



ROBAMCI - Eindrapport

Risk and Opportunity Based AssetManagement for Critical Infrastructures



ROBAMCI - Eindrapport

Risk and Opportunity Based AssetManagement for Critical Infrastructures

Auteur(s)

Frank den Heijer

Met medewerking van de partners van ROBAMCI

Partners

ARCADIS Nederland B.V.
Asset Insight B.V.
BZ Ingenieurs en Managers B.V.
Cenosco B.V.
Copernicos Groep B.V.
CMS Assetmanagement
DELTARES
Fugro GeoServices B.V.
Gemeente Almere
Gemeente Delfzijl
HKV Lijn in Water B.V.
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Hoogheemraadschap van Rijnland
InTech B.V.
IV Infra B.V.
KYL B.V.
Partners4UrbanWater
Rijkswaterstaat
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA)
Sweco
Stichting Flood Control IJkdijk
Target holding
TNO
TU Delft Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Volker Wessels Telecom Infra
Waterschap Brabantse Delta
Waterschap Hollandse Delta
Waterschap Noorderzijlvest
Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.



ROBAMCI - Eindrapport

Risk and Opportunity Based AssetManagement for Critical Infrastructures

Opdrachtgever	Samenwerkingsverband ROBAMCI
Contactpersoon	Frank den Heijer
Referenties	Samenwerkingsovereenkomst ROBAMCI fase 1, 2015. Samenwerkingsovereenkomst ROBAMCI fase 2, 2016. Samenwerkingsovereenkomst ROBAMCI fase 3, 2017. Samenwerkingsovereenkomst ROBAMCI fase 4, 2018.
Trefwoorden	Assetmanagement, risico gestuurd beheer, water infrastructuur

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	03-03-2020
Projectnummer	11201843-000
Document ID	11201843-000-ZWS-0017
Pagina's	97
Status	definitief

Auteurs(s)

	Frank den Heijer	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	Frank den Heijer 	Judith Kaspersma 	Gerard Blom 	

Samenvatting

Publieke organisaties zorgen voor de fysieke infrastructuur in Nederland

Publieke organisaties leggen infrastructuur aan om bepaalde maatschappelijke functies te faciliteren en houden die in stand. Deze verantwoordelijkheid is samengevat onder de noemer asset management. De kern van asset management is het vinden en bewaren van de balans tussen de kwaliteit (service levels van functies en assets), de kwetsbaarheid (restrisico's bij functieverlies) en de kosten (aanleg, beheer en onderhoud). Naar schatting wordt in Nederland door RWS, waterschappen en gemeenten jaarlijks ongeveer 16 miljard Euro ingezet voor aanleg, beheer en onderhoud van landelijke, regionale en gemeentelijke (publieke) infrastructuur zoals wegen, dijken, kunstwerken, waterlopen, ondergrondse infrastructuur en waterzuivering. Daarvan wordt ca. 6 miljard besteed in de waterbouw en waterveiligheid.

De toenemende complexiteit vraagt om een systeemaanpak

De afwegingen om de balans tussen kwaliteit, kwetsbaarheid en kosten te bewaren worden steeds complexer in het besef dat de samenleving vraagt om transparante keuzes en verantwoording van belastinggelden, en dat de maatschappij verwacht dat verbeteringen en onderhoud over de sectoren heen wordt afgestemd. De complexiteit neemt toe naarmate er meer functies en beheerders onderdeel uitmaken van hetzelfde beslisvraagstuk. Dit speelt met name in de watersector. Bovendien staat Nederland aan de vooravond van het bereiken van de einde van de levensduur van een groot deel van het arsenaal aan infrastructuur: we spreken over grote vervangingsopgaven. Klimaatverandering, bodemdaling, maatschappelijke opgaven en nieuwe kennis zijn belangrijke aanjagers waarom beslissingen over aanleg, beheer en onderhoud van infrastructuur steeds meer worden onderbouwd met een systematische en systeem-georiënteerde aanpak.

ROBAMCI maakt een integrale afweging mogelijk

In het programma ROBAMCI is tussen 2015 en 2019 de toepassing van assetmanagement in de watersector verkend. In 4 fasen van ROBAMCI zijn 14 cases uitgevoerd met actuele beheervraagstukken. Verder is er een Framework of analysis opgezet, en zijn de voor de analyse benodigde software-tools ontwikkeld. Er zijn in totaal ca. 50 rapporten en papers geschreven. Tenslotte is een serious game gemaakt, gepubliceerd en een website opgezet waarop alle rapporten en de serious game beschikbaar zijn. ROBAMCI heeft het volgende opgeleverd:

- Een aanpak van anticiperend, systeemgericht en integraal asset management die kwantitatieve informatie biedt voor asset management beslissingen in de tijd
- Deze aanpak is getest op actuele beheervraagstukken. Hieruit blijkt dat de aanpak een meerwaarde levert op verschillende dimensies: prestaties (Kwaliteit), maatschappelijk risico (Kwetsbaarheid) en kosten.
- Samenwerking tussen overheid, markt en kennisinstellingen. In de uitvoering van de cases bleek dat alle drie de hoeken van de gouden driehoek vanuit hun eigen rol, kennis en ervaring meerwaarde leveren.

Een belangrijke bevinding uit ROBAMCI is dat door de schaal van het vraagstuk te vergroten (in ruimte, tijd, zoekrichtingen) nieuwe oplossingen binnen bereik komen. De schaal waarop prestaties, risico's en kosten worden geoptimaliseerd moet daarom nadrukkelijk worden opgevat als een vrijheidsgraad in plaats van als een gegeven.

ROBAMCI biedt handvatten om integraal, systeem-georiënteerd, risico-gebaseerd, anticiperend asset management in de watersector te kunnen uitvoeren.

De in het programma gevormde ambassadeursgroep gaf aan: 'ROBAMCI biedt inzicht en overzicht in kansen en bedreigingen van mogelijkheden om de toenemende complexiteit in infrastructurele ontwikkelingen in samenhang met/onder invloed van relevante maatschappelijke ontwikkelingen beheersbaar te houden voor/in Nederland. Inzicht bieden betekent nu risico's, prestaties en kosten berekenen voor assetmanagement vraagstukken in hun context.'

Transitie van de watersector

De kern van de transitie moet in de beheerorganisaties van de publieke infrastructuur plaatsvinden. ROBAMCI heeft met de voorbeelden en de ontwikkelde tools getoond dat deze transitie mogelijk is kan deze transitie faciliteren. De sector kan in risico-gebaseerd en systeem georiënteerd assetmanagement groeien door:

- Interventies te baseren op het in stand houden van *systeemfuncties* in plaats van uit te gaan van prestatie-eisen aan en in stand houden van individuele assets.
- Interventies *tijdig* te doen, zodat ze planmatig kunnen worden voorbereid en uitgelijnd of meegekoppeld met andere ingrepen, ook die van andere beheerders.
- Interventies te optimaliseren over het systeem/netwerk en over de levensduur, op basis van kennis over de *conditie* van de asset, het bijbehorend risico, en de *veroudering/verandering* ervan gedurende de levensduur.

Er is een masterplan nodig ten behoeve van de realisatie van de transitie in de sector. Daarin moeten inhoud en vorm verder worden uitgewerkt. Van belang is dat er een routekaart voor deze transitie wordt opgezet waaraan de voortgang is af te meten.

Referenties

www.robamci.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding	9
1.1 Assetmanagement van publieke water-infrastructuur	9
1.2 Stand van zaken assetmanagement in GWW sector	10
1.3 Trends	11
1.4 Probleemschets	11
1.5 Hypothese / rol van ROBAMCI instrumentarium	12
1.6 Doel	12
1.7 Samenwerkingsverband en programma aanpak	13
1.8 Leeswijzer	14
2 Assetmanagement van publieke water infrastructuur – een inventarisatie	15
2.1 Doelen, rollen en taken van assetmanagement in de publieke sector	15
2.2 De “Natte Infrastructuur”	16
2.3 Beheerdersverantwoordelijkheid	17
2.4 Omvang uitgaven beheer “Natte infrastructuur”	17
3 De ROBAMCI aanpak en tools	18
3.1 Aanpak	18
3.2 Framework / conceptueel kader	19
3.3 Tools	21
3.4 Informatie-/datakwaliteitsmodel	27
4 Framework & cases	31
4.1 Overzicht cases	31
4.2 Waterkering Noorderzijlvest – potentie van monitoring voor life cycle management	32
4.3 Gemaal IJmuiden – potentie van systeembenadering	34
4.4 Kust – handelen vanuit de zorg voor meerdere functies	37
4.5 Ondergrond – handelen vanuit meerdere functies en beheerders	38
4.6 Casus Baggeren waterlopen Hollandse Delta	41
4.7 Casus Zeehaventoegang Delfzijl	44
4.8 Casus Gerichte rioolreiniging DWA-riolen Almere	48
4.9 Casus Risico gebaseerde dijkverhogingen HHNK	53
4.10 Casus Risicogestuurd Inspecteren Oesterdam	56
4.11 Casus Risicogestuurd beheer bij vervuiling en zetting van hemelwaterriolen Almere	59
4.12 Regionale waterkering Alphen aan de Rijn	63
4.13 Inzet flexibele maatregelen in Oude Rijn gebied	66
4.14 Utopia de regenwaterriool vrije stad	71
4.15 Toekomstbestendige Mark – Dintel – Vliet boezem	77
5 Synthese	83
5.1 Welke lessen kunnen uit de case worden gehaald	83
5.2 Wat is nodig voor de benutting van de meerwaarde van RBAM	86
5.3 Synthese meerwaarde van RBAM	89
6 Conclusies	90
6.1 Aanleiding	90
6.2 Tools en cases	91

6.3	Verdere implementatie	92
7	Aanbevelingen	93
8	Referenties	95

Over Deltares

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme innovaties, oplossingen en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. We richten ons voornamelijk op delta's, kustregio's en riviergebieden. Omdat het beheer van deze dichtbevolkte en kwetsbare gebieden complex is, werken we nauw samen met overheden, ondernemingen, kennisinstellingen en universiteiten in binnen- en buitenland. Ons motto is 'Enabling Delta Life'.

