



Foto: Rijkswaterstaat

De Maeslantkering bij Hoek van Holland

AUTEURS

Luc Ponsoen
(Aveco de Bondt/ TU Delft)Bas Jonkman
(TU Delft)Alexander Bakker
(Rijkswaterstaat)

DIGITALE INNOVATIE IN DE WATERBOUW: EEN DIGITAL TWIN VOOR DE MAESLANTKERING

Stormvloedkeringen worden maar weinig gebruikt maar ze moeten het wel altijd doen. De Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg ging voor het eerst automatisch dicht bij de stormvloed op 21 december 2023, 26 jaar na ingebruikname. Tot die tijd ging het alleen om proefsluitingen of sluitingen door ingreep van de beheerder. Hoe zorgen we voor de benodigde kennis en kunde om de kering in conditie te houden? Rijkswaterstaat onderzoekt de mogelijkheden van een simulator, ofwel een *digital twin*.

De Maeslantkering bestaat uit twee enorme deuren die op de oevers in een soort droogdok staan. Bij sluiting gaan de deuren dicht, drijvend op het water. De deuren, nu een kerende wand, lopen vol met water en zinken af om te landen op een drempelconstructie op de bodem. Als de kering weer opengaat, worden de deuren leeggepompt en varen ze weer het droogdok in. Een computersysteem 'beslist' of er gesloten wordt en ook de

sluiting verloopt automatisch, met bedieningspersoneel als back-up.

In de huidige tijd is het bijna vanzelfsprekend dat digitalisering een sleutelrol kan spelen bij de borging en overdracht van kennis over stormvloedkeringen. Hoewel digitalisering in de praktijk best lastig is, zijn er tal van goede voorbeelden. Rijkswaterstaat, de TU Delft en Aveco de Bondt hebben samen de toepassingen van een digital twin voor stormvloedkeringen verkend, met als casestudy de Maeslantkering.

Nut en noodzaak

Om de Maeslantkering operationeel te houden wordt een strikt risico gestuurd asset management toegepast genaamd ProBo ('Probabilistisch Beheer en Onderhoud'). Dit is erg kennisintensief omdat de kering uniek en complex is en zelden gebruikt wordt. Rijkswaterstaat heeft net als andere organisaties het probleem om jonge technische werknemers aan te trekken en voor langere tijd te binden. Dat zit het structureel overdragen van kennis in de weg. De veiligheid van keringen is wel geborgd, maar kansen om het beheer te verbeteren worden wellicht gemist. Digital twins hebben hiervóór in bijvoorbeeld de luchtvaart, ruimtevaart, maakindustrie en offshore-industrie hun waarde bewezen. Een onderzoek naar de toepassing voor stormvloedkeringen was daarom een logische stap. Een *digital twin* is een digitale replica van een fysiek systeem in een softwaremodel. Vanuit een user interface (vaak een 3D model of GIS omgeving) worden data gevisualiseerd, kan het fysieke object worden gemonitord en zijn simulaties mogelijk. Een digital twin bevat dus niet alleen visualisatie mogelijkheden, maar wordt ondersteund door rekenmodellen waarmee op de achtergrond een bredere interpretatie van de data mogelijk is. Hieruit kunnen acties volgen (door mensenhanden of geautomatiseerd) om het fysieke object aan te passen. Het is een veelbelovende technologie, die echter nog nauwelijks wordt toegepast in de waterveiligheidssector. En dit terwijl verschillende *Proof of Concept* studies de potentie aangetoond hebben. Voor het maken van een prototype van een digital twin van de Maeslantkering moest kennis uit drie gebieden

worden geïntegreerd: 1) organisatorische en gebruikersbehoeften; 2) werking van de kering (civiele-, werktuigbouwkundige-, en elektrotechniek); 3) ICT-architectuurontwerp.

