



Titel projectvoorstel: DigiTwin Waterkering en Ondergrond

Nummer: LWV20.109

PvA-versie: 1 februari 2021

Algemene informatie

Contactgegevens indiener

Naam: Bas Kolen
Organisatie: HKV IJN in water
e-mailadres: b.kolen@hkv.nl

Contactgegevens onderzoeksinstelling

Naam: Ruud Hoogendoorn
Organisatie: Deltares
e-mailadres: ruud.hoogendoorn@deltares.nl

Het projectvoorstel draagt bij aan missie: ■ F. Nederland de best beschermde en leefbare delta

Het projectvoorstel sluit aan bij MMIP:

Primair: F3. Nederland Digitaal Waterland

Ondersteunend aan: F1. Verduurzamen en kostenbeheersing uitvoeringsprojecten waterbeheer
F2. Aanpassen aan versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen

Het projectvoorstel draagt bij aan prioriteit nr:

41 – Aanpassen zeespiegelstijging en weersextremen: Nederland Digitaal Waterland

Korte samenvatting van het projectvoorstel (max. 0,5 A4 deze tekst wordt gepubliceerd op de website)

Digitalisering speelt een cruciale rol om de best beschermde en leefbare delta te blijven én om als watersector nog competitiever te worden in binnen- en buitenland. DigiTwin Waterkering en Ondergrond realiseert een 'open framework' waarmee een digitale tweeling van waterkeringen en ondergrond wordt ontwikkeld. Hiermee is het mogelijk om de toestand van waterkeringen nu en in de toekomst nauwkeuriger te voorspellen, scherper te beoordelen én beter te ontwerpen.

DigiTwin combineert geologische, geotechnische en geofysische data en informatie met real-time aardobservaties en bestaande gegevens van waterkeringen. Zo ontstaat een actueel 3D digitaal model van de opbouw en eigenschappen van waterkeringen met ongekend hoge resolutie. Met combinaties van fysica, kunstmatige intelligentie en een te ontwikkelen gedragsprotocol wordt de stap gezet naar tijdsafhankelijke simulatie van het gedrag (4D) van de kering in situaties als extreem hoog water of aanhoudende droogte. Dit verkleint onzekerheden waar we nu mee te maken hebben en geeft veel beter zicht op de gevoeligheid voor de belangrijkste faalmechanismen van dijken: piping en macrostabiliteit omdat dat inherent 3D en tijdsafhankelijke processen zijn. De techniek wordt gevalideerd op juiste werking en bruikbaarheid in real-world cases met waterkering-beheerders en ontwikkeld met industrie partners.

Het project sluit aan bij en is deels gekoppeld aan de opgave van het Kennis & Innovatiecluster Water & ICT van de TKI 'Deltatechnologie' en het programma DigiShape. Vanuit de sector is de verwachting dat dit project

bijdraagt aan het nauwkeuriger en efficiënter beoordelen en , ontwerpen, en aan risico gestuurd beheren van waterkeringen. De beheerder is uiteindelijk meer in control door het verkleinen van de onzekerheid. Maatschappelijk leidt dit tot een stabielere programmering van het HWBP en verbetert de internationale concurrentiepositie van marktpartijen en kennisinstellingen.

Projectvoorstel (maximaal 10 pagina's)

1. Doel en beoogde resultaten

Het project DigiTwin voor Waterkering en Ondergrond is opgezet om wereldwijd voorop te (blijven) lopen bij digitalisering van het waterbeheer en onze kennis en kunde van de watersector nog beter aan het buitenland te verkopen. Het geeft een impuls voor het bedrijfsleven en draagt direct bij aan het beschermen van onze kwetsbare delta.

Het beoogde resultaat is dat de industrie partners in staat worden gesteld om op geavanceerde wijze in 4D (3D in de ruimte en in de tijd) het gedrag van waterkeringen te beschrijven en voorspellen, zodat het in de advisering mogelijk wordt om nauwkeuriger waterkeringen te beoordelen en te ontwerpen, en risico gestuurd te onderhouden. Er zijn meerdere voordelen voor eindgebruikers, waterkering-beheerders en/of projecten die werken aan een versterkingsopgave (in het Hoogwaterbeschermingsprogramma) zoals een nauwkeurigere scopebepaling van de opgave, hetgeen leidt tot kosten efficiënte risico reductie en kostenbesparing. Daarnaast kan een nauwkeurigere beoordeling en ontwerp het ruimtebeslag van de waterkering beperken, waarmee overlast voor de omgeving beperkt kan blijven. Tevens ontstaat met de digitale tweeling een meer gerichte vraag omtrent welke data en gegevens ingewonnen dienen te worden gedurende de levenscyclus om met die informatie het asset management van waterkeringen te optimaliseren.

Dit leidt tot een technologisch geavanceerde markt en een sterke Nederlandse concurrentiepositie die begint bij de industrie partners in deze PPS en die verbreed zal worden doordat externe partijen buiten het project tevens gebruik kunnen maken van de ontwikkelde methode en (open) tools. De inzet van state of the art technologie voor waterkering beheer wordt gestimuleerd en toegepast in praktijk cases. De cases geven eindgebruikers de mogelijkheid om gericht remote sensing technologie, cloud computing, verschillende vormen van kunstmatige intelligentie en data science te benutten. Hiermee is het een significante aanvulling op, de meer traditionele data- en rekenvormen die nu worden toegepast en regelmatig leiden tot onbevredigende resultaten (een papieren werkelijkheid waarin de beheerder zich niet herkent). Door de digitale tweeling en verschillende vormen van data inwinning ontstaat een veel nauwkeuriger beeld van de opbouw en samenstelling onder de dijk en van het dijklichaam zelf, hetgeen gebruikt kan worden voor een van de belangrijkste kerntaken van onze waterbeheerder; zorgdragen voor een veilige delta.

Benodigde stappen om de kennis en innovatie doelen te bereiken

Om dit doel te bereiken wordt een prototype instrumentarium ontwikkeld en getest. Om aan te tonen dat voor alle dijksecties in Nederland een digitale tweeling van waterkeringen te realiseren is, zijn drie complexe real-world cases geselecteerd voor de toepassing. De cases zijn samengesteld in nauw overleg met de betrokken waterkering beheerders. De cases worden gebouwd met bestaande (aanwezige) datasets en waar mogelijk met nog in te winnen real time gegevens en dienen ter validatie van de juistheid en bruikbaarheid van de technologie.

Verschillende geologische, geotechnische en geofysische data wordt met behulp van data science gecombineerd. Hiervoor wordt een data fusie methode verder uitgewerkt, welke daarna open beschikbaar

wordt gesteld aan de sector. Met het combineren van data sets en data fusie wordt een 3D representatie verkregen van de opbouw en sterkte eigenschappen van de dijk. Door het ontwikkelen van een gedrag- en rekenprotocol wordt deze representatie vervolgens effectief aan algoritmes en modellen voor het gedrag van de waterkering gekoppeld: zoals slijtage processen, degradatie en falen van de kering. Voor simpele toepassingen worden vuistregels toegepast, voor kritieke toepassing het gebruik van modellen die het complete gedrag van een dijktraject in ruimte en tijd beschrijven in situaties als extreem hoogwater of aanhoudende droogte. De kwetsbaarheden van de dijk, lengte effecten en gevoeligheid voor faalmechanismen worden daarmee nauwkeuriger dan ooit in kaart gebracht. Tot slot worden de resultaten van de cases gevisualiseerd in een 3D/4D omgeving, waardoor deze eenvoudig toegankelijker worden voor eindgebruikers.

Voortbouwend op de state of the art (uitgebreide state of the art in bijlage 1)

De afgelopen jaren hebben een sterke ontwikkeling laten zien op het vlak van digitalisering en data-science en die innovatie stimuleert. Het waterveiligheidsdomein heeft te maken met nieuwe vormen van data-inwinning, met behulp van in-situ sensors, satellieten en drones. In de wetenschap en sector wordt data-science steeds vaker ingezet voor het modelleren van de ondergrond met geostatistische methoden, beeldherkenning en machine learning algoritmes. Tegelijkertijd neemt BIM technologie en parametrisch ontwerp een vlucht in de bouwnijverheid, waarbij voor het testen van sluizen en tunnels ook digitale twin technologie wordt toegepast. Door verschillende vormen van informatie inwinning voor het karakteriseren en modelleren van de ondergrond te combineren met gedragsmodellen van (grond) constructies wordt voortgebouwd op de huidige state of the art en een nieuw werkveld ontwikkeld; namelijk dat van de digitale tweelingen voor waterkeringen.

De recente aanpak omtrent faalpaden en het kwantificeren van onzekerheid middels probabilistische methoden maakt het mogelijk gedragsmodellen van mechanismen als piping en macrostabiliteit te koppelen aan een digitaal model van de waterkering. Zo'n model is op te bouwen op basis van meer gedetailleerde ondergrond modellen, aard observaties, geofysica en in-situ metingen. Om dit te bereiken is het van belang een (open) 'framework' te ontwikkelen om verschillende data systematisch te benutten en een gedragsprotocol te ontwikkelen. Het valideren met behulp van cases ten behoeve van betrouwbare werking in de echte wereld en bruikbaarheid is van cruciaal belang voor de valorisatie van de technologie.

