



Verslag Workshop systeemmonitoring

1 oktober 2025

Inleiding/ Aanleiding

Op 1 oktober wordt een Workshop over systeemmonitoring gehouden. Anne Backer (Netwerk Dijkmonitoring, Fugro) en Wouter Zomer (Netwerk Dijkmonitoring, BZIM) introduceren de workshop. Hierbij is teruggeblikt op de ontwikkeling van eerdere projecten waarin systeemmonitoring een rol heeft gespeeld.

De workshop start met een introductie van het thema systeemmonitoring. In het kader van *Drieluik 2025* worden drie hoofdonderwerpen benoemd: systeemmonitoring, wiki dijkmonitoring en referentielocaties. Er wordt verwezen naar Netwerk Dijkmonitoring (NDM)-pareltjes en het project *Live Dike XL*. Daarnaast komt de rol van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) aan bod. Zij waren de eerste en enige die de hoogwaters van 1993 en 1995 hebben gemeten.

Anne presenteert vanuit haar rol als adviseur. Zij geeft aan dat zij tien jaar monitoring heeft uitgevoerd aan de Noord-Zuidlijn. Anne verwijst ook naar eerdere ervaringen, onder andere vijftien jaar geleden bij het havenbedrijf van Rotterdam, waar assets gemonitord zijn met inclinometers.

Henk Voogt van het Havenbedrijf Rotterdam presenteert over systeemmonitoring van assets van het havenbedrijf. Na de pauze presenteert Niels Alferink van Waterschap Rijn en IJssel over het monitoringsmeetnetwerk primaire waterkeringen (MPW) bij het waterschap. Tot slot presenteert Joost Borgers van het Waterschap Vallei en Veluwe over dijkmonitoring bij het waterschap en de ervaringen hierbij. Hij geeft als afsluiting van zijn verhaal een pitch over het monitoren van bevergraverij. Na afloop van deze pitch vindt een discussie plaats over hoe waterkeringbeheerders het best monitoringstechnieken in kunnen zetten om bevergraverij te kunnen monitoren.

In de volgende paragrafen worden de presentaties verder beschreven.

1. Systeemmonitoring van assets van het Havenbedrijf Rotterdam

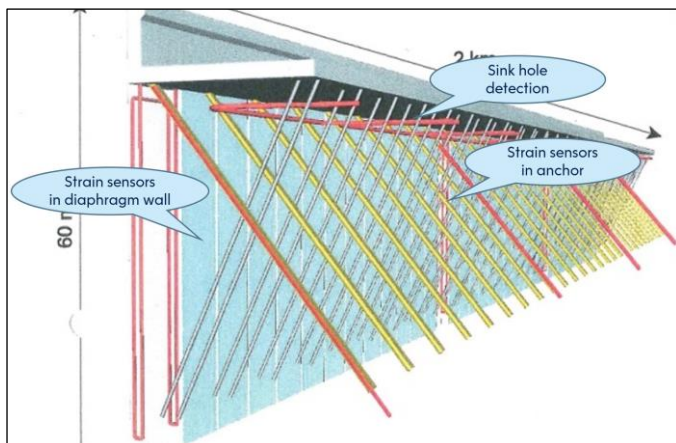
Deze presentatie wordt verzorgd door Henk Voogt en richt zich op monitoring vanuit een projectperspectief. Hij is vijftien jaar geleden begonnen met monitoren; de organisatie is gestart rond 1932 en is later een Naamloze Vennootschap (NV) geworden, losgekoppeld van de gemeente.

Er wordt gewerkt met veel oude en nieuwe assets (zoals bijvoorbeeld kademuren) die zowel in zout als zoet water staan. Deze assets vormen een motor van de Nederlandse economie, met name gericht op petroleum en containers. De organisatie fungeert als een landlord port (een haven die zijn assets verhuurt aan klanten).

Kademuren blijken een absolute noodzaak om te monitoren, om inzicht te krijgen in de conditie van de asset, zowel nu als in de toekomst. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen continue en periodieke systeemmonitoring.

Slimme kademuren en datagedreven werken

De toepassing van slimme kademuren is besproken tijdens deze workshop. Hiervan is in figuur 1 is een weergave gegeven. Door monitoring kan de gebruiker meer ruimte krijgen bij het gebruik van assets. Dit komt doordat het havenbedrijf kan monitoren wat de conditie van de kademuur is. Met deze monitoringsdata kan het havenbedrijf realistischer inschatten hoeveel en hoe vaak de kademuur onderhouden moet worden. Monitoring maakt het mogelijk om de degradatie van de assets te voorspellen en onderhoud of het kan versterking langer uit te stellen. Dit kan leiden tot uitgestelde en daarmee lagere kosten voor het havenbedrijf.



