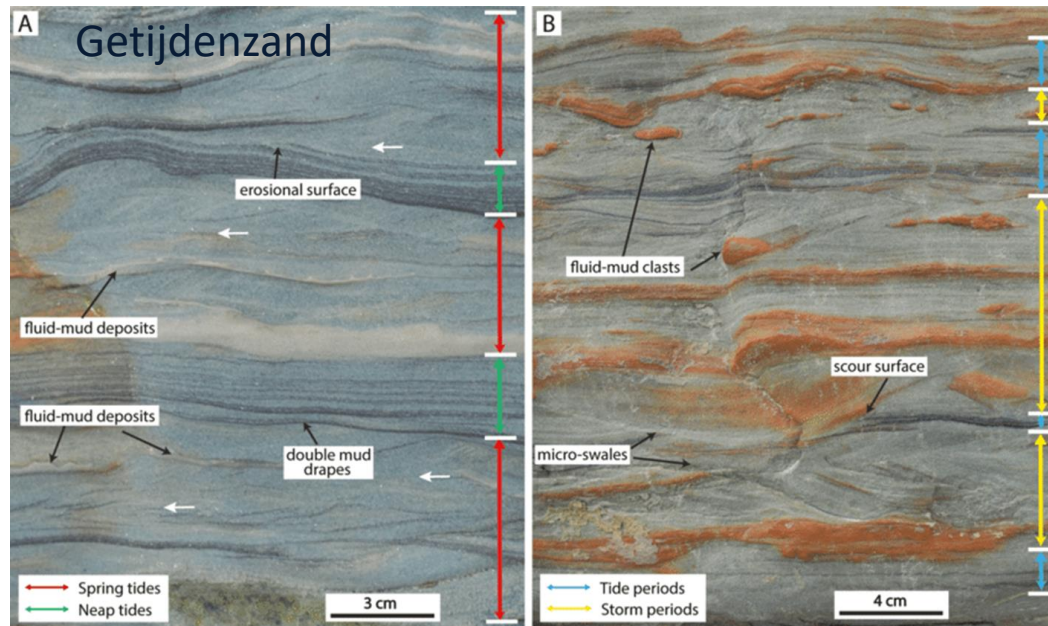
Deltares

Piping in getijdenzand

Marc Hijma

Waarom piping in getijdenafzettingen onderzoeken

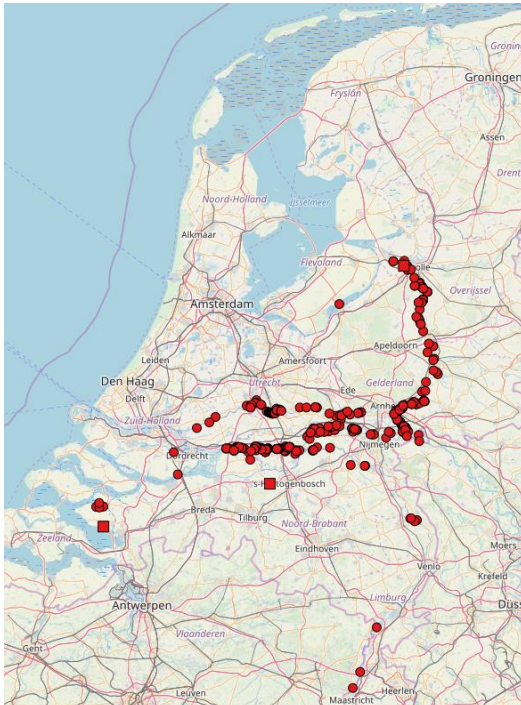
Heel anders dan rivierafzettingen, waar de huidige rekenregel/modellen voor ontwikkeld zijn



1. Gemiddeld fijner
2. Veel grotere silt- en kleifractie
3. Veel meer (dunne) kleilaagjes
4. Grotere anisotropie
5. Grotere invloed van meerlaagsheid

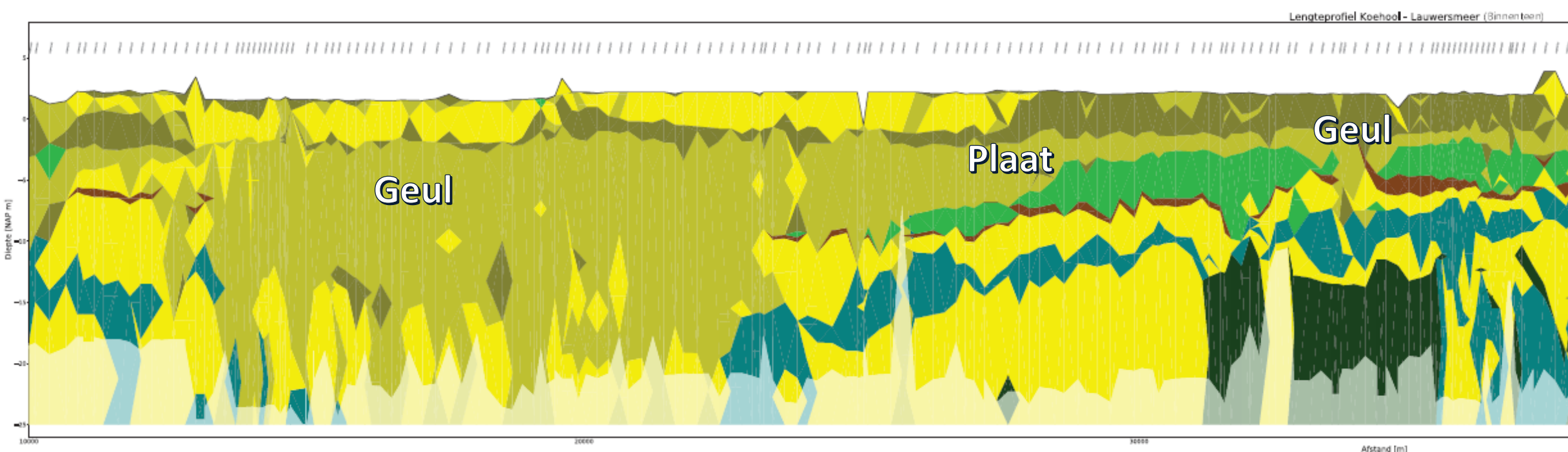
Waarom piping in getijdenafzettingen onderzoeken?

- Komen wijdverbreid voor
 - Onder 1/3 van primaire keringen
- Worden weinig/geen zandmeevoerende wellen gerapporteerd
 - Maar wel hoge faalkansen volgens Sellmeijer



Belangrijk verschil: getijdenplaat en getijdengeul

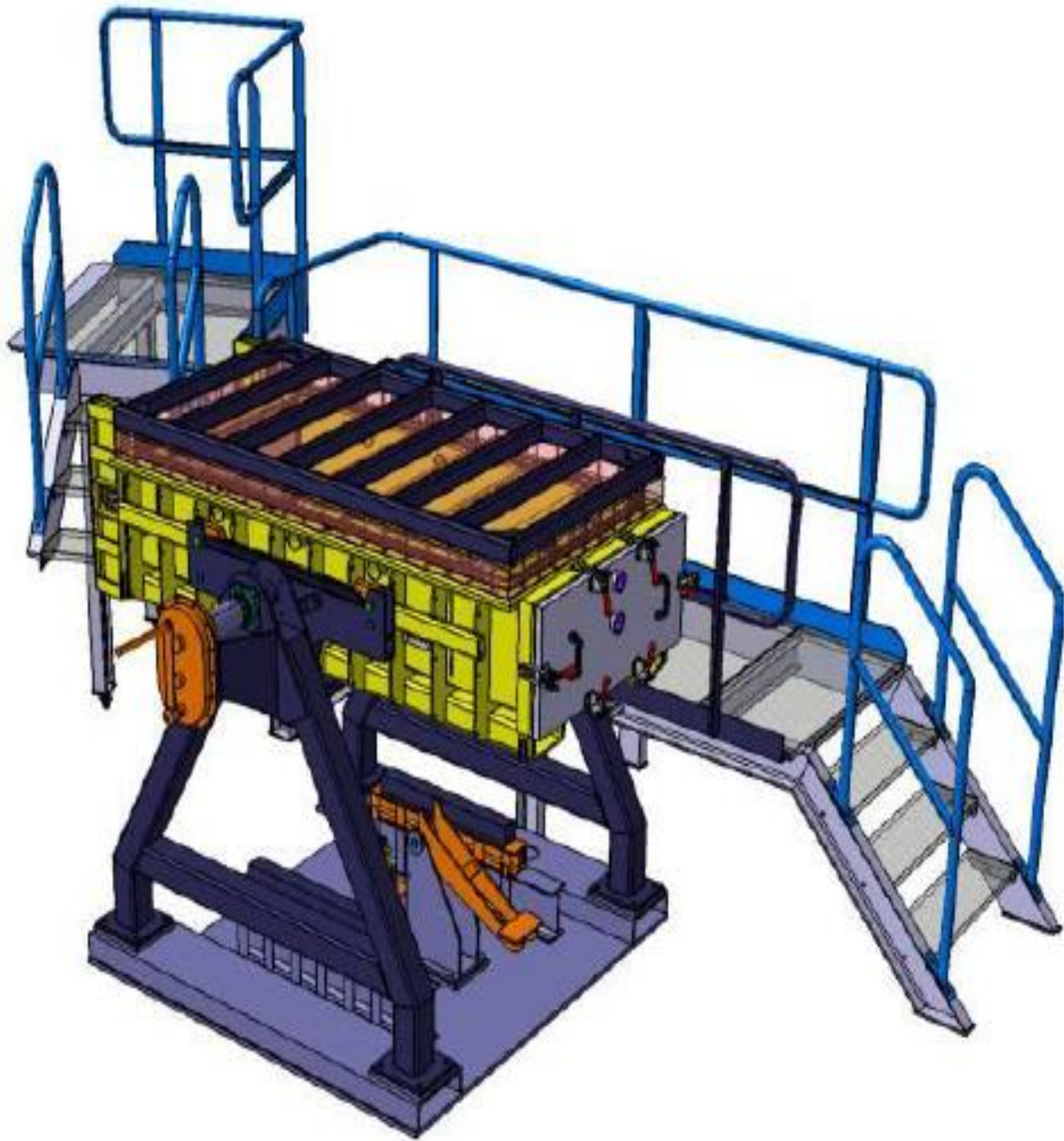
Eigenschap	Getijdenplaat	Getijdengeul
Vorm	Uitgestrekt en relatief dun	Relatief dik





