

Dilemma in de delta Waterinfrastructuur: behouden, vervangen of veranderen?

De druk op de Nederlandse waterinfrastructuur in beeld

Whitepaper - December 2022



Introductie

Nederland waterland. Nederland transportland. Zo veel infrastructuur komt hier samen en kan uiteenlopend vervoer snel zijn reis vervolgen. Over weg, spoor of water. Van zee naar het immense Europese achterland. Een positie waar Nederland een groot deel van zijn infrastructuur op baseert en op plant voor de toekomst. Toch is verandering aanstonds. Klimaatverandering zoals de extreme hoog waterstanden en zeespiegelstijging bedreigen onze waterveiligheid, de droogte zet grote druk op de vaardiepte van rivieren en op de steeds schaarser wordende ruimte in onze delta. Ook heeft klimaatverandering een enorme invloed op energiebronnen en op het efficiënt gebruik ervan.

Klimaatverandering dwingt ons om na te denken over andere strategieën voor de waterinfrastructuur voor de komende decennia 's dan wat we nu doen: instandhouding van de duizenden kunstwerken en wegen, bevaarbaar houden van het fijnmazige waternetwerk en ontwikkeling van havens op een traditionele wijze. Dit staat haaks op dat wat er nodig is voor de toekomst: met als kern: anders, sneller en slimmer. Het coalitieakkoord maakt elk jaar €1,25 miljard vrij voor het inlopen van achterstanden bij beheer en onderhoud.

In deze whitepaper zetten we uiteen voor welke verandering de waterinfrastructuur staat, gegeven de druk van klimaat, energietransitie, economie en ruimte. Voldoet ons huidige oude systeem nog om snel, efficiënt en betrouwbaar te kunnen zijn in het vervoer over water? Wat is er voor de toekomst nodig?

Leeswijzer

In hoofdstuk 1 wordt ingegaan op het dilemma in de delta: wat is het probleem waar we tegenaan lopen? Hoofdstuk 2 gaat in op de achterliggende facetten die op het dilemma van invloed zijn, hoe is onze waterinfrastructuur ontstaan en welke factoren zijn van invloed op de toekomst er van? In hoofdstuk 3 wordt stilgestaan bij de consequenties van de geschetste veranderingen. Wat betekent dat voor ruimtegebruik en economie? In hoofdstuk 4 komt aan bod waarom de opgave zo complex en uitdagend is. Dit levert een aantal belangrijke factoren voor de toekomst op. In hoofdstuk 5 wordt geschetst welke verandering nodig is en hoe we dat kunnen bereiken.



1 Dilemma in de delta: huidige waterinfrastructuur onder druk

Klimaat en transportstress: limietgrenzen bereikt

Droogte

De langdurige droogte deze zomer in Europa maakte duidelijk dat het transportsysteem van havens en vaarwegennetwerk met zijn (natte en droge) kunstwerken sterk onder druk staat en tegen zijn limietgrenzen aanloopt. Door de uitzonderlijke aanhoudende droogte in Nederland en onze buurlanden is dit jaar de waterstand van de grote rivieren gedurende lange periode veel lager geweest dan gemiddeld het geval is. Via de grote rivieren kwam er minder water ons land binnen dan normaal. De scheepvaart op de grote rivieren (o.a. Waal, IJssel, Neder-Rijn en Lek) ondervond hierdoor sterke hinder. Door lage waterstanden was de diepgang op de rivieren verminderd en waren de vaargeulen smaller. Schepen konden hierdoor vaak aanzienlijk minder lading vervoeren en kunnen elkaar minder makkelijk passeren in smalle bochten. Voor de grotere schepen waren de rivieren op bepaalde trajecten zelfs gestremd. Dit heeft grote effecten op efficiency van het netwerk en de betrouwbaarheid ervan. Zo werden, om water vast te houden, de stuwen op de Neder-Rijn gesloten. Vanwege de lage waterstanden op de IJssel werd het hoogteverschil met de waterstand van het Twentekanaal te groot. Hierdoor werd het noodzakelijk om de voorsluis van Sluis Eefde in gebruik te nemen. Door deze extra stap in het schutproces via de voorsluis werd dit verschil weggenomen. Deze ingrepen zijn omvangrijk en illustratief voor het voorliggende dilemma: capaciteit, betrouwbaarheid, economische waarde in relatie tot klimaat, duurzaamheid en veiligheid.

Hoogwater en zeespiegelstijging

Ook hoogwatersituaties en zeespiegelstijging hebben invloed op onze havens en vaarwegennetwerk. Door klimaatverandering is de verwachting dat de hoeveelheid neerslag in de winter toe zal nemen. Een goede maat voor hoogwater op grote rivieren is de grootste 10-daagse neerslaghoeveelheid die eens in de 10 jaar voorkomt. Het KNMI¹ heeft samen met hydrologen van onderzoeksinstituut Deltares (2015) berekend dat die in de winter rond 2085 is toegenomen met 8 tot 25 procent. Hogere temperaturen in de Alpen zullen er bovendien toe leiden dat er minder tijdelijke opslag van neerslag in de vorm van sneeuw plaatsvindt. Zeespiegelstijging leidt ertoe dat de rivieren het overtollige water moeilijker kunnen afvoeren naar zee. Dit te samen met toename in stormen zal dit resulteren in vaker sluiten van onze stormvloedkeringen.

Maar deze stijging heeft meer gevolgen. Hoge waterstanden of afvoeren op de rivieren veroorzaken vaak problemen voor de scheepvaart. De doorvaarthoogte onder bruggen wordt kleiner en sterke stroming kan doorvaren gevaarlijk maken.

Ook kunnen de schepen tijdens storm veel problemen ervaren bij het in- of uitvaren van havens. Daarnaast kan bij hoogwater de golfslag van schepen schade veroorzaken aan dijken of gebouwen die in, of langs, het water staan. Oplossingen hiervoor zijn uiteenlopend. Er kan, wanneer nodig, een snelheidsbeperking gaan gelden of zelfs een vaarverbod van kracht zijn. Maar ook kan de situatie nopen tot een andere inrichting van de ruimte. Kortom: de perioden met hoogwater- en laagwatersituaties zullen in de toekomst naar verwachting zich vaker voordoen waardoor gemiddeld genomen het aantal vaardagen per jaar afneemt.

Laag water

Het fenomeen 'laagwater' komt jaarlijks voor en is in die zin niet bijzonder. Wat wèl bijzonder is, is dat perioden met verlaagde waterstanden door klimaatveranderingen de laatste decennia steeds vaker per jaar zich voordoen dan vroeger en dat de aaneengesloten laagwaterperiode steeds langer duren. In 2015 bedroeg het aantal dagen per jaar ruim 120² aaneengesloten dagen. Het transport van goederen over de rivieren komt daardoor sterker onder druk.

Extreme neerslag en piekafvoer

Het KNMI heeft, in genoemd onderzoek, samen met hydrologen van onderzoeksinstituut Deltares (2015) ook berekend wat dat betekent voor toekomstige piekafvoeren van Rijn en Maas. Hieruit blijkt dat voor de Rijn een afvoer van ruim 12.000 kubieke meter per seconde (overeenkomend met de hoogwaters van 1993 en 1995) niet langer gemiddeld eens per 100 jaar voorkomt, maar eens per 30 jaar in 2050 en in sommige scenario's vaker dan eens per 10 jaar in 2085. Voor de Maas zien we in alle scenario's de gemiddelde winter- en voorjaarsafvoeren procentueel iets toenemen, het sterkst in scenario Wh³ met maximaal bijna 20 procent in 2050 en bijna 25 procent in 2085. Het moment van optreden van hoogwater schuift naar iets vroeger in het jaar, doordat sneeuw door regen wordt vervangen. Niet alleen de hogere waterafvoeren vergroten het overstromingsrisico, maar ook het vaker voorkomen van deze hoogwaters. De kans op het doorbreken van dijken neemt immers toe als ze vaker zwaar belast worden.

Kernvraag: Klimaatverandering heeft vergaand effect op het functioneren van de bestaande (fijnmazige) waterinfrastructuur. De vraag is of het huidige netwerk robuust ofwel passend genoeg en klimaatbestendig is voor de komende decennia?





2 Het effect van klimaatverandering en energietransitie op de waterinfrastructuur: aan de grenzen van het systeem

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de omvang van de Nederlandse waterinfrastructuur, de omvang van de daarbij behorende objecten en de belangrijkste externe uitdagers van dat systeem: klimaatverandering en energietransitie. Op welke wijze zijn zij van invloed? En welke perspectieven zijn er voor de toekomst?

De huidige Nederlandse waterinfrastructuur en haar objecten

Omvang en lengte vaarwegen

In totaal telt Nederland zo'n 5.046 km aan vaarwegen, waarvan circa 4.800 km geschikt zijn voor goederenvervoer. De hoofdtransportassen en hoofdvaarwegen zijn samen circa 1.400 km lang. De overige vaarwegen hebben een gezamenlijke lengte van ongeveer 3.400 km, aldus het bureau voor voorlichting binnenvaart. Naast rivieren en kanalen maken ook veel 'kunstwerken' onderdeel van deze infrastructuur, zoals bruggen, waterkeringen, stuwen en sluisen.