Resultaat: Het project DigiTwin voor Waterkering en Ondergrond beoogt een 'framework' te leveren, het instrumentarium is open en uitbreidbaar met nieuwe algoritmes en tools. Voorzien zijn de volgende resultaten:

- ✓ Open community-platform voor het delen van algoritmes en methoden voor data fusie ten behoeve van het in kaart brengen van het gedrag van waterkeringen, middels een parametrische ondergrondschematisering van de kering;
- ✓ Het betrekken van meerdere datavormen ten behoeve van gedetailleerde ondergrondmodellering van de opbouw en eigenschappen van de ondergrond en waterkering;
- ✓ Een protocol waarmee de digitale representatie van de dijk kan worden gekoppeld aan gedragsmodellen en een indicatie geeft welke methodieken en modellen voorhanden en geschikt zijn om uit de informatie over de opbouw en eigenschappen het gedrag van de kering te bepalen;
- ✓ Bruikbare digitale tweeling als instrument voor beoordelingen en ontwerpsimulaties en optimalisatie van beheer en onderhoud, in een data-rijk en data-arme omgeving;
- ✓ Koppeling van community-platform aan bestaande data-infrastructuur voor ondergrond en aardobservatie
- ✓ Toegankelijk en toepasbaar maken van een digital twin waterkering en ondergrond middels door mogelijke koppeling met visualisatie-tools;
- ✓ Het realiseren en testen van het prototype instrumentarium via een aantal aansprekende cases bij diverse waterkeringbeheerders.

De volgende partijen nemen deel:

Industrie partners



Eindgebruikers



Kennisinstellingen



Ondersteund door



Het project sluit aan op accenten die in het Kennis & Innovatiecluster 'Water en ICT' van de TKI-Deltatechnologie en onder DigiShape – Flood Control zijn geïdentificeerd:

- Verkenning emerging technologies zoals artificial intelligence, blockchain en robotics, voor toepassingen op watervraagstukken in deltagebieden;
- Big data, internet of things, citizen data, sensoren: hoe kunnen we data van andere partijen benutten en weer delen? Wat kunnen wij met data-driven modelling?;
- Benutten van Earth Observation Data voor het waterbeheer (Digitale Delta), inclusief meetdata en metedata.

2. Beschrijf hoe dit project bijdraagt aan een missie/sleuteltechnologie en een prioriteit

Met dit voorstel wordt aangesloten op Prioriteit 41 - Aanpassen zeespiegelstijging en weersextremen: Nederland Digitaal Waterland. Het beoogt een stap te zetten in de digitalisering van beoordeling, ontwerp en beheer van waterkeringen en het ontsluiten en combineren van nieuwe vormen van data. Dit leidt tot methoden en producten die de sector kan gebruiken om tot een snellere en nauwkeuriger identificatie te komen van oplossingen voor adaptatie aan (versnelde) zeespiegelstijging.

Er wordt primair aangesloten bij missie F3 "Nederland Digitaal Waterland" en daarnaast bij de missies F1 "Verduurzamen en kostenbeheersing uitvoeringsprojecten waterbeheer" en in mindere mate F2 "Aanpassen aan versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen". Het voorstel draagt bij aan bovengenoemde prioriteit, zowel op detailniveau als op hoofdlijnen. De ontwikkeling van digitale tweeling voor waterkering en ondergrond stimuleert de digitale transformatie in het waterveiligheidsdomein. Een digital twin voor waterkeringen maakt het mogelijk betere beslissingen te kunnen maken over nut, noodzaak, effecten en haalbaarheid van waterveiligheidsmaatregelen.

Met dit instrumentarium wordt een stap gezet van 2D analyse ("doorsnede" ondergrond, waterlichaam, dijklichaam en achterland) naar 3D (ook variaties meenemen in de richting langs de dijk) beoordeling en ontwerp en een 4D inzicht in het gedrag van dijken (betrekken tijdsafhankelijkheid). Door nauwkeuriger inzicht betreffende het gedrag van de dijk (kwetsbaarheden, lengte effecten en gevoeligheid voor faalmechanismen) kan worden bespaard op versterkingsopgaven en worden risico's van waterkeringen gedurende de asset life cycle beter beheerst.

Met een data fusie aanpak wordt het mogelijk om in 3D de bodemsamenstelling en parameters (bijvoorbeeld de korrelverdeling) nauwkeuriger te beschouwen. Door het combineren van geologische modellen, vlakdekkende informatie zoals geofysica en een gedragsprotocol ontstaat een hogere resolutie inzicht in faalmechanismen als piping en macrostabiliteit. Doordat cloud technologie wordt ingezet leidt de data fusie aanpak tevens tot een systematische aanpak ten behoeve van beheer en verspreiding. Daarmee wordt het tevens mogelijk om big data analyses uit te voeren en kunstmatige intelligentie makkelijker toe te passen. Consequenties als gevolg van nieuwe inzichten in belasting en sterkte kunnen met een digitale tweeling direct worden doorgerekend en verwerkt. Dit draagt bij aan het zoeken van no-regret, low-regret en high-regret maatregelen die al dan niet genomen moeten worden als onderdeel van de adaptatie in het kader van de zeespiegelstijging.

De kansrijkheid van de innovatie is groot, omdat wordt voortgebouwd op bestaande technologie maar de investering in deze PPS is noodzakelijk omdat zonder subsidie, het traject van ontwikkeling door individuele partijen plaats zal vinden en de benodigde focus en massa mist die nodig is voor de ontwikkeling van een digitale twin. Doordat de ontwikkeling gezamenlijk wordt uitgevoerd, in nauwe relatie met eindgebruikers (hoogheemraad en waterschappen) ontstaat meer draagvlak voor de toepassing hiervan. In de industrie, aviation en automotive industrie worden digital twins reeds toegepast in het kader van bijvoorbeeld predictive maintenance en gedurende productieprocessen. Dit voorstel onderscheidt zich van bijvoorbeeld BIM systemen en digitale tweelingen in productie en bouw, omdat hier specifiek de ondergrondmodellering en het gedrag van de waterkering wordt betrokken. Dit is anders dan het modelleren van het gedrag van een staal of betonconstructie omdat grond zich in tegenstelling tot de sterkte van staal en/of beton zich niet eenduidig laat beschrijven (minder homogeen) en er bij grond sprake is van een grote interactie met hydraulische belasting en het grond- en oppervlakte water. Dat maakt het realiseren van een digitale tweeling voor waterkeringen uniek. Tevens is het uniek dat daarbij zowel in-situ metingen, vlak dekkende metingen, gedragsmetingen ter validatie alsmede aardobservatie technieken (remote sensing) worden gecombineerd met bestaande big data sets en informatie over de dijk. Het project sluit daarom volledig aan bij de huidige state of the art en beoogd met gebruik van de meest recente technologie een nieuwe methode te ontwikkelen en te valideren om het bovenstaande mogelijk te maken.

Het consortium voorziet nu geen veranderingen in de komende twee jaar die effect hebben op de te verwachten bijdrage van het project. Het is wel mogelijk dat nieuwe technologie ter beschikking komt waar het consortium van kan profiteren. Implementatie van digitale twin technologie in de dijken wereld kan verlopen door het via technologische readiness levels, met goede betrokkenheid van stakeholders, verder te ontwikkelen tot een instrumentarium voor dataverwerking en analyse dat het Beoordelings- en Ontwerp Instrumentarium voor waterkeringen en het invulling geven aan de zorgplicht waterkeringbeheerders kan ondersteunen. Een groot aantal partijen zijn nauw betrokken bij de toepassing en ontwikkeling, en in gebruik name hiervan, onder meer het ministerie van IenW, Rijkswaterstaat, Waterschappen, ILenT, het Hoogwaterbeschermingsprogramma, ingenieursbureaus en Deltares. Naast beheerders, onderzoeksinstellingen en marktpartijen zijn hier ook stakeholders uit Beleid, beleidsadvisering en inspectie betrokken.

3. Impact

De realisatie van dit project leidt tot de volgende technologische, economische, sociale en ecologische impact wanneer de ontwikkelde technologie in dit voorstel op grote schaal wordt geïmplementeerd. Door de ontwikkeling en toepassing van de technologie wordt een direct concurrentie voordeel gerealiseerd voor betrokken stakeholders. In de praktijk cases wordt een direct voordeel voorzien in het kader van risico-reductie, kostenbesparing en efficiënter water(kering)beheer.



Technologie

De ontwikkeling van digitale tweelingen draagt direct bij aan de digitalisering van het Nederlands water(kering)beheer. Het open platform biedt ruimte om tools uit te wisselen en datasets eenvoudiger te bevragen. De data fusie aanpak biedt de mogelijkheid de waarde van verschillende databronnen (geologische modellen, grondonderzoek, Internet of Things (dijkmonitoring), geofysica tot real time aard observatie data) beter uit te nutten, cloud computing toe te passen en beschikbare data te gebruiken voor het trainen van vormen van kunstmatige intelligentie. Door deze technologie toe te passen in dit kader, wordt deze meer toegankelijk voor de sector hetgeen bijdraagt aan de concurrentie positie van de Nederlandse water- en technologiesector nu en in de toekomst.



Economie

Jaarlijks wordt circa 400 miljoen besteed aan het hoogwaterbeschermingsprogramma. Door een vergroot inzicht in de opbouw en samenstelling van de ondergrond en het gedrag van de dijk kunnen meer kilometers dijk voor het zelfde bedrag worden gerealiseerd. Een gebrek aan inzicht in de de opbouw en samenstelling van de ondergrond leidt doorgaans tot (infrastructurele) faalkosten van gemiddeld 5 tot 15 % van de totale bouwkosten (Geo-Impuls). Een aanpak met een gedetailleerde digitale tweeling reduceert de onzekerheid in ondergrond drastisch. Een inschatting is dat de faalkosten daarom ook omlaag gaan (best guess 20-40 %), hetgeen tot een forse besparing van enkele honderden miljoenen op het Hoogwaterbeschermingsprogramma tot 2050 kan leiden. Daarnaast kan de scope van het hoogwaterbeschermingsprogramma worden geoptimaliseerd alsmede efficiënter beheer worden gepleegd. Deze baten zijn niet afgeschat. Een zelfde soort business case toont aan dat er de digitale twin een aanzienlijke groeiende markt in het buitenland te verwachten is. De inzet van deze technologie leidt tevens tot een grotere informatie vraag om meer gedetailleerd waterkeringen in kaart te brengen. Dit leidt tot nieuwe innovaties op het gebied van meettechnieken en bedrijvigheid. De technologie draagt bij aan de internationale concurrentie positie van het Nederlands bedrijfsleven (aannemers, ingenieursbureaus) waarbij de ontwikkelingen ook kan worden ingezet in andere sectoren zoals bijvoorbeeld de bouwnijverheid, energie en utiliteiten.



