

Programma Datagedreven Assetmanagement

Lessons Learned periode 2023 – '24

Inleiding

Met het programma Datagedreven Assetmanagement (DGAM) heeft Rijkswaterstaat (RWS) de afgelopen 2 jaar ervaring opgedaan met het toepassen en gebruiken van nieuwe digitale tools zoals real-time sensordata, data-analyse, data-science en dashboarding in het assetmanagement. Doelstelling hierbij is meer data gedreven te werken en daardoor de instandhouding van de infrastructuur betaalbaar en uitgevoerd te krijgen.

Samen met beherende aannemers zijn op onderstaande objecten zogenaamde DGAM-implementaties uitgevoerd:

- Oranjesluizen
- Kreekraksluizen
- Sluis en gemaal Empel
- Volkerakbrug en -sluizen
- Gemaal IJmuiden
- Salland-Twentetunnel
- Sluis Delden

Leeswijzer:

Deze lessons learned rapportage is opgedeeld in twee delen:

- Een sectie met meer algemene bevindingen en gehanteerde methodieken;
 - (user story) bibliotheek
 - 4-fasen plan
 - Deep Dive methodiek
 - Raakvlak ICT en Dashboards
 - Procesoptimalisaties en organisatorische verbeteringen
 - Juridisch en Contractueel
- Een sectie waarin per implementatie de uitgevoerde activiteiten worden toegelicht, en de bevindingen, met nadruk op het toepassen daarvan in het assetmanagementproces.

De secties omvatten meer beschrijvende teksten en daarnaast nog eens puntsgewijs de opgedane inzichten en lessons learned.

Programma werkwijze en methodiek

Bepalen informatiebehoefte

Het goed inzichtelijk krijgen van de informatiebehoefte van de verschillende stakeholders uit de assetmanagement keten is niet eenvoudig. Met name de stap om data daadwerkelijk van toegevoegde waarde te laten zijn in het assetmanagementproces is een tijdrovend proces. De leercurve is in het begin vlak. Om de informatiebehoefte te inventariseren zijn drie methoden toegepast:

- **Blauwdruk denken** – Aan de hand van proces- en rolbeschrijvingen de informatiebehoefte identificeren;
- **Implementatie** – Met het doorlopen van het 4-Fasen Plan. Hiermee wordt inzicht verkregen in faalmodi, criticaliteit, gebruik en historie van storingen van een asset en vertaald naar een informatiebehoefte per rol.
- **Exploratieve data-analyse** - Exploratieve data-analyse helpt om de oorzaken te achterhalen van geconstateerde afwijkingen (zie bijv. de case van de ‘wapperdeuren’ bij de Volkeraksluizen). Deze analyse helpt om vervolgens te kijken of en hoe met monitoring op basis van data herhaling te voorkomen is.

De hiermee verkregen informatiebehoefte wordt gestructureerd vastgelegd in zogenaamde *user stories bibliotheek*. Een *user story* geeft inzicht welke **rol**, **wat** wil weten en **waarom**.

- Niet alle user stories dragen per definitie bij aan voorspellende waarde(n)/ onderhoud;
- User stories bestaan op alle abstractieniveaus. Hoe lager het abstractieniveau¹, hoe uitdagender het business model/ terugverdientijd.
- Leg een relatie tussen een user story en asset management -processen, -rollen en -type assets. Dit maakt hergebruik van user stories eenvoudiger.
- Maak onderscheid bij het vastleggen van user stories tussen ‘generieke’ (=van toepassing op meerdere assets/ rollen) en specifieke (= van toepassing op een specifiek object/ rol) user stories.
- Registreer en orden user stories op een centrale plek in de organisatie, maak deze ‘bibliotheek’ toegankelijk voor relevante stakeholders uit de assetmanagementketen zoals betrokken aannemers belast met beheer en onderhoud.

4-Fasen plan

De eerder genoemde doelstelling van DGAM betreft het meer datagedreven werken en daardoor de instandhouding van de infrastructuur betaalbaar en uitgevoerd te krijgen.

DGAM helpt de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van RWS-objecten te verbeteren en risico's te verlagen door o.a. beter inzicht te krijgen in prestaties, gebruik en condities van assets. Het moet een instrument zijn om ongeplande verstoringen te voorkomen, assetmanagers in staat te stellen om (bij) te sturen om een optimale levensduur te bereiken en hierbij onderhoudskosten te verlagen door toepassing van Just-in-Time (JIT) onderhoud i.p.v. correctief onderhoud.

¹ Realiseren van data-inwinning op Element-, Bouwdeel- of Componentniveau vergt vaak extra investeringen. En de leercurve om deze, meer gedetailleerd, data goed te interpreteren is vaak vlak. Voorbeeld: waarneming en interpretatie aantal deuropeningen van een complex vs monitoring energiecurve aandrijfwerk deuren.

Om RWS met name met laatst genoemde stap te helpen is het zogenaamde 4-Fasen plan ontwikkeld. Dit plan draagt bij aan de transitie om van een asset waar op een traditionele manier het onderhoud en assetmanagement is ingericht, te komen tot een asset waar data op een slimme manier wordt gebruikt om doelmatige keuzes te kunnen maken in het assetmanagement.

Toepassing van het 4-Fasen Plan bij de implementaties leert:

- Het 4-Fasen Plan is doorontwikkeld tot een goed toepasbaar instrument om de informatiebehoefte bij DGAM-stakeholders vast te stellen of hier richting aan te geven.
- Het 4-Fasen Plan maakt op gestructureerde wijze inzichtelijk wat de kritieke bouwdeelen en faalmodi van een asset zijn, wat belangrijk is voor het vaststellen van de informatiebehoefte van stakeholders uit de assetmanagementketen.
- Het 4-Fasen Plan geeft stakeholders uit de assetmanagementketen inzicht in de werking en het functioneren van een asset.