Als toegepast kennisinstituut zijn we succesvol wanneer onze kennis wordt verzilverd in en voor de samenleving. We stellen hoge eisen aan de kwaliteit van onze kennis en adviezen, rekening houdend met nieuwe wetenschappelijke inzichten, maar ook met de gevolgen die onze adviezen hebben voor milieu en samenleving.

Al onze opdrachten en projecten leveren een bijdrage aan het verstevigen van de kennisbasis. We kijken vanuit een lange termijn perspectief, naar bijdragen voor de oplossingen voor nu. Wij hechten zeer aan openheid en transparantie. Die houding is onder meer terug te zien in het vrij toegankelijk maken van de door Deltares ontwikkelde software en modellen. Open source werkt, is onze vaste overtuiging. Deltares heeft ruim 800 medewerkers en is gevestigd in Delft en Utrecht.

www.deltares.nl

1 Inleiding

1.1 Assetmanagement van publieke water-infrastructuur

Beheerders managen hun assets al zolang er infrastructuur wordt gebouwd. Ook assetmanagement van publieke infrastructuur kent dus al een lange historie, al heeft het deze noemer pas sinds eind vorige eeuw. Momenteel ontwikkelt asset management zich tot een vakgebied waarmee beslissingen over aanleg, beheer en onderhoud van infrastructuur worden onderbouwd met een systematische en systeem-georiënteerde aanpak. Een veelgebruikte en populaire definitie van assetmanagement is 'The coordinated activities of an organization to realize value from assets' (Institute of Asset Management, IAM). Het karakter van asset management is volgens IAM: Multi-disciplinary, Systematic, Systems-oriented, Risk-based, Optimal, Integrated and Sustainable (long term effects).

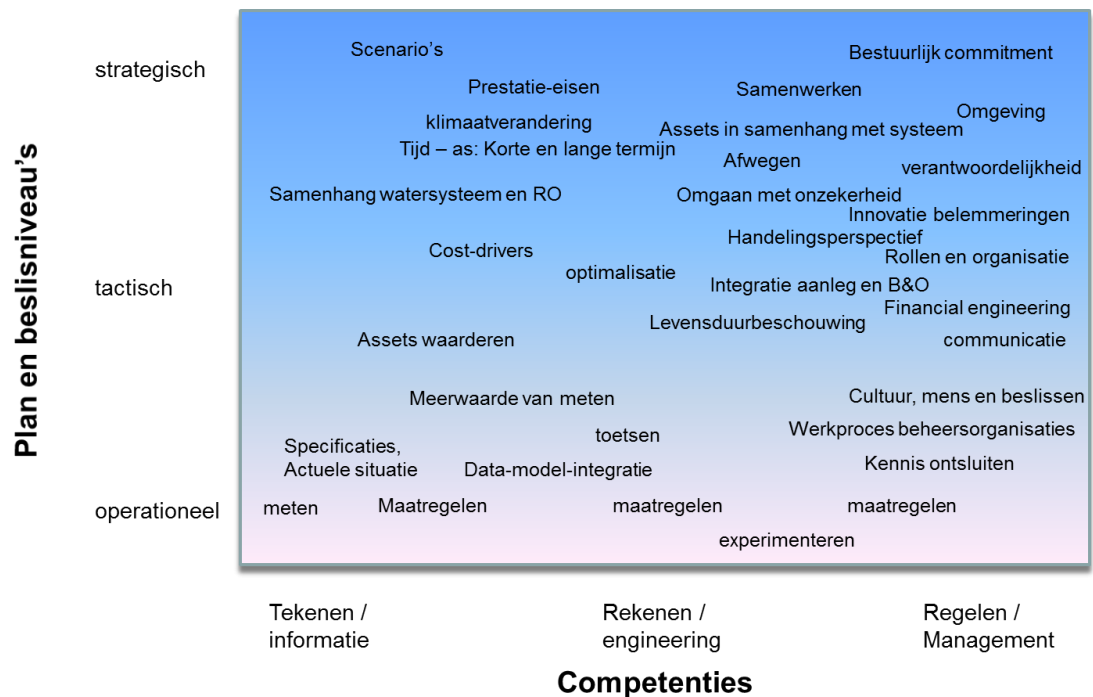
Publieke organisaties hebben als taak en doel om maatschappelijke functies te faciliteren, leggen daartoe infrastructuur aan en houden die in stand. Daarmee is management van deze assets van direct belang voor het realiseren van de doelstellingen van deze organisaties. Voor zowel private als publieke organisaties is de kern van asset management het vinden en bewaren van de balans tussen de prestatie of kwaliteit (service levels van functies en assets), de kwetsbaarheid (de restrisico's bij functieverlies) en de kosten van aanleg, beheer en onderhoud.

Een specifiek onderdeel van het probleem bij 'public assets' zoals waterkeringen is dat het vaak alleen maar een kostenpost is in de begroting. De prestaties die met de assets worden gegenereerd bestaan vaak uit 'vermeden schade' en liggen vaak bij derden. Daarom staan ze niet op de balans van de beheerder. Dit is een belangrijk verschil met de private sector, en bepaalt ook het denkraam waarbinnen beheerders beslissen. Uitgangspunt is transparante en efficiënte aanwending van middelen voor het vervullen van de maatschappelijke functies.

Binnen de publieke infrastructuur is de water-infrastructuur een bijzondere categorie, die zich kenmerkt door grote, kostbare, technisch complexe multi-functionele werken, met een hoog risico profiel, en een complexe governance. Vooral in de waterveiligheidssector is er sprake van sterk versnipperde kennis en een historisch gegroeide cultuur om risico's te mijden. Tegelijkertijd hebben nood en uitdagingen genoopt tot innovatie (Deltawerken). Den Doolaard schetst met zijn 'watertovenaars' (Het verjaagde water, 1947) heel kenmerkend de gedreven, conservatief-vooruitstrevende, maar gesloten cultuur.

Het programma ROBAMCI (Risk Based AssetManagement for Critical Infrastructure) is opgezet om na te gaan of en hoe assetmanagement een goede basis biedt voor het onderbouwen van beslissingen over maatregelen in de asset portfolio van de natte infrastructuur.

In Figuur 1.1 wordt de veelzijdigheid van assetmanagement in de publieke infrastructuur, zoals die door Nederlandse experts werd gezien tijdens een eerste ROBAMCI-bijeenkomst, getoond in een denkraam van verschillende beslisniveaus en competenties (Den Heijer, 2015).



Figuur 1-1 Beeld van karakter en breedte van het veld asset management

1.2 Stand van zaken assetmanagement in GWW sector

De stand van zaken assetmanagement in Nederlandse GWW sector is voor de start van ROBAMCI geïnventariseerd door Wijnia & Herder (2010). Zij hebben in 30 interviews met asset managers van een aantal infrastructuur in Nederland (gas en olie, elektriciteit, weg & spoor, drinkwater, waterwegen en overstromingsbescherming, telecomunicatie, 'service providers') obstakels en uitdagingen voor het introduceren en implementeren van assetmanagement geanalyseerd. De auteurs identificeren een aantal obstakels en uitdagingen:

- Hoewel assetmanagement als onderwerp de afgelopen decennia voet aan de grond heeft gekregen (vooral voortkomend vanuit operationeel niveau) is het concept nog niet volledig doorgedrongen tot strategisch niveau. Op dit niveau worden vooral de kansen tot hogere kostenefficiëntie en daaruit volgende kostenreductie onderkend, maar niet de kans tot hogere prestaties.
- Waar voorheen vooral gebruik of 'tijdsgebaseerd' preventief onderhoud werd uitgevoerd, wordt dit steeds vaker gedaan op basis van condities. Een volgende stap zou een verandering in het onderhoudsparadigma inhouden, waarin wordt onderhouden op basis van levenscyclus-kosten, -prestaties, en -risico's.
- Er is onvoldoende vertrouwen in - en gebruik van – prestatie modellen en kwantitatieve data. Hierdoor wordt in de praktijk nog weinig gebruikt gemaakt van de mogelijkheid de prestatie van assets te voorspellen: initiatieven blijven hangen op operationeel niveau. Managers behouden een voorkeur voor het inrichten van assetmanagement op basis van historische data, hoewel tegelijkertijd toegang tot deze data vaak een probleem vormt.
- Veel infrastructuur in Nederland zijn oud en toe aan extra onderhoud of vervanging. Dit is een belangrijke uitdaging op gebied van assetmanagement: hoe maak je de optimale keus in de inrichting van werkzaamheden, en hoe bereid je de organisatie voor op de benodigde extra werkzaamheden? Aandacht voor de menselijke factor hierin is van belang: welke skills en competenties zijn nodig om op termijn assetmanagement goed te laten verlopen?
- IT en support spelen een belangrijke rol in assetmanagement: hoe kunnen zij ervoor zorgen dat de juiste data op het juiste moment bij de juiste personen belandt?