Maatschappij / Sociale impact

De realisatie van digitale tweelingen voor waterkeringen draagt bij aan efficiënte hoogwaterbescherming. Op macro niveau draagt dat indirect bij aan sociale inclusie van arme en meest kwetsbare bevolkingsgroepen voor wie de gevolgen van een overstroming sociaal economisch doorgaans groter zijn. Op lokaal niveau kan vermindering van onzekerheid in het gedrag van de dijk maken dat een minder ingrijpend versterkingsalternatief toch aantoonbaar veilig is. De negatieve (ruimtelijke) impact van benodigde dijkversterkingen kan daarmee voor omwonenden en lokale gemeenschappen worden beperkt.



Ecologische impact

Met een verbeterd inzicht in het gedrag van de dijk wordt het eenvoudiger om bijvoorbeeld van nature based solutions de waterveiligheid door te rekenen en te implementeren in het natuurlijk systeem, daar waar dat samen gaat met de waterveiligheid het natuurlijk systeem te vergroten en /of te versterken. Het biedt tevens kansen om gebiedseigen grond toe te passen en de ecologische en carbon footprint van versterkingsopgaven te verkleinen. Indirect draagt dit voorstel daarom ook bij aan het terugdringen van CO2 uitstoot. Het voorkomen van overstromingen is cruciaal voor het beschermen van de bestaande natuur.

Een effect van het initiëren van digitale tweelingen is een meer gerichte informatie vraag ten behoeve van meer gedetailleerde beoordeling van de sterkte van waterkeringen. Dit vergt soms een andere of meer geavanceerde aanpak in het informatie management van ingenieursbureaus, kennisinstellingen en waterkering beheerders. Als gevolg hiervan zal er meer behoefte zijn aan andere competenties van betrokken professionals. Door vroegtijdig stakeholders te betrekken in dit project, is er tijd om deze competenties (mede in dit project) deels op te bouwen. Partijen die niet betrokken zijn in dit project zullen mogelijk een technologische achterstand op lopen. Omdat de resultaten open gedeeld worden, hebben deze partijen de mogelijkheid ook te profiteren. Het lerend vermogen van een deel van de watersector wordt vergroot door alle stakeholders in aanraking te laten komen met nieuwe technologie, hetgeen tot vragen en kennisbehoeften van individuen en organisaties zal leiden, alsmede een mogelijke vraag naar nieuwe competenties, zoals bijvoorbeeld het begrip omtrent en omgang met kunstmatige intelligentie en waterveiligheid. Ten behoeve van kennis-disseminatie zal een website worden opgezet, waar de voortgang en resultaten, alsmede ontwikkelde tools worden gedeeld. Hiervoor wordt onder meer een git-hub repository ingezet. De resultaten en voortgang zal tevens twee maal per jaar via een (digitale) conferentie worden gedeeld. Daarnaast wordt een Hackaton georganiseerd en een pizzacursus voor studenten van de TU Delft, UU en UT, alsmede voor geïnteresseerde studenten uit het hoger beroepsonderwijs. Daar waar mogelijk zullen geschikte afstudeerders en/of stagiairs worden betrokken bij het project.

Er is sprake van verbeterde toegang naar internationale kennis, doordat participanten actief meedraaien in internationale netwerken en de resultaten worden gedeeld en feedback wordt verkregen via internationale fora zoals The International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering en Flood Risk. Resultaten en voortgang worden tevens door deelnemers via o.m. twitter gedeeld. Fugro en Microsoft leveren beiden een bijdrage op het vlak van respectievelijk state of the art meettechnologie en cloud oplossingen en borgen dat internationale kennis en kunde betrokken is. De rol van Deltares als internationaal kennisinstituut is hierin ook van belang. Ten behoeve van het verder inbedden van dit project in netwerken wordt actief contact onderhouden met STOWA, het kenniscentrum van de waterbeheerders in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Tevens wordt nauw opgetrokken met DigiShape, een open innovatieplatform van bedrijven, kennisinstellingen en overheden die samen de potentie van digitalisering voor de watersector willen benutten. DigiShape werkt in een open community om te experimenteren met beschikbare data, nieuwe data en geavanceerde technieken. Daarnaast wordt verken of een van de toepassingscases kan worden gevonden bij Polder2C's - Living Lab Hedwige-Prosperpolder waar grote schaal proeven in Europees verband worden gerealiseerd ten behoeve van de sterkte van dijken, betere Emergency Response en educatie voor de toekomstige generatie water managers. Er is ook een link met het NKWK project "continu inzicht" waarin er wordt gewerkt aan real-time beoordelen, voorspellingen en levensduur verlengend onderhoud. Er kan geleerd worden van de cases die in het kader van continu inzicht worden gehouden bij Hoogheemraadschap Hollands Noorder Kwartier, Waterschap Rivierenland, Waterschap Brabantse Delta en Waterschap Limburg.

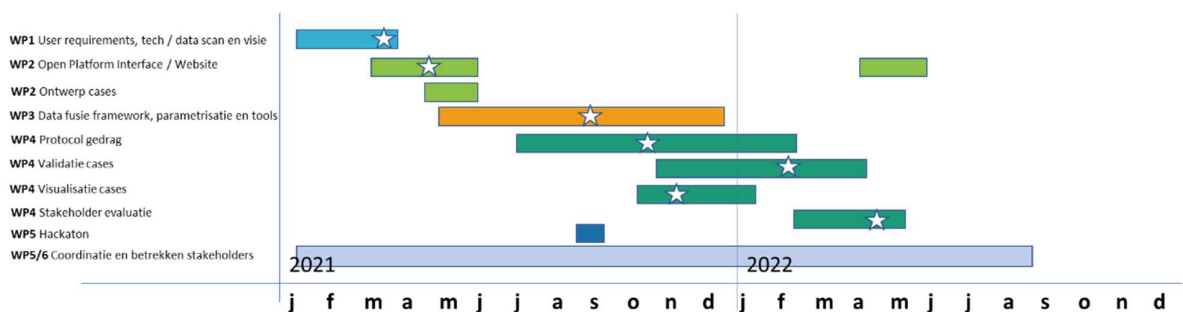
4. Aanpak van het project (samenvatting meerjarig werkplan)

In de voorverkenning (2020) zijn vanuit het oogpunt van de waterkeringbeheerder use cases opgesteld, voorbeelden van vragen waarop de voorziene digitale tweeling van de waterkering en ondergrond een antwoord zou moeten kunnen bieden. Het project start met het doorgronden van de use case en het opstellen van user requirements (deel I van werkpakket 1). Om tot requirements te komen worden stakeholder workshops per waterschap georganiseerd. Deze worden op case niveau uitgeschreven, waarbij vervolgens wordt uitgezoomd naar hoe de use case op het niveau van het netwerk aan waterkeringen kan bijdragen aan de kerntaken van de keringbeheerder.

Ter inspiratie wordt een visie document voor Digitale Twins Waterkeringen en Ondergrond opgesteld. Hierin wordt een visie geformuleerd op basis van de state of the art aan beschikbare technologie. Om die state of the art vast te stellen, wordt een quick scan uitgevoerd (deel II van werkpakket 1). Vervolgens wordt de use case aan de benodigde state of the art digitale twin technologie gekoppeld, waarna de use case wordt uitgewerkt tot in een ontwerp. Hiervoor worden voorafgaand alle benodigde data bronnen verzameld en daar waar mogelijk de case aangepast op de data bron, ofwel aanvullende data ingezameld. De use cases, de data bronnen en hiervoor beschikbare Application Programming Interfaces (APIs) voor data toegang worden beschikbaar gesteld in een open -online- bibliotheek: de digitaledijk.nl met koppelingen naar de use cases en de github bibliotheek (naar het voorbeeld van GEOLIB). Tevens kan de beschikbare data hier worden ge-upload naar de cloud-database achter de digitale tweeling. Per case wordt vervolgens een data fusie model opgezet (werkpakket 3). Dit werkpakket omvat het combineren van verschillende databronnen, met hulp van data fusie technieken, voor het voorspellen van ondergrondschematisatie en -parametrisatie. De parametrisatie is hierbij van groot belang, omdat daarmee het traditionele intelligente ondergrondmodel wordt verrijkt met parameters welke mede bepalend zijn voor het gedrag van de waterkering.

In werkpakket 4 bestaat uit de ontwikkeling van het gedragsprotocol voor de digitale tweeling en het valideren van de digitale tweeling. Allereerst wordt het protocol ontwikkeld om het geparametriseerde model van de dijk te koppelen aan gedragsmodellen, zodat de digitale tweeling ontstaat die uiteindelijk een 4D beeld geeft van de ontwikkeling van het functioneren, degradatie en falen van de kering. Hierbij wordt de link gelegd tussen de verschillende faalmechanismen, de afhankelijkheden binnen een mechanismen en de consequenties voor de waterkerende functie van de dijk. De digitale tweelingen worden gebouwd en getest aan de hand van real world cases. In de aanpak neemt het toepassen en testen van de ontwikkelde technologie en methode in concrete cases een centrale rol. Via de eindgebruikers (waterschappen, RWS) zijn daarvoor 3 real-world cases voorzien gericht op beoordelen en ontwerpen van versterkingsmaatregelen, met toepassing op een of meerdere faalmechanismen en verkleinen van onzekerheden alsmede de beheertaak.

Outreach en de cruciale verbinding tussen het consortium en de watersector valt onder werkpakket 5. Dit werkpakket omvat onder meer organiseren van een hackaton over toepassingen van digitale twin, het minimaal 2x per jaar communiceren van tussen resultaten aan de sector, en de stakeholder evaluatie. Het consortium zal hierbij gebruik maken van het open platform voor digitale innovatie Digishape, en van de kanalen van STOWA. Werkpakket 6 tenslotte is het projectmanagement en rapportage. De rapportages worden 2x per jaar opgeleverd aan de stuurgroep (zie volgende sectie onder organisatie).