Deep Dive methodiek

De Deep Dive-methode wordt primair toegepast om te achterhalen welke data als informatie verzameld kan/moet worden om het functioneren van het object te monitoren en potentieel falen van het object te detecteren, te voorspellen en/of te voorkomen.

Naast het feit dat een 'Deep Dive' (DD) wordt gebruikt om op een gestructureerde wijze te werken is een andere relevante reden dat in de praktijk de Failure Mode Effect & Criticality Analysis (FMECA) en technische decompositie(s) niet op elk object voldoende is uitgewerkt om er een data- en informatiebehoefte aan te kunnen koppelen. Daarbij zijn faalmodi vaak niet specifiek genoeg gedefinieerd of niet gelinkt aan het juiste decompositie niveau. Dit is wél nodig om de voor DGAM benodigde informatiebehoefte te bepalen.

Bij het uitvoeren van een DD zijn alle relevante stakeholders uit de asset managementketen vertegenwoordigd, eventueel uitgebreid met (toe-) leveranciers/ Original Equipment Manufacturer (OEM's) als kennisdrager.

- Voor toepassing DGAM op het niveau van Element, Bouwdeel of Component is vaak een DD noodzakelijk om de werking en interactie van een installatie in zijn omgeving goed te doorgronden;
- Een gedetailleerd beschreven faalmodi met een bestaande relatie met de technische decompositie versnelt de realisatie van DGAM/ visualisatie van data;
- Betrek bij DD's OEM's.

Raakvlak ICT en Dashboards

Bij de implementaties bleek in de praktijk dat de realisatie van een data-inwinketen randvoorwaardelijk is voor succes. Marktconforme oplossingen en werken onder architectuur zorgen dat in- en externe omgevingen goed data en informatie kunnen uitwisselen. Het kiezen van ondoordachte oplossingen om snel en simpel data in te winnen kan snel leiden tot stabiliteit van een object en veiligheid of privacy risico's. De mogelijkheid data te delen is bijna net zo relevant als de mogelijkheid data in te winnen. Bij het realiseren van dergelijke inwinketens moeten afwegingen worden gemaakt t.a.v. welke data, het is niet realistisch te kiezen voor 'alle' data. Uiteraard kan een (nieuwe) informatiebehoefte leiden tot opschaling van data-inwinning.

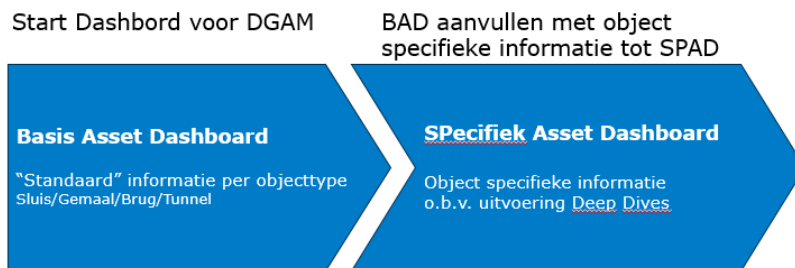
Hoewel de dashboards veel operationele parameters inzichtelijk maken, is er een behoefte getoonde data en informatie te toetsen aan bijvoorbeeld onderhoudsactiviteiten of omgevingsdata (waterstanden/ meteorologische gegevens).

Binnen het programma zijn meerdere dashboards ontwikkeld, hierbij is nadrukkelijk rekening gehouden met een eenduidige user interface, standaardisatie van type dashboards per object-familie (sluizen, gemalen, tunnels, etc.).

Daarnaast is bij de realisatie van dashboards gekozen om zogenaamde 'Basis Assetmanagement Dashboards' (BAD) en Specifieke Assetmanagement Dashboards' (SPAD) te ontwikkelen.

Strategie is dat bij beschikbaarheid van data een complex/ object een eigen BAD krijgt welke uitgebreid kan worden naar een SPAD. Het BAD geeft de gebruikers inzicht in de voor hun noodzakelijke/relevante informatie en visualisaties:

- Een SPAD omvat meer object specifieke informatie op een lager decompositieniveau;
- Een SPAD omvat andere, meer gedetailleerde visuele weergave(s);
- Een SPAD kan een Early Warning Functionaliteit omvatten.



Het BAD en SPAD zijn ontwikkeld om de informatiebehoefte van de gebruikers te vervullen, waaronder assetmanagers, maintenance engineers, onderhoudskundigen en opdrachtnemers. Deze informatiebehoefte is in kaart gebracht vanuit assetmanagement- en systems engineering benadering. Vanuit assetmanagementrollen en -processen is de informatiebehoefte vastgelegd inclusief bijbehorende systeem en decompositieniveau. Vanuit Systems Engineering (SE) zijn vanuit RWS-beleidsfunctietabellen per objecttype de informatiebehoefte vastgelegd op het bijbehorende systeem en decompositieniveau.

- Waarde/ interpretatie van (asset-)data wordt groter/ eenvoudiger indien deze kan worden vergeleken met onderhouds- omgevingsdata;
- Maak een afweging tot op welk decompositieniveau een dashboard moet worden ontwikkeld;
- Assetmanagementprocessen en -rollen en het SE-model zijn complementair bij inventariseren informatiebehoefte;
- Zorg voor een data inwinning architectuur voor het inwinnen en delen van data. Het zorgt voor een veilige transitie van data naar informatie en 'zelfde taal gebruik';
- Wees kritisch t.a.v. het inwinnen en opslag van data. Maak hierbij heldere keuzes m.b.t. ICT-architectuur in verband met mogelijke opschaling a.d.h.v. aanvullende user stories;
- Hou bij de ontwikkeling van dashboards altijd de (toekomstige) gebruiker in gedachte.
- Zorg ervoor dat dashboards en data-analyses voortdurend worden getest en verbeterd in real-world scenarios.