Omvang en aantal kunstwerken

De rivieren en kanalen worden beheerd door Rijkswaterstaat. Daar ligt dan ook de verantwoordelijkheid voor beheer, onderhoud,

renovatie en mogelijk nieuwbouw. Naast de rivieren en kanalen beheert Rijkswaterstaat ook veel kunstwerken: 19 stuwen en stormvloedkeringen, 20 gemalen, 215 sluisen; 17 aquaducten, 168 beweegbare bruggen (en meer dan 100 over water), 977 vaste bruggen en 759 sifons, duikers, hevels. Daarnaast hebben de provincies ook aanzienlijk veel sluisen (214), stuwen (279), gemalen (52) en duikers (5.586) in beheer. Voor de gemakkelijker laten we de vele kunstwerken die in beheer zijn van gemeenten buiten beschouwing in deze analyse.

Alle civiele infrastructuur samen is meer dan 300 miljard euro waard aldus een recent TNO-rapport(2020). Een groot deel van deze kunstwerken zijn inmiddels al meer dan 60 jaar of meer oud, daarmee komt hun theoretische levensduur-einde in zicht.

Verandering in het gebruik

Van oudsher dient dit systeem van waterinfrastructuur en haar assets ervoor om het water in toom te houden en te beschermen, juist de ruimte te geven of als vaarweg te kunnen gebruiken. Nu deze functies steeds intensiever gebruikt worden en sterk aan verandering onderhevig zijn, wordt de levensduur van het waterinfrastructuur systeem en haar objecten nadelig beïnvloed.

Interventies

Zonder interventie maatregelen neemt zowel de kans op het falen of uitvallen van het object als het systeemrisico toe. Dit kan door risico-gestuurd beheer met een interventie gestuurde aanpak. Hiermee verbetert de kwaliteit en betrouwbaarheid van de objecten. Maar ook kan, door renovatie- en vervangingsmaatregelen, meer ruimte ontstaan waardoor verlichting en perspectief ontstaat. Daarvoor is een aantal elementen van belang die in dit hoofdstuk worden besproken.

De eerste uitdaging: het effect van klimaatverandering op de huidige waterinfrastructuur

Ruimtelijk: positie als deltagebied

Door de ligging aan de monding van enkele belangrijke Europese rivieren, zoals de Rijn, Maas en Schelde, is Nederland de toegangspoort tot het achterland van Europa. Naast deze rivieren telt Nederland tal van kanalen en meren die de belangrijkste steden met elkaar verbinden. Hierdoor heeft Nederland een goed en fijnmazig netwerk voor het vervoer van goederen over het water.

Economisch: poort naar het Europese achterland

Dit fijnmazig netwerk met het enorme Europese achterland gebied is voor de Nederlandse zeehavens en binnenvaart voor decennia lang een belangrijke succesfactor voor de economische groei en welvaart. Diezelfde fijnmazige structuur, met deze economische waarde, heeft ook een belangrijke landschappelijke waarde en impact.

Beide posities hebben consequenties. Nederland ligt laag, is daarmee kwetsbaar voor klimatologische veranderingen en is bovendien dichtbevolkt. Groene ruimte is schaars en er wordt zodoende veel gevraagd van de ruimte die er is. Kortom: er is een enorme ruimtedruk.

De ruimtelijke impact van klimaatverandering

De grootste plannings- en investeringsopgaven in Nederland kosten samen ruim 900 miljard euro tot 2050 en hier is meer dan 100.000 hectare ruimte voor nodig. Bij deze investeringen wordt tot nu toe geen of te weinig rekening gehouden met de toekomstige effecten van zeespiegelstijging en veranderingen in rivierregiem. Hierdoor ontstaat het risico dat deze investeringen in de toekomst alsnog op de schop moeten én het risico dat deze (fysieke) ruimte, die in de toekomst nodig is voor maatregelen tegen zeespiegelstijging en voor duurzaam beheer van onze riviersystemen, al wordt ingenomen⁴. Kortom: bij toekomstige investeringen in de waterinfrastructuur moet rekening worden gehouden met de gewijzigde inzichten over zeespiegelstijging en veranderingen in rivierregiem.

Delta corridor: Een belangrijke stap naar een grootschalige Europese waterstofinfrastructuur

Onze opgave

Delta corridor is een publiek-private samenwerking tussen Nederlandse en Duitse overheden samen met het Havenbedrijf Rotterdam en verschillende industriepartners om een grootschalige Europese waterstofinfrastructuur te realiseren en in 2026 in gebruik te nemen. Dit project biedt toegang tot schone waterstof en capaciteit voor de afvang en opslag van CO₂ (Carbon Capture and Storage (CCS) oplossingen) die wordt gerealiseerd. Door realisatie van dit project kan voortaan via pijpleidingen ook grote hoeveelheden propyleen en LPG van Rotterdam naar Duitsland worden getransporteerd. Daarmee ontstaat verlichting op traditionele systemen. Voorheen was dat namelijk alleen mogelijk via vervoer over spoor, vaarwegen en weg. Het gevolg is dat in de toekomst veel minder vervoersbewegingen nodig zijn. Voor veel industrieën die hun uitstoot moeilijk kunnen verlagen is dit project essentieel om de EU-klimaatdoelstellingen voor 2030 te halen.

Het resultaat

Om deze doelstellingen te kunnen bereiken, zijn grote investeringen nodig in de energie-efficiëntie, biobrandstoffen, circulariteit, elektrificatie, waterstof en CCS-oplossingen vereist. De transport pijpleidingen vormen daarin een belangrijke schakel. De Nederlandse regering voert momenteel voorbereidende werkzaamheden uit voor de ruimtelijke ordeningsprocedures en een MKBA studie uit in samenwerking met particuliere partners en lokale overheden zoals provincies en gemeenten.

Rol Sweco

Sweco is hierbij nauw en actief betrokken en voert de MKBA studie uit.



Illustratie van de Delta Corridor

De tweede uitdaging: het effect van energietransitie op de waterinfrastructuur in Nederland

De impact van energietransitie

In 2050 moet de energievoorziening in Nederland bijna geheel duurzaam en CO₂ neutraal zijn. Dat is een behoorlijke opgave. Zo bestaat bijna 90% van ons huidige energieverbruik uit fossiele brandstoffen. Lost het verduurzamen van de huidige elektriciteitsproductie slechts 15% van het probleem op. In de komende 30 jaar neemt de energievraag voor industriële processen naar verwachting met 50% toe. De elektrificatie van mobiliteit zorgt in diezelfde 30 jaar voor een verdubbeling van de huidige elektriciteitsvraag.

Kortom de vraag neemt sterk toe en de huidige verduurzaming gaat veel te traag⁵.

Druk op energietransitie werkt door in havenlandschap en uitvoering van schepen

Het havenlandschap wordt momenteel gedomineerd door de traditionele koolstofbrandstoffen en gerelateerde olie- en gasverwerkende industrieën en opslagtanks, chemische bedrijven, kolen- en gascentrales en staalfabrieken. In toenemende mate wordt gebruikt gemaakt van technieken gericht op digitalisering voor efficiëntere operaties, blockchain, just-in-time en veiligere verzending en optimalisering van de supply chain. Dit omvat ook resource-optimalisatie, de planning van het gebruik van elektrificatie in havens en verhoogde winstgevendheid in de industrie.

Scheepvaart als vervuiler

Scheepvaart is één van de grootste uitstoters van CO₂ en andere schadelijke (broeikas)gassen. Zeeschepen varen op zware stookolie die extreem vervuilend is. De sector veroorzaakt twee á drie procent van alle emissies op aarde - net zoveel als de luchtvaart. Onder toenemende maatschappelijk druk staat verduurzaming en energietransitie hoog op de agenda van deze sector. De noodzaak en de wil om snel overstappen naar milieuvriendelijke en duurzame alternatieve brandstoffen is voor deze vervoerssector groot. Rijkswaterstaat speelt hier met het transitiepad *Kustonderhoud en Vaargeulonderhoud* op in door de verduurzaming van schepen te stimuleren. Hierbij is de ambitie om vanaf 2030 het vaargeulonderhoud en kustlijnzorg, klimaatneutraal en circulair uit te voeren. Echter, gezien de opgave is er meer nodig, zoals het stimuleren van groene walstroom faciliteiten en verduurzamen van de scheepsmotoren door overschakelen naar waterstof, methanol, of andere alternatieve zero-emissie brandstoffen.

Succesfactoren voor de toekomst

Slimme logistiek succesfactor voor de toekomst

Het succes van elke toekomstige haven hangt af de locatie, indeling en positie ten opzichte de nationale en internationale verbindingen die gemaakt kunnen worden. Dat is enerzijds een ruimtelijke uitdaging, anderzijds is dit in toenemende mate een data en IT-gedreven uitdaging. Het stimuleren van nieuwe technieken kan een groot verschil maken. Denk aan scherp inzicht in logistieke stromen, piekbelastingen en het kunnen voorspellen van vervoersstromen. Daarmee ontstaat een heel ander havenlandschap. Maar ook veranderingen in energietoepassing zijn van grote betekenis. Schonere en duurzamere industrieën (bijvoorbeeld stikstof- en methanolfabrieken, maar ook groene walstroom), de doorvoer van energie via havens en de inzet van schoon materieel. Slimme logistiek en groene energiebronnen zijn daarmee een belangrijke aanjager voor verandering.