Figuur 1: Planning van de werkzaamheden (ervan uitgaande dat in januari 2021 gestart kan worden; bij latere start – bijvoorbeeld maart 2021 zal de planning enkele maanden opschuiven).

Op te leveren producten:

- WP1. User requirements voor de eindgebruikers (cases), technologie scan en visie voor digitale twins voor waterkeringen;
- WP2. Open platform interface, website voor toegang tot de scripts / cases t.b.v. community en ontwerp cases ;
- WP3. Data fusie framework en methode voor parametrisatie van de ondergrond en een gedragsprotocol;
- WP4. Visualisatie van tenminste een digitale twin dijksectie;
- WP5. Outreach: stakeholder evaluatie, communicatie met watersector en video van toepassing en hackaton.
- WP6: Projectmanagement en rapportage

De milestones betreffen go/no-go momenten gerelateerd aan concept deliverables met een volwassenheid dusdanig dat de volgende stappen worden gezet zonder vertraging van het project.

5. Organisatie

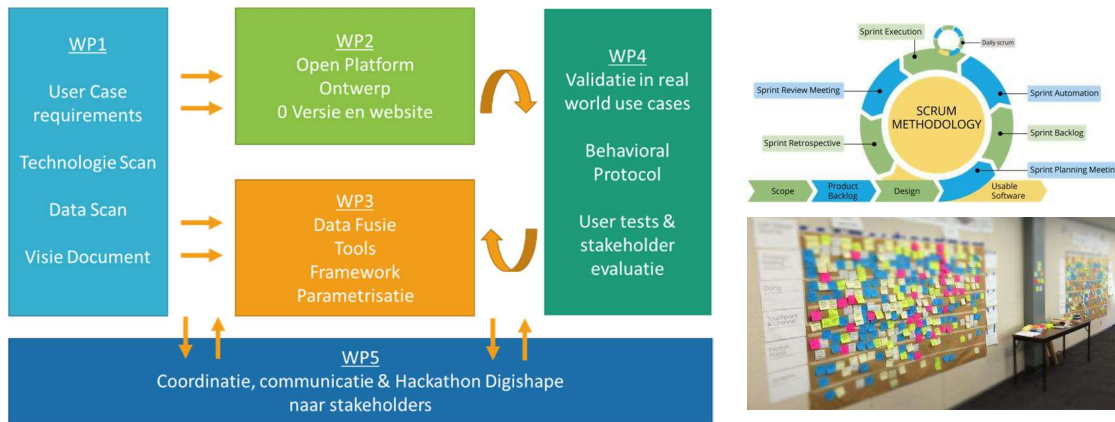
Betrokken partijen vormen een complementair consortium waarin de kennis, technologie en data-(in)winning en toepassing in de praktijk samenkomen. Om van 2D ontwerpen en beoordelen van waterkeringen de stap te maken naar een 4D digitale tweeling, leveren de partners een bijdrage in een vijftal werkpakketten , met deliverables zie figuur 2. Om invulling te geven aan de werkpakketten 2, 3 en 4 zal conform de SCRUM methode gewerkt worden. Hierin trekken de partijen gelinkt aan de werkpakketten samen op en delen de verantwoordelijkheid van het realiseren van werkzame onderdelen welke gezamenlijk leiden tot de digitale twin. De trekker van een werkpakket fungeert als Product Owner en draagt de verantwoordelijkheid van tijdig het opleveren van het resultaat. Daar waar nodig stelt de Product Owner prioriteiten om zo tot een werkbare set aan (digitale) instrumenten te komen.

Rol consortiumleden in het kader van dit project:

- HKV Lijn in Water, levert specialistisch advies rondom waterkeringen en data science tooling, case expert
- BZIM, levert specialistisch advies rondom waterkeringen en het gebruik door beheerders, case lead
- GEODAN, partner op het gebied van geo-ict en 3D visualisatie, case expert
- Fugro, levert specialistisch advies rondom veilige dijken, data inwinning en het gebruik van complexe ondergrond data, case lead
- TNO, levert specialistisch advies rondom het geologisch model van de ondergrond en parametrisatie, case lead
- Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, case eigenaar en participeert in de opgave
- Waterschap AA & Maas, case eigenaar en participeert in data science opgave
- Waterschap Hollandse Delta, case eigenaar en denkt actief mee over de toepassing en bruikbaarheid
- Deltares, levert specialistisch advies rondom data science, data fusie, parametrisatie en het gedragsprotocol en de toepassing daarvan voor waterkeringen. Coördineert tevens het project.

In samenwerking met alle partijen wordt de validatie van de cases gerealiseerd. Een nauwkeurige werkverdeling volgt in een definitief projectplan. De voortgang van het project wordt gecoördineerd door de projectleider. De projectleider wordt geleverd door Deltares.

In werkpakketten 1 en 4 spelen de case eigenaren (Waterschap Hollandse Delta, Waterschap Aa en Maas en Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden) een prominente rol, ten behoeve van het beschikbaar stellen van data, het leveren van input voor de user case requirements en het testen en evalueren van de bruikbaarheid van de gerealiseerde digitale tweeling. In werkpakket 1 speelt Microsoft een bijzondere rol, om ten behoeve van de technologie scan, de state of the art tooling beschikbaar te stellen en mee te denken over de architectuur. Werkpakket 6 betreft het projectmanagement.



Figuur 2: Aanpak werkpakketten (links) en scrum methodiek en backlog (credits STOWA), (rechts)

Toezicht op de het project vindt plaats in een Stuurgroep, welke bestaat uit een vertegenwoordiging van alle consortiumleden, aangevuld met vertegenwoordigers vanuit PIW (Programma Professionaliseren Instandhouding Waterkeringen) en Rijkswaterstaat-WVL. De vertegenwoordiging vanuit de consortiumleden mag niet uitvoerend deelnemen in het project en heeft een bevoegdheid de scope bij te stellen als budgettering en/of relevante stakeholders een zwaarwegend belang aandragen. De Stuurgroep en vertegenwoordigers van PIW en Rijkswaterstaat dragen ook zorg voor het informeren en zo nodig consulteren van STOWA, Rijkswaterstaat CIV en GPO en het DKI (directeurenoverleg kennis en innovatie, waarin de belangrijkste spelers in de waterveiligheidssector zijn vertegenwoordigd).

Het projectteam rapporteert minimaal 2x per jaar aan de stuurgroep, en de stuurgroep komt minimaal 2x per jaar bijeen. In samenwerking met alle partijen wordt de validatie van de cases gerealiseerd. Een nauwkeurige werkverdeling volgt in een definitief projectplan. Dit definitieve en gedetailleerd uitgewerkte projectplan wordt in werkpakket 1 gezamenlijk opgesteld en aan de stuurgroep voorgelegd.

6. Kennisvalorisatie en -disseminatie

Op pragmatische wijze wordt in de uitvoering van het project gewerkt langs de doelen van MMIP. Zo wordt door de aansluiting van TNO gewerkt met open standaarden (Basis Registratie Ondergrond); en worden modellen, tools en data beschikbaar gesteld voor en door alle deelnemers uit het bedrijfsleven, overheden en kennisinstellingen, zodanig dat deze worden toegepast. Er vindt specifiek een validatie slag plaats in de voorziene cases en alle tools worden via een website en open bibliotheek beschikbaar gesteld.

Omtrent de kennisvalorisatie worden de aanbevelingen gevolgd uit de DeltaFact: *Best practices voor kennisvalorisatie*. Om kennis te verspreiden wordt een website opgezet met daarin een wiki en bibliotheek aan beschikbare tooling. Zo ontstaat een (open) community waarmee derde partijen ook kunnen gaan werken.

In het onderwijs zal tenminste aandacht worden besteed aan dit onderwerp in het college Georisicomanagement aan de TU Delft. In een professioneel verband zal worden onderzocht of een workshop binnen de kennisdag inspectie waterkeringen mogelijk is. Met een infographic en een animatie wordt uitgelegd hoe de digitale twin technologie werkt en hoe deze gebruikt kan worden in het waterkering beheer, bij het beoordelen van dijken en in het kader van het hoogwaterbeschermingsprogramma. In het kader van Digishape zal een webinar worden georganiseerd.

De ontwikkelde kennis heeft pas nut als die de weg naar de praktijk heeft gevonden. In het project zijn 3 cases met waterbeheerders voorzien waardoor de praktische toepassing al aan bod komt. Er wordt binnen dit project een stuurgroep ingesteld waarin vertegenwoordigers vanuit STOWA en RWS-WVL zitting hebben mede ten behoeve van de eindgebruikers. Bij voorkeur sluit hier ook een vertegenwoordiger vanuit het HWBP bij aan. Belangrijke taken van de stuurgroep zijn om de ontwikkelde kennis en kunde op een goede manier te positioneren ten opzichte van andere ontwikkelingen en toegankelijk te maken voor alle waterschappen. Hiervoor zijn ook presentaties en werksessies voorzien bij gremia als het Kennis en Kunde Platform (voor waterkeringen), Digishape (delen van AI toepassingen) en op netwerkdagen die samen met de stuurgroep worden bepaald. Daarnaast streven we er naar om een vijftal afstudeeropdrachten te formuleren in samenwerking met universiteiten die ten goede komen aan het programma.