Procesoptimalisaties en organisatorische verbeteringen

DGAM is een andere manier van werken en geeft met nieuwe methoden en technieken aanvullende inzichten in het asset managementproces. Om goed of optimaal gebruik te kunnen maken van deze inzichten dienen soms bestaande procedures en processen te worden aangepast. Als voorbeeld hierbij: het gebruik maken van DGAM-data bij testprotocollen en of -procedures in het kader van aantoonbaarheid van functies. Voor een maximaal effect is het noodzaak dat dergelijke procedures/ processen toepassing van data bij aantoonbaarheid accepteren.

Training en ontwikkeling De overgang naar datagedreven werken vraagt om nieuwe vaardigheden. Assetmanagers en maintenance engineers moeten niet alleen de basisprincipes van data-interpretatie begrijpen, maar ook complexe analyses kunnen koppelen aan operationele beslissingen. Data-analisten spelen een centrale rol in het vertalen van ruwe data naar bruikbare inzichten.

Implementatie en gebruik van deze methoden en technieken stelt (andere) eisen aan benodigde kennis en competenties. De competentie van data-analyse is hierin een relevante. Het (meer) Data Gedreven werken binnen het asset management helpt rolhouders op verschillende abstractieniveaus in meer of mindere mate beter invulling te geven aan het asset managementproces. Enerzijds vanuit de aanvullende inzichten, anderzijds vanuit informatiebehoefte: waarom heeft een rol bepaalde data/ informatie nodig?

- Hou bij het opstellen van testprotocollen en of inspecties vooraf rekening met de (mogelijke) beschikbaarheid van data/ informatie
- DGAM stelt binnen het assetmanagement aanvullende eisen aan kennis en competenties.
- Opbouw van capaciteiten: Investeer in training en het opzetten van datateams om kennis en vaardigheden binnen de organisatie te borgen.
- Duurzaamheid integreren: Gebruik data-inzichten om energie-efficiëntie en milieuvriendelijke strategieën verder te bevorderen

Juridisch en Contractueel

DGAM biedt andere inzichten in of over assets, zowel aan zijde van opdrachtnemer als opdrachtgever. In de praktijk blijkt dat veel processen en afspraken zijn ingericht op het verhelpen van storingen (functie herstel). DGAM maakt het mogelijk storingen te voorspellen, in het kader van verwachtingenmanagement is het zaak duidelijke afspraken te maken hoe stakeholders uit de asset management keten dienen te reageren op **dreigend** functieverlies. Adequaat reageren op DGAM-signalen vereisen mogelijk andere incentives of bijstelling van verwachtingenmanagement.

Voor invulling van de informatiebehoefte, zowel die van opdrachtnemer als opdrachtgever, is data-inwinning nodig. Het is relevant duidelijke afspraken te maken over wie verantwoordelijk is voor de realisatie en instandhouding van de inwinketen. Niet alleen voor de looptijd van een contract maar ook bij eventuele overdracht/ transitieperiodes.

- Maak duidelijke afspraken hoe stakeholders uit de assetmanagementketen dienen te reageren op dreigende storingen;
- Implementeer heldere afspraken t.a.v. het proces data-inwinning (gedurende de gehele levenscyclus van een asset);
- Maak afspraken t.a.v. optimalisatie beheer en onderhoud van assets op basis van data.

- Versterking van samenwerking: Breid samenwerkingsverbanden met OEM-partners en aannemers uit, met duidelijke afspraken over data-eigendom en gebruik.

Samenwerking en kennisdeling

Interne samenwerking De introductie en ontwikkeling van datagedreven methoden heeft geleid tot een sterkere samenwerking tussen verschillende afdelingen binnen Rijkswaterstaat en haar opdrachtnemers. Deze samenwerking bevordert een gezamenlijke aanpak voor het oplossen van complexe problemen.

Toch blijft er ruimte voor verbetering, met name in het systematiseren van deze samenwerking. De afhankelijkheid van specifieke kennisdragers maakt processen kwetsbaar. Het opzetten van interdisciplinaire teams met gestructureerde kennisoverdracht wordt als essentiële vervolgstap beschouwd.

Er wordt aanbevolen om dedicated datateams per objecttype op te richten. Deze teams kunnen fungeren als kennishubs en de kwaliteit van data-analyse en besluitvorming vergroten. Een dergelijke aanpak bevordert de continuïteit en vermindert de afhankelijkheid van individuele kennisdragers.

Samenwerking met externe partners De samenwerking met OEM-partners heeft laten zien hoe belangrijk externe expertise is. Ook aannemers hebben baat gehad bij nauwe samenwerking met Rijkswaterstaat, vooral in het beheren van meldingen uit Early Warning Systemen. Deze samenwerking kan worden verbeterd door betere contractuele afspraken over data-eigendom en verantwoordelijkheden.

Implementaties

Oranjesluizen

Hydraulieksysteem – HPU-motor en accumulator De implementatie op de Oranjesluizen was de eerste implementatie waar met datagedreven werken het onderscheid kon worden gemaakt met traditioneel werken. Hierbij was de focus gericht op het hydraulieksysteem van de middenkolk van de Oranjesluizen. Real-time data was (nog) niet beschikbaar, maar Rijkswaterstaat heeft met SPIE als verantwoordelijke aannemer en Bosch-Rexroth als toeleverancier van het hydraulieksysteem een prima alternatief bedacht in de vorm van een ‘datalogger’. Hiermee wordt relevante data weggeschreven op een SD-kaartje.

Met deze data zijn afwijkingen van het hydraulisch aggregaat, belangrijk voor de aandrijving van de sluisdeuren vastgesteld. Bij het bedienen van de sluisen en eerdere inspecties ter plaatse waren nog geen merkbare afwijkingen geconstateerd. Uit een eerste onderzoek bleek in een Hydraulic Power Unit (HPU-)pomp een versleten ventiel aanwezig te zijn. Na vervanging van dit ventiel waren er nog steeds afwijkingen in de data zichtbaar, waarop ook een accumulator van het hydraulieksysteem is vervangen. Na deze vervanging vertoont de installatie weer ‘normaal gedrag’.