De transitie van de huidige lineaire wereldeconomie naar een meer circulaire economie zal onze productie- en consumptiepatronen en daarmee ook het transportvervoer in havens en naar het achterland op termijn fundamenteel veranderen. Met in de basis: andere goederen en andere stromen/kringlopen. Verwachting is dat er een verschuiving plaatsvindt naar verhoudingsgewijs minder bulkgoederen (zoals steenkool en ijzererts) naar meer hoogwaardige producten en goederen, meer containervracht en hergebruikte afvalstromen.

De grote Nederlandse havens Rotterdam en Amsterdam zijn, vanwege omvang, omliggende industrie en ligging, goed gepositioneerd om zich te ontwikkelen tot een toekomstig circulair knooppunt. Veel van de aanwezige traditionele haven industrieën zijn grootverbruiker van grondstoffen en genereren een grote diversiteit aan afvalstromen. Het nuttig gebruiken en hergebruiken van deze reststromen in de bredere transitie naar een nieuw grondstoffensysteem en biedt nieuwe economische en maatschappelijke kansen.



Waterstoffabriek- North Sea Port

Sweco ontwerpt in opdracht van VOLTH2 twee groene waterstoffabrieken in het Zeeuwse havengebied 'North Sea Port'. Dankzij deze 25 megawatt waterstofelektrolyse installaties zal binnen enkele jaren miljoenen kilo's waterstof geproduceerd worden via windenergie. Daarmee kan voorzien worden in de energiebehoefte van de omliggende industrie en zelfs huishoudens. Vooral de omschakeling van de industrie op deze groene energiebron heeft enorme impact op de energietransitie.

Groene waterstof wordt opgewekt met elektriciteit, die komt van windenergie op zee. De geplande fabrieken kunnen deze zo onttrekken en benutten. Voor de bouw wordt gebruik gemaakt van technologie die al succesvol is toegepast in de industrie en die bij diverse leveranciers te verkrijgen is. Via de integratie van opslag van waterstof kunnen lokale tankstations ook bevoorrad worden. De groene waterstoffabriek zal door haar ontwerp uitbreidbaar zijn tot 100 megawatt met een potentiële productie van circa 15 miljoen kg groene waterstof per jaar.

Ter vergelijking: met de energie uit 1 kg waterstof kan een personenwagen zo'n 100 km afleggen.

Sweco is geselecteerd en is in de eerste projectfase verantwoordelijk voor het volledige ontwerp, de benodigde vergunningen en de subsidies. Met een internationaal team van Belgische en Nederlandse specialisten is Sweco in staat om het totale project integraal uit te voeren. Die integraliteit gaat ver en behelst niet de energietechniek alleen, maar bijvoorbeeld ook de procestechnologie en de bouw. Zo is de hoeveelheid geluid die de fabriek produceert aan limieten gebonden. Dit is bepalend voor het ontwerp van de gebouwen en de te kiezen apparatuur. Dit heeft op zijn beurt weer invloed op de brandveiligheid. En juist bij waterstof is brandveiligheid cruciaal. Door alle specialisten in een vroeg stadium bij elkaar te brengen, is binnen een paar maanden het idee uitgewerkt en zijn de vergunningen aangevraagd. Dit is bij uitstek de kracht van het integrale team.



3 Het effect van groei van het verkeer en veroudering van het netwerk: meervoudige uitdaging voor de waterinfrastructuur

In het vorige hoofdstuk is stilgestaan bij de belangrijkste externe uitdagers van het systeem: klimaat en energietransitie. Maar er zijn meer uitdagers die de opgave complex maken. Deze uitdagers zijn 'intern' en hebben betrekking op de ontwikkeling van het transport, de overslag en de objecten zelf.

Omvang overslag en exportwaarde havens en binnenvaart

De Nederlandse havengebieden Rotterdam en Amsterdam zijn nummer 1 respectievelijk 5 van de grootste havens in Europa. De jaarlijkse overslag van goederen bedraagt in het Rotterdamse havengebied 468 miljoen ton, in Amsterdam is dat 71 miljoen ton⁶. De havens in het Rijn- en Maasmondgebied dragen zo'n 34 miljard euro bij aan de exportwaarde voor Nederlandse producten.

Het overgrote gedeelte daarvan, wordt aan de haven van Rotterdam toegeschreven.

De hoeveelheid vracht dat via de Nederlandse binnenwateren vaart bedraagt zo'n 349 miljoen ton goederen⁷. Het meeste vervoerde gewicht, 51 procent, is droge bulk. De meeste

goederen, zo'n 49,5 procent, in de grensoverschrijdende binnenvaart komt uit België, Duitsland is tweede met 44,0 procent. Bij de afvoer van goederen vanuit Nederland naar het buitenland gaan de meeste goederen juist naar Duitsland (52,2%). De toegevoegde waarde van het vervoer over water bedraagt ca. 2.5 miljard euro, en waar zo'n 19.000 fte werkzaam in zijn⁸.

Groei van de binnenvaart

In de Mobiliteitsanalyse 2021 (IMA-2021) is de ontwikkeling van de mobiliteit voor Nederland geprognoseerd voor 2030, 2040 en 2050. Alle scenario's laten een groei zien van de binnenvaart, deze wordt veroorzaakt door de sterke groei van het binnenlands vervoer en de groei van de import, onder invloed van een groeiende bevolking en economie.

De geprognostiseerde groei van de scheepvaart (inclusief recreatie- en passagiersvaart) wijst op een groei van de goederenvervoer van 6% tot 20% tot 2040 ten opzichte van het referentie jaar 2018.

Een belangrijke kanttekening bij deze cijfers is dat de gevolgen van de recente oorlog tussen Rusland en Oekraïne hierin niet zijn verdisconteerd.

De groei laat zich kenmerken door andere facetten dan voorheen: Verwachting is dat er een verschuiving plaatsvindt naar verhoudingsgewijs minder bulkgoederen (zoals steenkool en ijzererts) naar meer hoogwaardige producten en goederen en meer containervracht met hogere eisen ten aanzien van stiptheid en betrouwbaarheid.

De staat van de objecten

Het vaarwegennetwerk is echter verouderd, zoals eerdere geconstateerd is de einde levensduur voor vele objecten in zicht. Deze veroudering is echter niet alleen bouwkundig of technisch, maar zeker ook functioneel:

- Door de geschetste groei van het verkeer en de beperkte capaciteit en robuustheid van de objecten ontstaan vele uitdagingen van fysieke aard: denk aan de capaciteit van sluizen, te lage brughogten en niet goed functionerende beweegbare bruggen, of een te kleine dimensionering van de vaarweg. Dit veroorzaakt langere wachttijden bij sommige sluizen, stremmingen, verhoging risico's op ongevallen en hinder.
- De toename van de intensiteit, zwaarte en omvang van het transport en het schip zorgt voor een sterkere belasting en slijtage van de vaarwegen, schade aan kunstwerken, bodem- en oeverbescherming.
- Door toenemende bodemerosie en achterstallig baggeronderhoud neemt de bevaarbaarheid van vaarwegen af. Met name de Waal en de Maas zijn gevoelig voor bodemerosie, maar ook in het gehele stroomgebied van de IJssel en het meest bovenstroomse traject van de Nederrijn treft dit. Te meer omdat zij ongestuwd zijn.
- De gewenste scheiding tussen beroepsvaart en recreatievaart blijkt in de praktijk moeilijk te realiseren vanwege de beperkte dimensionering van de vaarweg. Nu dat beide wél groeien, ontstaat hier een uitdaging.
- Afmetingen van de schepen op de rivier zijn gelimiteerd door de afmetingen van de sluizen: In de periode 2010-2021 is het aantal grotere schepen met capaciteit meer dan 3.000 ton met ruim 25% toegenomen en is aantal kleinere schepen (<1000 ton) afgenomen met zo'n 21%. De vraag is of de afmetingen van de toekomstige nieuwe sluizen meer aangepast moeten zijn op nieuwe en grotere schepen.

Vlot en veilig

Het bovenstaande leidt ertoe dat in de toekomst niet gegarandeerd kan worden dat het vaarverkeer vlot en veilig over de vaarwegen wordt geleid, zoals wél vastgelegd in de Akte van Mannheim (1868). Mitigerende maatregelen zijn nodig om onaanvaardbare capaciteitsknelpunten, veiligheidsrisico's van aanvaringen en lange wachttijden bij sluizen te voorkomen.

Meervoudige uitdaging

De uitdaging voor de vaarweginfrastructuur van de toekomst begeeft zich derhalve op meerdere vlakken, van zowel externe als interne aard:

1. *Toekomstvast*: Het gaat er in de eerste plaats om, om ruimte te bieden zodat vaarwegen, havens en schepen klimaatproof worden en (nog meer) inspelen op de energietransitie.
2. *Veilig*: als gevolg van de druk op het systeem ontstaan veiligheidsrisico's zoals aanvaringen, van belang is te kijken op welke wijze er verlichting kan ontstaan.
3. *Vlot*: diezelfde druk leidt tot langere wachttijden en verlies van efficiency. Deze capaciteitsknelpunten hebben in potentie grote economische gevolgen. Het verouderde netwerk is simpelweg ontoereikend om aan de toekomstige vraag te kunnen voldoen.