1.3 Trends

Er is een aantal trends zichtbaar die ertoe leiden dat afwegingen om de balans tussen kosten, kwaliteit en kwetsbaarheid te bewaren, steeds complexer worden. Ze geven de urgentie aan om systeem-georiënteerde aanpak ook voor publieke water-assets te implementeren. Ze hebben alle betrekking op de *transparante en efficiënte* aanwending van de schaarse (financiële) middelen:

- Op dit moment wordt er in Nederland door publieke beheerders ongeveer € 16-20 miljard Euro per jaar besteed aan de instandhouding van onze infrastructuur (De Bel, 2019). Dit bedrag zal naar verwachting in de toekomst verder stijgen door intensiever gebruik, vervangingsopgaven en klimaatverandering.
- De maatschappelijk en bestuurlijke vraagstukken van de (nabije) toekomst zijn vaak gekoppelde economische, ruimtelijke, technische en milieu vraagstukken. Deze complexe vraagstukken moeten integraal opgelost worden, omdat ze afhankelijk van elkaar zijn. Oplossingen als “we doen het altijd al zo” volstaan niet meer, omdat de te verwachten toekomstige veranderingen niet vergelijkbaar zijn met de ervaring uit het verleden.
- Het minimaliseren van kosten bij gegeven normen, eisen of standaarden verschuift naar een zorgvuldige afweging op maat tussen kosten, kwaliteit en kwetsbaarheid.
- De aandacht verschuift van een focus op de kwaliteit van individuele assets zoals een sluis of een dijkvak, naar een focus op de kwaliteit / functionaliteit van een netwerk of asset portfolio.
- Er is ook een verschuiving zichtbaar van aandacht voor nieuwbouw naar aandacht voor de gehele life cycle, met speciale aandacht voor instandhouding en levensduurverlenging van bestaande assets. Risico's en kosten van maatregelen worden over de gehele levenscyclus beschouwd, evenals de meekoppel- en ontwikkelkansen.
- Ook organisatorisch worden kosten voor aanleg en onderhoud meer en meer verbonden via geïntegreerde contractvormen.
- Er zijn steeds meer (meet)gegevens beschikbaar en de mogelijkheden om met IT veel informatie en ontwikkelingsscenario's te genereren nemen toe. De lange termijn planning kan daarmee gebaseerd worden op een voorspelling van de veroudering.

1.4 Probleemschets

Systematisch risico-gebaseerd beheer van publieke waterinfrastructuur, zoals dijken, kunstwerken, waterlopen en ondergrondse infrastructuur is minder ver ontwikkeld dan in veel andere sectoren (Den Heijer, 2015). De afwegingen om de balans tussen kosten, kwaliteit en kwetsbaarheid te bewaren zijn complex en worden gezien de geschetste trends steeds complexer.

De focus van assetmanagement is niet op alle beslisniveaus hetzelfde en de verschillende niveaus hebben ook behoefte aan verschillende ‘soorten’ informatie (zie ook Figuur 1.1). Kennis en ervaring van en data over verschillende assets, assetportfolio's of netwerken zijn daarom vaak versnipperd zowel tussen als binnen verschillende organisaties. Als de integrale focus ontbreekt in de governance en organisatie van het beheer zal informatie, kennisontwikkeling en besluitvorming elkaar onvoldoende versterken.

Beheerders binnen en buiten Nederland zijn zich in toenemende mate bewust van de noodzaak van een systematische en transparante aanpak om het systeem van assets en hun functies te beheren, en de ermee gemoeide uitgaven te verantwoorden. Hiermee is er een groeiende behoefte naar ondersteuning door *kwantitatieve integrale beslismodellen* die invulling geven aan risico-geïnformeerde besluitvorming onder onzekerheid op asset, netwerk- en systeemniveau.

1.5 Hypothese / rol van ROBAMCI instrumentarium

De vraagstukken voor het instandhouden van de functies van de natte infrastructuur worden steeds complexer, en vereisen een aanpak die om kan gaan met assets van meerdere beheerders, die elk meer dan één functie vervullen. Voor bestuurders is het een uitdaging om de complexe, gekoppelde vraagstukken in zijn integraliteit te overzien.

ROBAMCI is uitermate geschikt voor een dergelijke systeembenadering, en kan helpen deze complexe vraagstukken inzichtelijker te maken. Zo kan ROBAMCI gebruikt worden om aan te tonen welke factoren relevant zijn in de besluitvorming, en welke keuzes essentieel zijn. ROBAMCI kan daarmee zorgdragen dat de (maatschappelijke en bestuurlijke) discussies gevoerd worden over de ter zake belangrijke onderwerpen.

Beheerders kunnen met de systeem georiënteerde, risk-based assetmanagement aanpak van ROBAMCI veel winnen in de balans prestatie-risico's-kosten, omdat daarmee onderbouwd efficiënte en effectieve beslissingen kunnen worden genomen. Onder andere door:

- Scherpere beeldvorming van de actuele toestand. Dit voorkomt dure ad-hoc maatregelen.
- Scherpere inschatting van de verouderingsprocessen in combinatie met monitoring. Dit leidt tot verbeterde planning van aanleg en onderhoud, en waar mogelijk dus tot uitstel van investeringen.
- Scherpere inschatting van kansen en risico's van innovatieve maatregelen. Daardoor verminderen de faalkosten in de levensduur.
- Optimalisatie van normen / service levels. Dit leidt ofwel tot verminderde investering ofwel tot vermeden gevolgen van functieverlies.
- Optimalisatie van life-cycle-costs, planning en prioritering van maatregelen, ook over beheersgrenzen heen. Dit verlaagt de Total Cost of Ownership (TCO).
- Opstellen van adaptatiestrategieën voor het beheer vanuit een lange termijnperspectief op de onzekere toekomst. Dit leidt tot minder 'regret' van gekozen koers.

Door te investeren in beter assetmanagement kan de verwachte toekomstige stijging van instandhoudingskosten van functies beperkt worden doordat *effectiever* kan worden omgegaan met het beschikbare budget. De hogere *efficiëntie* kan worden ingezet ten bate van hogere prestaties (*meer doen voor hetzelfde budget*) en/of reductie van de faalrisico's van infrastructuur.

1.6 Doel

Het programma ROBAMCI (Risk Based AssetManagement for Critical Infrastructure) is opgezet om na te gaan of en hoe assetmanagement een goede basis biedt voor het onderbouwen van beslissingen over maatregelen in de asset portfolio van de natte infrastructuur.

Kerdoel voor ROBAMCI (of het ROBAMCI gedachtegoed) is het ontwikkelen, delen en borgen van kennis over en tools ten behoeve van systeem georiënteerd, anticiperend en risico-gestuurd assetmanagement waarmee het handelingsperspectief voor netwerk/systeemvraagstukken transparant inzichtelijk gemaakt kunnen worden. ROBAMCI biedt inzicht in de risico's, handvatten voor het omgaan met een onzekere toekomst, en oplossingsrichtingen in situaties die beheerder overstijgend zijn en niet door één partij op te lossen zijn.

De ROBAMCI aanpak is daarmee een "enabler" om ingewikkelde, gekoppelde, beheerder overstijgende vraagstukken integraal, op systeemniveau en met een blik op de toekomst aan te kunnen pakken. De aanpak krijgt handen en voeten in de ontwikkeling van kennis, instrumenten en best practices.

Deze vormen dan ook de subdoelen die het kerndoel invullen:

- De integrale aanpak verbindt kennis van techniek, risico analyse en econometrie. De kennis die binnen ROBAMCI (en ook hierna) ontwikkeld wordt, is bij uitstek geschikt om gekoppelde vraagstukken op te lossen die een dergelijke integrale aanpak vereisen, maar waarvan tot op heden die integrale aanpak niet mogelijk lijkt.
- Onderdeel van de integrale aanpak is het binnen ROBAMCI ontwikkelde instrumentarium. Dit zorgt er onder andere voor dat de kwaliteit van gevonden oplossingen geborgd wordt en dat oplossingen onderling vergelijkbaar zijn.
- Tenslotte is het doel om best practices te verzamelen en ontwikkelen voor het toepassen van deze kennis en het instrumentarium op de diversiteit aan vraagstukken.

1.7 Samenwerkingsverband en programma aanpak

Het ROBAMCI programma is onder leiding van Deltares uitgevoerd in de periode 2015-2019 door een consortium van 30 partners uit de gouden driehoek (Figuur 1.2). Geïnspireerd door de hypothese bij aanvang (Den Heijer, 2015) is het consortium gevormd als een open samenwerkingsverband, waarbij alle partners bijdragen. Alle partners hadden zitting in een stuurgroep, die 9 keer samenkwam.

Geordend in 5 werkpakketten is er gedurende de looptijd in 4 fasen een aanpak opgezet, getest en doorontwikkeld op 14 verschillende actuele vraagstukken. Daarmee werden hypothese, theorie, uitwerking en instrumentatie gaandeweg concreter.

De 14 cases zijn aangedragen door Rijk, waterschappen en gemeenten. Het zijn vooral vragen op het gebied van tactisch assetmanagement, waarmee strategie en operatie worden verbonden. Ze omvatten diverse delen van het areaal aan natte infrastructuur.

Een inventarisatie van de omvang van de natte infrastructuur en synthese van resultaten van de cases liep parallel aan de uitvoering van de cases en hielp bij het aanscherpen van de formulering van de nieuwe cases.

Gedurende het gehele programma is ervoor gezorgd dat de kennis opgedaan in een van de werkpakketten, in apart leesbare rapporten werd ontsloten via een open website. De ontwikkelde kennis is daarnaast ontsloten via de ontwikkelde instrumentatie. Het gedachtengoed is toegankelijk gemaakt via een serious game (Figuur 1.3) en een animatiefilm op de website. In een groep ambassadeurs uit de gouden driehoek is driemaal feedback gevraagd over koers en interpretatie van het programma.



Figuur 1-2 Samenwerkingsverband ROBAMCI 2015-2019

1.8 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een inleiding gegeven waarin assetmanagement, omvang, beheer en het zoeken naar balans en meerwaarde nader worden geschetst. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de ROBAMCI aanpak en bijbehorende instrumentatie. In Hoofdstuk 4 worden de cases achtereenvolgens samengevat. Hoofdstuk 5 geeft een synthese van de resultaten en Hoofdstuk 6 de conclusies. In Hoofdstuk 7 worden op hoofdlijnen aanbevelingen gegeven voor de implementatie van het ROBAMCI gedachtengoed in het assetmanagement van de natte infrastructuur in Nederland.

In dit eindrapport wordt regelmatig verwezen naar de deel- en achtergrondrapporten waarin de bevindingen uitgebreider zijn omschreven en waarin de analyses zijn uitgewerkt en toegelicht.



Figuur 1-3 Screenshot van de serious game van ROBAMCI, zie www.robamci.nl.