Doelstelling pipingonderzoek in getijdenzand:

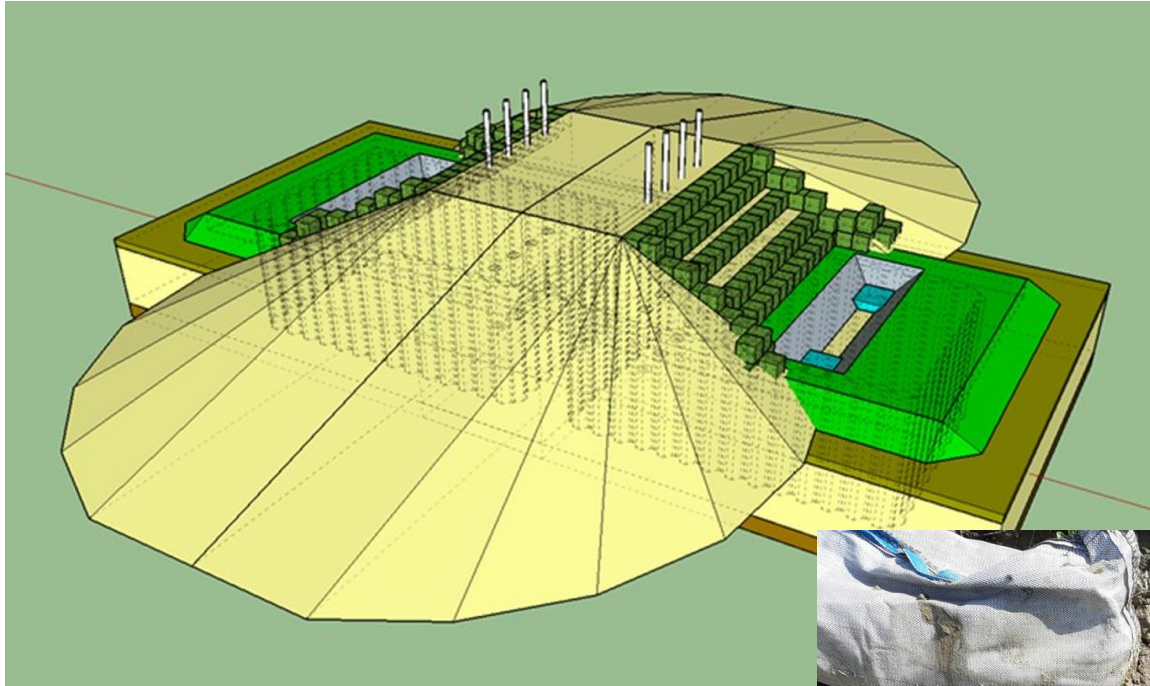
Het onderzoek heeft tot doel de daadwerkelijke sterkte van getijdenzand tegen piping te bepalen, de sterkte-eigenschappen te karakteriseren en deze kennis te vertalen en toepasbaar te maken voor beoordelings- en versterkingsprojecten.





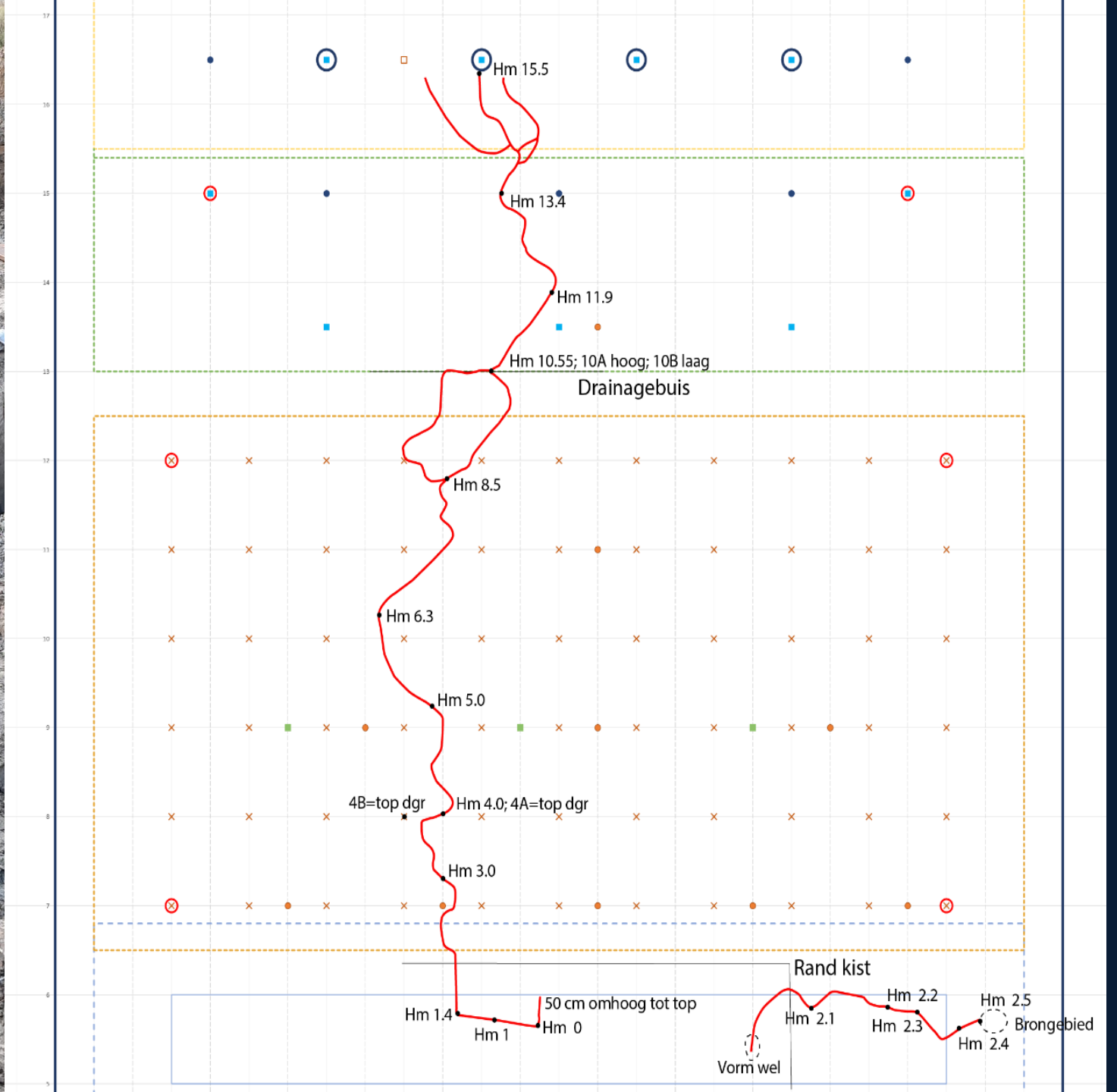
- **Vijfhuisterdijk: 2020**
- Getijdenplaat
 - >2,3 sterker
- Advies
 - Getijdenplaat
 - factor 2
 - Getijdengeul
 - 15% sterkte per procentpunt slib



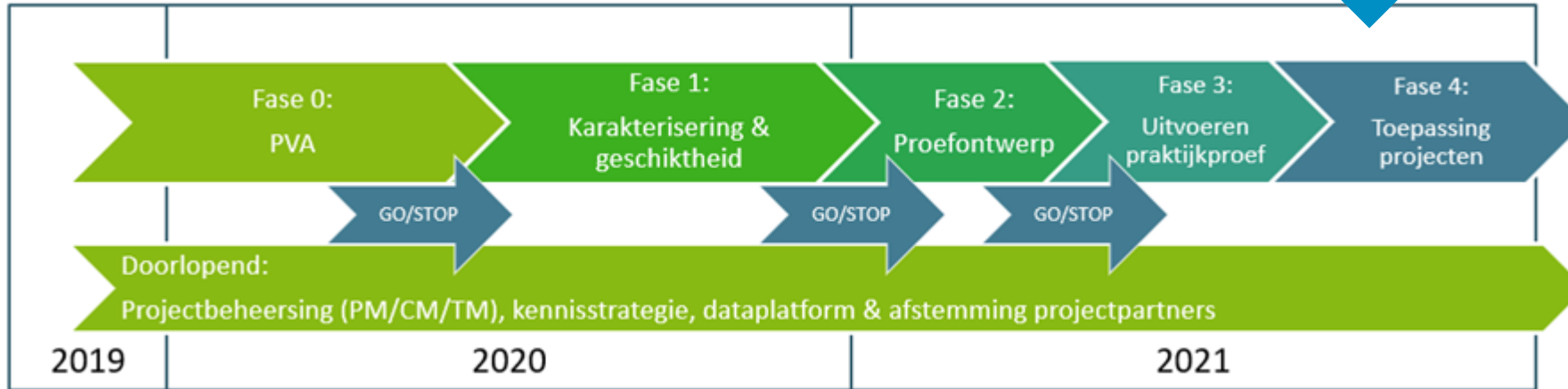


- **Hedwigepolder: 2021**
- Getijdengeul
 - Sterktefactor nog uitwerken
 - Extra sterkte is aanwezig, maar zoals verwacht minder dan in getijdenplaat