Inzet van data en informatiesystemen voor een robuuste waterinfrastructuur

De Friese biobrug laat zien hoe je met andere duurzame materialen en inzet van sensordata op een geheel vernieuwende wijze om kunt gaan met waterinfrastructuur. De sensing maakt het mogelijk om naast correctief en preventief onderhoud ook predictive maintenance toe te passen om op het juiste moment de componenten te gaan vervangen net voordat het einde van de levensduur is bereikt. Zo wordt de beschikbaarheid van het object verhoogd en de onderhoudskosten verlaagd.

Sweco project: Friese Biobrug

De oude brug over het Van Harinxmakanaal bij Ritsumasyl moest vervangen worden vanwege het einde van de technische levensduur. Provincie Fryslân wil koploper zijn op het gebied van circulariteit en zag hier haar kans schoon om deze ambitie om te zetten in daden. Het resultaat is een wereldprimeur. Een beweegbare fietsbrug met 66 meter biocomposiet wegdek, voor 80% van vlas en hars. Nog nooit eerder werd zo'n grote brug in het openbare wegennet gebouwd van natuurlijke grondstoffen. Sweco's monitoring en assetmanagement experts waren vanaf het prilste begin betrokken. De fietsbrug moet bestendig zijn tegen diverse windkrachten, temperatuurschommelingen en variabele belasting.

Met zo'n 200 glasvezelsensoren meet Sweco 24/7 met grote nauwkeurigheid hoe het biocomposiet zich gedraagt en eventuele veranderingen in de vorm van de brug. De sensoren verzamelen jaarlijks 3 miljard datapunten waardoor we exact weten hoe het met de brug gaat onder alle omstandigheden. Op basis van deze big data ontstaat een schat aan kennis over biocomposiet die uitstekend inzetbaar is om in de toekomst nog meer circulair te gaan ontwerpen.

Provincie Fryslân wilde bewijzen dat een brug in biocomposiet echt wel kan zodat het niet langer vanzelfsprekend is om deze van staal of beton te maken. Een echte boost geven aan de circulaire economie. Vanaf de start is een samenwerkingsaanpak gehanteerd die de teamleden in een bouwteam stimuleert om elkaar vragen te stellen, ideeën te delen en onderzoekend te zijn. Dit leidde tot een bijzondere innovatiekracht over verschillende disciplines heen. Niet alleen Sweco maar ook de andere marktpartijen zoals Strukton Civiel, SPIE, Delft Infra Composites, Witteveen+Bos, Antea en onderzoeksinstituten als de TU Delft, de universiteiten van Osnabrück en Leuven en GreenPAC hadden een sterke drive om samen deze speciale brug waar te maken.

Prefab en innovatie als inzet voor grootscheepse vervanging

De Kademuren aanpak in Amsterdam laat zien hoe je op een grote schaal, in een complex binnenstedelijk gebied, op basis van innovaties, een infrastructureel werk kan vervangen en renoveren. Dit project is een mooi voorbeeld van: anders, sneller en slimmer.

Sweco project: Kademuren Amsterdam

De gemeente Amsterdam heeft meer dan 600 kilometer aan kademuren in eigendom, waarvan 205 kilometer gefundeerde kademuurconstructie. De kades worden intensief gebruikt en zijn daardoor aan vervanging toe. Maar dat is nog niet zo makkelijk. De binnenstad is druk, de kades zijn kwetsbaar. Om ze te vernieuwen, is een flinke dosis innovatie nodig! Sweco ging de combinatie aan met Combinatie Midden Delfland, Oosterhof Holman en Strackee. Dit innovatiepartnerschap bundelde krachten met de gemeente Amsterdam voor het vernieuwen van de kademuren in dit historische gebied. Het consortium gaat de kademuren stapsgewijs in kleine vakken vernieuwen vanaf het water, waardoor de hinder voor de omgeving minimaal is en de doorlooptijd voor bewoners te overzien is.

De renovatie van de kademuren worden aangepakt op een innovatieve manier. Het innovatiepartnerschap is een nieuwe

aanbestedingsprocedure van de gemeente Amsterdam, gericht op het ontwikkelen en grootschalig inkopen van innovaties van marktpartijen. De samenwerking biedt op die manier veel ruimte voor marktpartijen om ongewone en frisse oplossingen aan te bieden als antwoord op een complexe problematiek. Uitgangspunt is een langdurige en open samenwerking tussen markt en overheid.

In de eerste periode van de samenwerking worden oplossingen verder uitgedacht en getest, waarna ze vanaf 2021 worden toegepast in een aantal pilots. Als deze succesvol zijn verlopen, wordt een raamovereenkomst van 4, en maximaal 8 jaar gesloten. De bedachte methoden worden dan in de praktijk toegepast op een flink deel van alle jaarlijkse kademuurvervangingen. De overige vervangingen voert de gemeente, binnen een andere samenwerking, op traditionele wijze uit. Zo ontstaat een optimale en steile leercurve.

Voor deze integrale opdracht brengt Sweco veel verschillende kennis en expertise bijeen. Niet alleen met onze partners, maar ook binnen Sweco. Van waterbouw, bodemonderzoek, funderingstechnieken, mobiliteit tot participatie met de buurt. Dat kenmerkt onze aanpak.





Circulaire dijk en landschapsontwikkeling voor een robuuste en duurzame waterinfrastructuur

Het project de Brede Groene Dijk laat zien hoe je lokaal en met inzet van circulaire materialen een dijk kunt versterken en de waterveiligheid kan garanderen.

Sweco Project: Brede Groene dijk

Nederland bestaat bij de gratie van dijken. De vele dijken beschermen ons. Door stijging van de zeespiegel en een dalende bodem moeten we onze dijken blijven versterken om zo ook in de toekomst veiligheid te kunnen garanderen.

De dijk langs de Dollard aan de Groningse Waddenzeekust was afgekeurd op haar grasbekleding. Vernieuwing en versterking was nodig. Normaliter zou je de dijk versterken met steen en asfalt. Maar het waterschap Hunze en Aa's dacht daar anders over. De dijk ligt namelijk in het prachtige Natura 2000 gebied. Behoud en verdere ontwikkeling van het landschap en ecologische waarden is hier essentieel. Het moest een slimme en groene dijk worden, gemaakt van klei die zou opgaan in het landschap en zo juist gebruik zou maken van de omgeving. Het waterschap startte samen met Sweco het ambitieuze demonstratieproject 'Brede Groene Dijk'.

Voor het versterken van een dijk is heel veel materiaal nodig. In dit geval klei. Maar liefst 1,7 miljoen m³ klei voor een kilometer dijk. Dat komt neer op zo'n 100.000 vrachtwagens vol of 170 hectare landbouwgrond waar je een meter afgraaft. Maar waar haal je die klei vandaan? Juist hier dankt het project de kwalificatie 'slim' aan. De klei wordt namelijk uit de directe omgeving gewonnen. Hierbij is er een koppeling gemaakt met het Eems-Dollard 2050-project.

In dit project wordt slib uit de Dollard gehaald om de ecologie van het Eems-Dollard estuarium te versterken. De koppeling levert op meerdere vlakken winst op. De Eems-Dollard wordt schoner en weer geschikt voor allerlei soorten planten en dieren, waaronder trekvis. Het slib, dat de veroorzaker is van het ecologische probleem 'vertroebeling van het estuarium', wordt getransformeerd naar bouw materiaal. Door de nabijheid wordt ook nog eens het verplaatsen van klei over grote afstanden voorkomen.

Bij het onttrekken van het slib uit de kwelders is een plas met een eiland ontstaan. De plas staat in verbinding met de Dollard, waardoor eb en vloed telkens een laagje slib achterlaten. Een mooie bijkomstigheid is dat het eiland een perfecte broedplaats is voor de kluut en andere wadvogels.

Nog een belangrijk voordeel van een kleidijk is het adaptieve karakter. Het is onzeker hoeveel de zeespiegel de komende jaren stijgt. Stijgt ze sneller dan verwacht, dan breng je heel eenvoudig een nieuwe laag klei aan. Je kunt de waterveiligheid dus eenvoudig aanpassen aan gewijzigde omstandigheden. Dit is bij een reguliere dijk van asfalt en steen vele malen lastiger.

Voordat het gerijpte slib uit de Eems Dollard gebruikt kan worden voor de aanleg van de dijk is veel onderzoek nodig. Ook omdat het gangbare rekenmodel niet geschikt is voor flauwe taluds zoals het talud van de Brede Groene Dijk. Om de aannames die in het project worden gedaan toch goed te toetsen, doet het projectteam elders onderzoek naar de toepasbaarheid en de eigenschappen van klei. Dit vindt plaats in de Deltagoot van Deltares. De proeven leveren unieke informatie op die nergens in Nederland of in het buitenland beschikbaar is.