7. Financiering en begroting

Tabel 1. Samenvatting kosten en financiering (deze tabel kopiëren uit bijlage 4)

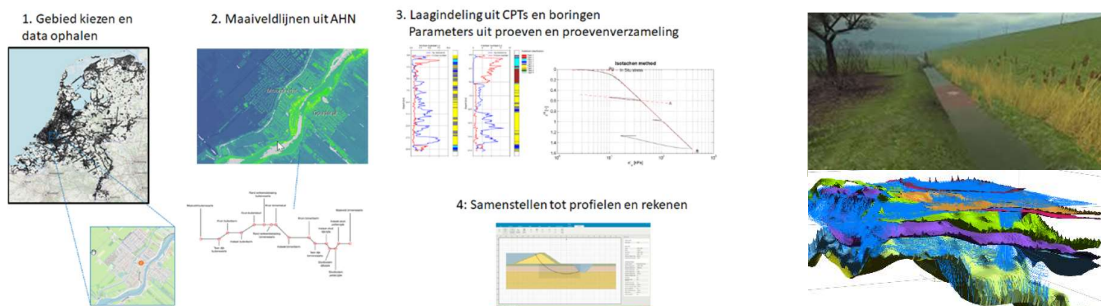
SAMENVATTING KOSTEN EN FINANCIERING	Bedragen in k€ (excl. BTW)				
	2021	2022	2023	2024	Totaal
Kosten					
Kosten kennisinstellingen (totaal tabel 2a) Stichting Deltares en TNO-GDN	250	250			500
Kosten overige projectpartners (totaal tabel 2b) HKV lijn in water, BZ Ingenieurs en Managers, Fugro NL Land B.V. en Geodan B.V.	150	150			300
TOTAAL KOSTEN	400	400			800
Financiering					
In kind bijdrage private partners (totaal tabel 3a) HKV lijn in water, BZ Ingenieurs en Managers, Fugro NL Land B.V. en Geodan B.V.	62,5	62,5			125
In kind bijdrage ov. partners (totaal tabel 3b) Stichting Deltares en TNO-GDN <i>WS Aa en Maas, WS Hollandse Delta en Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden</i>	50 <i>+ pm</i>	50 <i>+ pm</i>			100 <i>+ pm</i>
Cash bijdrage private partners (totaal tabel 4a)					nvt
Cash bijdrage ov. partners (totaal tabel 4b) WS Aa en Maas, WS Hollandse Delta	25	25			50
Financiering van derden (geef aan van wie)					nvt
TOTAAL CO-FINANCIERING	137,5	137,5			275
Gevraagde publieke inbreng: WR-capaciteit					
Gevraagde TO2 capaciteit voor I&W voor missie F	62,5	62,5			125
Gevraagde publieke financiering: PPS-toeslag	200	200			400
TOTAAL GEVRAAGDE FINANCIERING	400	400			800

Bijlage 1: State of the Art en deliverables

Om de doelen van de MMIP te bereiken is binnen het consortium zowel domeinkennis en kennis over het toepassen van benodigde technologie aanwezig. De domeinkennis betreft grondmechanica, het gedrag van faalmechanismen van waterkeringen alsmede het karakteriseren van de ondergrond en de opbouw van de waterkering. Bij het karakteriseren van de ondergrond geldt dat partijen uitgebreide ervaring hebben met het uitvoeren van of het interpreteren van geologisch, geotechnisch, geofysisch onderzoek en monitoringcampagnes.

In het project wordt een verscheidenheid aan innovatieve technologie ingezet waaronder (mogelijk):

- Microsoft Azure cloud computing services waaronder Analytics, IoT (Internet of Things) en AI diensten;
- De inzet van data fusion modellen en 2D/3D dijk scans (Fugro);
- Toepassing van API's en python scripts vanuit GEOLIB (geotechnische en geohydrologische softwarebibliotheek die het automatiseringsproces ondersteunt);
- De probabilistische toolkit (PTK) in combinatie met probabilistische faalpaden.



Figuur 3: Overzicht mogelijkheden om van 2D (GEOLIB) naar 4D visualisatie van de waterkering

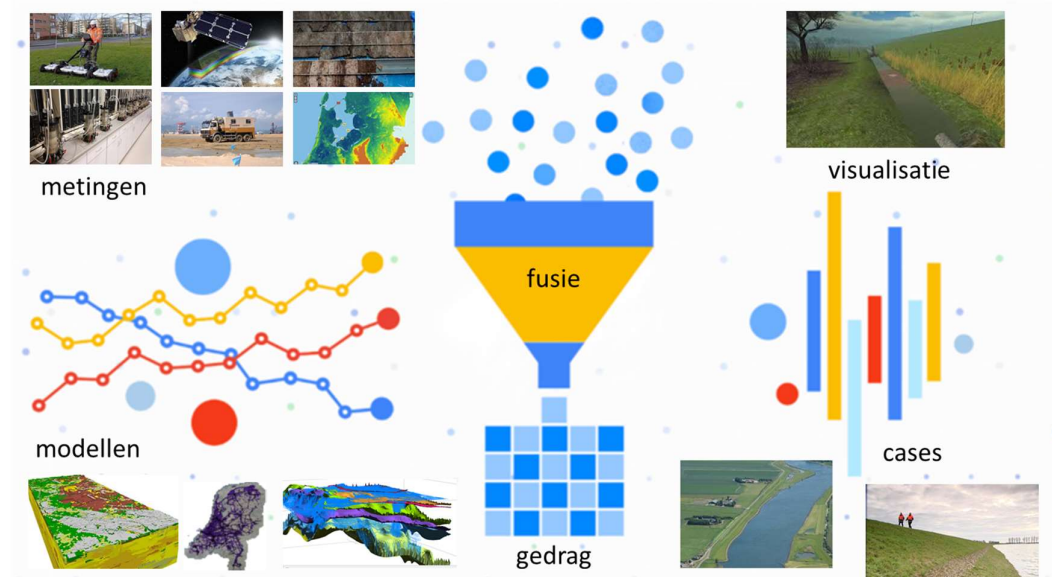
Aanvullend worden meer traditionele tools ingezet in een nieuwe context waaronder: mogelijk de D-Embankment Suite (D-GeoStability, D-Settlement en D-GeoFlow); grondonderzoek(data) waaronder sonderingen, boringen en geofysica en monitoringstechnieken middels Internet of Things sensoren waarmee waterspanningen en/of vervormingen worden gemeten; 3D ondergrondmodellen (o.m. GeoTOP/IMOD) alsmede visualisatie middelen (3D GIS/BIM pakketten).

De lacunes in dit project liggen in het verbinden van bovenstaande technologie tot een bruikbare toepassing. Het gaat daarbij om de vertaalslag van verschillende informatiebronnen naar een digitale virtuele representatie van de ondergrond en de waterkering, het afleiden van eenduidige parameters die de ondergrond en het grondgedrag beschrijven en beïnvloeden, gebaseerd op meerdere databronnen (opzetten data fusie framework, werkpakket 3) en het koppelen van dit model aan gedragsalgoritmen, zodat inzichtelijk wordt gemaakt hoe deze constructie zich gedraagt onder belastingen gedurende de levenscyclus. Het project speelt hier op in door een projectteam van specialisten met praktijkervaring samen te stellen uit de betrokken kennis- en industrie partijen, state of the art technologie te gebruiken en samen het werk gezamenlijk uit te voeren.

Het project levert concreet een werkwijze op hoe je meerdere datasoorten digitaal kunt verbinden tot een hoge resolutie representatie van de waterkering en een werkwijze waarmee de interactie tussen de constructie en de omgeving; het weer, de ondergrond, de (geo)hydrologie en belastingen beschreven kan worden. Gezamenlijk vormt dit een digitale tweeling van ondergrond en waterkering. De aanpak wordt gevalideerd op juiste beschrijving van het gedrag en bruikbaarheid voor waterkeringbeheerders. De opgedane inzichten versterken de internationale concurrentiepositie van de participanten.

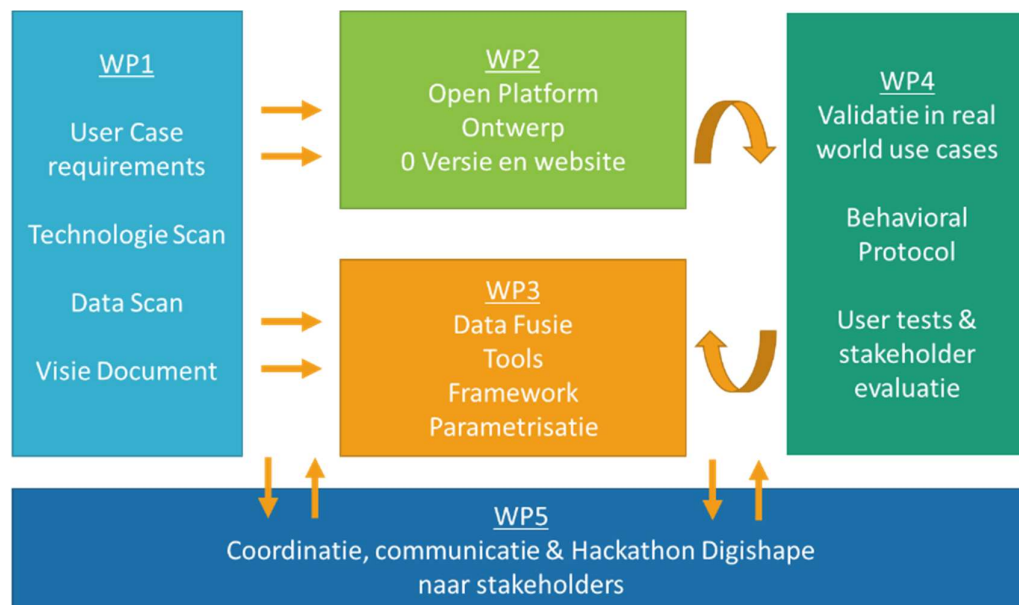
Bijlage 2: Uitgebreid meerjarig werkplan

Een schematisch overzicht van de realisatie van een digitale tweeling is in figuur 4 weergegeven. Ten behoeve van de opbouw van de digitale tweeling worden metingen en modellen gecombineerd door middel van data fusie. Met een gedragsprotocol wordt vervolgens de koppeling gemaakt tussen faalmechanismen en het digitale parametrische model van de dijk. Tot slot wordt de digitale tweeling gevisualiseerd en gevalideerd in cases.