Toepassing: opgenomen in Hedwigeproject

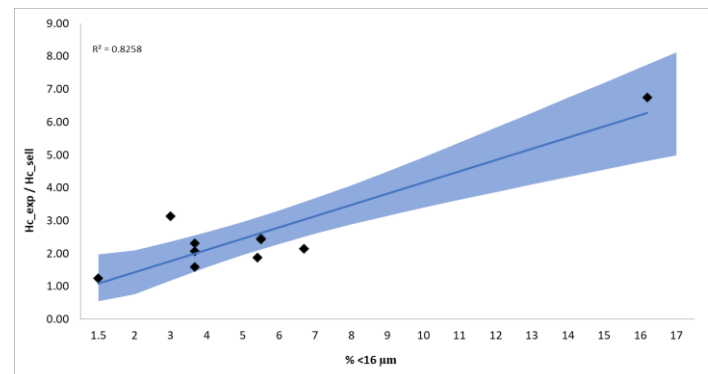


1. afronden Hedwigepolder: factual reports & analyse
2. kleine en medium schaalproeven;
3. handreiking piping in getijdenzand incl. impactanalyse;
4. diverse publicaties en presentaties

Alles klaar op 1 augustus 2022

Doorkijk aanpak in handreiking

- Piping in getijdenzand, we onderscheiden plaat en geulafzettingen
- Plaatafzettingen
We werken toe naar een uitsluitingscriterium o.b.v. belasting (ΔH) en ondergrond (ongefundeerde plaatafzetting). Ondergrondkaart opstellen
- Geulafzetting
We werken toe naar een sterktefactor bovenop vigerende rekenregel, afhankelijk van meest geschikte eigenschap





**De Innovatie
versneller**

HWBP voor sterke dijken



Handreiking geohydrologische aanpak piping

Guido van Rinsum (Witteveen+Bos), Rick van Tilborg (Aa en Maas) en Wing Hong Wong (Aa en Maas)

Inhoud

- Handreiking Geohydrologische aanpak piping (Guido, Witteveen+Bos)
- Praktische toepassing Aa en Maas (Wing Hong en Rick, Aa en Maas)





Handreiking Geohydrologische Aanpak voor Piping

Hoe regionale grondwatermodellen als basis toe te passen bij piping

Geannoteerde inhoudsopgave

Inhoud

0	Samenvatting	
1	Inleiding	5
1.1	Doel van Handreiking Geohydrologische Aanpak bij Piping	5
1.2	Afbakening en relatie met andere documenten	6
1.3	Tot standkoming en status van deze handreiking	6
1.4	Leeswijzer	6
2	Keuze van methode voor de piping analyse	7
2.1	Uitgangspunten en strategie:	7
2.2	Piping analyse: kiezen van een grondwatermodel	8
2.3	Metingen en data	11
3	GAP-3D: opzetten van 3D grondwater model voor veiligheidsanalyses	12
3.1	Grondwatermodel: opzetten referentiemodel	12
3.2	Parametrisatie	12
3.3	Kalibratie & validatie	12
4	GAP-3D: Kwantificeren van onzekerheden	13
4.1	Parameteronzekerheden	14
4.2	Schematiseringonzekerheid	14
4.3	Opzet stochastisch model	14
4.4	Modelonzekerheid	14
4.5	Consistentie van stapelen van onzekerheden	15
5	GAP-3D: toepassing in sterkte analyses voor piping	16
5.1	Koppeling stijghoogtemodel aan sterktevergelijking	16
5.2	Optimalisatiemogelijkheden voor veiligheidsanalyse	18
6	Teamsamenstelling en kwaliteitsborging	19
6.1	Teamsamenstelling	19
6.2	Kwaliteitsborging	19
6.3	Beheer	19
	Bijlage: Praktijkvoorbeeld(en)	20
	Kwantificeren van onzekerheden	20
	Koppeling stijghoogtemodel aan sterktevergelijking: fictieve voorlandlengte	23

Meanderende Maas



- Gevoeligheidsanalyses geohydrologie
- ...
- ...
- ...

- Ontwikkeling (stochastisch) grondwatermodel
- Probabilistische (gevoeligheids-)analyses
- Gevoeligheidsanalyses parameters grondwatermodel
- ...
- ...
- ...

- Toepassing aanpak innovatietraject (lessons-learned)
- Aanscherpingen aanpak
- ...
- ...
- ...

- Aanscherping aanpak planuitwerking
- ...
- ...
- ...

Verkenning

Innovatietraject

Planuitwerking

Definitief ontwerp

- Gevoeligheidsanalyses geohydrologie
- ...
- ...
- ...

- Ontwikkeling (stochastisch) grondwatermodel
- Probabilistische (gevoeligheids-)analyses
- Gevoeligheidsanalyses parameters grondwatermodel

- Toepassing aanpak innovatietraject (lessons-learned)
- Aanscherpingen aanpak
- ...
- ...
- ...

- Aanscherping aanpak planuitwerking
- ...
- ...
- ...



Inhoud

6	Koninklijke	6
7	Samenvatting	7
1.1	Doel en Reikwijdte van de Handreiking voor Pijping	8
1.2	Achtergrond en Scope van de Handreiking	8
1.3	De werkwijze en interactie met andere methoden	8
1.4	Samenvatting	8
2	Kort en samen vatbaar van de planuitwerking	9
2.1	Opzet van de planuitwerking	9
2.2	Planuitwerking: Doel van het grondwatermodel	9
2.3	Opzet van de planuitwerking	10
3	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	12
3.1	Geohydrologische model van waterhuishouding	12
3.2	Samenvatting van de geohydrologische model	12
3.3	Geohydrologische model van waterhuishouding	12
4	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	13
4.1	Geohydrologische model van waterhuishouding	13
4.2	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	13
4.3	Geohydrologische model van waterhuishouding	13
4.4	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	13
4.5	Geohydrologische model van waterhuishouding	13
4.6	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	13
5	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	14
5.1	Geohydrologische model van waterhuishouding	14
5.2	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	14
6	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	15
6.1	Geohydrologische model van waterhuishouding	15
6.2	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	15
6.3	Geohydrologische model van waterhuishouding	15
7	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	16
7.1	Geohydrologische model van waterhuishouding	16
7.2	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	16
7.3	Geohydrologische model van waterhuishouding	16
8	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	17
8.1	Geohydrologische model van waterhuishouding	17
8.2	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	17
8.3	Geohydrologische model van waterhuishouding	17
9	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	18
9.1	Geohydrologische model van waterhuishouding	18
9.2	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	18
9.3	Geohydrologische model van waterhuishouding	18
10	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	19
10.1	Geohydrologische model van waterhuishouding	19
10.2	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	19
10.3	Geohydrologische model van waterhuishouding	19
11	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	20
11.1	Geohydrologische model van waterhuishouding	20
11.2	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	20
11.3	Geohydrologische model van waterhuishouding	20
12	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	21
12.1	Geohydrologische model van waterhuishouding	21
12.2	Samenvatting van de geohydrologische model van waterhuishouding	21
12.3	Geohydrologische model van waterhuishouding	21

Inhoud

0	Samenvatting	
1	Inleiding	5
1.1	Doel van Handreiking Geohydrologische Aanpak bij Piping	5
1.2	Afbakening en relatie met andere documenten	6
1.3	Tot standkoming en status van deze handreiking	6
1.4	Leeswijzer	6
2	Keuze van methode voor de piping analyse	7
2.1	Uitgangspunten en strategie	7
2.2	Piping analyse: kiezen van een grondwatermodel	8
2.3	Metingen en data	11
3	GAP-3D: opzetten van 3D grondwater model voor veiligheidsanalyses	12
3.1	Grondwatermodel: opzetten referentiemodel	12
3.2	Parametrisatie	12
3.3	Kalibratie & validatie	12
4	GAP-3D: Kwantificeren van onzekerheden	13
4.1	Parameteronzekerheden	14
4.2	Schematiseringonzekerheid	14
4.3	Opzet stochastisch model	14
4.4	Modelonzekerheid	14
4.5	Consistentie van stapelen van onzekerheden	15
5	GAP-3D: toepassing in sterkte analyses voor piping	16
5.1	Koppeling stijghoogtemodel aan sterktevergelijking	16
5.2	Optimalisatiemogelijkheden voor veiligheidsanalyse	18
6	Teamsamenstelling en kwaliteitsborging	19
6.1	Teamsamenstelling	19
6.2	Kwaliteitsborging	19
6.3	Beheer	19
Bijlage: Praktijkvoorbeeld(en)		20
Kwantificeren van onzekerheden		20
Koppeling stijghoogtemodel aan sterktevergelijking: fictieve voorlandlengte		23