2 Assetmanagement van publieke water infrastructuur – een inventarisatie

2.1 Doelen, rollen en taken van assetmanagement in de publieke sector

Voor publieke assetmanagers is het organisatiedoel primair de transparante en efficiënte aanwending van middelen voor het vervullen van de maatschappelijke functies. Het gaat dan om de balans tussen investeringen en beheer en onderhoud van infrastructuur bij een beschreven service niveau binnen acceptabele risico's van uitval van de (primaire) dienst(en) van de infrastructuur. Hierbij spelen niet alleen de kosten van investeringen maar ook de kosten van preventief en curatief onderhoud. Dit wordt beschreven als Total Costs of Ownership (TCO). Asset management heeft dan als doel om te zoeken naar een optimale balans tussen TCO en leveringszekerheid. Optimaal is hierbij geen objectieve economische waarde, maar ook afhankelijk van de maatschappelijke acceptatie in (tijdelijke) onderbreking van de (publieke) dienst die wordt geleverd door de infrastructuur. Een belangrijk aspect van assetmanagement is risico beheersing, waarbij de kans op falen (van de infrastructuur) en de daardoor optreden effecten (schade, uitval) in beeld worden gebracht.

In de literatuur worden verschillende rollen en taken onderscheiden. Er zijn drie groepen rolhouders die respectievelijk acteren op strategisch, tactisch en operationeel niveau met typische takenpakketten die horen bij de verschillende niveaus:

- De asset eigenaar, die zich concentreert op de te vervullen functie en lange termijnvisie. Een voorbeeld van een activiteit op dit niveau is het afleiden van optimale normen of service levels, zoals de normen voor waterveiligheid.
- De assetmanager, die zich concentreert op het in stand houden van de systeemfuncties via planning van maatregelen. Een voorbeeld van een activiteit op dit niveau is het inrichten van een strategie voor onderhoud van een systeem of netwerk.
- De asset beheerder, die zich concentreert op het in stand houden van individuele assets. Een voorbeeld van een activiteit op dit niveau is het vaststellen van de actuele conditie van een asset, zoals de toetsing van een waterkering.

Alle rolhouders dragen met hun taken bij aan een robuuste bedrijfsvoering, waarbij robuust niet refereert aan fysieke eigenschappen zoals sterk, zwaar of omvangrijk, maar een aantal kernwaarden samenvat: transparant, efficiënt, veerkrachtig, etc. In alle rollen komen de stappen voor:

- Van data naar informatie. Deze informatie kan bijvoorbeeld bestaan uit kentallen om de toestand van een asset of asset portfolio in uit te drukken. Of uit relaties tussen maatregelen en de effecten ervan op het functioneren.
- Van informatie naar begrip van het systeem of portfolio. Dit begrip kan bijvoorbeeld bestaan uit een beoordeling van de kwaliteit op basis van de informatie, of uit inzicht in effecten van falen en kosten van maatregelen.
- Van begrip naar handelingsperspectieven. Handelingsperspectieven kunnen zijn het bepalen van optimale normen of service levels, voorkeursstrategieën of adaptatie paden, maar ook de aanpak van inspectie en monitoring, of van organisatievormen.
- Van handelingsperspectief naar een robuuste bedrijfsvoering. De bedrijfsvoering betreft het daadwerkelijk kiezen en realiseren van een handelingsperspectief, zoals het inpassen van een strategie in de programmering van maatregelen in ruimte en tijd, het inpassen van meekoppelkansen, of het aanpassen van de organisatie of governance.

2.2 De “Natte Infrastructuur”

In Nederland wordt onderscheid gemaakt in “droge” (bv wegen) en “natte” (bv vaarwegen, maar ook dijken) infrastructuur. Over het algemeen spreekt men over de natte infrastructuur wanneer het gaat over de voorzieningen voor waterbeheer. Ten behoeve van dit onderzoek is er een onderverdeling gemaakt tussen de verschillende soorten “Natte Infrastructuur” gerelateerd aan welk doel binnen waterbeheer de assets dienen, hierbij maken we onderscheid in waterveiligheid, watergebruik, watersysteem en vaarwegen (zie Tabel 2.1 voor details).

Tabel 2.1 Categorieën, assets en asset eigenaren binnen de “Natte Infrastructuur”

De Natte Infrastructuur			
Waterveiligheid	Watergebruik	Watersysteem	Vaarwegen
• <i>Primaire waterkeringen (RWS en WS)</i> • <i>Regionale Waterkeringen (RWS en WS)</i> • <i>Waterkerende Kunstwerken (RWS en WS)</i>	• <i>Rioleringen (G)</i> • <i>Rioolwaterzuiveringsinstallaties (WS)</i>	• <i>Waterlichamen en oppervlaktewaterbeheer ende kunstwerken (RWS & WS)</i>	• <i>Hoofdvaarwegen (RWS)</i> • <i>Nevenvaarwegen (WS & P)</i> • <i>Binnenhavens en Zeehavens (G)</i>

RWS = Rijkswaterstaat, WS = Waterschappen, G = Gemeentes, P = Provincies

Waterveiligheid

Waterveiligheid gaat over het beschermen van Nederland tegen overstromingen. De assets in deze categorie zijn keringen en waterkerende kunstwerken. De keringen zijn op te splitsen in primaire en regionale keringen. De primaire keringen zijn grotendeels in beheer bij de waterschappen, en voor een klein deel bij Rijkswaterstaat. De regionale keringen zijn in beheer bij de verschillende waterschappen en ook voor een klein deel in beheer bij Rijkswaterstaat. De kunstwerken die deel uitmaken van de waterkerende functie van de kering zijn waterkerende kunstwerken, en in beheer bij de betreffende waterkering beheerder, waterschap op Rijkswaterstaat.

Watergebruik

Assets in deze categorie zijn op te splitsen in 3 onderdelen; riolering (hemel- en afvalwater afvoer), drinkwater en rioolwaterzuivering. Voor het beheer van de assets in de categorie watergebruik zijn verschillende organisaties verantwoordelijk. Het riool en de bijbehorende assets (rioleringen) worden beheerd door de gemeentes. Het beheer van de rioolwaterzuivering is de verantwoordelijkheid van de waterschappen. De assets ten behoeve van het drinkwater worden beheerd door de drinkwaterbedrijven. De drinkwater sector is niet meegenomen in dit onderzoek, omdat dit onderzoek zich alleen richt op de publieke sector.

Watersysteem

De essentie van het watersysteem is het beheren van het oppervlaktewater waardoor er niet te veel en niet te weinig water beschikbaar is. Om dit te doen wordt voornamelijk gebruikt gemaakt van sluizen, duikers en pompen. Ook het zoutgehalte van het water valt onder het watersysteem, wat vooral van belang is voor de stakeholders in de landbouw en drinkwatervoorziening. Wettelijk gesproken zijn provincies en gemeentes geen waterbeheerders, wel vervullen zij een rol in het regionale waterbeheer.

De eindverantwoordelijkheid ligt uiteindelijk altijd bij het Rijk of de waterschappen. Er wordt soms ook gesproken over “waterkwantiteit” wanneer het gaat over deze categorie.

Vaarwegenbeheer

Het vaarwegenbeheer is de categorie waarin de binnenlandse vaarwegen worden onderhouden en beheerd. In deze sector zijn alle eerdergenoemde publieke organisaties betrokken. Zo beheren de gemeentes de binnenhavens en zeehavens, ligt de verantwoordelijkheid voor de kleinere vaarwegen bij de waterschappen en de provincies en is Rijkswaterstaat eindverantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de hoofdvaarwegen.

2.3 Beheerdersverantwoordelijkheid

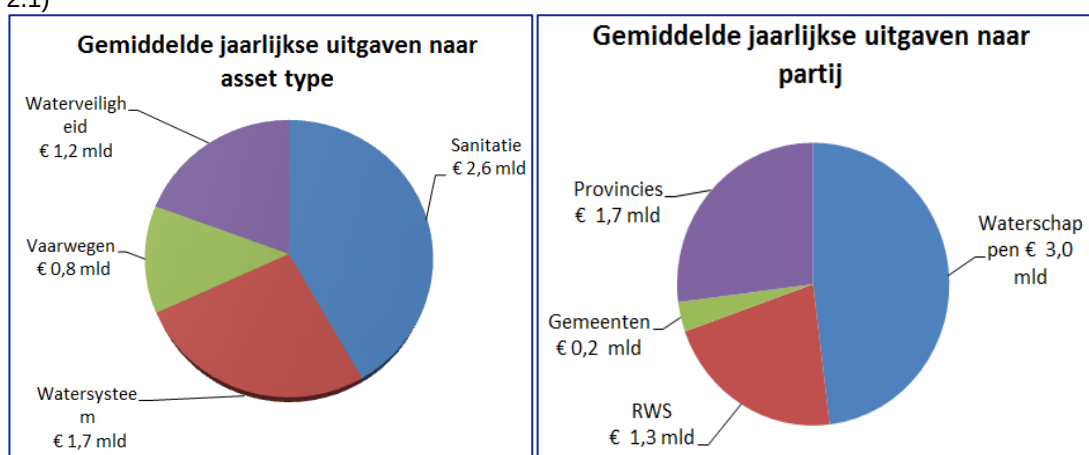
Waar hedendaagse concepten van assetmanagement van origine voortkomen uit de industrie (private sector), zijn eigenaren van infrastructuur in de GWW sector overwegend publieke organisaties. Publieke organisaties bestaan uit een operationele, tactische en strategische laag – soms meer of minder expliciet verankerd in de organisatievorm -, en daar kan nog een politieke laag bij komen. Voor goed assetmanagement is een betekenisvolle communicatie tussen deze lagen essentieel. Op elk van deze niveaus verschillen de drijfveren die acties legitimeren. Een extra complicerende factor voor goed assetmanagement in de GWW sector is dat het beheer en eigenaarschap van de assets in de publieke sector niet altijd zijn ondergebracht bij dezelfde organisatie of hetzelfde organisatieonderdeel: per asset kunnen zo verschillende semi-autonome partijen betrokken zijn als asset owner, beheerder en service provider (IJmker-Van Gent & Kok, 2017).