Figuur 4 Schematisch overzicht aanpak.

Het meerjarig werkplan bestaat uit zes kernactiviteiten welke in figuur 5 worden weergegeven.



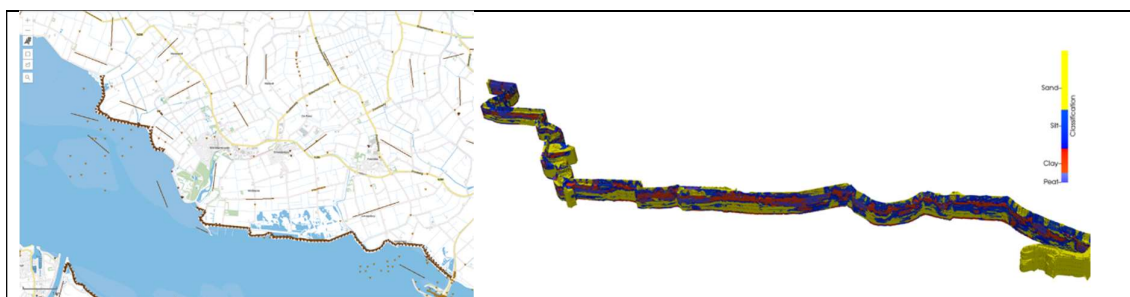
Figuur 5: Werkpakketten en kernactiviteiten (exclusief Werkpakket 6, het Project management welke verbonden is met alle activiteiten en als rode draad de activiteiten verbind).

Een gedetailleerde beschrijving per werkpakket is hieronder gegeven. In het definitieve projectplan wordt de werkverdeling alsmede de benodigde activiteiten definitief vastgesteld.

Werkpakket	1. User Requirements		
Deelnemende partners	Werkpakket leider: Deltares Partners: HKV Lijn in Water, Fugro, GEODAN, BZIM, TNO en de (case eigenaren Waterschap AA en Maas, Hoogheemraad de Stichtse Rijnlanden en Waterschap Hollandse Delta)		
Start Maand	1	Eind Maand	4
<p>Doelstellingen:</p> <p>Het vaststellen van de beschikbare technologie t.b.v. de realisatie van het project (aantonen aansluiting op state of the art technologie).</p> <p>Het in kaart brengen van de gebruikswensen van de case eigenaar.</p> <p>Het in kaart brengen en verzamelen van de beschikbare gegevens per case.</p> <p>Het opstellen van een visie document ten behoeve van verdere implementatie, valorisatie en gebruik.</p> <p>Input ophalen t.b.v. open Platform Interface</p>			
<p>Beschrijving:</p> <p>Het organiseren van een drietal workshops omtrent gebruik, technologie en beschikbare data; alsmede een bijeenkomst voor de aftrap en vaststellen van de gezamenlijke visie. Tevens een go/no-go per case.</p>			
<p>Resultaten:</p> <p>Uitgewerkte user case requirements in samenwerking met betrokken hoogheemraden / waterschappen (case eigenaren) en het definitief vaststellen van de cases.</p> <p>Beschikbare data voor de opbouw van de digitale tweeling.</p> <p>Eenduidig beeld van beschikbare technologie.</p>			
Milestones: Go/No-Go moment voor de cases.			

Werkpakket	2. Open Platform Interface		
Deelnemende partners	Werkpakket leider: Deltares Partners: TNO, met input van alle partners (zie wp1)		
Start Maand	2	Eind Maand	6
<p>Doelstellingen:</p> <p>Het opzetten van een digitale infrastructuur ten behoeve van een bibliotheek voor scripts en uitwisseling van benodigde data formaten.</p> <p>Het opzetten van een community website.</p>			
<p>Beschrijving:</p> <p>Het opzetten van een digitale infrastructuur ten behoeve van een bibliotheek voor scripts en uitwisseling van benodigde data formaten.</p> <p>Het opzetten van een community website.</p>			
<p>Resultaten:</p> <p>Informatie over de beschikbare digitale infrastructuur voor het uitwisselen van data via de cloud en api's en daar waar nodige opgezette digitale infrastructuur voor bovengenoemd doel.</p> <p>Een community website voor kennis disseminatie en gebruik van scripts, data en algoritmen.</p>			
Milestones: Ontwerp: maand 6, Testen: maand 8. Opleveren Maand 10.			

Werkpakket	3. Data Fusie		
Deelnemende partners	Werkpakket leider: Deltares Partners: TNO, HKV Lijn in Water, Fugro, BZIM		
Start Maand	5	Eind Maand	12
<p>Doelstellingen:</p> <p>Het kunnen opbouwen van een digitaal model van de dijk (ondergrond model en schematisering) op basis van data en dit model kunnen parametriseren.</p> <p>Het opstellen van een framework om beschikbare data vormen te kunnen wegen ten behoeve van allocatie van gedragsparameters en grondeigenschappen.</p> <p>Het realiseren van een bibliotheek van benodigde scripts om data bronnen te interpreteren en te correleren aan elkaar.</p>			
<p>Beschrijving:</p> <p>Multisensor data fusie is de combinatie en analyse van verschillende data bronnen om een meer volledig, betrouwbaar en nauwkeuriger beeld te krijgen. Zo wordt in lijninfrastructuur (bijvoorbeeld dijken) de ondergrond gekenmerkt door verschillende eigenschappen zoals bodemtype, grondwaterspiegel, vegetatietype, maar ook verschillende geometrische eigenschappen zoals hellingshoek, bodemdaling, scheuren. Een enkele sensor kan slechts gedeeltelijk een nauwkeurig antwoord geven. Verschillende bronnen leveren inzichten met een verschillende resolutie in tijd en ruimte (bijv. data van satellieten hebben een grote ruimtelijke dekking maar geven geen informatie over de ondergrond. Aan de andere kant leveren geotechnische tests gegevens met een hoge resolutie over de diepte maar hebben ze een geringe ruimtelijke dekking). Data fusie is een manier om met verschillende soorten data om te gaan en onzekerheden te verkleinen.</p> <p>Er bestaat een aantal uitdagingen bij multisensor data fusie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpoleren (temporeel en spatieel) van data sets en automatisch processen van de data sets; • Fusie van data sets in kenmerken die op een correcte wijze het vraagstuk beschrijven; • Ontwikkel een model dat meerdere parameters omvat, toegesneden op de specifieke toepassing voor dijken; • Vertaling van data fusie technieken in een bestaand raamwerk voor de beoordeling van netwerken; • Validatie van de data fusie methodologie. <p>De partners ontwikkelen gezamenlijk benodigde data fusie tools ten behoeve van de use cases.</p>			
<p>Resultaten:</p> <p>Een van de grootste voordelen van het gebruik van data fusie technieken betreft de schematisatie en parametrisatie van de ondergrond. Men denkt dat door verschillende data sets te combineren een volledig 3D ondergrond schematisatie en parametrisatie verkregen kan worden, die kan leiden tot een aanzienlijke reductie in onzekerheid over het gedrag van de ondergrond. Deze vermindering zal tot een vermindering in de kosten van versterkingen en beheer van dijken leiden.</p> <p>Voor toepassing op het gebied van dijken is het doel om individueel beschikbare data sets te gebruiken (Figuur 1a) en te combineren om tot een volledige 3D ondergrond schematisatie te komen (Figuur 1b). Dit zal tot een vermindering in de onzekerheid van ondergrond schematisatie en parametrisatie leiden, die tot een vermindering in de kosten van projecten op het gebied van aanleg en versterking van dijk infrastructuur zal leiden. Deze vermindering in kosten kan bereikt worden door optimalisatie in het ontwerp of door het verkrijgen van inzicht in risico's die samenhangen met de ondergrond.</p>			



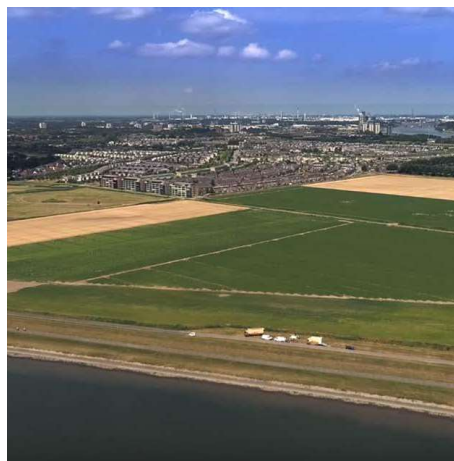
Figuur 1 (a) Dijksectie met discrete open in-situ data, (b) high-res data fusie ondergrondmodel

Milestones: Opleveren data fusie aanpak maand 8, opbouwen cases maand 10, koppelen aan gedragsmodel maand 12.