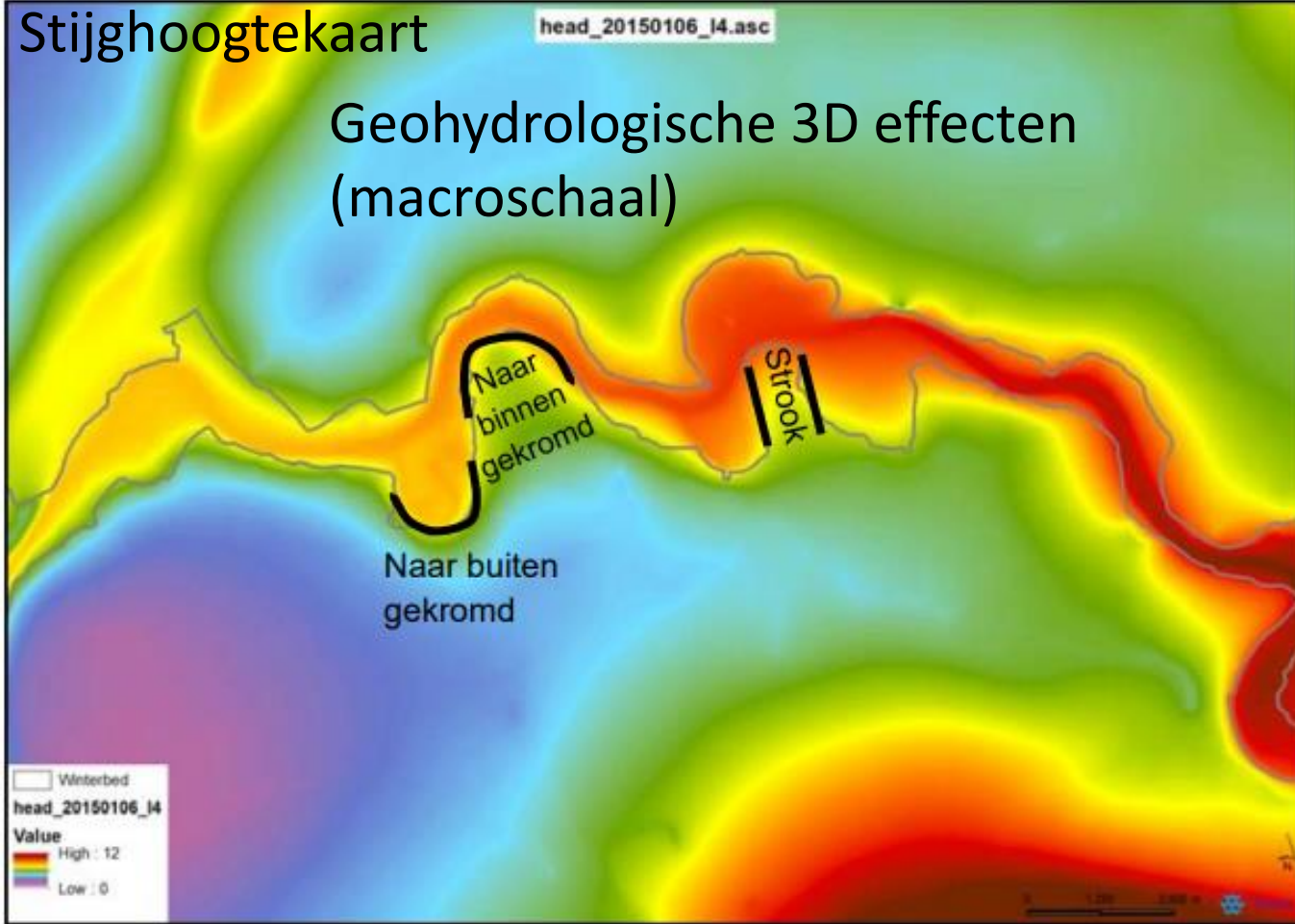
Juli 2022 beschikbaar (groene versie)

Wordt later toegevoegd aan het
basisinstrumentarium BOI.

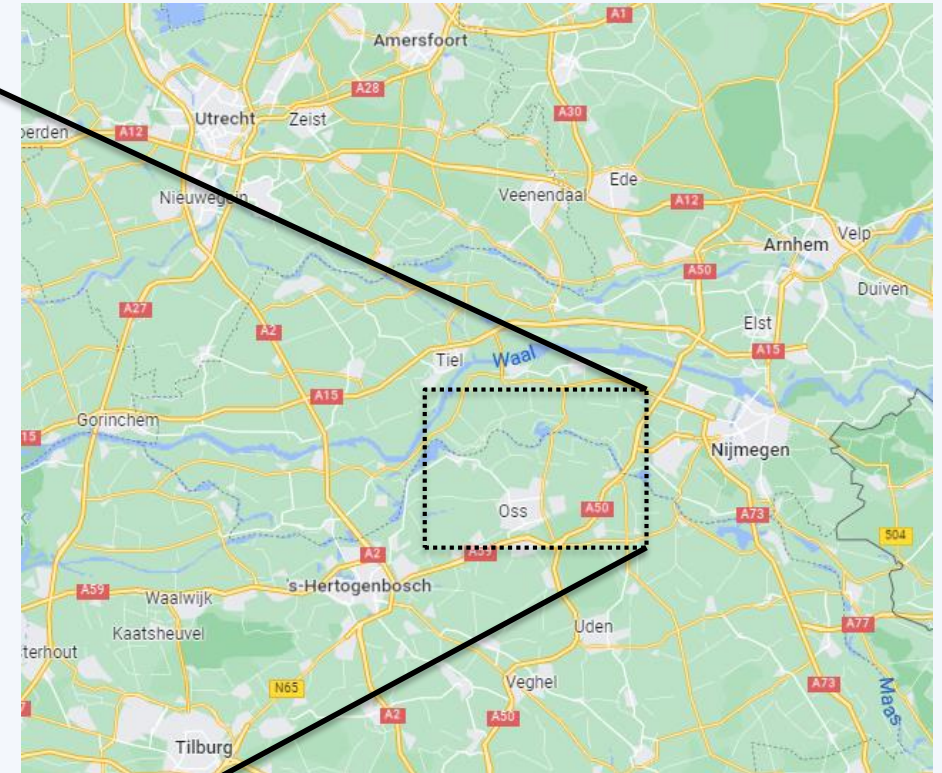
Voor die tijd vragen? Neem contact op met de
schrijvers:

- Esther Rosenbrand (Deltares)
- Martine Brinkhuis (Tauw)
- Jacco Hoogewoud (Land en Water)
- Guido van Rinsum (Witteveen+Bos)