Sweco is al geruime tijd betrokken bij het project en levert advies en ingenieursdiensten in alle fases van dit unieke project. Van het aanvragen van subsidie, het regelen van procedures en vergunningen, het uitvoeren van veiligheidsanalyses, het ontwerp voor het depot, de Klutenplas en de dijk tot realisatie. Deze langjarige betrokkenheid levert veel kennis op. Sweco heeft zich op die wijze ontwikkeld tot een expert in dijkversterking op duurzame wijze.

De eerste kilometer Brede Groene Dijk zal een aantal jaar nauwlettend worden gemonitord. Zijn de resultaten van dit proefstuk goed, dan zal ook de rest van de Dollarddijk op deze manier worden versterkt. Het resultaat zal een prachtige duurzame en veilige waterkering zijn die naast de mens ook de natuur beschermt.

De Nederlandse overheid investeert jaarlijks alleen al in de grote programma's op gebied van water en natuur circa 0,6 tot 1,0 miljard in de inrichting van land-waterovergangen. In steeds meer projecten lukt het om waterveiligheid en natuurontwikkeling te combineren. Eén daarvan is de Brede Groene Dijk. Door investeringen in veiligheid en natuur te integreren ontstaan extra kansen voor duurzaamheid, ruimtelijke kwaliteit en meervoudig ruimtegebruik. Ook beperkt dit overlast voor de omgeving en bespaart dit kosten. Tegelijkertijd zien we voorbeelden van projecten waarin het combineren van veiligheid en natuur niet goed uit de verf komt, door de weerbarstige praktijk van programma's en projecten.



4 Complexiteit van de herziening van de waterinfrastructuur

In voorgaande hoofdstukken is geconstateerd dat de huidige waterinfrastructuur zich in een cruciale fase bevindt. Om toekomstvast te kunnen zijn, is herziening nodig. Dit betreft de inrichting en opzet van de vaarweginfrastructuur: het geheel van vaarroutes dat nodig is om de toekomstige vraag aan het vervoer van goederen over water veilig en vlot te laten verlopen. Deze herziening zal, in het licht van klimaatverandering en energietransitie, extra uitdagingen kennen. De vraag is of vervanging en of renovatie van het bestaande daarin voldoende aanknopingspunten biedt. Wat maakt deze opgave zo complex en tot welke voorwaarden voor de toekomst leidt dit?

Huidige aanpak: vervanging en renovatie

Rijkswaterstaat heeft zo'n € 1,25 miljard voor de komende jaren gereserveerd voor de uitvoering van deze vervangings- en renovatie opgave (Het V&R programma). Dit betreft 40 belangrijke tunnels, bruggen, wegen en waterinfrastructuur projecten. De levensduur van deze bestaande oude objecten worden hierdoor verlengd. Deze reservering is een fractie van wat er feitelijk nodig is aan middelen om alle objecten te vervangen of te renoveren, laat staan deze aan te passen aan de eisen van de tijd. De gebruiker gaat dit merken: het aantal storingen, stremmingen, langere wachttijden voor het schutten, spoedreparaties en tussentijds onderhoud zal op termijn toenemen. Er is economische en klimatologische urgentie, er zijn risico's voor veiligheid en economische duurzaamheid.

Nieuwe aanpak nodig: waarom vervanging en renovatie niet afdoende is

Zoals aangegeven is een groot deel van de Nederlandse bruggen, sluisen en andere civiele constructies op leeftijd en verouderd. Veel van de sluisen en kades dateren zelfs van vòòr de Tweede Wereldoorlog. Sinds 1950 is er veel gebouwd, om de sterke groei van het weg- en scheepvaartverkeer te kunnen verwerken. Vanaf 1953 zijn daar de Deltawerken aan toegevoegd. Bij de bouw van veel van deze kunstwerken werd uitgegaan van een technische levensduur variërend van zestig tot honderd jaar. Dit betekent dat veel van de infrastructuur nu toe is aan vervanging of renovatie. Echter, in werkelijkheid is het verouderingsproces bij veel objecten veel sneller gegaan. Immers, destijds kon niemand voorspellen dat deze

infrastructuur veel intensiever en zwaarder belast worden dan voorzien. Sommige (beweegbare) bruggen hebben tot wel 16 keer zoveel auto's te verwerken gehad dan oorspronkelijk gedacht. Ook het vrachtverkeer en de vrachtlading belasten de bruggen meer dan vooraf aangenomen. Eenzelfde trend vertoont het scheepvaartverkeer: schepen en vrachtcapaciteit zijn sterk toegenomen. Tegelijkertijd zijn de normen en eisen gewijzigd ten opzichte van de bouw van het kunstwerk jarenlang geleden.

Voor Rijkswaterstaat was dit de aanleiding om onderzoek uit te voeren om de risico's te inventariseren van Natte Kunstwerken (RINK 2009-2011). De uitkomst was dat veel kunstwerken verouderd zijn, of niet meer voldoen aan de gebruikseisen en toe zijn aan vervanging of renovatie.

Vervolgens is binnen het project VONK "Vervangingsopgave Natte Kunstwerken", van Rijkswaterstaat de 'vervangingsopgave' structureel en programmatisch aangepakt door een systematiek te ontwikkelen om een inschatting te maken van de einde-levensduur van een kunstwerk. Door te beoordelen of het kunstwerk technisch gezien 'voldoet of niet voldoet' en functioneel gezien 'voldoet of niet voldoet' wordt inzicht verkregen in de einde-levensduur.

Binnen dit project is tevens een aanzet gemaakt tot 'Adaptief Deltamanagement', waarbij gebruikmakend van verschillende adaptieve scenario's, de veranderingen in het klimaat of de economie, of de veranderingen in functie-eisen die aan kunstwerken worden gesteld, worden doorgerekend om daarmee de strategische keuzemomenten in beeld te brengen voor vervangingen.

Nieuwe aanpak nodig: bestaande aanpak sluit niet aan op complexiteit

Om het tij te keren is *versnelling en herijking* van het Vervanging & Renovatie programma van Rijkswaterstaat nodig. Versnelling is nodig omdat de opgave urgent is, zowel vanuit klimatologisch als economisch perspectief. Herijking is nodig omdat het gebruik van deze infra zeer dynamisch is. Het middel sluit niet meer aan op het doel.

Beide zijn echter niet zo eenvoudig als ze lijken. Dat komt door twee belangrijke factoren.

1. Waarom kan het technisch niet sneller?

- ▶ **Gebrek aan kennis van verouderende infrastructuur;** Doorgronden van een 60 of 100 jaar oude constructie is moeilijker dan het ontwerpen van een nieuwe constructie. Veel is onbekend van een oud kunstwerk. Soms zijn de tekeningen en ontwerpberoevingen onvindbaar en is onbekend welke kwaliteit materiaal is gebruikt. Kennis van degradatiemechanismen, zoals vermoeiing van stalen onderdelen en 'betonrot', is nog onvoldoende om goede schattingen van de restlevensduur te maken. Ook bestaat onzekerheid over de belastingen die in de loop van decennia op de constructie hebben ingewerkt.

Zijn er incidenten geweest, zoals aanvaringen, en hoe zijn reparaties uitgevoerd? Al deze factoren beïnvloeden de levensduur van de constructie. Onvoldoende kennis om de levensduur te voorspellen van een heel areaal van constructies.

▶ **Een versnipperd beheer van de infrastructuur**

Er is weinig deskundigheid en expertise en weinig technisch-inhoudelijke samenwerking tussen de bijna 400 verschillende beheerders van civiele constructies. Er ontbreekt vaak een gezamenlijk programma voor ontwikkeling van kennis en innovaties bij de beheerders en bijbehorende financiële middelen voor het uitvoeren van assetmanagement.