Binnen deze casus bleken de hydraulische druk en pomp-activaties als prestatie-indicator een logische keuze te zijn, maar net zo belangrijk bleek de informatie over hoe druk zich in de tijd opbouwt en afneemt.

Hydraulieksysteem – Vuilindicatoren Binnen het hydraulieksysteem is ook gekeken naar DGAM-mogelijkheden i.r.t. vuilfilterindicatoren van het hydraulieksysteem. Vervuiling/ verzadiging wordt gemeten a.d.h.v. gemeten drukverschil.

Redenatie om dit (vervuiling) te kunnen meten is dat vervuilde filters meer druk en dus meer energie vereisen. Implementatie binnen DGAM betekent dat hiervoor PLC-signalen van vuilfilterindicatoren gesplitst moeten worden. Op basis van de hierbij behorende kostenraming is besloten hier (voorlopig) vanaf te zien. Wel is geconcludeerd dat de huidige melding, verzadigingsniveau 100%, bijgesteld kan worden naar 75%. Dit stelt opdrachtnemer in staat tijdig maatregelen te nemen/ in te plannen.

Hydraulieksysteem – Nivelleer-deurcilinder Ook is onderzocht of uit data van drukmetingen ‘vervuiling’ en of corrosie van de stangen kan worden vastgesteld in plaats van visuele inspecties. Redenatie is dat corrosie/ vervuiling kan leiden tot weerstand en dus meer benodigde druk. Deze casus is niet verder uitgewerkt.

Lessons learned Oranjesluizen

- Ook zonder real-time data is het goed mogelijk data gedreven asset management toe te passen.
- Toepassing van een datalogger/ data-extractie via SD-kaartjes is een goed alternatief voor real time data en stelt de organisatie in staat (data-)analyses uit te voeren.
- Inzet datalogger is prima alternatief om afweging te maken wel of niet in real-time ontsluiting van data te investeren.
- Data maakt afwijkingen inzichtelijk die niet bij het bedienen van een object of uitvoeren van (visuele-)inspecties zijn of kunnen worden vastgesteld.
- Om data goed te kunnen interpreteren is vaak een leercurve nodig.
- Om data goed te kunnen interpreteren is hulp van een 'specialistische' partij en of kennisdrager zeer zinvol.
- Bij de keuze welke data in te winnen en welke informatie, en op welke wijze, te visualiseren is advies van een 'specialistische' partij en of kennisdrager zeer zinvol.
- Data kan helpen om te valideren of een reparatie/ vervanging succesvol is geweest.

Gemaal IJmuiden

Op het gemaal IJmuiden is een deep dive uitgevoerd op de koelventilatoren en bulkpompen. Uit data-analyse bleek de relevantie voor energiemonitoring. Het energieverbruik van de koelventilatoren en de bulkpompen bleek met 7% te zijn toegenomen. Het programma DGAM heeft deze toename kunnen correleren aan (de toename van) het zoutgehalte van het water. Hoe zouter het water, hoe zwaarder dit is. Een groter gewicht leidt bij spuien tot een hoger energieverbruik.

Door een correlatie te leggen tussen verhoogde zoutgehalten in water en energieverbruik, kon worden voorspeld dat toekomstige verzilting zal leiden tot hogere onderhoudskosten en snellere slijtage. Deze inzichten benadrukken het belang van langdurige gegevensverzameling om trends te herkennen die anders over het hoofd worden gezien.

Daarnaast zijn er energiepieken geïdentificeerd die verband houden met specifieke pompactiviteiten. Door deze data te koppelen aan fysieke inspecties, kon worden vastgesteld dat deze pieken werden veroorzaakt door ventilatoren voor warmtevereffening. Dit benadrukt de noodzaak om energiegegevens niet alleen te visualiseren, maar ook actief te koppelen aan onderhoudsactiviteiten.

Naast DGAM-dashboards wordt op het gemaal IJmuiden ook gewerkt met dashboards/ rapportages afkomstig van ABB- en B&K-sensoren. Dit stelde assetmanagers in staat om trends te herkennen, zoals de eerder genoemde energiepieken. Echter, de ambitie is om deze dashboards in te bedden in een breder RWS-framework, zodat ze ook elders kunnen worden toegepast. Inbedding van dergelijke data en informatie vereist specialistische kennis voor juiste interpretatie.

Lessons learned Gemaal IJmuiden

- Energiemonitoring is zinvol, interpretatie van energiedata vereist vaak specialistische kennis en kent een lange leercurve;
- Samenwerking met kennisdragers helpt energiemonitoring meer waarde te geven;
- Identificeren relatie tussen verzilting en energieverbruik;
- Real-time data en historische data zijn vaak complementair;
- Langdurige gegevensverzamelingen bieden mogelijkheid tot herkennen van trends;
- Koppeling van 'object'-data met OMS (Onderhouds Management Systeem) en BMS (Beheer Management Systeem) versterkt inzichten en begrip van visualisaties.

Salland-Twentetunnel

Bij de Salland-Twentetunnel staat een exploratieve data-analyse als strategie centraal. Ondanks het ontbreken van real-time (SCADA-)data bleken er mogelijkheden te zijn om met historische event en logdata tot resultaten en inzichten te komen. De data-analyse was gericht op de verlichting, ventilatie en pompen van de tunnel.

Centrale vraag was of data en hieruit verkregen inzichten gebruikt kunnen worden voor het valideren van toestandsrapportages en inspecties: Kan het combineren van data met handmatige tests testprocessen efficiënter en betrouwbaarder maken?