Vogelvlucht GAP in planuitwerking

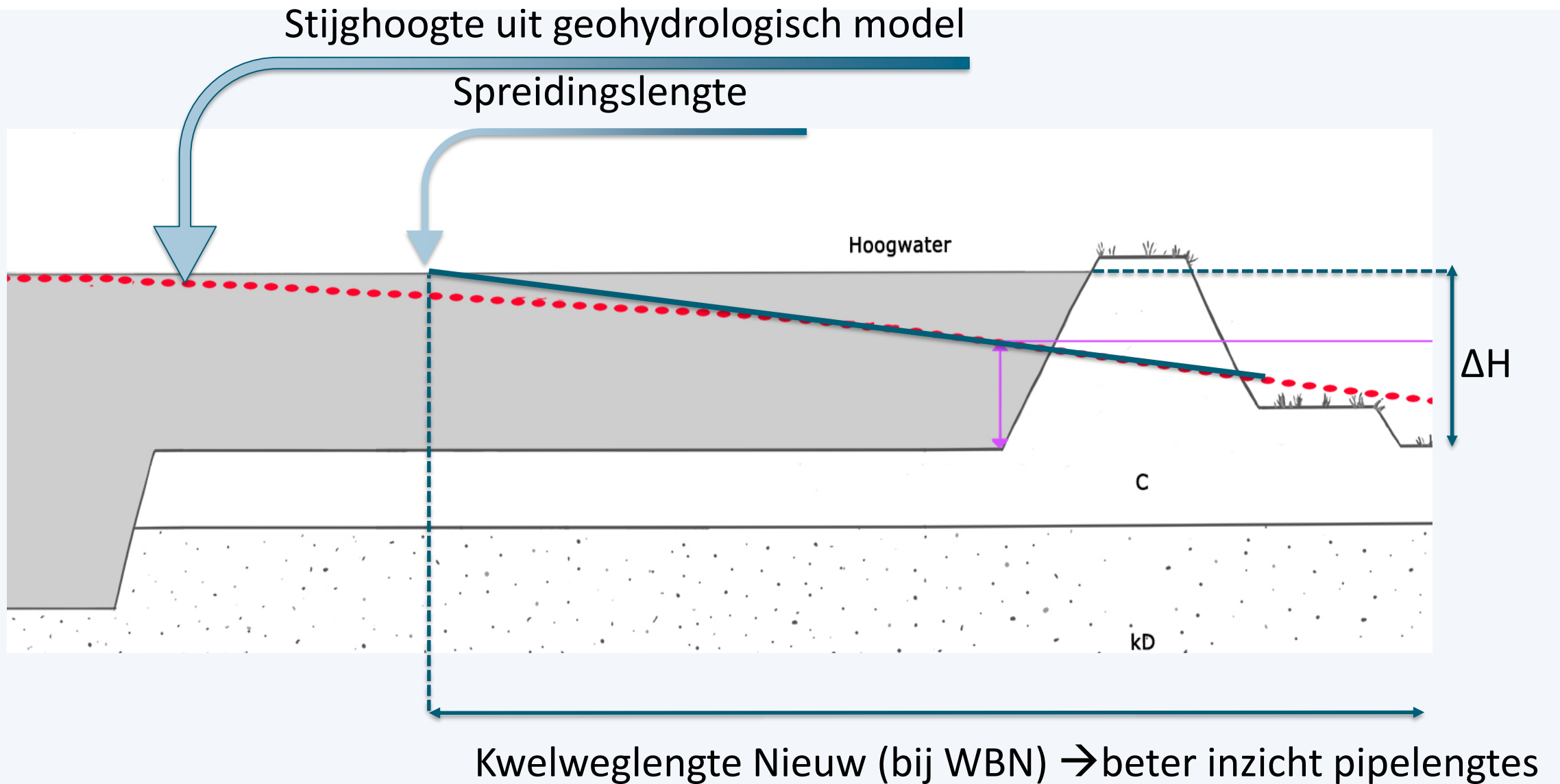


Bron: Ron Stroet, RHDHV

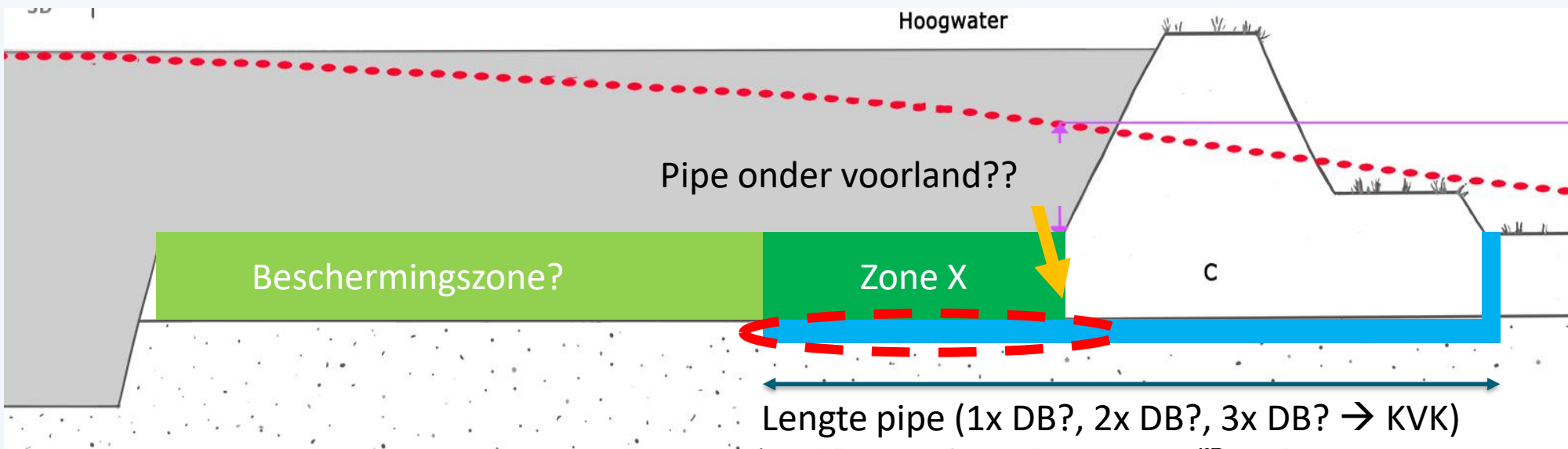


Grote scope piping

Vogelvlucht GAP in planuitwerking



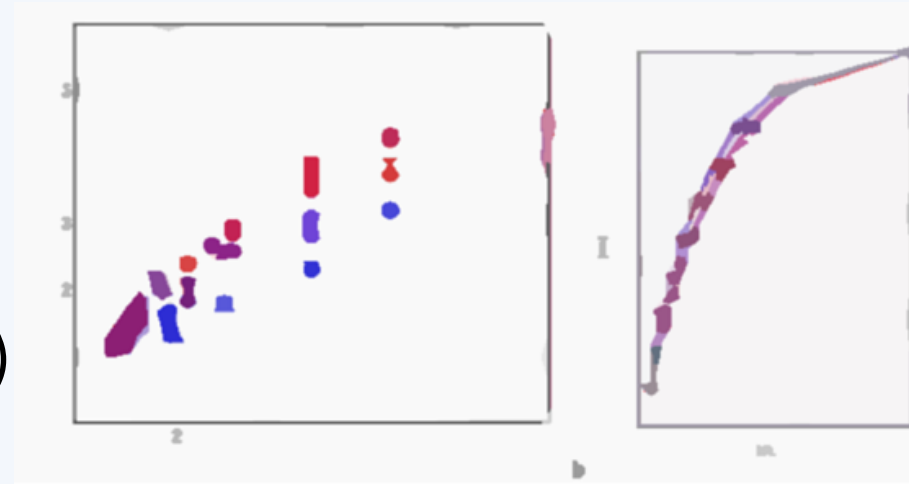
Vogelvlucht GAP in planuitwerking



KVK:

Uitdagingen:

- ...
- ...
- Uitsmeerbaarheid pipe lengte → D-Geo Flow →
- Wat als pipe toch onder het voorland komt (rekenkundig)
- Zonering en beheer







Waterschap
Rivierenland



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Deltares

Aanpak Voorlanden

Esther Rosenbrand

Sander Kapinga

10 maart 2022

Aanleiding

Voorland biedt grote weerstand die vaak niet (geheel) meegenomen wordt in een analyse met de rekenregel van Sellmeijer vanwege risico op kortsluiting en toepasbaarheid model.



Conservatieve inschatting van pipelengte bij kritiek verval leidt tot **maximale 2×Dijkbasis kwelweg**

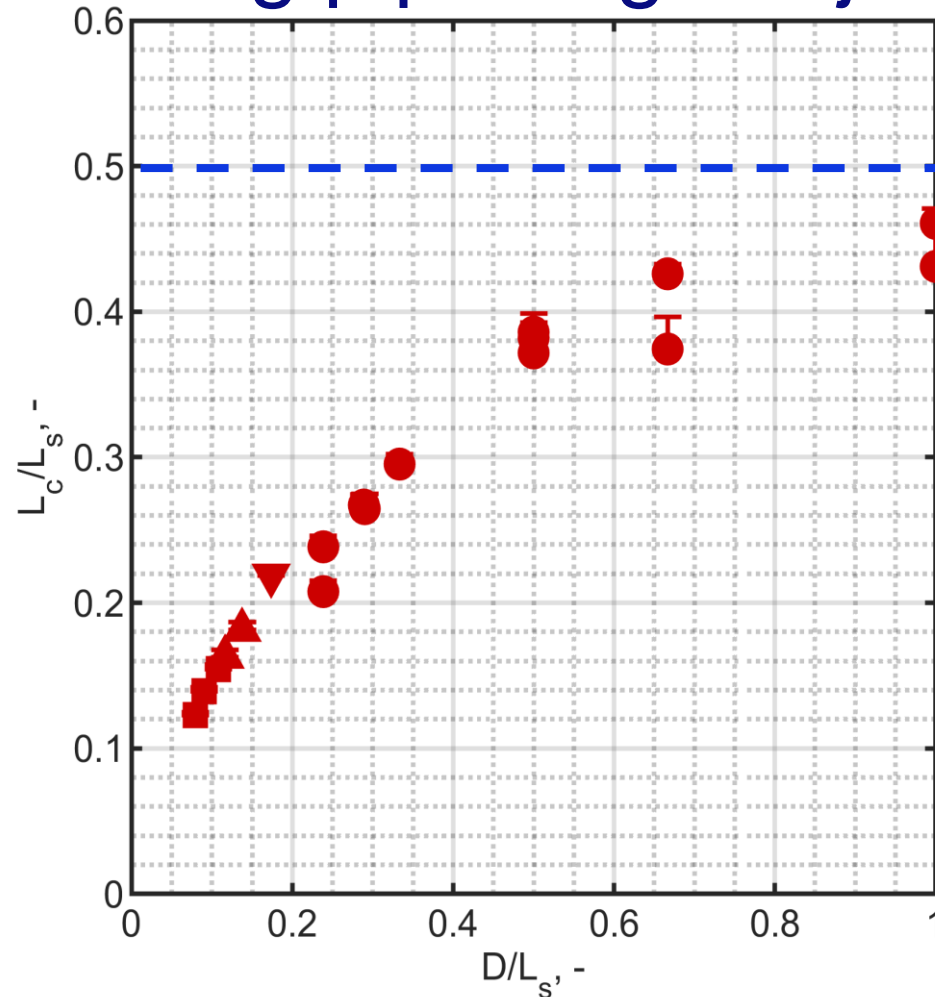
D-Geo Flow berekent pipelengte en geeft indicatie dat meer voorland meegenomen kan worden.