2. Waarom kan een herijking niet sneller?

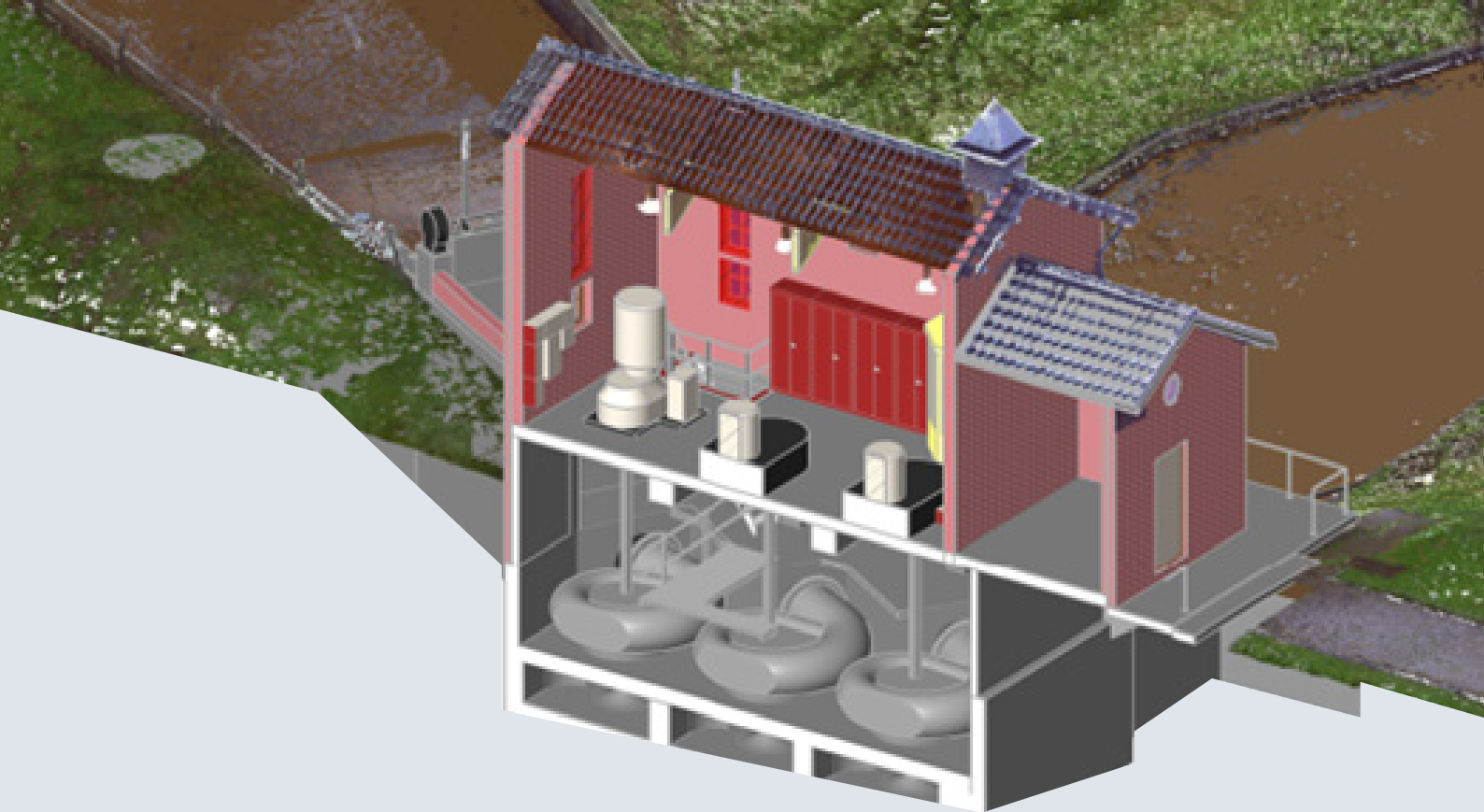
▶ **Budgetten staan onder druk**

Mocht de economische recessie hardnekkiger zijn waardoor de regering genoodzaakt is om zijn uitgaven te korten dan zal Rijkswaterstaat waarschijnlijk gedwongen zijn om onder meer het vervanging en renovatie budget voor de infrastructuur te verlagen of over een langere periode te verdelen. Met als gevolg dat de krappe financiële middelen waarschijnlijk anders worden herverdeeld en geprioriteerd over de infrastructuur objecten. Het moge duidelijk zijn dat dit niet bij zal dragen tot een versnelling van de V&R opgave.

▶ **Weinig politieke prioriteit voor bestaande infrastructuur**

De civiele infrastructuur is grotendeels in beheer bij overheden. Vanuit de politiek is er vaak weinig prioriteit voor instandhouding van wat er al is. Een nieuwe sluis openen heeft meer uitstraling dan het voorkomen dat een bestaande sluis dicht moet blijven. Instandhouding van het bestaande heeft een tijdshorizon van meerdere decennia, wat dit eveneens politiek minder interessant maakt. Assetmanagement is technisch specialistisch. Door de lage politieke prioriteit is het beheer van kunstwerken vooral reactief. Pas nadat er iets misgaat wordt actie ondernomen. Hierdoor zijn er ook onvoldoende gereedschappen en technieken ontwikkeld om de veilige restlevensduur van civiele constructies te voorspellen. Het gebrek aan dergelijke tools maakt het vervolgens lastig om proactief te gaan beheren. Dit alles maakt dat budgetten voor beheer en onderhoud en ook reserveringen voor vervanging, vaak als eerste worden weg bezuinigd in programma's.

Nu dat de huidige waterinfrastructuur niet toekomstvast blijkt en de strategie om het bestaande te vervangen en te renoveren niet afdoende is, en bovendien niet snel genoeg gaat, is een andere strategie nodig. Dit is complex, want de urgentie wordt onvoldoende gevoeld bovendien is het technisch en maatschappelijk uiterst ingewikkeld. Wat is het toekomstperspectief?



Reconstructie van het gemaal historisch “De Wetering” te Wetering

Onze opgave

Het uit 1941 daterende gemaal Wetering is een gemeentelijk monument. In opdracht van het waterschap Drents Overijsselse Delta heeft Sweco onderzoek gedaan naar de staat en maatvoering van het historisch gebouw. Door gebruik te maken van Geavanceerde “Point Cloud Processing” in combinatie met AI, is de infrascan van het gemaal omgezet in een 3D Digital Twin bestaande uit objecten en elementen.

Op deze manier kunnen de pomp- en leidingsystemen als co-constructies worden bestudeerd. Aan deze objecten en elementen kunnen vervolgens diverse specifieke attributen worden “getagd” met informatie over onder andere technische specificaties en gebruikershandleidingen, bedienings- en onderhoudsdocumenten en foto's en ander visualisatiemateriaal en rapportages.

Het resultaat

Op basis van de werkzaamheden van Sweco is het gemaal gerenoveerd en is er tevens een nieuw gemaal gebouwd die ruimtelijk inpasbaar was. De renovatie en aanpassingen van dit beeldbepalende gebouw zijn zodanig uitgevoerd opdat de karakteristieke historische uitstraling is behouden. Een van de oude pompen blijft in het monumentale gemaal gehandhaafd als industrieel erfgoed. Het waterschap Drents Overijsselse Delta is zeer tevreden met het eind resultaat en vele bezoekers kunnen nu genieten van dit monumentaal gebouw.

Geavanceerde “Point Cloud Processing”: Van puntwaarnemingen naar digital twin objects.

Bij veel renovatie en vervangingsopgaven zijn van de oude kunstwerken de oorspronkelijke ontwerptekeningen verloren gegaan. Ook blijken de maten van de kunstwerken en objecten in werkelijkheid niet meer precies overeen te komen met de oorspronkelijk in de tekeningen weergegeven of gebouwde maatvoering, omdat er in de loop van de tijd verzakkingen of deformatie zich hebben voorgedaan.

In dergelijke gevallen biedt geavanceerde Point Cloud Processing in combinatie met AI een uitkomst om een maatgetrouwe weergave van het oude kunstwerk en zijn assets te krijgen.

Sweco is frontrunner op dit gebied, en heeft deze techniek succesvol in vele projecten ingezet onder meer om de aardbevingschade van gebouwen vast te stellen.

Met behulp van een speciale laser wordt het kunstwerken en zijn assets van buiten en binnen gescand. Dit geeft een puntenwolk aan (x,y,z) gegevens die vervolgens met behulp van AI omgezet worden naar een zeer nauwkeurige natuur getrouwe 3D-infrastructuurmode. Deze 3D-digital twin kan vervolgens worden gebruikt om onder meer afstanden, diameters, krommingen of oppervlakte- en volumeberekeningen te bepalen. Ook fungeert dit 3D-digital twin model als een grote bron van informatie bij de herkenning van 3D-kenmerken en -objecten, materiaalherkenning en -eigenschappen, evenals bij de vervormings- en schadeanalyse van oppervlakken.

Het ontwerpen en realiseren van overnachtingshaven Spijk

Onze opgave

Op de Waal tussen Tiel en de Duitse grens is er een aanzienlijk tekort aan overnachtingsplaatsen. Er bestaat behoefte aan circa 70 overnachtingsplaatsen nabij Lobith. Zonder deze aanvullende plaatsen kan een deel van de binnenvaart niet optimaal opereren en veroorzaakt hinder voor de overige vaart. Uit het oogpunt van veiligheid en bereikbaarheid is een overnachtingshaven ter hoogte van Lobith van groot belang.

Sweco heeft in samenwerking met Boskalis voor de eindklant Rijkswaterstaat het ontwerp en realisatieproject overnachtingshave Spijk uitgevoerd. Daarbij was Sweco verantwoordelijk voor alle ontwerpwerkzaamheden omtrent grond-, weg en waterbouw (GWW). Het definitief ontwerp van de boothelling in Tuindorp als mede de ontwerpnota van overnachtingshaven Spijk en het Definitief Ontwerp van de overnachtingshaven inclusief ontwerp aanpassingen aan de kribben benedenstrooms van de nieuwe overnachtingshaven zijn de Sweco producten die als basis hebben gefungeerd voor de realisatie van het project door Boskalis.

Het resultaat

Het aantal overnachtingsplaatsen van ca 70 zijn gerealiseerd door de bestaande haven in Tuindorp te moderniseren in combinatie met de realisatie van de nieuwe overnachtingshaven in de Beijenwaard bij Spijk. De haven in Tuindorp is in 2018 gemoderniseerd en biedt plaats aan 20 schepen. De nieuwe te realiseren haven bij Spijk biedt plaats aan 46 schepen en heeft een faciliteitensteiger waaraan 2 schepen kort kunnen afmeren om voertuigen e.d. af te zetten en er is een boothelling in de haven Tuindorp gerealiseerd.