Exploratieve data-analyse Het uitvoeren van een brede data-analyse is nuttig om een beeld te krijgen van de beschikbare data en de potentie ervan. Risico hierbij is dat de enorme hoeveelheid data snel kan leiden tot een gebrek aan focus. Deep dive methodiek en een brede data-analyse zullen in de praktijk vaak complementair zijn. Inzichten uit een (brede) data-analyse kunnen aanleiding geven tot het uitvoeren van een deep dive. Ze kunnen ook bij een deep dive beter inzicht in de werking van systemen/ installaties geven, of geconstateerde afwijkingen verklaren.

De exploratieve analyse heeft geleid tot inzichten op onderwerpen waar beheerder en aannemer van tevoren niet van bewust waren. Voorbeeld hierbij is dat uit data blijkt dat sommige camera's veelvuldig zoomen (afwijkend gedrag) met hierdoor (extra) slijtage (conditie) als gevolg.

Tunnelventilatie Voor de implementatie van de Salland Twentetunnel (STT) waren drie logische functievervullers (LFV's) geselecteerd, mede op basis van een FMECA. Achteraf is onvoldoende stilgestaan bij het feit dat in het geval van de STT de tunnelventilatie primair in calamiteitenbedrijf functioneert, of bij maandelijkse controles/ inspecties. In het laatste geval gaat het om ongeveer 20 uur per jaar. Dit levert in de praktijk dus weinig data op t.b.v. DGAM. Afwijkingen over de tijd zijn relatief moeilijk te meten. Alleen vergelijking van ventilatoren onderling kan inzichten bieden.

Ventilatoren zijn rotary equipment, waarbij meten van trillingen vaak zinvol is om bijvoorbeeld speling vast te kunnen stellen. I.r.t. de STT-ventilatie zijn juist de ventilatoren ontworpen met een relatief hoge speling om bij calamiteitenbedrijf (brand/ hoge temperaturen en dus uitzetting) goed te kunnen functioneren. Indien RWS toch speling en trillingen wil meten is geconstateerd dat dit met de nu geïnstalleerde sensoren niet goed mogelijk is. RWS zou kunnen overwegen bij haar uitvraag en eisen meer uitgebreide functionaliteit qua sensoren uit te vragen. Achteraf aanbrenge is duurder.

Voor de tunnelventilatie is vastgesteld dat het stroomverbruik een belangrijke indicator kan zijn, maar deze sterk afhankelijk is van andere parameters, zoals temperatuur. Deze afhankelijkheid maakt het analyseren van ventilatiesystemen ingewikkelder. Opvallend is dat er geen flowmeter

aanwezig is en niet real-time vastgesteld kan worden of de ventilatoren daadwerkelijk de gewenste luchtstroom bereiken. Laatste wordt wel gemeten bij oplevering van de tunnel.

Tot slot is gebleken dat het betrekken van de OEM'er in een gevorderd stadium van het Deep Dive proces kan leiden tot nieuwe waardevolle inzichten over de meerwaarde van bepaalde typen data/ informatie. Zo stelde de OEM'er dat bepaalde informatiebehoefte uit de assetmanagementketen in de praktijk niet of nauwelijks waardevolle inzichten oplevert, aangezien er grote afhankelijkheid is van omgevingsfactoren. Niet alle user stories dragen dus per definitie bij aan voorspelbaar onderhoud en assetmanagement.

Tunnelverlichting De verlichting kan potentieel als een relatief eenvoudig systeem dienen om DGAM-methodieken verder te verfijnen. Denk aan energieverbruik over verschillende tijdstippen of omstandigheden (bijvoorbeeld dag versus nacht). Omdat verlichting een constante factor is in het functioneren van de tunnel, biedt dit systeem mogelijkheden om afwijkingen (zoals storingen in armaturen of problemen met dimfuncties) vroegtijdig te signaleren.

Hoewel onderhoud aan verlichting minder complex lijkt dan bij andere LFV's, biedt monitoring van de verlichting wel mogelijkheden voor verbetering: Storingen in verlichtingssystemen kunnen worden gekoppeld aan andere data, zoals verkeersintensiteit of weersomstandigheden. Dit kan inzicht bieden in situaties waarin storingen vaker voorkomen. Het voorkomen van storingen bij verlichting draagt direct bij aan de veiligheid en beschikbaarheid van de tunnel, wat van groot belang is binnen assetmanagement.

In relatie tot de verlichting zelf is het Voorschakel Apparaat (VSA) van de firma Philips interessant: VSA Philips (onderdeel basisverlichting --> brandt altijd). Deze VSA heeft een interface voor data-analyse, echter deze vereist specialistische kennis om uit te lezen. In de Deep Dive bleek het onvoldoende helder welke inzichten dit oplevert.

Vanuit DGAM-perspectief is de voorkeur per individuele lamp data te kunnen inwinnen. In de STT in de huidige opzet is dit niet mogelijk. De huidige verlichting (SON-T) is geclusterd in groepen. Deze groepen zijn vanuit risico-verdeling ingedeeld: een groep lampen is dus niet fysiek bij elkaar geplaatst maar individuele lampen, behorende tot een groep, zijn over de tunnel(-buizen) verdeeld. Een groep bestaat uit 1 tot meerdere lampen.

Ideaalbeeld is prestatie-indicatoren per lamp te meten. O.b.v. de huidige planning (komende 8 jaar), zal de STT nog een indeling/ inrichting van lampen ingedeeld per groepen hebben.

Pompen STT Op de pompen is geen Deep Dive uitgevoerd, wel heeft er een analyse van de beschikbare data plaatsgevonden. Hieruit bleek dat diverse pompen afwijkend gedrag vertonen. Op basis van deze inzichten heeft een visuele inspectie plaatsgevonden. Hieruit werd vocht in het omhulsel en speling op de waaier van de pomp vastgesteld. Na onderhoud bleek uit de data geen afwijkingen meer.