2.4 Omvang uitgaven beheer“Natte infrastructuur”

In het rapport *De waarde van Smart Maintenance voor de Nederlandse Infrastructuur – overzicht uitgaven*, (Van de Kerkhof, 2018) worden de overheidsuitgaven aan publieke infrastructuur berekend: in totaal zijn de uitgaven geschat op 16 miljard in 2017. Dit komt goed overeen met de schatting van de uitgaven in ROBAMCI van ruim 16 miljard (IJmker-Van Gent & Kok, 2017). Van de Kerkhof et al. (2018) geven ook een indicatie van de bestemming van de 144 miljard die gereserveerd is voor de periode 2020-2030: 10% vervanging, 27% nieuwbouw, 40% onderhoud, 23% reconstructie bestaande infrastructuur.

In ROBAMCI zijn de uitgaven aan natte infrastructuur in meer detail geanalyseerd.

Overheidsuitgaven in de natte GWW Sector liggen op ongeveer € 6 miljard: het zwaartepunt van de uitgaven ligt bij het watersysteem (onder andere vaarwegbeheer, sluizen, bruggen) en sanitatie (riolen en RWZI). De waterschappen geven het meeste geld uit, jaarlijks zo'n 3 miljard (zie Figuur 2.1)



Figuur 2.1: Overzicht gemiddelde jaarlijkse uitgaven naar asset type in de natte GWW sector en per overheidsinstantie

3 De ROBAMCI aanpak en tools

3.1 Aanpak

Op het gebied van assetmanagement zijn binnen de sector ontwikkelingen gaande, die de processen van zowel grote als kleine beheersorganisaties veranderen. Uit ervaring blijkt dat een focus op lifecycle management significante efficiencywinst oplevert, maar ook dat implementatie in het werkproces vaak lastig is (Fuchs et al., 2014). Deel van de hindernissen ligt op het organisatorische vlak (in hoeverre is men in de organisatie bereid om vanuit de life-cycle te handelen in de plaats van korte termijn beheersing van kosten, prestaties en risico's) maar andere beperkingen liggen op het gebied van kennis en techniek. Ook als een organisatie LCM omarmt, dan ontbreken vaak de tools en de methodieken om dit doelmatig te doen.

Het ROBAMCI-programma richt zich op het ontwikkelen van de tools en technieken voor assetmanagement. Het heeft als doelstelling om methoden, tools en best practices te genereren die de implementatie van kwantitatief onderbouwd asset management mogelijk maken. ROBAMCI beoogt dit te doen vanuit technisch-inhoudelijk perspectief om zo een diversiteit aan beheersorganisaties te kunnen ondersteunen onafhankelijk van hun precieze interne proces.

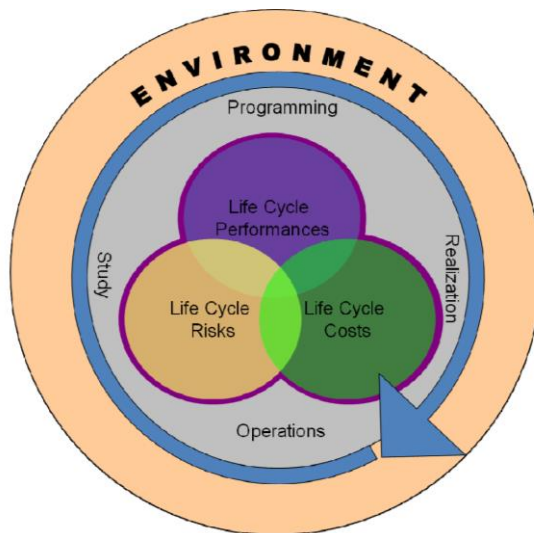
Omdat een aantal lopende ontwikkelingen in de natte infrastructuur al gericht is op strategisch assetmanagement (zoals Adaptive Delta Management) en operationeel assetmanagement (zoals de zorgplicht waterkeringen), ligt de focus van ROBAMCI op tactisch assetmanagement en de verbinding ervan met strategisch en operationeel assetmanagement.

De ROBAMCI aanpak is gestart met het opzetten van een framework dat als onderlegger of basis fungeerde voor het uitvoeren van de cases. Daarna is de aanpak gedurende de loop van het programma gegroeid en geïnstrumenteerd.

In hoofdlijn bestaat de aanpak uit het handen en voeten geven aan beslissen bij een onzekere toekomst door:

- Een tijdsdimensie (levensduur) en schaalniveau (asset, netwerk of systeem) toe te voegen aan het proces om een passende balans tussen prestaties, risico's kosten te zoeken:
 - Er wordt gekeken naar life cycle performance, life cycle risks en life cycle costs, zie ook Figuur 3.1
 - Systeemoeverwegingen maken integraal onderdeel uit van de afweging
- Keuzes zoveel mogelijk kwantitatief onderbouwen. Dit gebeurt door een geïntegreerde afweging voor deze keuzes door disciplines te faciliteren: techniek, risico analyse en econometrie worden in een tool verbonden. Zo wordt de stap van (sub-)optimalisatie per discipline overgeslagen.
- Verbinden informatiekwaliteit aan te nemen beslissing. Waar vaak gebruik wordt gemaakt van beschikbare data moet een strategie voor meten en monitoren zorgen voor de beschikbaarheid van passende data afgestemd op de gewenste kwaliteit van de beslissing.

In de volgende paragrafen wordt de aanpak voor deze drie aandachtsvelden nader toegelicht.



Figuur 3.1 Life Cycle Management (uit: Fuchs et al., 2014).

3.2 Framework / conceptueel kader

In Hoofdstuk 2 is een aantal belangrijke aspecten van asset en lifecycle management geïdentificeerd, namelijk:

- De rolhouders: asset owner, asset manager en service providers;
- Het schaalniveau: asset management van systemen/netwerken, assets en componenten;
- De levenscyclus en de fasen daarin;
- De invloed van de externe factoren.

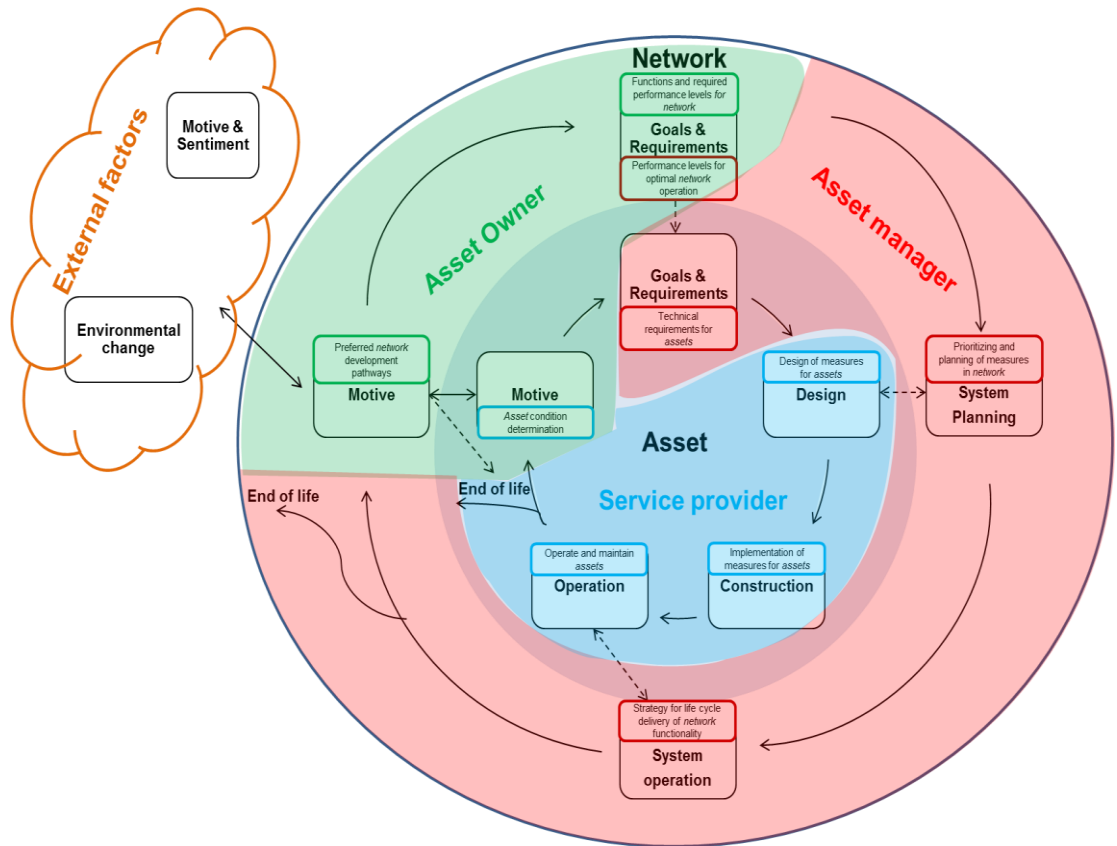
In Figuur 3.2 zijn de bovenstaande aspecten geïntegreerd in één schema. Dit is altijd enigszins arbitrair, waarvan de verscheidenheid aan beschikbare schema's voor asset en lifecycle management getuigen (Klerk et. al., 2015). Het is tot stand gekomen op basis van een literatuurstudie (Klerk et.al., 2015) en ervaring uit de ROBAMCI-cases. Hieruit bleek dat er een aantal zaken specifieke aandacht verdient als het gaat om publieke infrastructuur. Deze aspecten hebben daarom een plaats gekregen in het schema:

- De relatie tussen assets en netwerken wat aansluit op de ontwikkeling om meer te sturen op niveau van functioneren;
- De invloed van de omgeving op het LCM-proces en de toenemende aandacht voor lange termijn effecten;
- De rol en het belang van verschillende rolhouders in de levenscyclus van 1 asset of netwerk.