Voor de realisatie van de nieuwe overnachtingshaven in Spijk is het grootste deel van de uiterwaard de Beijenwaard circa 1,5 m uitgegraven. Deze uiterwaard is inclusief de kribvakken ongeveer 53 hectare groot. De nieuwe haven Spijk biedt ruimte aan 46 schepen en is ingericht voor klasse Va/M9 schepen met een lengte van 135 meter. Daarnaast komen er in de haven ook een aantal ligplaatsen voor 190 meter lange koppilverbanden. Tevens zijn er ligplaatsen voor 1 en 2-kegelschepen in de haven gerealiseerd. Door toepassing van drijvende afmeervoorzieningen zijn deze geschikt voor veranderingen in waterstanden. De afmeervoorzieningen sluiten aan op de havenkom en de daarop liggende ontsluitingsweg. De ontsluitingsweg biedt ook parkeermogelijkheden voor de binnenvaartschippers.

Rondom de havenkom is een talud met steenbekleding aangebracht. Aan de zuidzijde is de havenkom begrenst door een tweetal havendammen welke de haven afsluiten van de rivier. De havendammen zijn volledig van steenbekleding voorzien en zijn toegankelijk via wandelpaden op de kruin. De haven ligt aan de west- en noordzijde van het projectgebied direct tegen de bestaande waterkering van de "Spijksedijk", welke een kruinhoogte heeft van circa NAP +19,2 m. Ter hoogte van de Ameidsedam is aan de buitenzijde van de dijk een terp gerealiseerd voor het inkoopstation van de haven. De gehele haven is op een niveau van NAP +16,0 m en lager aangelegd. Tijdens hoogwater loopt de gehele haven zodoende onder water. Aan de westzijde ligt de westelijke landschapszone en aan de oostzijde is een uitloopgebied gerealiseerd. Het uitloopgebied is voorzien van een struin-pad, een camper-opstelplaats, een duiker, een voetgangersbrug en een tribune.



Huidige situatie en 3D-impressie van de toekomstige situatue OHS



5 Visie: van asset denken naar systeemkennis in de waterinfrastructuur

Het uitgangspunt: water als leidend principe

De klassieke rivierwaterbouwkunde was altijd gericht op het temmen en daar waar nodig vast te leggen of kanaliseren van het natuurlijk meanderende riviersysteem. Om de rivier -gegeven het eigen rivierregime- bevaarbaar te houden werden er sluisen en stuwen aangelegd. Ook zijn ondiepten uitgebaggerd en kribben aangelegd om de rivier op diepte te houden en geulmigratie te voorkomen .

Hierdoor werd de natuurlijke dynamiek zodanig beteugeld dat het gebied tussen de geul, uiterwaarden en de dijken benodigd was. Zeker bij een grote waterafvoer. Het is bekend uit de fysische geografie dat er een duidelijk verband bestaat tussen het stromingsregime, rivierbedmateriaal en ondergrond, rivierbedhelling, riviertopologie en daaraan gekoppeld riviergedrag.

Dit leidt ertoe dat in hoog dynamische gebieden, zoals in de bergen, rivieren de neiging hebben te vervlechten en in laag dynamische gebieden, zoals in de Nederlandse rivierdelta, te gaan meanderen. Indien deze sturende mechanismen als gevolg van klimaatverandering en zeespiegelstijging verstoord raken, dan beïnvloedt dit het lange termijn gedrag van de rivier en haar wetmatigheden. Zo zal bij een sterke toename

van rivierafvoer de meanderende rivier de neiging hebben om grotere meanderbochten te ontwikkelen en bij een afname zal de meanderende werking kleiner worden. Dit vraagt daarmee dus iets van de omgeving en zorgt voor risico's.

Klimaatverandering en zeespiegelstijging vragen daarom om meer ruimte voor water terwijl het transport over water in toenemende mate vraagt om een efficiënte inrichting van dit systeem. Onderwijl zijn deze aspecten dynamisch: zowel in klimatologisch opzicht als vanuit het gebruik: schepen zijn groter, worden anders aangedreven en de mobiliteit neemt toe. Dat zet dit systeem nogal onder druk.

De keuzes die we als mens hierin maken, denk aan de hoeveelheid schepen, stuwen, sluisen, het uitbaggeren van rivieren, aanleg van kanalen, strekdammen enzovoorts, heeft hier invloed op. Het is de vraag in hoeverre de bestaande aanpak, waarin de fijnmazigheid en ontelbare assets het systeem in stand houden, deze (fysische en tijdschaal) dimensies voldoende respecteert.

Dat kan leiden tot grote risico's: wanneer er onvoldoende capaciteit is om water af te voeren, komen onze steden letterlijk in gevaar.

Ruimte scheppen

Basisuitgangspunt voor de nieuwe aanpak is de ruimte die het water (lees riviersysteem) nodig heeft. Dit kan vanuit een aantal scenario's worden berekend en nagebootst. Klimaatverandering speelt daarin een cruciale rol. Uitgaande van de ruimte dat het rivierwater, in verschillende situaties en scenario's nodig heeft, ontstaat een *nieuwe* structuur die benodigd is vanuit veiligheid voor het achterland en een vlotte afhandeling van het vaarverkeer. Deze analyse zal impact hebben op de omvang en structuur van de bestaande kunstwerken/ water gerelateerde assets: ze zijn niet allemaal meer nodig, afdoende, of op de juiste plek gesitueerd.

Deze benadering markeert de shift van *assetdenken ofwel objectgerelateerd*, naar *systeemdenken*. Eerst het systeem op orde, adaptief en robuust, dan pas de assets vervangen, renoveren et cetera. Dat zal ook budgettaire implicaties hebben. Deze zijn echter onafwendbaar gezien de ontwikkelingen waar we voor staan.

Hoe ruimte scheppen?

Er van uitgaande dat de huidige fijnmazigheid, té fijnmazig is, ontstaat ruimte. Er van uitgaande dat het huidige systeem onvoldoende in staat is om de toename van water ruimte te bieden, vaargeulen bij wisselende waterstanden toegankelijk te houden, als wel nieuwe scheepstypen op efficiënte wijze vrij baan te geven, kunnen faalkosten, schade en wachttijden worden voorkomen. Bovendien worden risico's hiermee gemitigeerd. Ook dit levert ruimte.

Voorbeelden: niet meer, maar minder doch betere kunstwerken

Een aantal studies illustreren de ruimte die hierdoor vrijkomt. Een mooi voorbeeld wordt beschreven door Tuin e.a.(2014)⁹. In deze integrale haalbaarheidsstudie is onderzoek gedaan of de huidige drie stuwen in de bovenstroomse Rijntak - de Nederrijn en Lek kunnen worden teruggebracht naar twee stuwen. De studie beschouwt hierbij verschillende ruimtelijke schaalniveaus, te beginnen met de Delta-rivier als systeem tot de locatie en configuratie van de nieuwe stuw. Op basis van geavanceerde stromingsmodellen en gedetailleerde analyses van de waterstanden concludeert het onderzoek dat twee stuwen zouden volstaan in plaats van de huidige drie stuwen.

Een ander voorbeeld dat het ook anders kan, laat de studie van F. den Heijer¹⁰ zien aan de hand van de Maascase. In het laagste deel van de Maas tussen Linne (km 70) en Lith (km 201) zijn in het verleden een 7-tal stuwen aangelegd die inmiddels bijna 100 jaar oud en verouderd zijn en toe zijn aan renovatie. In dit onderzoek zijn twee scenario's voor substitutie strategieën uitgewerkt en met elkaar vergeleken. In dit specifieke geval voor de Maas blijkt dat een aantal van 3 of 4 stuwen optimaler is dan het in standhouden en renoveren van de huidige zes stuwen. Alhoewel deze berekening onder bepaalde gesimplificeerde aannamen en uitgangpunten is uitgevoerd, laat het toch zien dat een besluit over het vernieuwen van verouderde structuren een mogelijkheid is om na te denken als maatregel om het riviersysteem te upgraden.



Voorbeelden: aanpassingen buiten het systeem met een verlichtende werking

Naast deze manieren van verbetering van het systeem, bieden nieuwe technieken en inzichten ook mogelijkheden. Zij kunnen letterlijk de druk op het netwerk verlichten en zijn ondersteunend aan het systeem.

> **Zelfsturende schepen en inzet van AI**

In 2030 wordt, onder druk van groeiend vervoer over water en een vergrijzende beroepsbevolking, een groot tekort aan schippers op de binnenvaart verwacht. Autonoom navigerende schepen maken het mogelijk het vervoer over water te laten plaatsvinden met kleinere bemanningen. De kans dat autonoom varen ingevoerd wordt binnen 10 jaar lijkt vooralsnog niet reëel. Toepassen van AI en traffic management guidance technieken in combinatie met data-analyse van informatie zijn in de praktijk hoopvol en kunnen bijdragen tot optimaler benutting van de vaarroutes en verkleining van de wachttijden in havens en sluizen.