Testprotocollen voor het vluchtdeurensysteem Bij het testen van vluchtssystemen is onderzocht hoe inzichten uit data testprotocollen kunnen vereenvoudigen en eventueel handmatige processen kunnen vervangen. Onderhoud wordt hiermee efficiënter en de kans op fouten neemt af.

Ook blijkt hierbij het belang van duidelijke naamgevingsconventies binnen data policies. Dit kan voorkomen dat softwareproblemen (bijvoorbeeld bij links/rechts/midden-kanalen) de interpretatie van testresultaten bemoeilijken.

Het team heeft vastgesteld dat er een grote behoefte is om OMS/BMS-data te koppelen aan dashboards. Nu ligt de focus vooral op ODS-data. Door OMS/BMS te integreren, kan administratieve vastlegging worden verbeterd en kunnen inspectierapporten direct worden gekoppeld aan specifieke bouwdelen of elementen. Dit zou de gebruiksvriendelijkheid en volledigheid van deze systemen aanzienlijk vergroten.

Het team ziet veel potentie in het digitaliseren van aantoonbaar correct functioneren van systemen in de tunnel, en vindt dan ook dat dit onderwerp de hoogste prioriteit heeft in het vervolg van de uitrol van DGAM op de tunnel. Relevant hierbij is DGAM-principes bij testprotocollen 'aan de voorkant' te borgen. Bestaande protocollen en procedures zijn niet goed ingericht voor ondersteuning vanuit DGAM/ data. Hoewel de beschikbare data inzicht bood in normale omstandigheden, was er een tekort aan informatie over gedrag tijdens calamiteiten. Dit benadrukt de noodzaak om testprotocollen te ontwikkelen die specifiek gericht zijn op uitzonderingssituaties.

Een uitdaging hierbij is het bepalen welke kennis en verantwoordelijkheden bij RWS zelf moeten liggen en wat er van aannemers verwacht mag worden. Hierbij speelt ook de inrichting van dashboards en databases een rol. Het combineren van handmatige tests met digitale registraties, zoals op een dashboard of afvinklijst, biedt mogelijkheden om testprocessen efficiënter en betrouwbaarder te maken.

Overkoepelende inzichten ten aanzien van DGAM Meer overkoepelend constateert het implementatieteam dat het tunnellandschap pluriform is, wat het moeilijk maakt om trendanalyses en een Early Warning Systeem (EWS) te ontwerpen. Het maken van de juiste correlaties is afhankelijk van ontwerpdata, welke vaak ontbreekt / verloren gaat.

Ten tweede constateert het team DGAM vaak van ondergeschikt belang wordt geacht bij renovatie en nieuwbouw. Het zou helpen als hiervoor een handleiding wordt gemaakt en/ of concrete eisen aan worden gesteld.

Tot slot concludeert het team dat de onderzochte LFV's (Verlichting, Ventilatie, Pompen) misschien niet de meest relevante *cost drivers* zijn in de Salland-Twentetunnel, maar dit de CCTV- en IA-systemen zijn. Met name servers en netwerken scoren relatief hoog, maar daar is nog weinig monitoring af. Het is echter lastig om hiermee aan de slag te gaan, omdat er onvoldoende duidelijkheid is over waar de verantwoordelijkheid over deze meer op ICT-gerichte systemen ligt.

Lessons learned Salland-Twentetunnel

- Speling meten i.r.t. ventilatie is niet altijd zinvol gelet op de relatief grote speling die vanuit het ontwerp is meegegeven.
- Kies bij 'rotary equipment' voor componenten die voldoende draaiuren, en hiermee dus data, genereren.
- Het helpt DGAM indien een OEM bij oplevering van een component, waar vanuit het ontwerp speling in is opgenomen, deze te vermelden voor toepassing in benchmarks.
- De duratie van de maandelijkse test van de tunnelventilatie bleek bij de implementatie niet conform advies leverancier. Dit is op de STT door aannemer bijgesteld. Een te korte testtijd geeft groter risico op condensvorming.
- I.r.t. vereenvoudiging testprotocollen is het o.b.v. data aan te tonen dat ventilatoren gedraaid hebben.
- Zowel voor de LFV's ventilatie en verlichting wordt niet real time gemeten wat het (gewenste) effect (luchtflow of lichtopbrengst) is.
- Vanuit DGAM is het de voorkeur verlichting per individuele lamp te kunnen meten.
- Het is mogelijk bij LFV's meer functionaliteit uit te vragen als het gaat om sensoren en uitlezen van data. Het beeld is dat dit voor een relatieve kleine meerprijs mogelijk is. Het achteraf aanbrengen en implementeren in een DGAM-oplossing is vaak duurder.
- Een integrale benadering (meerdere LFV's (Logische Functievervullers) gelijktijdig onderzoeken) geeft beter inzicht in samenhangende factoren en het gedrag van systemen in relatie tot elkaar.
- Vergelijken van complexe databestanden vereist goede afspraken t.a.v. coderingsafspraken
- Ontwikkel testprotocollen gericht op uitzonderingssituaties.
- Zorg bij implementatie DGAM voor een heldere demarcatie van kennis en verantwoordelijkheden tussen Opdrachtnemer en RWS;
- Beschikbaarheid van ontwerpdata is relevant voor het goed kunnen maken van co-relaties;
- Servers en netwerkcomponenten scoren hoog qua costdrivers beheer en onderhoud, monitoring hierop kan worden verbeterd.
- Om afwijkend gedrag te kunnen verklaren is ODS-data niet altijd toereikend. Event-logdata kan hier van toegevoegde waarde zijn.

Krekraksluizen

Op basis van de prestatiekiller-analyse is besloten een Deep Dive uit te voeren op de aandrijving van de bewegingswerken. En dan specifiek op de 'e-motor', de reminstallatie en het smeersysteem.