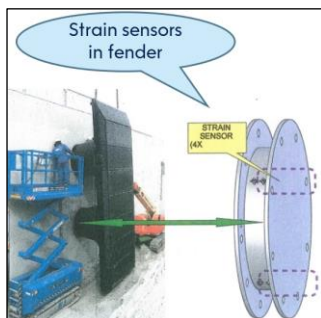
Figuur 1: Weergave van monitoring van (slimme)kademuur

Functionele eisen aan de monitoring worden in het project ontwikkeld en data-analyses spelen een belangrijke rol bij het aanscherpen of afzwakken van normen. Er wordt gekeken naar de ruimte om doelstellingen op te rekken, waarbij de focus vaak ligt op ontwerp en bouw van assets.

De inspecteur van de toekomst is bij wijze van spreken een sensor, een monitoringssysteem, gericht op het alarmeren bij twijfelachtige meetwaarden. Inspecteurs blijven nodig voor de interpretatie van deze data. Het is belangrijk om vast te leggen wat gegevens betekenen en om data logisch op te slaan.

Smart Fender en Smart Bollard

Een fender is een buffer tussen een schip en de kade, ter voorkoming van schades. Hiervan is in figuur 2 is een weergave gegeven. Bij de Smart Fender gaat het om het monitoren van fenders om inzicht te krijgen in het gebruik. De beweging van de fender blijkt minder bij afmeren dan bij het laden en lossen van schepen. Na analyse van het laad- en losproces en het terugveren van de fender, bleek dat het rubber van de fender langzaam terugveert. De snelheid waarmee het rubber terugveert zegt wat over de veroudering van de fender, namelijk een langzaam terugveerproces geeft aan dat de fender verouderd raakt. Om verschillen goed te verklaren, moet rekening worden gehouden met omstandigheden zoals getijde.



Figuur 2: Weergave van monitoring van (smart)fender

Een bollard is een meerpaal aan de kade waaraan schepen zich met trossen kunnen bevestigen bij het aanmeren. In figuur 3 is een weergave van een bollard weergegeven. Bij de Smart Bollard worden krachten en de hoek van de tros gemonitord. Er zijn aan de krachten grenswaarden vastgesteld om tijdig in te grijpen bij calamiteiten. Hierdoor fungeert het als een early warning systeem.



Figuur 3: Weergave van bollards

Er wordt gekeken naar uitbreiding in de vorm van meer meetpalen. In de toekomst wordt een full-scale test voorzien, waarbij de kademuur onder belasting bezwijkt met volledige monitoring. Zo kan een realistische inschatting worden gemaakt van de sterkte van de verschillende assets.

Beheer, data en digital twins

Naast monitoring is ook onderhoud van de monitoringsapparatuur belangrijk en moet data goed ontsloten worden via dashboards. Het plaatsen van sensoren kost veel geld, daarom is het essentieel om goed te weten wat je meet en waarom.

Domeinkennis is cruciaal, evenals een goede vertaalslag tussen data science en civiele techniek. Er wordt gestreefd naar zo min mogelijk ondergrondse meetpunten om onderhoud te beperken. Daarnaast wordt gekeken naar het ontwikkelen van digital twins en de potentiële toepassing van AI.

Het aanleggen van een meetnet begint vaak met een project waar budget beschikbaar is. Vervolgens wordt een risicoanalyse uitgevoerd of gekeken naar het belang van de klant. Met nieuwe technieken blijkt dat kademuuren grotere krachten aankunnen dan eerder werd gedacht. De ervaring leert dat sensoren die bij de aanleg van de asset worden geplaatst het

meeste opleveren. De reden hiervoor is dat deze sensoren dan relatief eenvoudig in het asset verwerkt kunnen worden. Hierdoor kunnen de krachten die op de asset uitgeoefend worden preciezer gemeten worden, in tegenstelling tot sensoren die bijv. bovenop de asset geplaatst zijn.

Aan het einde van een contract tussen het havenbedrijf en de assetgebruiker ontstaat een moment om het gebruik van een asset te herzien. Dat kan leiden tot lagere of hogere toelaatbare belastingen, afhankelijk van de actuele staat van het asset. De conclusie luidt dat door te meten, men erachter is gekomen dat de kademuren te zwaar zijn ontworpen. Hierdoor is er veel meer mogelijk dan voorheen werd aangenomen.

2. Het monitoringsmeetnetwerk Primaire Waterkeringen (MPW) - Waterschap Rijn en IJssel (WRIJ)

In deze presentatie licht Niels Alferink toe dat monitoring al vroeg in de beoordeling van dijken moet worden betrokken. Aanleiding is de wettelijke beoordeling, waarbij twee dominante faalmechanismen centraal staan: piping en macrostabiliteit.