Naar een prototype

Op basis van ontwerpeisen uit een vooronderzoek, hebben we een digital twin prototype gebouwd. Hierbij maakten we gebruik van Unity voor de visuele 3D-animatie, en Python scripts voor datakalibratie en het koppelen van externe modellen. Die externe modellen zijn:

- een hydrostatisch krachtenmodel
- een sluitbetrouwbaarheid model
- een pomp prestatie model.

De Unity omgeving functioneert als user interface waarin een 3D data-animatiemodel is geïntegreerd met data-visualisatie en data-analyse panels. Met dit prototype is het mogelijk om het sluiten van de kering in 3D na te spelen op basis van gemeten of gesimuleerde data.

De focus in het prototype ligt op de kerende wand van de Maeslantkering. Dat leidde tot de keuze om niet alle gemeten parameters van een sluiting (6400 in totaal) te verwerken. We beperken ons nu met name tot waterstanden op de Nieuwe Waterweg, waterstanden in de dertien compartimenten van de kerende wand, pompvermogens van de circa 35 pompen (per wand) en de positie van de kerende wand (horizontaal, verticaal en rotatie).

De gekoppelde modellen en de geautomatiseerde data-analyse leveren direct inzicht in de staat van de gerelateerde onderdelen. Dat maakt het mogelijk om het beheer van de kering efficiënter te maken. Als voorbeeld: een falende pomp kan voorspeld worden op basis van metingen van het pompvermogen en het debiet. Vervolgens is er direct een analyse over de invloed van de falende pomp op de kering als geheel. Als die qua betrouwbaarheid weinig verliest, is reparatie mogelijk en snelle (en dure) vervanging niet nodig.

Het gekoppelde hydrostatische krachtenmodel geeft een indruk van de krachten die werken tijdens het sluitproces. Uiteraard nog niet volledig, maar het kan al wel de basisprincipes van krachtenwerking verduidelijken aan nieuwe medewerkers. In toekomstige versies wordt hierin steeds meer detaillering mogelijk, wat zeer gewenst is om de krachten die werken op de kering scherp in beeld te krijgen.

Gebruikers

Het prototype is getest onder een brede groep potentiële gebruikers binnen Rijkswaterstaat. Hieruit bleek al snel dat de digital twin inderdaad een sleutelrol kan spelen in de kennisopslag en -overdracht, bijvoorbeeld als het gaat om krachtenwerking. Het is belangrijk om terug te kunnen kijken op sluitingen, hoe ze plaatsvonden en welk onderhoud en welke vervangingen er zijn gedaan. Dit om

Vier toepassingen waarbij een digital twin toegevoegde waarde kan hebben:

1. Beter efficiëntie van kennis- en informatiemanagement
2. Kostenbesparing door betere monitoring van de kering
3. Beter risicobeheer met modellen en data-analyse
4. Inzicht bieden in het gedrag van de kering tijdens sluiting



Afbeelding 1. User interface van het digital twin prototype, met in het midden een animatie van het sluiten van de kering (testsluiting 2020). Onderaan: bedieningspanelen voor simulaties. Boven: aanklikbare panelen voor aanvullende informatie zoals waterstanden, positie van de kering, pompgegevens enz. Rechts: 'live' waarden van de parameters inclusief de optie om meer informatie op te zoeken.

voort te kunnen kijken en te voorkomen dat incidenten zich herhalen. Met het prototype is het al mogelijk om gebaseerd op metingen het sluitproces van de kering keer op keer na te bootsen. Door deze digitaal opnieuw af te spelen, kan het gedrag van de kering (bijvoorbeeld scheefstand van de kerende wand of prestatie van onderdelen) in verschillende hoogwatersituaties worden geanalyseerd. Afwijkingen in het (digitale) gedrag worden sneller waargenomen en indien noodzakelijk kunnen protocollen aangepast worden.

De testers vonden de digital twin veelbelovend voor het algehele asset management van de kering, van het automatiseren van data-analyses voor onderhoud tot het simuleren van 'what if' scenario's. De mogelijkheden zijn nu nog beperkt maar in volgende versies is uitbreiding van deze functionaliteiten zeker mogelijk.