In Figuur 3.2 zijn zowel individuele assets als netwerken, de levenscyclus en de verschillende rolhouders vertegenwoordigd. De buitenste schil van de cirkel draait om de lifecycle van het netwerk. De fasen hierin verschillen enigszins van die voor een asset. Het verschil is het beste te duiden vanuit de rolhouder: op netwerkniveau wordt meer over strategische en tactische vraagstukken nagedacht, wat zich uit in de belangrijke rol van de asset manager hierin. Automatisch is bijvoorbeeld de 'Construction' fase op netwerkniveau meer een planfase, daarom is deze hier samengevoegd met 'System Planning', de uitvoering van de planning gebeurt immers op het niveau van individuele assets. In diverse fasen vindt er uitwisseling van informatie plaats tussen netwerk en asset niveau. Zo zijn de eisen aan het netwerk zeer bepalend voor de eisen aan de individuele assets en bepaalt de planning van het netwerk het ontwerp en moment van aanleg van de individuele assets. Hetzelfde geldt voor de 'operation' van netwerk en assets.

Een eventuele aanpassing aan een asset moet altijd voortkomen uit:

- Het niet voldoen aan de gestelde eisen voor de asset;
- Een aanpassing aan de eisen door een aanpassing aan de vereiste functionaliteit van het netwerk.



Figuur 3.2 Processchema voor lifecycle management van infrastructuur.

Een van de belangrijkste aspecten van het toepassen van lifecycle management is de uitwisseling van informatie tussen de verschillende beslisniveaus en schaalniveau's. In de praktijk blijkt echter dat dit vaak het grootste obstakel van assetmanagement is. In dit framework is gepoogd deze uitwisseling concreet te maken door netwerk/systeem niveau en assetniveau in een schema met elkaar te verbinden over de levenscyclus.

De levenscyclus voor veel van de natte infrastructuur is lang, de levenscyclus van de functie die de netwerken of assets bedienen is zo mogelijk nog langer of zelfs praktisch zonder horizon (denk aan het bieden van veiligheid tegen overstromen). In het EU-project FAIR is deze oneindigheid vormgegeven door de levensfasen en beslisniveaus op een 'infinity-mark' te projecteren, zie Figuur 3.3. Hierin zijn globaal dezelfde elementen opgenomen als in het ROBAMCI framework.



Figuur 3.3. Framework zoals ontwikkeld binnen EU Interreg FAIR. Zie voor meer informatie: www.northsearegion.eu/fair/

3.3 Tools

Belangrijk onderdeel van het framework is een instrumentarium met generieke tools om asset management problemen kwantitatief te analyseren. Dit instrumentarium is gedurende de looptijd van ROBAMCI lerend ontwikkeld door tools te maken die passen bij de vragen uit de case studies en die vervolgens gelijk te gebruiken in diezelfde cases.

De ROBAMCI tools moeten het gesprek tussen asset management op operationeel, tactisch en strategisch niveau faciliteren (Figuur 3.4). De belangrijkste kenmerken van asset management op deze drie niveaus zijn:

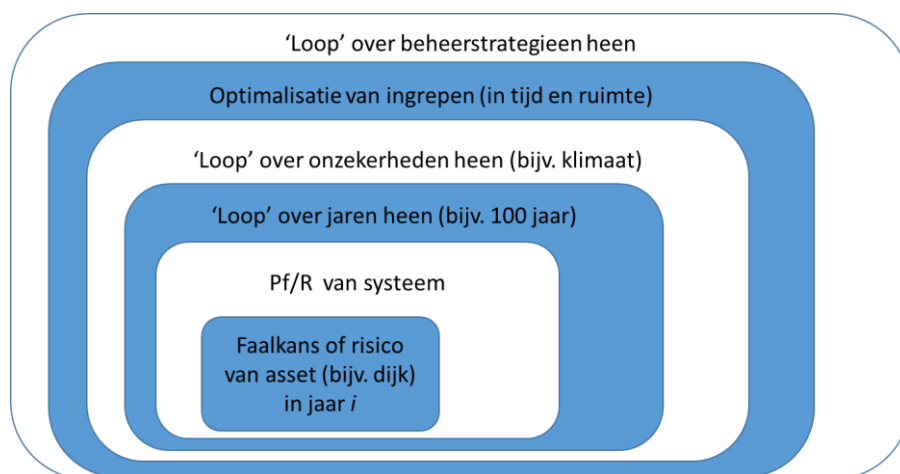
- Op operationeel niveau gaat het om beheeracties aan individuele objecten (of groepen objecten) om de invloed van veroudering van die objecten op het functioneren van het totale systeem binnen acceptabele grenzen te houden gegeven een bepaalde beheerstrategie. Hierbij kan rekening worden gehouden met onzekerheden in veroudering en systeemgedrag en toekomstige veranderingen in klimaat en/of omgeving.
- Op tactisch niveau gaat het om de optimale volgorde van beheeracties aan objecten in de tijd gegeven veroudering, onzekerheden, beheerstrategie en toekomstscenario. Optimaal is hierbij afhankelijk van de weging die een beheerder maakt. Bijvoorbeeld kan hierbij als maat gehanteerd worden hoeveel 'spijt' een beheerder heeft als een specifieke planningsvolgorde gekozen wordt bij alle beschouwde realisaties van de veroudering van de objecten. Zijn doel is dan minimalisatie van de verwachting van 'spijt'. Er zijn ook andere wegingen mogelijk.

- Op strategisch niveau gaat het om een afweging tussen verschillende beheerstrategieën en een beoordeling van de mate waarin een beheerstrategie rendert onder verschillende mogelijk toekomstscenario's.



Figuur 3.4. Kernaspecten van de verbinding tussen de niveaus van besluitvorming.

Op hoofdlijnen moeten de ROBAMCI tools op verschillende schalen de besluitvorming kunnen ondersteunen (asset/netwerk/systeem, en heden/planhorizon, zie Figuur 3.5). Onderstaand wordt de technische werking van de ROBAMCI tools toegelicht.



Figuur 3.5. Schaalniveaus die worden ondersteund met de ROBAMCI tools

Opbouw ROBAMCI tools

De rekentools bestaan uit een algemeen en een specifiek deel. Het algemene deel betreft de risico analyse en de econometrische analyse. Dit deel faciliteert de probabilistische berekeningen over de levensduur, optimaliseert de planning van beheeracties in de tijd en zet de systeemprestaties onder verschillende beheerstrategieën en toekomstscenario's naast elkaar. Het specifieke deel betreft het fysisch systeemgedrag. Het berekent de momentane respons van het systeem onder bepaalde systeemcondities en belastingen. Het algemene deel noemen we hier de ROBAMCI tools, het specifieke deel het (reken)model. De algehele opzet van de ROBAMCI tools is weergegeven in Figuur 3.6.

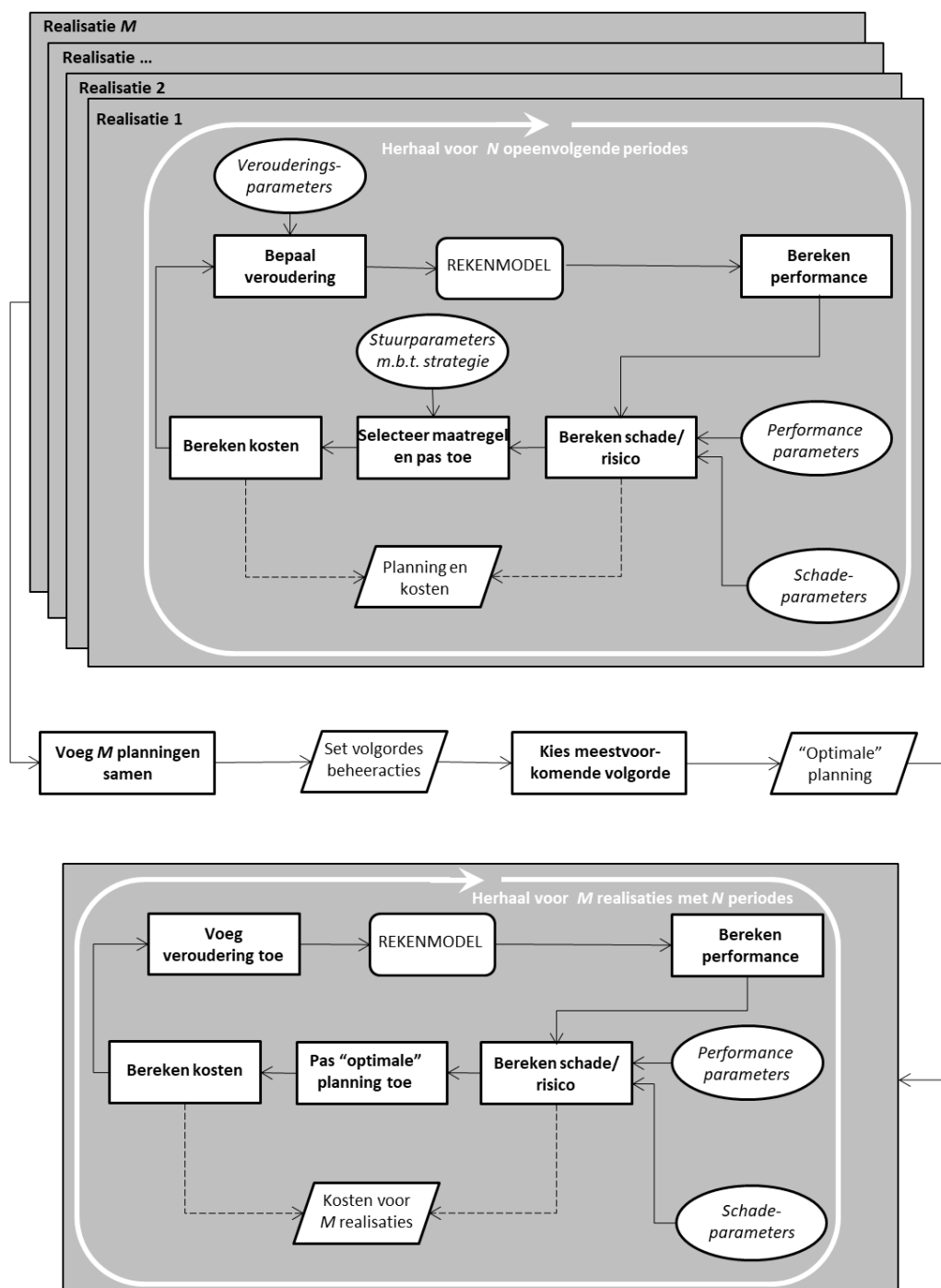
Voor de koppeling tussen het generieke en specifieke deel is een opzet gebruikt die vergelijkbaar is met het FEWS-systeem (Werner et.al., 2013). De uitdaging is ervoor te zorgen dat de modellen (het specifieke deel) de juiste uitvoer geven waar de ROBAMCI tools (het generieke deel) mee overweg kunnen.