Tevens is de keuze gemaakt een Deep Dive uit te voeren op de elementen niveaumeetsysteem en de (hoofd- en nood-)aandrijving bewegingswerken deuren.

Van het smeersysteem kan uit data worden vastgesteld of er problemen zijn met de werking. Daarnaast is bekend dat indien het smeersysteem faalt, om welke reden dan ook (bijvoorbeeld een leeg reservoir), er nog 30 schuttingen mogelijk zijn. Dit gegeven was reden om voor het vetsmeersysteem naast visualisatie van relevante prestatie-indicatoren aanvullend een Early Warning Systeem (EWS) te realiseren. Met dit EWS is onderzocht hoe DGAM bij kan dragen aan het voorkomen van storingen.

Doelstelling van de EWS is het vroegtijdig informeren van stakeholders uit de asset management keten dat actie, bijvoorbeeld het bijvullen noodzakelijk is. Bij de ontwikkeling van deze functie zijn

samen met Heijmans als verantwoordelijke aannemer drempelwaarden gedefinieerd en beslisbomen opgesteld 'hoe om te gaan met meldingen van een dergelijk Early Warning systeem'.

Uit de implementatie bleek dat het EWS twee verschillende informatiebehoeften met dezelfde data invult. Heijmans kan beter onderhoud buiten kantoortijden voorkomen en voor Rijkswaterstaat is het voorkomen van storingen of schades in relatie tot beschikbaarheid en betrouwbaarheid van belang. Deze aanpak vermindert niet alleen onverwachte uitval, maar verlaagt ook de onderhoudskosten door werk efficiënter te plannen.

Uit de Deep Dive met het niveaumeetsysteem blijkt de behoefte bij de opdrachtnemer om Standaard Verzorgend Onderhoud meer datagedreven uit te voeren. Het vergelijken van data uit de verschillende niveaumeters, toevoegen van drempelwaardes en detectie van afwijkingen kan aanleiding zijn om specifiekere toestand afhankelijk onderhouden uit te voeren, in plaats van, of aanvullend op, periodiek onderhoud.

Lessons learned Kreekraksluizen

- Optie is bij de vetsmeerinstallatie een extra flowmeter bij de rondsels te plaatsen. Er wordt niet gemeten of er daadwerkelijk vet op de rondsels komt.
- Handmatige metingen zijn niet per definitie verkeerd: Een trilling meetsysteem zou kunnen worden toegevoegd aan de e-motor, vanuit kosten baten perspectief is besloten dit niet te doen. Een periodieke (handmatige) meting is in overweging te nemen.
- Op de E-motor zijn sensoren t.b.v. energiemonitoring geïnstalleerd, dit type monitoring zou falen van een lager in potentie kunnen meten. Bij een recent faalmoment (Q4 2022) is dit niet waargenomen met de aanwezige sensoren.

Sluis Empel

In de implementatie Empel is samen met de aannemer Istimewa een deep dive uitgevoerd op de hydrauliekinstallatie. Hieruit is beter inzicht ontstaan in de verschillende faalmodi van deze installatie en belangrijker: hoe kan hier een betere en meer betrouwbare alarmering op worden ingesteld?

Naast data-analyse waren er i.r.t. DGAM ook meer algemene constatering. Denk aan onvoldoende, of geen, inzicht in de toestand van vacuümpompen of het ontbreken van criteria om over te gaan tot preventief vervangen/ revisie Om goed inzicht te krijgen in toestandsinformatie van een bouwdeel of component, dient dit ook geborgd te zijn in het beheer en onderhoudsplan. Aanvullend blijft er een afhankelijkheid van correct uitgevoerde inspecties of bijvoorbeeld een goede analyse en evaluatie van storingen met bijbehorende vastlegging. Bronadministraties blijken onvolledig worden gevuld.

Uit de analyse en data bleek een ongelijkmatige belasting van de pompen in de hydrauliekinstallatie. Dit kan duiden op ongelijkmatige slijtage wat invloed kan hebben op de afschrijving en onderhoud.

Ook bij de implementatie Empel is aandacht besteed aan correlatie van data. Er lijkt er een duidelijke invloed te zijn van luchttemperatuur en de waterstand van de Maas op het functioneren van de hydrauliekpompen. Dergelijke relaties zijn van belang als je bij dergelijke installaties betrouwbare alarmeringen wil instellen.

Ook bleek dat de kasblaasinstallaties een van de grootste energieverbruikers op het object Empel te zijn. Het hoge energieverbruik duidt op hoge(re) slijtage en vanuit het oogpunt van duurzaamheid is dat onwenselijk. Er lopen initiatieven om de energiemonitoring met marktpartners verder te optimaliseren.

Lessons learned Sluis Empel

- Structurele aanwezigheid business en data-analist binnen een regio helpt totstandkoming informatiebehoefte en routinematige check op data(-rapportages);
- Constatering afwijkend gedrag van vacuümpompen met hogere belasting en dus snelle slijtage;
- Constatering onnodig aantal starts en stops van de vacuümpompen waardoor vervangings/revisietermijn naar verwachting verlengd kan worden(langere levensduur);
- Correlaties tussen waterstanden en energieconsumptie is beter gelegd;
- Afwijkend gedrag van de hydrauliekunits beter te verklaren en op te anticiperen waardoor minder kans op verstoring;
- Standaarden m.b.t. onderhoud vanuit leverancier hebben vaak mismatch met daadwerkelijk gebruik componenten/ installaties;

Sluis Delden

Kenmerkend voor sluis Delden zijn de initiatieven vanuit de aannemer BAM om risicogebieden en prestaties inzichtelijk te maken. Bij de implementatie Delden was de rode draad hoe die inzichten kunnen bijdragen aan de besluitvorming binnen de asset managementprocessen van Rijkswaterstaat.