> **Multimodale hubs**

Daarnaast kan, gezien de omvang van deze herstructurering, een modaliteitshift helpen om knelpunten in vaarwegen te verlichten. Niet alles hoeft over water. De aanleg van multimodale hubs langs de rivier kan daarbij wellicht een uitkomst bieden en in bepaalde gevallen tegelijkertijd andere stroomgebieden ontsluiten. Projecten als de multimodale container hub bij Doesburg of de uitbreiding van de passantenhaven bij Spijk, illustreren deze gedachte. Maar ook de buitendijkse multimodale Flevokust haven in Lelystad die gelegen is aan het IJsselmeer met een containerterminal, laat de ondersteunende werking van de hub zien.

Tot slot, van asset naar systeem: wat is hiervoor nodig?

1. Dit vraagt om regie waarin de benodigde verandering een centrale rol inneemt. Zoals dit uitging van de Deltawerken-aanpak in relatie tot overstromingsgevaar, Ruimte voor de Rivier inzake rivierwater adaptatie of de Vinex-aanpak inzake versnelling van de woningbouw. Het Rijk zou hierin het voortouw moeten nemen.
2. De programma-aanpak zou de grenzen moeten opzoeken: een veilige, vlotte en toekomstvaste waterinfrastructuur waarbij water opnieuw als leidend principe geldt.
3. Dit vraagt om aanvullend beleid ten aanzien van uitstoot en energietransitie. Juist de huidige energiecrisis biedt een kans om dergelijke keuzes af te gaan dwingen en wél tot versnelling te komen. Met name de herontwikkeling van de havengebieden en de eisen die aan schepen worden gesteld, spelen hierin een cruciale rol.
4. Ondersteunend aan de oplossing zijn verschillende technieken die enerzijds zorgen voor betere efficiency en betrouwbaarheid, anderzijds zijn innovaties nodig die verduurzaming tot gevolg hebben: een transitie van

brandstoffen, motoren, aandrijfsystemen enzovoorts, maar ook innovaties die leiden tot verduurzaming van het landschap zelf: hoe kan meer ruimte aan water worden geboden, slib weer schoon worden, biodiversiteit gestimuleerd worden enzovoorts. Tot slot zijn oplossingen denkbaar die het vaar netwerk verlichten: overslag hubs en zelfsturende schepen, als ook de inzet van AI kunnen aanzienlijke gevolgen hebben. Er is beleid- en experimenteer ruimte nodig om dergelijke innovaties te kunnen toepassen.

5. Dit vraagt samenwerking tussen alle betrokkenen: van overheden tot marktpartijen. Niet alleen sectoraal, maar vooral integraal. Van bouwers tot beleidsmakers. Alhoewel samenwerking key is, is deze aanbeveling ook van reflectieve aard. Wanneer je doet wat je deed, krijg je wat je kreeg. De benadering van alle betrokken vraagt om iets anders. Systeemverandering vraagt erom eerst te kijken wat er nodig is en niet in de oplossing of de techniek te duiken. Het is de uitdaging om meer aan de voorkant van vraagstukken expertise in te brengen. Met een open vizier, gericht op de toekomst. Dat is de ware vlucht naar voren die deze samenwerking vereist.

Een vlucht vooruit door toenemende internationale druk

Eén van de aangegeven complicerende factoren is het missen van politieke urgentie bij dit vraagstuk. Een vlotte, veilige en toekomstvaste waterinfrastructuur is ‘van niemand’, en tegelijkertijd van iedereen. Toch zien we een aantal internationale afspraken, die Nederland wel degelijk dwingen om maatregelen te gaan voorbereiden op de voornoemde manier.

De Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR) is opgericht in 1950 opgericht door de oeverlanden van het Rijnstroomgebied met als doel om de uiteenlopende belangen van de gebruikers en de beschermers van het Rijngebied in evenwicht te brengen. Sinds de oprichting zijn veel succesvolle Rijnverdragen tot stand gekomen met op elkaar afgestemde maatregelenprogramma's. Door deze maatregelen is de waterkwaliteit, biodiversiteit in het stroomgebied verbeterd en is verontreiniging van de Rijn verminderd.

De garantie van de vrijheid van scheepvaart, goederen en personen over de Rijn en zijn uitmondingen op lange termijn is van enorm belang voor toekomstige ontwikkeling van alle oeverlanden van de Rijn. Dat blijkt onder meer al uit de Akte van Mannheim uit het jaar 1868. Eén van de uitgangspunten van dit verdrag is de verplichting voor de staten de rivier te verbeteren en te onderhouden. Dit betekent in de praktijk dat de rivieren regelmatig uitgebaggerd moeten worden om de gewenste vaardiepte te garanderen en dat de waterbouwkundige constructies zoals sluizen in goede staat zijn.

Bronnen

- ¹ Frans Klijn, Mark Hegnauer, Jules Beersma, Frederiek Sperna Weiland. 2015. *Wat betekenen de nieuwe klimaatscenario's voor de rivierafvoeren van Rijn en Maas? Samenvatting van onderzoek met GRADE naar implicaties van nieuwe klimaatprojecties voor rivierafvoeren, Deltares en KNMI.*
- ² Website Rijkswaterstaat, www.rijkswaterstaat.nl
- ³ Scenario Wh is één van de vier KNMI'14-scenario's die samen de hoekpunten waarbinnen de klimaatverandering in Nederland zich waarschijnlijk zal voltrekken beschrijven. Het Scenario Wh staat voor sterke temperatuurstijging (warm), hoge waarde verandering luchtstromen.
- ⁴ Bron: whitepaper 'Ruimte voor de toekomst', Alex Hekman en Nikéh Booister, Sweco, 2021.
- ⁵ Bron: whitepaper 'Vertragen om te versnellen', Bert van Renselaar, Sweco, 2021.
- ⁶ CBS, 2021.
- ⁷ CBS, 2020.
- ⁸ CBS, 2020.
- ⁹ H.G. Tuin, H.G. Voortman, R.A.J. van de Kamp & W. Seinen, J.K. Vrijling & A. van der Toorn, 2014. *An integral feasibility study of a new weir in the Lower Rhine. The Netherlands. Pag 2519-2526. Proceedings of the 7th International Conference on Fluvial Hydraulics, RIVER FLOW 2014.*
- ¹⁰ F. den Heijer, M.A. Wolters, J.C.M. van Dorsser, H.E.J. Berger and A.C.L. Hijdra. 2010. *Developing a substitution strategy for hydraulic structures to meet the challenges of a new century. Pag. 1-14 Proceedings of the 32th PIANC MMX Congress Liverpool UK 2010.*

Dankwoord

Graag wil ik mijn collega Lonneke Wijnhoven bedanken voor de inspirerende discussies en haar hulp bij het redigeren van deze whitepaper. Zonder haar hulp en toegewijde betrokkenheid zou deze whitepaper nooit in zo'n korte tijd tot stand zijn gekomen. Ook wil ik ir. I.J. de Boer (voormalig HID Programmadirectie Ruimte voor de Rivier, RWS), ir. Frank den Heijer (HAN University of Applied Sciences), ir. Alex Hekman en John Jansson (Sweco), bedanken voor hun deskundige advies, waardevolle suggesties en opmerkingen. Tot slot gaat mijn dank ook uit naar Rosalie Janson voor grafische vormgeving van de white paper.



Over Sweco

Verandering van de wereld om ons heen was nog nooit zo actueel, relevant, inspirerend en uitdagend. Voor welke uitdaging dan ook: de samenleving kan rekenen op een oplossing van Sweco. Nu, morgen en in de toekomst.

Samen met klanten en de kennis van 18.500 architecten, ingenieurs en adviseurs creëren we slimme oplossingen voor het stedelijk gebied. Met oog voor de versnellende kracht van digitalisering en het perspectief van een groene en duurzamere samenleving.

We staan schouder aan schouder met onze klanten. Met oog voor wat om de hoek belangrijk is en met het lef om over de grenzen te kijken. We bieden onze klanten wereldwijde kennis en ervaring. Sweco is dé meest relevante partner die altijd de allerbeste oplossing vindt. Ongeacht de omvang of locatie. Elke uitdaging telt.

Zo initiëren we verandering en inspireren we anderen. Voor ons allen. Samen.

Sweco - Transforming Society Together

Over de auteur

Met ruim 36 jaar werkervaring in kust- en rivierontwikkeling, waterbouw, havens en haveninfrastructuur en landwinning, watermanagement is Teunis Louters helemaal thuis in het 'water en haven gerelateerde infrastructuur'.

Teunis is lid van het 'Dutch Risk Reduction' (DRR) Team van de Rijksoverheid. Na een stevige basis bij Rijkswaterstaat en verschillende nationale programma's als Ruimte voor de Rivier, kustverdediging- en dijkversterkingsprojecten, werkte hij aan internationale ontwikkelingen. Zijn mooiste projecten waar hij trots op is zijn het RvR project "Reevediep bij Kampen", "De yellow river basin management project" in China en Meghna Estuary Study (FAP5B) in Bangladesh maar ook de nieuwe haven in Aruba (Barcadera), en fonkelnieuwe havenontwikkeling in Jordanië (Aqaba).

Onlangs koos Teunis bewust voor Sweco. Het decentrale model, oog voor het kleine én de mens, sprak hem aan. Als projectdirecteur voor de divisie Transport & Mobiliteit pakt hij verschillende duurzame projecten op en zet zich in op gebied van voor innovatie van design proces en digitalisering.