Grafiek voor inschatting pipelengte bij kritiek verval

Voorbeeld:
 $L_{S'} = 200$ m
Dijkbasis = 40 m
 $D = 40$ m
 $D/L_{S'} = 0.28$

$\frac{L_c}{L_{S'}} \approx 0.275$
 $L_c \approx 55$ m

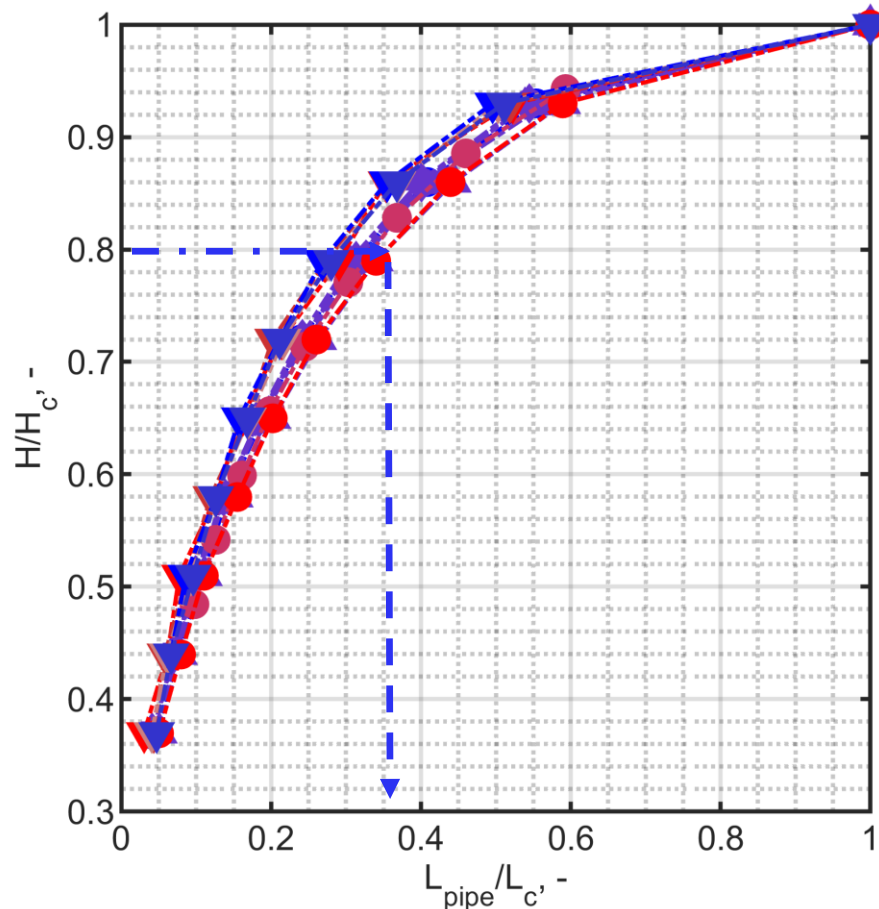


2x dijkzate

$L_{S'}$ kwelweglengte incl. fictieve voorlandlengte
 D dikte watervoerend pakket
 L_c pipelengte bij kritiek verval

Punten zijn resultaten van DgFlow berekeningen voor modellen op laboratorium en op veldschaal. Hierbij is sprake van een homogeen isotroop watervoerend pakket

Bepaling pipelengte bij relevant verval

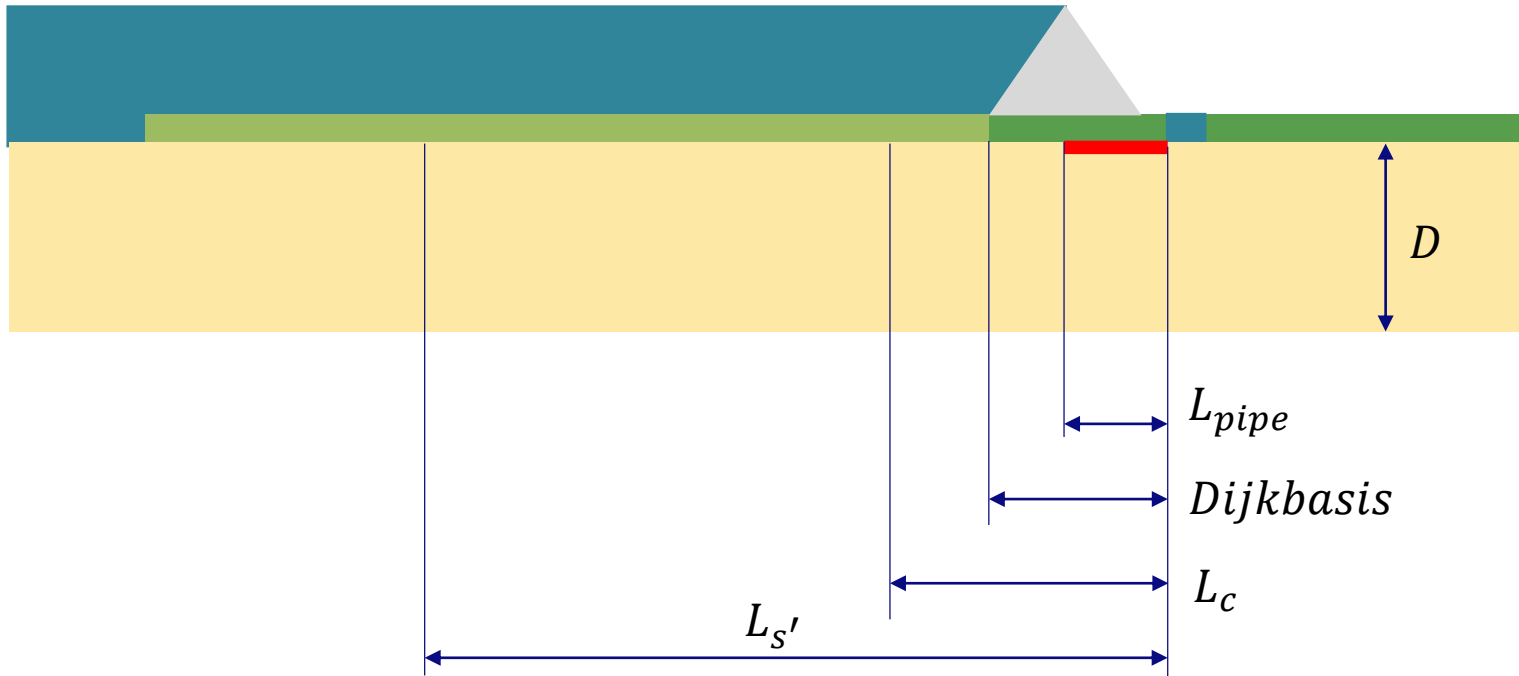


D dikte watervoerend pakket
 L_c pipelengte bij kritiek verval
 L_{pipe} pipelengte bij verval H

Voorbeeld:
 $H_c = 15$ m
te keren $H = 12$ m
 $H/H_c = 0.8$

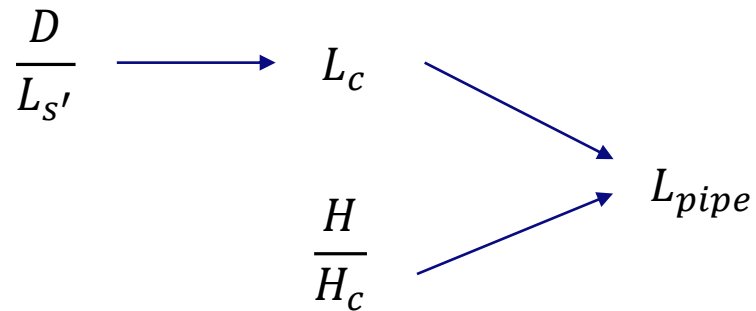
$$\frac{L_{pipe}}{L_c} \approx 0.38$$
$$L_{pipe} \approx 21 \text{ m}$$