Een mooi voorbeeld hiervan is de casus waarin trillingen optraden in pomp 2 van het gemaal. Uit analyse van de data door specialisten van BAM en toeleverancier bleek er sprake te zijn van hoge speling waarbij, na duikinspectie, de pomp is geïnspecteerd. De speling werd bevestigd met het inzicht dat de speling niet buiten de gedefinieerde maximaal werkbare speling viel. Het inzicht stelde BAM en Rijkswaterstaat in staat weloverwogen te besluiten voor een tijdelijke oplossing: ontzien van gebruik van de pomp en bij nood op een laag opvoerdebiet te laten draaien. Hiermee wordt tevens tijd gewonnen voor het vinden van een definitieve oplossing.

Binnen het werkverband is verder uitgewerkt hoe met dit soort inzichten moet worden omgegaan. Hierbij zijn drie niveaus te onderscheiden: Beschrijvend, Diagnostisch en Voorspellend.

Het eerste beschrijvend niveau omvat het verzamelen en rapporteren van data over de toestand van assets en in de basis hoe deze presteren. Op het tweede diagnostisch niveau worden analyses uitgevoerd om oorzaken van problemen of prestatieafwijkingen te achterhalen. Waarom doet een bepaalde situatie zich voor? Doelstelling van het voorspellend niveau is om gebruik te maken van geavanceerde analyses, zoals machine learning, om toekomstige trends en potentiële uitval te voorspellen.

Volkerakcomplex

Naast (real-time) ODS-data is op het Volkerakcomplex over een periode van 12 jaar eventdata en over een periode van 1,5 jaar trenddata beschikbaar. Samen met Vialis is gestart met data-analyse van de brug en sluisen op dit complex. Bij de brug staat zowel vanuit de zijde van Rijkswaterstaat als Vialis de vraag centraal op welke wijze de conditie van het bewegingswerk van de brug kan

worden gemonitord, om hiermee de levensduur te optimaliseren? Relevante informatie over een installatie die inmiddels 50 jaar oud is en onderdeel van het vervangingsvraagstuk.

Daarnaast is gekeken naar looptijden en het 'wapperen' van de sluisdeuren van de Volkeraksluizen. Veiligheidssensoren geven soms meldingen waardoor de bedienaars van de sluizen kortstondig de sluisdeuren opnieuw moet openen en sluiten: het 'wapperen'.

Conditie bewegingswerk Volkerakbrug Gedurende de implementatie bleek het bepalen van de conditie/ voorspellen van de levensduur van de brugaandrijving uitdagend. Waar de looptijd een indicatie zou kunnen zijn, speelt bij de Volkerakbrug dat de motoren door frequentieregelaars worden aangestuurd. Dit ontwerp geeft dus een consistente aandrijving en dus constante open- en sluittijden van de klappen. De frequentieregelaars reguleren de stroom. Stroomgebruik kan een indicatie zijn voor eventuele slijtage van het bewegingswerk. Uit de implementatie blijkt dat de benodigde stroom sterk afhankelijk is van weersinvloeden.

De gehanteerde aanpak bij het voorspellen van de levensduur is als volgt:

- Uitvoeren looptijdberekeningen bij het openen en sluiten van de grote en kleine klap;
- Onderzoek stroomgebruik i.r.t. weersinvloeden;
- Toepassen machine learning modellen voor relatie stroomgebruik en weersinvloeden per klap;
- Outliers en meetfouten uit dataset verwijderen en handmatige correctie weersinvloeden i.v.m. mogelijke negatieve beïnvloeding trainingsmodel;

Uit de eerste resultaten lijkt de afgelopen 6 jaar t.a.v. de looptijden amper tot geen verval te zien. Conclusie hierbij is dat er waarschijnlijk geen belemmeringen zijn voor constant motortoerental/ open- en sluittijden van de vallen. Het gebrek aan aantoonbare afwijkingen maakt dat er ook geen inzicht in degradatie/ slijtage is op basis van looptijden. Nadeel hierbij is dat de brug slechts een aantal minuten per dag in gebruik is en dus beperkte data oplevert. Wel blijkt uit de data-analyse dat temperatuur grote invloed heeft op het stroomgebruik/ vermogen. Het omslagpunt van temperatuurinvloeden lijkt hierbij op 16-17 graden te liggen. Onder de temperatuurinvloeden zijn variaties van 30-50% in het stroomgebruik waargenomen. Dit geeft dus variaties van 50% als 'normaal', dergelijke variaties zijn lastig voor het instellen van EWS en vormen een risico op valse meldingen.

Wapperen sluisdeuren Het frequent moeten wapperen van de sluisdeuren heeft naast technische consequenties ook een nadelig effect op het vertrouwen in de AM-keten door de gebruikers. Uit analyse van de data is gebleken dat een defecte O-ring de oorzaak was van minder drukopbouw in het hydraulisch systeem. De data-analyse vormde ook aanleiding voor het vervangen van een schakelrelais in het hydraulisch systeem. Tot slot is in deze 'wappercasus' besloten om veiligheidssensoren met aparte apparatuur te valideren en de uitkomst hiervan te vergelijken met data uit het SCADA-systeem. Uit de data-analyse is gebleken dat de noodzaak tot wapperen een relatie had met:

- Standmeldingen deuren;
- Laag en of Hoog limiet meldingen van de hydraulische installatie;
- Bedienfouten met noodstop tot gevolg.

Na analyse en vervangingen is het wapperen sterk gereduceerd tot tevredenheid bedienaars.

- Slijtage O-ringen is geen onderdeel FMECA;
- ODS omvat standaard niet alle SCADA-data, wapper case maakt gebruik van data die geen onderdeel zijn van ODS;
- Incorrect drukverloop hydrauliek, vereist specialistische kennis;
- Het is relevant data-analyses te vergelijken met ervaringen van gebruikers voor betrouwbaarheid en context informatie;
- Data- en root-cause analyse hebben baat bij integrale aanpak/ complementair.