Per casus is een fysisch model beschikbaar. Dit model berekent op basis van een set invoergegevens de respons of prestaties van het systeem in een bepaalde verouderingstoestand. Bij prestaties moet gedacht worden aan waterstanden, dijkhoogtes of het risico (bedrag) van het door een dijkkring beschermd gebied. De systeemprestaties hebben betrekking op bepaalde functie of functies, bijvoorbeeld waterveiligheid of schoon water. De berekeningen worden in serie voor achtereenvolgende jaren uitgevoerd met als uitgangspunt een bepaalde snelheid van “veroudering” en mogelijk ook een bepaald toekomstscenario.

NB: de term “veroudering” moet gelezen worden als elke mogelijke exogene verandering die een bepaald verloop heeft in de tijd en van invloed is op de systeem- of objectprestaties. Het betreft dus niet alleen de veroudering van objecten, maar ook veranderingen in gebruik zoals zwaardere verkeersbelastingen of zeespiegelstijging

In de serie berekeningen voor achtereenvolgende jaren wordt een beheerstrategie toegepast, wat inhoudt dat maatregelen kunnen worden toegepast om te blijven voldoen aan de vereiste systeemfunctie(s). De keuze om wel of geen maatregel te treffen in een jaar gebeurt op basis van berekende systeemprestaties en stuurparameter(s) afkomstig uit de beheerstrategie. Een mogelijke stuurparameter is de waterstand voor een dijk, of de slibdikte waarbij gebaggerd moet worden, of het maximum risico van een door een dijkkring beschermd gebied.

Het nemen van een maatregel betekent voor het model dat de modelparameter die aan veroudering onderhevig is wordt aangepast (bijvoorbeeld een groter doorstroomprofiel door verkleinen van de sliblaagdikte). Gedurende de reeks berekeningen wordt vastgelegd welke maatregel wordt genomen, wanneer die wordt genomen en welke kosten eraan verbonden zijn .

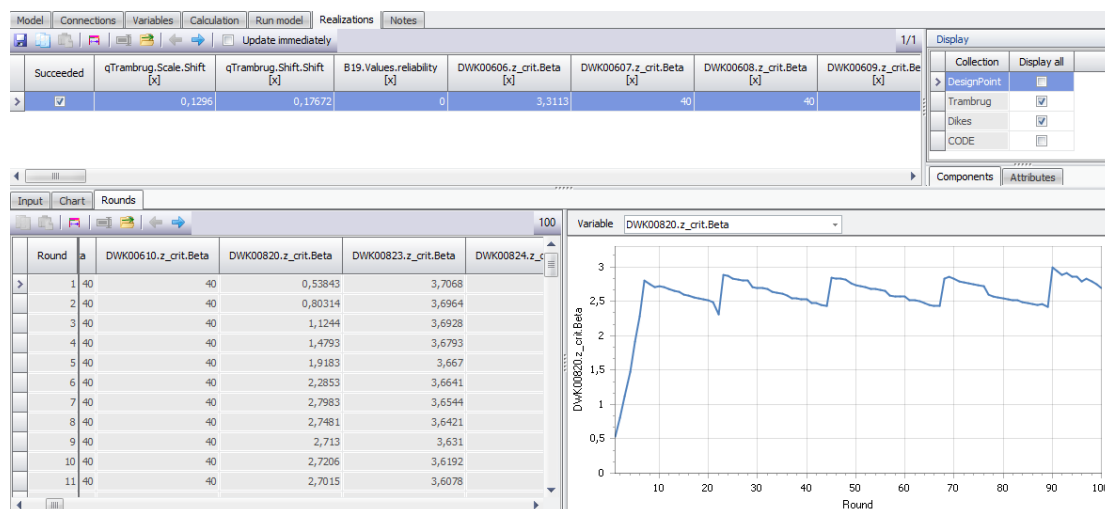


Figuur 3.6. Opzet ROBAMCI tools

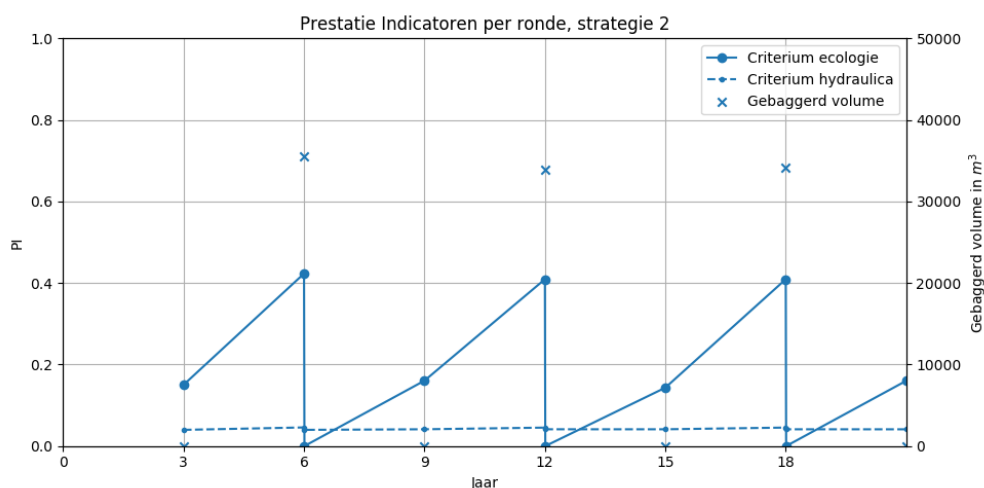
Integratie van veroudering en onzekerheden in de berekeningen

De berekeningen worden zoals al aangegeven een groot aantal keren herhaald om de "veroudering" in de tijd na te bootsen, bijvoorbeeld telkens voor een periode van één jaar een nieuwe berekening. Dit geeft een 'film' die bijvoorbeeld de toename van de risico's weergeeft onder invloed van de veroudering van systeemonderdelen of de toename van systeembelastingen.

De “veroudering” wordt verdisconteerd in verouderingsparameters in het model zoals slibaangroei per jaar of daling van de kruinhoogte van de dijk. Bij elke nieuwe tijdstap in de berekening wordt de veroudering verdisconteerd in een aanpassing van de verouderingsparameter, bijvoorbeeld toename van de sliblaagdikte. Vervolgens worden de systeemparameters berekend en kunnen maatregelen genomen worden aan objecten in het systeem om te blijven voldoen aan de vereiste systeemprestaties. De herhaling van de modelberekening wordt aangestuurd vanuit de ROBAMCI tools. In Figuur 3.7 en 3.8 voorbeelden van hoe de ontwikkeling van een parameter in de tijd inzichtelijk kan worden gemaakt. Dit is dan de ‘lifecycle-film’ van die parameter.

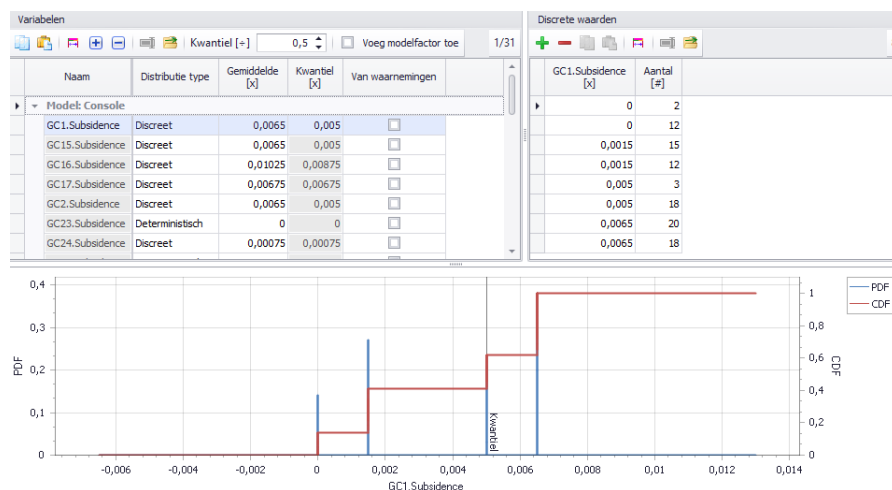


Figuur 3.7. Voorbeeldscrem ROBAMCI tools: tijdsverloop

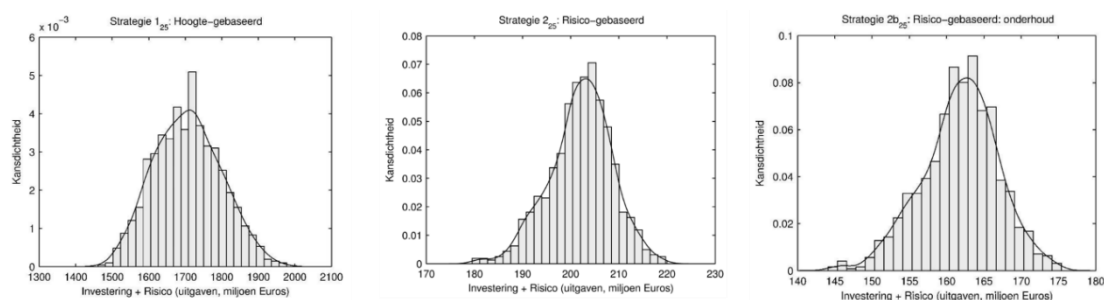


Figuur 3.8. Voorbeeld van tijdsverloop van systeemprestaties voor watersysteem bij bepaalde slibaanwas wn baggeren met vaste frequentie van 1x per 6 jaar voor verschillende bedrijfswaarden

Er ook kan rekening worden gehouden met onzekerheden in de “veroudering” door bijvoorbeeld de verouderingssnelheid of de zeespiegelstijging als stochast in het model op te nemen. Om de invloed van onzekerheden te kwantificeren, wordt telkens opnieuw een random waarde van de stochastische parameter getrokken uit een kansverdeling. Bij iedere trekking wordt de eerder genoemde film opnieuw berekend. Figuur 3.9 toont hoe de onzekerheden worden verwerkt in de ROBAMCI tools. Figuur 3.10 laat zien een voorbeeld zien hoe de onzekerheden kunnen doorwerken in de uitkomsten van de ROBAMCI tools.