Illustratie inschatting pipelengte

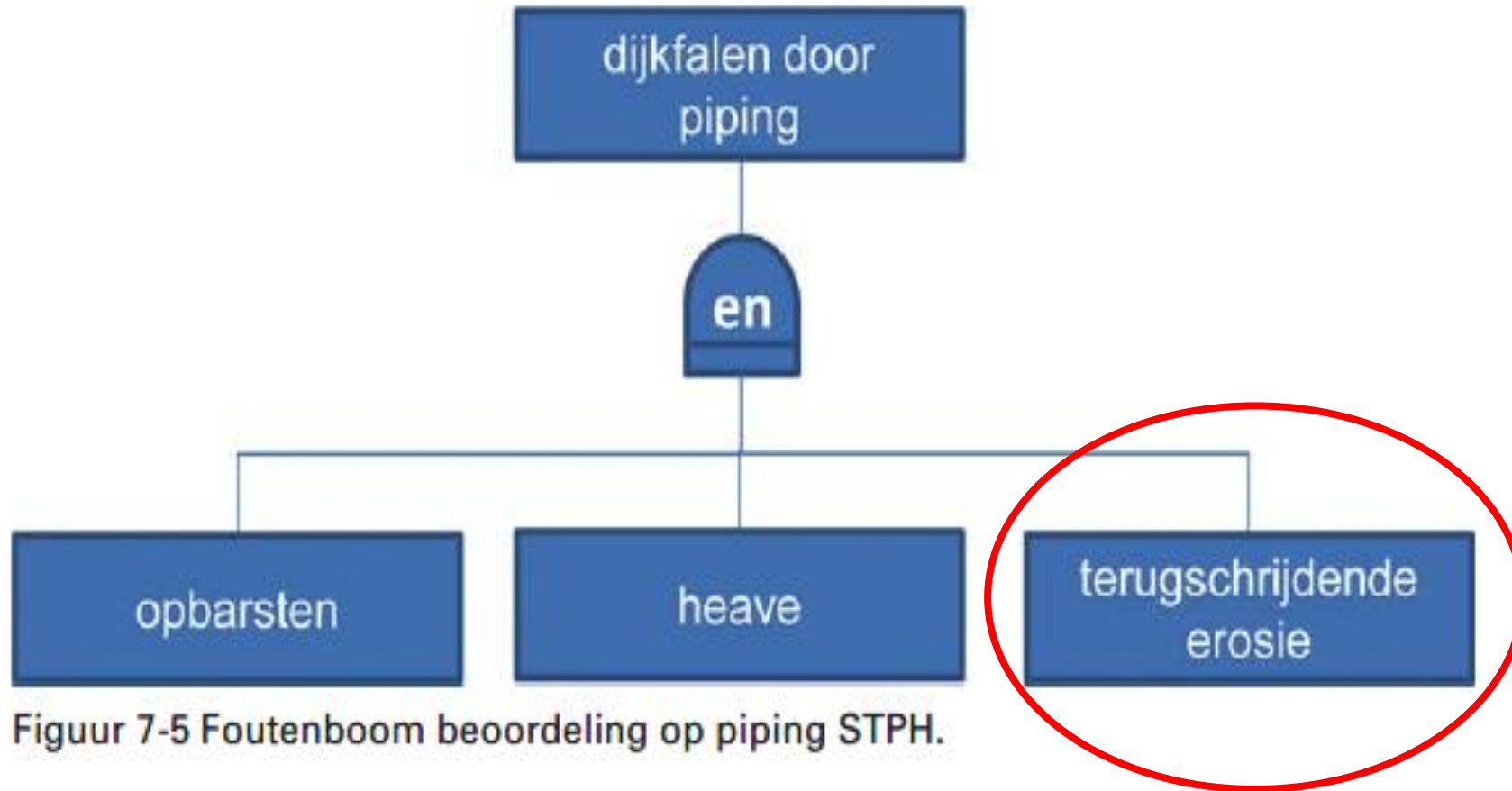


L_{pipe} bij te keren
verval kleiner dan
dijkbasis

$H_c > H$
 L_c komt onder voorland

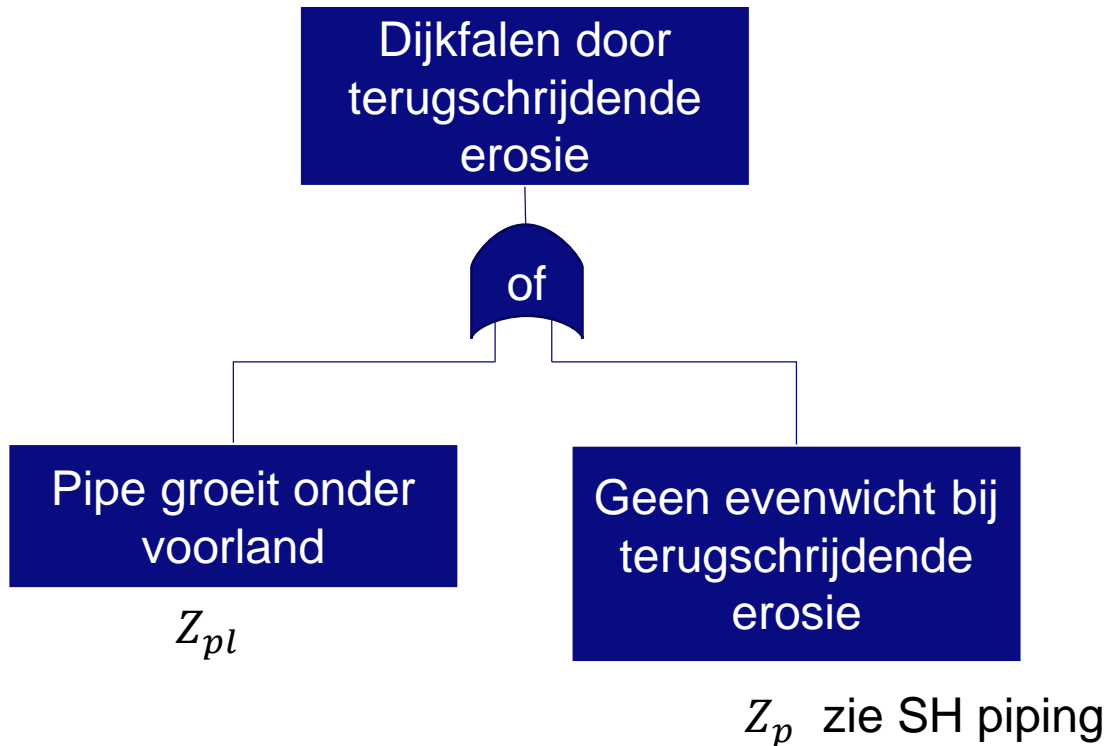


Implementatie: bestaande foutenboom



Figuur 7-5 Foutenboom beoordeling op piping STPH.

Implementatie



Grenstoestandfunctie:

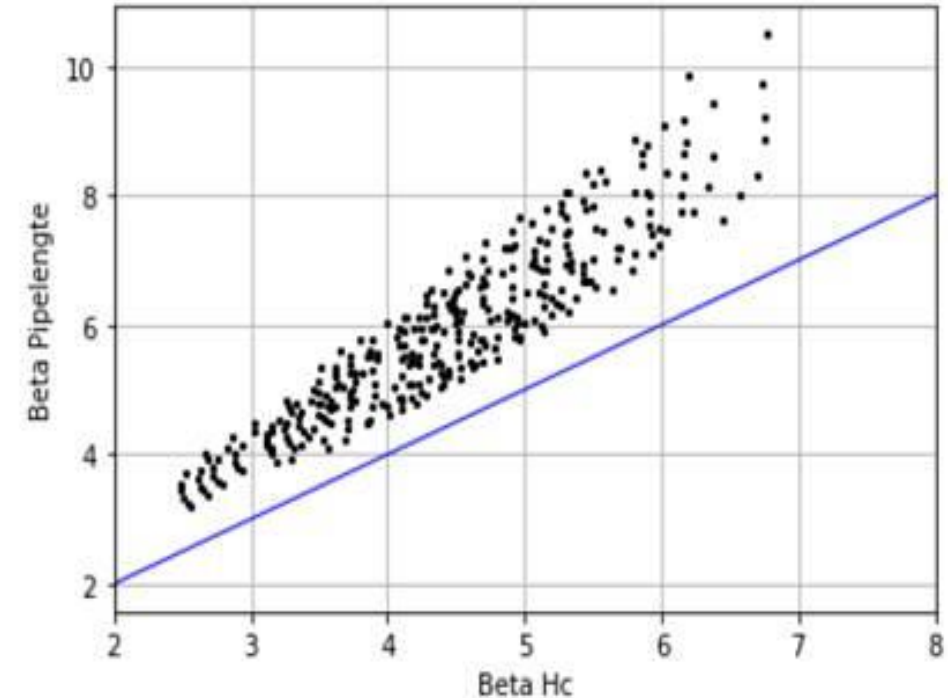
$$Z_{pl} = Dijkbasis - m_{pl} \cdot L_{pipe}$$

- Pipelengte op basis van verhoudingen $\frac{D}{L_{s'}}$ en $\frac{H}{H_c}$
- Pipelengte L_{pipe} onzeker:
 - variatiecoëfficiënt van 0,3 rond kritiek verval

- Implementatie in Probabilistic Toolkit
- Op basis van bestaande Pipingtool: Python scripts beschikbaar en koppeling met Probabilistic Toolkit.