De monitoring bij WRIJ richt zich onder meer op de intredeweerstand van het voorland en de invloed van dunne deklagen op piping. Het doel is om beter inzicht te krijgen in de gehele levenscyclus. Er wordt gekozen voor een risico-gestuurde en sobere aanpak.

Beheerders willen niet wachten op subsidie; momenteel lopen gesprekken met het HWBP. Dit raakt aan lopende versterkingen. De monitoring is en wordt uitgevoerd in twee fasen: eerst een pilotproject MPW 48-1 om ervaring op te doen, gevolgd door een verdere uitrol en aanbesteding. Er is een uitvraag opgesteld voor peilbuizen in het voorland, de buitenteen, de binnenteen en het achterland. Er wordt gericht op 75 peilbuis raaien, dus 300 peilbuizen.

Ook voor het watersysteem wordt optimalisatie besproken. De intentie is om 50 tot 100 peilbuizen te plaatsen voor het watersysteem.

Een belangrijke stelling is dat je niet hoeft te beginnen met monitoren als je niets met de data gaat doen. Alleen meten is niet voldoende, data-analyse is net zo belangrijk. Het dashboard biedt toepassingen zoals continu inzicht, het signaleren van calamiteiten, het instellen van grens- en drempelwaarden voor actie en het toespitsen van dijkversterkingen en ontwerp. In het portaal kunnen actuele en historische data worden geanalyseerd, inclusief trendlijnen.

Voor de toekomst wordt gestreefd naar continu inzicht in de sterkte van de waterkering. Beheer en onderhoud zijn opgenomen in de aanbesteding, zodat monitoring structureel wordt geborgd. Tot slot wordt aangegeven dat men bezig is met het opstellen van grens- en signaleringswaarden. Hiermee wordt deze presentatie afgerond.

3. Dijkmonitoring inzicht in statische en dynamische sterkte - Waterschap Vallei en Veluwe

Uitwerking strategie en vervolgstappen

Er wordt gestart in LBO-1, waarbij drie raaien zijn gebruikt voor het opstellen van een businesscase. De faalkans was bij een van de betrokken raaien één op vier. Het waterschap was het eerste waterschap dat subsidie heeft aangevraagd bij het HWBP voor dijkmonitoring. Daarbij is gewerkt aan zowel een strategisch als een operationeel plan.

Voor de subsidieaanvraag van het HWBP zijn twee werkateliers georganiseerd met het waterschap. Het eerste werkatelier heeft geleid tot de conclusie dat verdere aanscherping vereist is en dat de uitwerking nog onvoldoende was. Een tweede werkatelier is daarop gevolgd. In de komende periode wordt de aanbesteding afgerond.

Voor de jaren 2026 en 2027 staat het aanbrengen van 160 grondwater meetpunten en oppervlaktewater meetpunten gepland. Samen met De Innovatieversneller (DIV) wordt gewerkt aan een eenduidige -aanpak, waar mogelijk met inzet van D-GeoFlow. Daarnaast wordt ingezet op het opzetten van een digital twin/3D-dijkmodel, met een complete ontsluiting van geohydrologie en het watersysteem. In 2029 wordt een werkscope voorzien voor het eerste project.

Vanuit de zorgplicht ligt de focus op de binnenzijde van de waterkering. De verzamelde informatie moet bijdragen aan extra onderbouwing voor toekomstige beoordelingen.

Praktijkervaringen en toekomstige toepassingen

In de praktijk blijkt het soms lastig om de 1 km-HOH te realiseren, onder andere door omgevingsfactoren zoals eigenaren/bewoners.

Het waterschap besteed veel tijd aan bevermonitoring, als gevolg van een kade-doorbraak van het Apeldoorns Kanaal. De maandelijkse inspectie van bevers is langs het Apeldoorns kanaal begroot op circa €180.000 per jaar.

Om de inspectiekosten op termijn houdbaar te maken wordt gekeken naar het toepassen van glasvezel voor het monitoren van bevers, met potentie voor monitoring van beginstelen van optredende faalmechanismen. Er is nog veel onderzoek nodig om deze toepassingen goed te kunnen onderbouwen. Specifiek wordt gewezen op de interpretatie van glasvezelmetingen en de mogelijke inzet van AI daarbij.

In Q1 of Q2 van 2026 wordt een Plan van Aanpak (PvA) opgesteld. Daarbij wordt expliciet meegenomen dat data-interpretatie een vaste plek krijgt in de begroting.