Uitdagingen

Het blijkt mogelijk om met de nu op de markt beschikbare hardware en software een grootschalige digital twin voor de Maeslantkering te bouwen. Om een echte volledige digital twin te kunnen draaien, is binnen Rijkswaterstaat nog wel verbetering van hard- en software nodig, vooral op het gebied van cyberbeveiliging.

Hoewel de testers grosso modo positief zijn, zijn vooral uitvoerende technici nog enigszins terughoudend. Het grootste deel van de asset management organisatie van de Maeslantkering is echter enthousiast. Bovendien blijkt een grootschalige digital twin ook financieel haalbaar: een indicatieve *business case* geeft aan dat een digital twin binnen vijf jaar kosteneffectief is. Doorontwikkeling van het prototype ligt daarom voor de hand, waarbij een

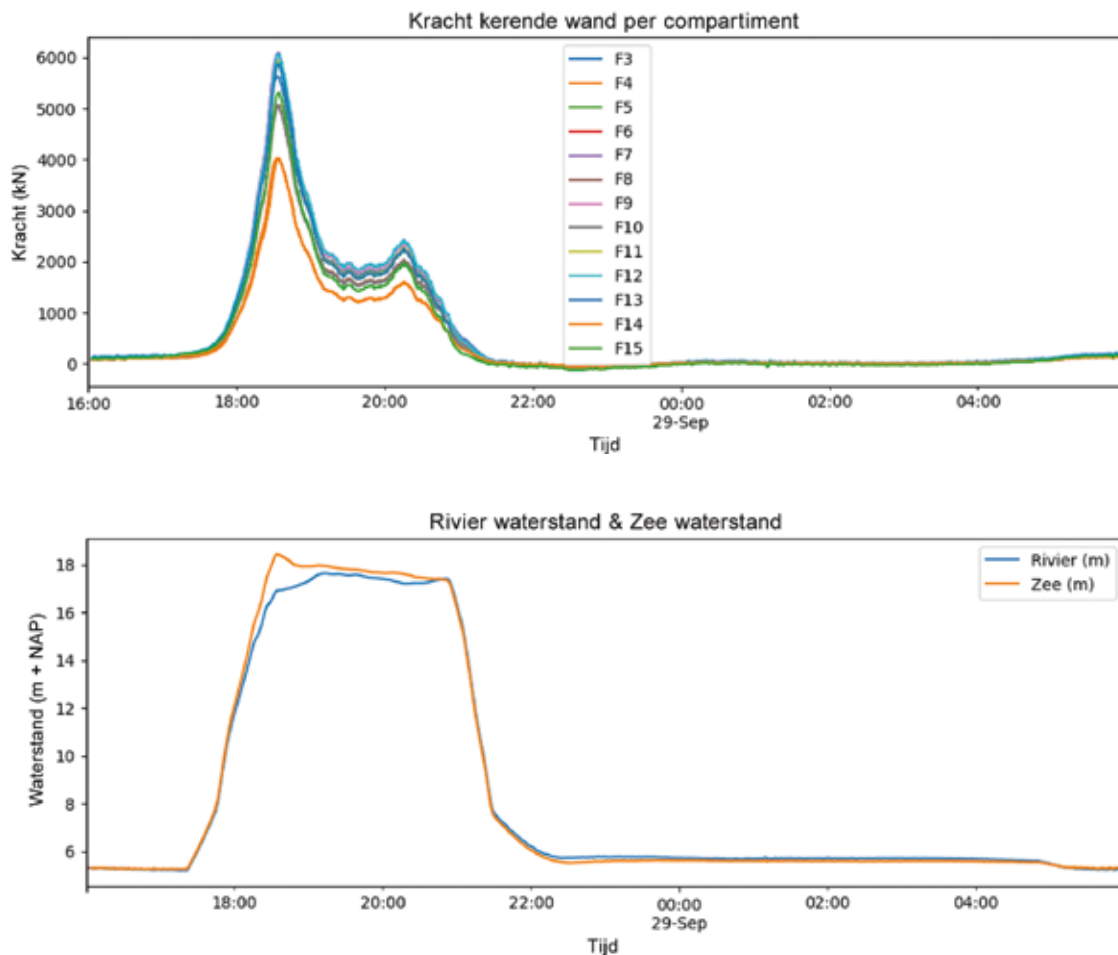
goede aansluiting bij gebruikersbehoeften (de uitvoerende technici!) veel aandacht zal vragen.