Werkpakket	4. Test & Validatie		
Deelnemende partners	Werkpakket leider: Deltares en drie caseleiders (Waterschap Hollandse Delta, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden en Waterschap Aa en Maas) Partners: HKV Lijn in Water, Fugro, BZIM		
Start Maand	7	Eind Maand	17
<p>Doelstellingen: Het valideren van de digitale twin technologie door toepassing van de digitale tweeling in real-world cases (zie onder deze tabel de drie/vier beschreven cases).</p> <p>Doel 1: Validatie van het gedragsmodel. Doet de digitale twin hetzelfde als de waterkering in de echte wereld?</p> <p>Doel 2: Vaststellen of de digitale tweeling geschikt is voor gebruik. Is de digitale tweeling geschikt voor gebruik in het dagelijks beheer van de waterkering?</p> <p>Doel 3: Vaststellen van impact. Draagt de digitale tweeling daadwerkelijk in potentie bij aan de beoogde doelen en heeft de digitale twin de voorziene impact op sociaal, ecologisch, economisch en technologisch gebied?</p>			
<p>Beschrijving:</p> <p>Gedragsprotocol</p> <p>Integreren van data fusie in de aanpak van probabilistische faalpad analyse.</p> <p>Bij het mechanisme piping zijn de berekende faalkansen bij het beoordelen van dijkstrekkingen en de benodigde berm breedte bij versterkingsopgaven te optimaliseren. De aanpak om probabilistisch faalpaden te analyseren maakt het wellicht mogelijk om meer grip te krijgen op de piping problematiek. De onzekerheden rondom het mechanisme piping liggen in:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inzicht in het gedrag van de mechanismen die een rol spelen; - de inherente onzekerheid in de ondergrond; - de schematisering van de daadwerkelijke dijk; - en aanwezige grondeigenschappen. <p>Werkpakket 4 stelt voor om een data gedreven aanpak, om eerder genoemde onzekerheden te verkleinen, te combineren met de methode van probabilistische faalpad analyse. Daarmee wordt het faalgedrag gecombineerd met een parametersiche beschrijving van de dijk en kansbenadering. Gezamenlijk vormen de twee een digitale tweeling, waarmee, per deelmechanisme, de kans op piping en/of macrostabiliteit meer nauwkeurig kan worden benaderd.</p> <p>Cases ter validatie voor juiste werking en gebruik</p> <p>De real world cases ter validatie en gebruik zijn onder deze tabel weergegeven en beschreven. De cases zijn opgezet in nauw overleg met de betrokken waterschappen. Tevens wordt verkend hoe de digitale tweeling verder gebruikt kan worden en worden uitgerold in de dagelijkse werkpraktijk (beheer, beoordelen en ontwerpen).</p>			
<p>Resultaten: Een gevalideerde digitale tweeling, waarbij het gedrag van de dijk gevalideerd is met een externe data en/of informatiebronnen. Een gevalideerde case voor gebruik, waarbij het ambitie niveau en de praktische toepassing wordt afgezet tegen de meerwaarde van de digitale tweeling ingezet voor de voorziene kerntaken door waterkeringbeheerders.</p>			
<p>Milestones: Valideren digitale tweeling maand 15. Gebruiktest bruikbaarheid, maand 18. Evaluatie maand 17.</p>			

Case Normtraject 20-3 langs het Spui – Aangedragen door Waterschap Hollandse Delta

Normtraject 20-3 is een onderdeel van het eiland Voorne-Putten. Dit traject is in het kader van VNK afgekeurd en werd aangemerkt als een zogeheten Top-13 traject waarbij de faalkans vele malen groter is dan de norm. Tijdens de voorverkenningfase is op dit traject een uitgebreid grond- en laboratoriumonderzoek uitgevoerd en zijn meer dan 20 meetraaien geïnstalleerd om inzicht te krijgen in de freatische grondwaterstand en de stijghoogten. Aanvullend hierop zijn langs het Spui vlakdekkende metingen uitgevoerd in de vorm van elektromagnetische metingen, passieve radiometriemetingen en infraroodmetingen. Om inzicht te verkrijgen in de gelaagdheid en de anisotropie van de doorlatendheid van het getijdezand is langs het Spui tevens een AMPT-sondeeronderzoek uitgevoerd.



Met de combinatie van het conventionele grondonderzoek aangevuld met de vlakdekkende metingen en het AMPT-onderzoek is een nauwkeurig beeld verkregen van de ondergrond van de dijk en de aanwezigheid van zandbanen. Omdat er van dit dijktraject relatief veel informatie beschikbaar is en het traject binnenkort versterkt gaat worden lijkt het ons een goede case voor de Digital Twin (ter info: in oktober 2020 start de Verkenningfase waarin toegewerkt wordt naar een voorkeursalternatief).

Op basis van de uitgebreide basisinformatie van de ondergrond en geometrie van de dijk kan er een nauwkeurige digitale tweeling worden gecreëerd. Het zou mooi zijn als de verschillende versterkingsvarianten in de Digitale Tweeling van te voren worden gevisualiseerd en gesimuleerd om de impact op de waterveiligheid en omgeving inzichtelijk te krijgen. Zo kan er beter gekozen worden voor een variant. Het feit dat deze case de gehele levenscyclus van de dijk beslaat maakt het een uitermate geschikte en concrete case voor de Digital Twin.

Case Dijksterkte in kaart, aangedragen door Waterschap Aa en Maas

Om beheer- en noodmaatregelen beter te kunnen prioriteren, moet de dijksterkte van dijken beter gemonitord worden. Om goede inschattingen te kunnen maken over macrostabiliteit en piping problematiek, is het nodig het gedrag van de dijk te kunnen simuleren. Dit willen we bewerkstelligen door actuele meetgegevens die onder andere uit sensors (peilbuismetingen) verzameld kunnen worden, te verbinden met de meer klassieke vormen van geotechnisch (o.a. sonderingen, boringen), geofysisch (o.a. elektromagnetisch onderzoek) en gehydrologisch onderzoek.

Nieuwe methodieken binnen de data science bieden mogelijkheden om voorspelmodellen en simulatiemodellen te maken welke deze data als input gebruiken, zodat het gedrag van de dijk en de bijbehorende zekerheid dat deze voldoet aan het BOI goed gesimuleerd kunnen worden.



Het is de intentie om bovenstaande model(len) te ontwikkelen door bestaande data uit het dagelijks beheer en de lopende dijkversterkingsprojecten (traject 36-2) te gebruiken, op een zodanige manier dat deze modellen toepasbaar zijn voor het toekomstige dijkbeheer.

Digital Twin case Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

De 55 kilometer lange noordelijke Lekdijk tussen Schoonhoven en Amerongen wordt door HDSR versterkt in het zgn. “Sterke Lekdijk” project. De mate waarin dijkversterking nodig is, is sterk afhankelijk van de samenstelling en opbouw van de ondergrond. Hiervoor is veel grondonderzoek nodig. TNO-GDN heeft voor delen van de Lekdijk een gedetailleerd ondergrondmodel gemaakt, gebaseerd op de GeoTOP methode. Dit model levert waardevolle informatie op over de opbouw en eigenschappen van de ondergrond onder de dijk. Tevens zal in 2020 en 2021 verder worden gewerkt aan andere delen van de Lekdijk. Ook zal worden onderzocht hoe het gedetailleerde ondergrondmodel snel kan worden ge-update met nieuwe gegevens.



In de huidige opzet van de modellering worden de voxels van het gedetailleerde GeoTOP model (25 x 25 x 0.25m) gevuld met geologische informatie (lithostratigrafische eenheden) en lithoklassen. De voxels worden daarnaast ook voorzien van parameters die van belang zijn voor het geomechanische gedrag van de grond. Dit gebeurt echter op een “eenvoudige” manier, waarbij kentallen van grondsoorten een rol spelen. Er is veel ruimte voor verbetering in deze methodiek, zodat een ruimtelijk gedifferentieerd model van relevante geomechanische parameters wordt gemaakt. Dit model kan vervolgens dienen als input voor geomechanische berekeningen, zoals bijv. piping.

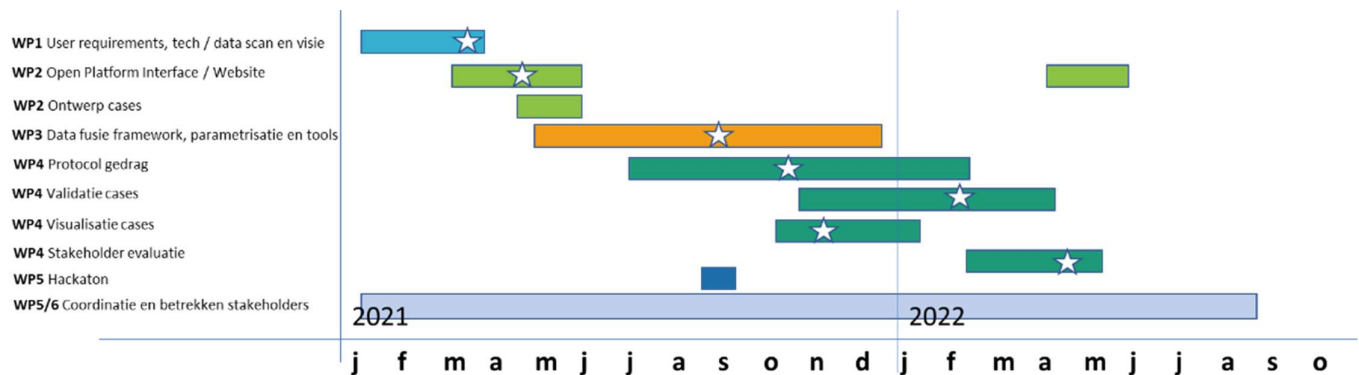
Een belangrijke parameter is de korrelverdeling. TNO-GDN heeft een methode in ontwikkeling waarbij zowel accurate data (bijv. gemeten korrelverdelingen) en proxy-data (veldschattingen, onvolledige data) en geologische / sedimentaire kennis worden gecombineerd om tot een geïnterpoleerde korrelverdeling te komen in iedere voxel, incl. de daarbij behorende onzekerheid. Samen met geomechanische experts wil de GDN de methodiek van data-assimilatie en interpolatie van korrelverdelingen verder ontwikkelen. Het doel is om tot een wetenschappelijk verantwoorde methode te komen om voor iedere voxel een korrelverdeling te hebben.

Vanuit een geïnterpoleerde korrelverdeling zullen vervolgens de benodigde rekenwaarden die belang zijn voor piping, bijv. de D70 worden afgeleid en direct worden toegepast in enkele beoordelings- of ontwerpsommen om het effect te kunnen bepalen.