Resultaten implementatie

- Berekening toegepast op 336 fictieve maar realistische gevallen
- Terugschrijdende erosie bepaalt de betrouwbaarheid, Pipegroei zorgt nergens voor dijkfalen
- Nog niet alles onderzocht: zoeken naar situaties waar pipegroei mogelijk een relevante bijdrage heeft aan de betrouwbaarheid



Vooruitblik

- Voorland meenemen: van **niet of beperkt meenemen** naar in veel gevallen **geheel meenemen** met controle op pipegroei aan de hand van inzichten KvK voorlanden
 - *Zie Kennis voor Keringen 2021: Achtergrondrapport Voorlanden*
- Benodigde ontwikkeling:
 - Semi-probabilistische veiligheidsbenadering, filter wanneer is pipegroei onder voorland bepalend.
 - Omgang met meerlaagsheid en anisotropie
 - Ontwikkeling handvat
 - Toepassing in pilots
 - Implementatie in BOI
- Vragen over toepassing nieuwe kennis DIV

Praktijkonderzoek Opbarsten bij Dijken (POD)



Doelen onderzoek

- Beter begrip van het gedrag van de kering bij opdrijven en opbarsten van dunne deklager
- Inzicht in het faalpad na opdrijven en opbarsten en integrale analyse ervan
- Ontwikkeling model voor kwantitatieve bepaling sterkte deklaag bij opbarsten
- Beslisregels voor piping wanneer is opbarsten onwaarschijnlijk (dikkere deklagen) en daarmee niet relevant voorbepaling overstromingskans
- Komen tot verbetering van beoordelings- en ontwerpmethodiek in dagelijkse ingenieurspraktijk

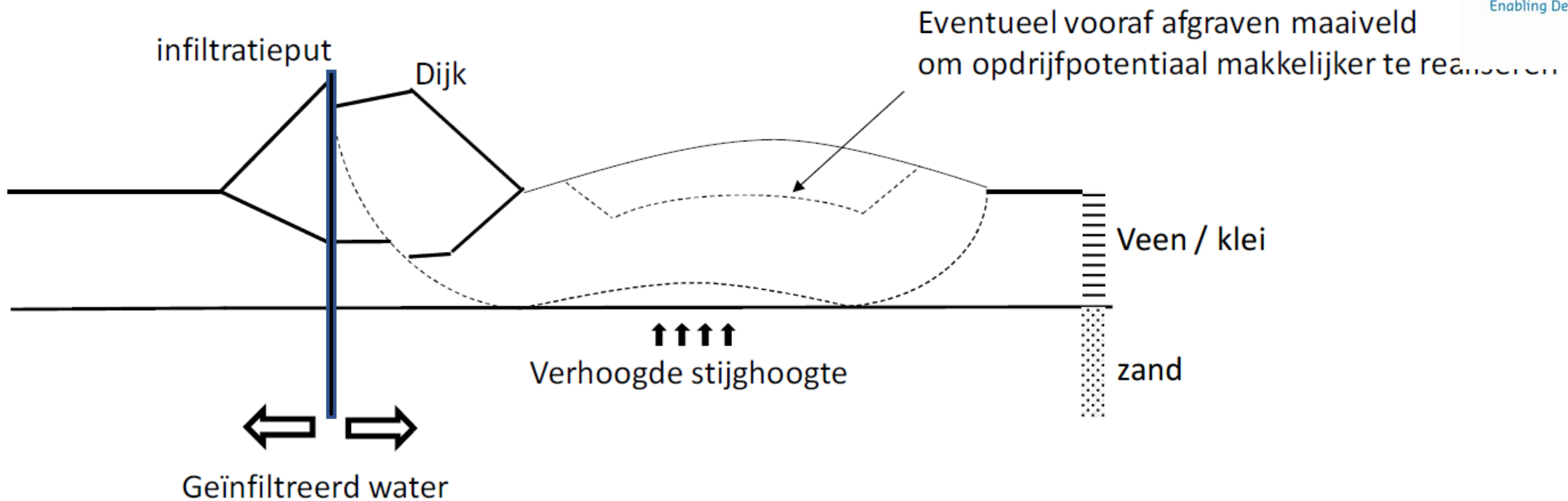


Opzet onderzoek & kennisdeling

- Onderzoek: 5 fases in 2,5 jaar tijd:
 - Opstartfase
 - Numerieke studies
 - Schaalproeven
 - Veldproeven
 - Vertaling naar praktijk
- Kennisdeling
- 2 informatie aftapmomenten
 - Q1 2023
 - Q4 2023
- Medio zomer 2024 eindrapportage



Veldproef



Figuur 4-7, Principeschets macrostabiliteitsproef



HWBP voor sterke dijken

Hoogwaterbeschermingsprogramma
De Innovatieversneller

Innovaties

Van ontwikkelen naar toepassen

Han Knoeff
Esther Rosenbrand
Albert Wiggers
Maurits van Dijk

A photograph of a cable-stayed bridge under construction in a lush green valley. The bridge's central pylon is a tall, light-colored concrete structure with a red crane on top. Numerous white cables fan out from the pylon to support the bridge deck. The surrounding landscape is filled with dense green trees and rolling hills. The sky is a clear, pale blue.

Inleiding

- Hoge overstromingskansen vaak veroorzaakt door piping
- Afgelopen jaren veel kennis en slimme oplossingen ontwikkeld
- Ontwikkelingen niet overal toegepast

De innovatieversneller

- Geeft overzicht ontwikkelingen en ervaringen
- Ontsluit nieuwste kennis (WIKI)
- Verbindt ontwikkelingen
- Ondersteunt toepassing
 - Beantwoorden vragen
 - Oppakken losse eindjes

Kennis- en innovatiemotor HWBP



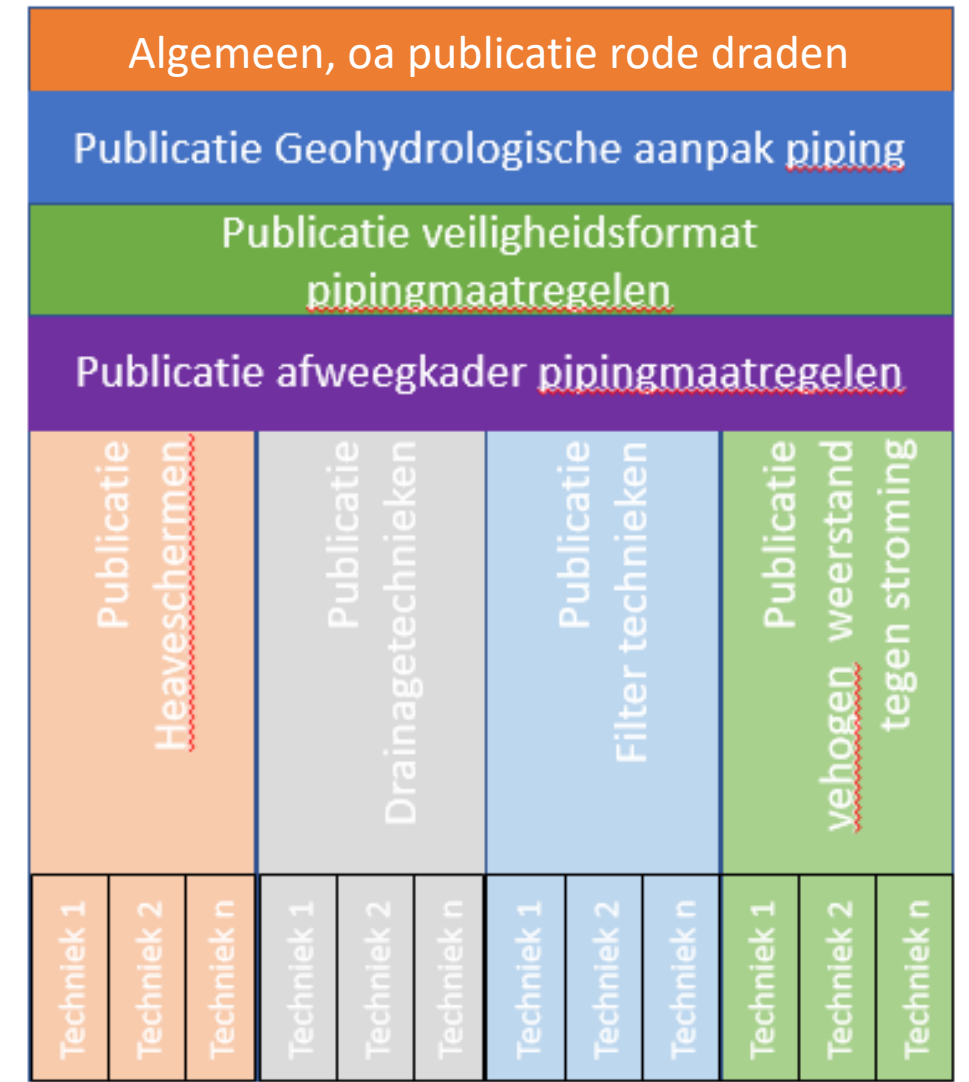
Stimuleren toepassing recente ontwikkelingen

- Meerlaagsheid / anisotropie D-Geo Flow
- Piping getijdeafzettingen
- Meenemen Voorlanden
- Geohydrologische Aanpak
- Drainageconstructies
- **Grof zand barrière**
- Verticaal Zanddicht Geotextiel
- Kunstof filterschermen
- Soilmix en kunstof heaveschermen

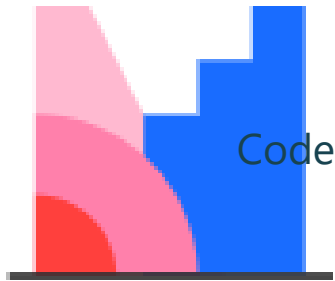


DIV piping 2021

- Publicatie filtertechnieken
 - OBOR VZG
 - OBOR Prolock schermen
 - OBOR GZB
- Publicatie heaveschermen
 - OBOR Soil Mix
- Publicatie Geohydrologische Aanpak
- Publicatie veiligheidsraamwerk



Structuur DIV - Piping



Mentimeter

www.menti.com 8746 0781

Schakel over naar de virtuele borrel in Wonder.me

- 1 Kopieer de link naar Wonder.me uit de chat
- 2 Sluit Teams af (anders werken geluid en camera niet)
- 3 Open je browser buiten Citrix
- 4 Plak link in je browser en sluit aan bij de borrel