De grootste uitdaging voor implementatie is dan ook niet zoezeer de techniek maar het meekrijgen van de organisatie. Een digital twin impliceert een nieuwe 'way of working', wat in eerste instantie vaak leidt tot weerstand. Door het gebruikersperspectief voorop te stellen en in kleine stappen verder te werken, is voortgang echter zeker mogelijk.

Hoe nu verder?

De uitdagingen voor Rijkswaterstaat rondom kennismanagement en beheer van stormvloedkeringen zijn met digital twins echt niet direct opgelost. Ze kunnen zeker helpen, want de keringen zelf produceren genoeg data om digital twins te kunnen voeden en te blijven verbeteren.

Bij gebruik van de digital twin werk je vanuit een 3D-model van de kering. Bij het draaien van een scenario zie je de kering bewegen o.b.v. gemeten of gesimuleerde data. Krachten die spelen worden middels pijlen weergegeven en de kerende wand kan doorzichtig worden gemaakt om te zien hoe de deuren zich vullen met water. Ook zie je hoe de armen draaien tijdens het afzinken van de kerende wand. Tijdens de simulatie kan aanvullende informatie worden opgevraagd, bijvoorbeeld in de vorm van datavisualisatie, documentatie of video's.



Afbeelding 2. Een voorbeeld van data die gemeten en berekend worden met de modellen die gekoppeld zijn aan de digital twin. Boven: hydrostatische kracht op de kerende wand (berekend); onder: waterstanden aan de zee- en rivierzijde (gemeten).

Het onderzoek van de afgelopen twee jaar vormt een goede basis voor doorontwikkeling. De betrokkenen zien een duidelijke meerwaarde en digital twins zijn technisch, financieel en organisatorisch haalbaar. Het is nu aan Rijkswaterstaat om hiermee verder mee aan de slag te gaan. Deze kennis is niet alleen waardevol voor Nederland maar ook elders in de wereld. Digital twins kunnen al in de ontwerpfase worden meegenomen om beheer en onderhoud van keringen te versterken. Dit zou bijvoorbeeld kunnen bij de nieuwe stormvloedkering die nabij Houston, Texas, voor het US Army Corps of Engineers wordt ontwikkeld.

Luc Ponsoen (*Aveco de Bondt/ TU Delft*), Bas Jonkman (*TU Delft*), Alexander Bakker (*Rijkswaterstaat*)

BRONNEN

1. Ponsoen, L.A. et al. (2023). Investigation and development of a Digital Twin for the Maeslant barrier: Exploring the application of digital twins in the maintenance and operation of storm surge barriers. EngD research report. <http://resolver.tudelft.nl/uuid:532df076-927d-4a07-8114-def359198c90>

SAMENVATTING

Rijkswaterstaat, TU Delft en Aveco de Bondt ontwikkelden een prototype van een digital twin voor de Maeslantkering. In het prototype is een 3D-animatiemodel geïntegreerd met datavisualisatie panelen en simulatiemodellen. Het prototype heeft functionele toepassingen, zoals analyse van sluitingen (krachtswerking, functioneren van pompen), kennisoverdracht en verbeteren van (risico)beheer en onderhoud. Het prototype is getest onder gebruikers, die de meerwaarde erkennen voor kennis- en informatiemanagement en ook voor verbeteren van beheer en onderhoud. Een grootschalige digital twin voor de Maeslantkering blijkt haalbaar, ondanks uitdagingen zoals cyberbeveiliging. Een grootschalige implementatie vereist verdere ontwikkeling en betere afstemming op gebruikersbehoeften van technici en toekomstige gebruikers.