Werkpakket	5. Communicatie & Hackathons DigiShape		
Deelnemende partners	Werkpakket leider: Deltares Partners: HKV Lijn in Water, BZIM, GEODAN		
Start Maand	10	Eind Maand	12
Doelstellingen: Kennis-dessimatie en het valideren of het framework uitbreidbaar is met nieuwe scripts en tools.			
Beschrijving: In samenwerking met DigiShape zal een hackaton worden georganiseerd voor studenten en IT professionals.			
Resultaten: Validatie of het framework voldoende uitbreidbaar is met nieuwe scripts en data vormen. Tevens het aanjagen van nieuwe ideeën en kansen voor verdere toepassingen of uitbreiding.			
Milestones: In maand 10: plannen Hackaton. In maand 11 de uitvoering. In maand 12 de verslaglegging en het uitbrengen van een video.			

Werkpakket	6. Coördinatie en projectmanagement		
Deelnemende partners	Werkpakket leider: Deltares Partners: Alle betrokken stakeholders		
Start Maand	1	Eind Maand	24
Doelstellingen: Het zorgdragen voor projectmanagement, opleveren op tijd en binnen budget.			
Beschrijving: Het uitvoeren van de taak van project manager, ten behoeve van de voortgang, contracten en coördinatie tussen de werkpakketen en de stakeholders.			
Resultaten: Het op tijd en binnen budget opleveren van de deliverables en het valideren van de werkzaamheden dusdanig dat de doelen van dit voorstel worden behaald.			
Milestones: Zoals benoemd in de strokenplanning.			

Onderstaand is in figuur 7 de planning uitgewerkt ervan uitgaande dat in januari 2021 gestart kan worden.



Figuur 7: Strokenplanning op hoofdlijnen

Bijlage 3: overzicht van alle deelnemende partners

Naam partner 1	HKV lijn in water
KvK nr.	39060355
Postadres en postcode	Botter 11-29, 8232 JN
Plaats	Lelystad
Contactpersoon	dr. ir. B. Kolen (Bas)
e-mailadres	Kolen@hkv.nl

Naam partner 2	BZ Ingenieurs & Managers
KvK nr.	08128785
Postadres en postcode	Postbus 445, 7400 AK
Plaats	Deventer
Contactpersoon	W.S. Zomer (Wouter)
e-mailadres	Wouter.Zomer@bzim.nl

Naam partner 3	Fugro NL Land B.V.
KvK nr.	27114147
Postadres en postcode	Postbus 63, 2260 AB
Plaats	Leidschendam
Contactpersoon	M.T. van der Meer (Martin)
e-mailadres	m.vandermeer@fugro.com

Naam partner 4	Geodan B.V.
KvK nr.	33293593
Postadres en postcode	Buitenhaven 27-A, 5211 TP
Plaats	's-Hertogenbosch
Contactpersoon	Henk Scholten
e-mailadres	henk@geodan.nl

Naam partner 5	TNO-GDN
KvK nr.	27376655
Postadres en postcode	Postbus 80015, 3508 TA
Plaats	Utrecht
Contactpersoon	Jan Gunnink
e-mailadres	jan.gunnink@tno.nl

Naam partner 6	Waterschap Aa en Maas
KvK nr.	17251019
Postadres en postcode	Postbus 5049, 5201 GA
Plaats	's-Hertogenbosch
Contactpersoon	Erlijn Linskens
e-mailadres	elinskens@aaenmaas.nl

Naam partner 7	Waterschap Hollandse Delta
KvK nr.	52605825
Postadres en postcode	Postbus 4103 , 2980 GC
Plaats	Ridderkerk
Contactpersoon	Henri van der Meijden
e-mailadres	H.vanderMeijden@wshd.nl

Naam partner 8	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
KvK nr.	30276831
Postadres en postcode	Postbus 550, 3990 GJ
Plaats	Houten
Contactpersoon	Koen Volleberg
e-mailadres	koen.volleberg@hdsr.nl

Naam partner 9	Rijkswaterstaat – WVL, Data en Informatiemanagement
KvK nr.	27364178
Postadres en postcode	Postbus 2232, 3500 GE
Plaats	Utrecht
Contactpersoon	Gerrit Burgers
e-mailadres	gerrit.burgers@rws.nl

Naam partner 10	Stichting Deltares
KvK nr.	41146461
Postadres en postcode	Postbus 177, 2600 MH
Plaats	Delft
Contactpersoon	Ruud Hoogendoorn
e-mailadres	ruud.hoogendoorn@deltares.nl

Bijlage 4: Kostenbegroting en financiering

Tabel 1. Samenvatting kosten en financiering (deze tabel kopiëren naar de hoofdtekst)

In deze tabel vult u bij kosten de totalen in van tabel 2a (kosten kennisinstellingen) en tabel 2b (kosten overige projectpartners). Bij financiering vult u de totalen in van tabel 3 (in kind bijdrage projectpartners) en tabel 4 (cash bijdrage projectpartners). Tot slot vult u de gevraagde bijdrage in (uitgesplitst in WR-capaciteit en PPS-toeslag).

SAMENVATTING KOSTEN EN FINANCIERING	Bedragen in k€ (excl. BTW)				
	2021	2022	2023	2024	Totaal
Kosten					
Kosten kennisinstellingen (totaal tabel 2a)					
Stichting Deltares en TNO-GDN	250	250			500
Kosten overige projectpartners (totaal tabel 2b)					
HKV lijn in water, BZ Ingenieurs en Managers, Fugro NL Land B.V. en Geodan B.V.	150	150			300
TOTAAL KOSTEN	400	400			800
Financiering					
In kind bijdrage private partners (totaal tabel 3a)					
HKV lijn in water, BZ Ingenieurs en Managers, Fugro NL Land B.V. en Geodan B.V.	62,5	62,5			125
In kind bijdrage ov. partners (totaal tabel 3b)					
Stichting Deltares en TNO-GDN <i>WS Aa en Maas, WS Hollandse Delta en Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden</i>	50 <i>+ pm</i>	50 <i>+ pm</i>			100 <i>+ pm</i>
Cash bijdrage private partners (totaal tabel 4a)					nvt
Cash bijdrage ov. partners (totaal tabel 4b)					
WS Aa en Maas, WS Hollandse Delta	25	25			50
Financiering van derden (geef aan van wie)					nvt
TOTAAL CO-FINANCIERING	137,5	137,5			275
Gevraagde publieke inbreng: WR-capaciteit					
Gevraagde TO2 capaciteit voor I&W voor missie F	62,5	62,5			125
Gevraagde publieke financiering: PPS-toeslag	200	200			400
TOTAAL GEVRAAGDE FINANCIERING	400	400			800

Tabel 2a. Projectkosten kennisinstellingen

Projectkosten	Bedragen in k€ (excl. BTW)				
	2021	2022	2023	2024	Totaal
Inzet WR-onderzoekers:					
<i>TOTAAL:</i>					nvt
Personele kosten overige kennisinstellingen					
Stichting Deltares	200	200			400
TNO-GDN	50	50			100
<i>TOTAAL:</i>	250	250			500
Materiële kosten (incl. reiskosten) en diensten door derden, in te schakelen door de kennisinstellingen					
<i>TOTAAL:</i>					nvt
TOTAAL KOSTEN KENNISINSTELLINGEN	250	250			500

Tabel 2b. Projectkosten overige consortiumleden (geen kennisinstellingen)

Projectkosten	Bedragen in k€ (excl. BTW)				
	2021	2022	2023	2024	Totaal
Personele kosten:					
HKV lijn in water	48	48			96
BZ Ingenieurs en Managers	30	30			60
Fugro NL Land B.V.	42	42			84
Geodan B.V.	30	30			60
<i>TOTAAL:</i>	150	150			300
Materiële kosten en diensten door derden, in te huren door consortiumpartners:					
<i>TOTAAL:</i>					nvt
TOTAAL KOSTEN CONSORTIUMPARTNERS	150	150			300

Tabel 3. Specificatie in-kind financiering consortium

Indien er sprake is van een in kind bijdrage van consortiumleden, geef dan in onderstaande tabel aan welke partijen welke inzet gaan plegen. In tabel 3a. gaat het om de in kind bijdrage van private partners (incl. private kennisinstellingen), in tabel 3b om de in kind bijdrage van de overige consortiumleden (publieke partijen, incl. publieke onderzoeks- en onderwijsinstellingen).

3a. Private partners (incl. private kennisinstellingen)	MKB	Waarde in kind bijdrage in k€ (excl. BTW)				
		2021	2022	2023	2024	Totaal
HKV lijn in water	JA	20	20			40
BZ Ingenieurs en Managers	JA	12,5	12,5			25
Fugro NL Land B.V.	NEE	17,5	17,5			35
Geodan B.V.	JA	12,5	12,5			25
TOTAAL in kind bijdrage bedrijven		62,5	62,5			125
3b. Publieke partners (incl. publieke onderzoeks- en onderwijsinstellingen)	Kennis instelling	Waarde in kind bijdrage in k€ (excl. BTW)				
		2021	2022	2023	2024	Totaal
Stichting Deltares	JA	25	25			50
TNO-GDN	JA	25	25			50
Waterschap Aa en Maas	NEE	pm	pm			pm
Waterschap Hollandse Delta	NEE	pm	pm			pm
Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden	NEE	pm	pm			pm
TOTAAL in kind bijdrage publ.partners		50 + pm	50 + pm			100 + pm

Tabel 4. Specificatie in cash bijdragen consortium

Geef in onderstaande tabel weer welke cash bijdragen door welke partners worden betaald. In tabel 4a. gaat het om de cash bijdrage van private partners, in tabel 4b om de cash bijdrage van de overige consortiumleden (publieke partijen).

4a. Private partners	MKB	Cash bijdrage in k€ (excl. BTW)				
		2021	2022	2023	2024	Totaal
TOTAAL cash bijdrage bedrijven						nvt
4b. Publieke partners	Kennis instelling	Cash bijdrage in k€ (excl. BTW)				
		2021	2022	2023	2024	Totaal
Waterschap Aa en Maas	NEE	12,5	12,5			25
Waterschap Hollandse Delta	NEE	12,5	12,5			25
TOTAAL cash bijdrage publ.partners		25	25			50