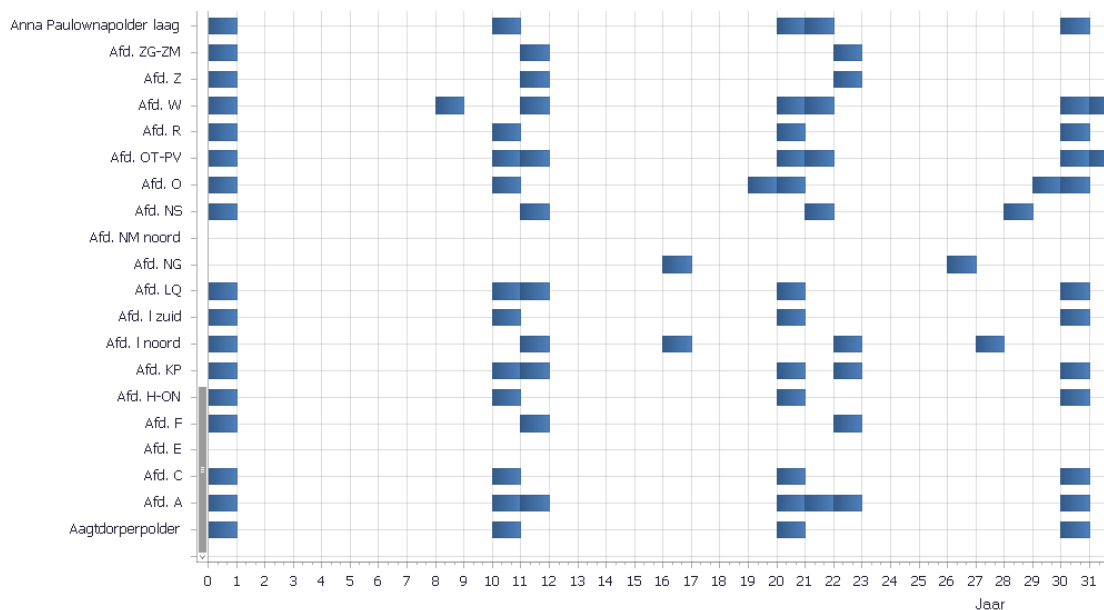
Figuur 3.9. Voorbeeldscherm ROBAMCI tools: onzekerheden



Figuur 3.10. Voorbeeld doorwerking van onzekerheden in verzakkingsgraad van dijkstrekkings op kosten en risico's van drie verschillende beheerstrategieën (hoogte-gebaseerd, risico-gebaseerd op projectbasis en risico-gebaseerd op onderhoudsbasis) bij HHNK

Planning van ingrepen in de tijd

Uit de maatregelen die gedurende de reeks berekeningen voor alle tijdstappen in de beschouwde levensduur van het netwerk (= de film) en alle trekkingen uit de onzekere variabelen zijn vastgelegd, volgt een planning van de ingrepen en de bijbehorende kosten (incl. contante waarde). De planning bestaat uit een lijst met ingrepen in een bepaalde tijdsvolgorde. Een voorbeeld van een planning is gegeven in Figuur 3.11.

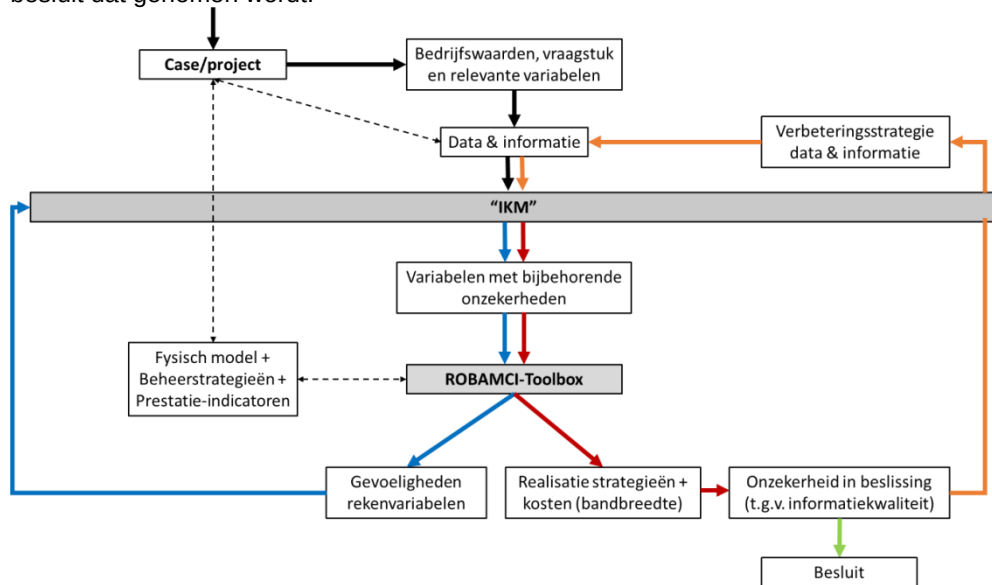


Figuur 3.11. Voorbeeldscherm ROBAMCI tools: planning

Als onzekerheden worden meegenomen, geeft dit verschillende planningen voor verschillende trekkingen van de onzekere variabelen. In de set planningen die daaruit ontstaat wordt gezocht naar de planningsvolgorde die over alle realisaties leidt tot een optimaal resultaat voor de assetmanager. Een manier van wegen is te zorgen voor de minste 'spijt' bij de asset manager over genomen beheerbeslissingen. Voor zover mogelijk wordt 'spijt' vertaald naar kosten. Idealiter zou hiervoor een optimalisatie over alle realisaties van de onzekere variabelen uitgevoerd worden. Dit is gezien de rekentijden (nog) niet haalbaar. Daarom is ervoor gekozen om de gemiddelde planning te beschouwen als de zo optimaal mogelijke volgorde.

3.4 Informatie-/datakwaliteitsmodel

De basis voor het InformatieKwaliteitsModel (IKM) is beschreven in Klerk et al. (2015) en verder geconcretiseerd in (Van Stokkum, Pals, & Zomer, 2017). In de loop van het programma is de naam IKM veranderd in DataKwaliteitsModel (DKM), omdat dit de lading beter dekt (Rinsema, Pals, & Zomer, 2018). De basis van het DKM vormt het proces dat is weergegeven in Figuur 3.12. De figuur relateert de kwaliteit en onzekerheden in data en informatie aan de kwaliteit van het besluit dat genomen wordt.



Figuur 3.12. Positionering van het IKM/DKM binnen de ROBAMCI systematiek

In de praktijk zijn er grofweg 3 paden waarmee dit proces wordt doorlopen:

– *Van case naar besluit*



Bij dit pad wordt data en informatie beoordeeld met het IKM, vervolgens gebruikt in de ROBAMCI Tools, nader aangescherpt en vervolgens leidt deze tot een beslissing voor een assetmanagement vraagstuk.

– *Van case naar aanscherping*



In dit pad wordt de data en informatie direct als onvoldoende voor het besluit beoordeeld, deze moet eerst nader worden aangescherpt.

– *Van case naar handelingsperspectief*

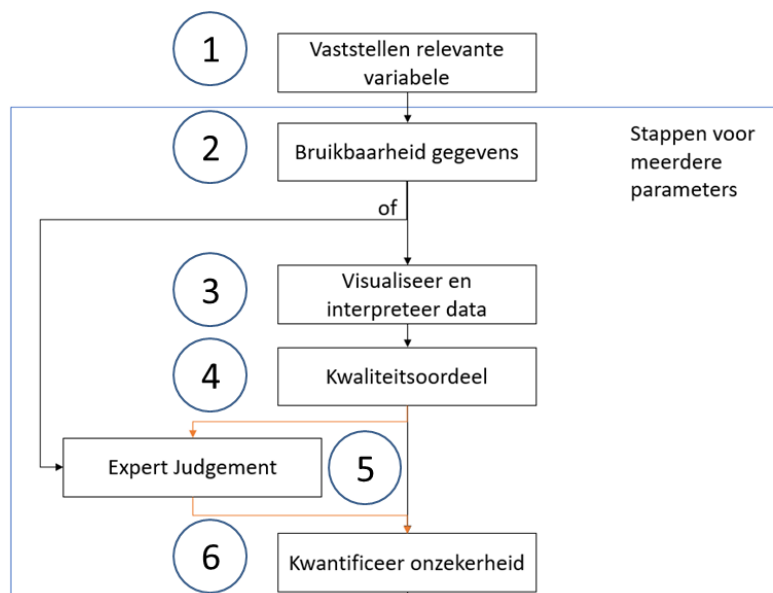


In dit pad wordt data en informatie gebruikt als input voor een gevoeligheidsanalyse. Vervolgens kan aan de hand van de grootste gevoeligheden een handelingsperspectief worden afgeleid voor het inwinnen van waardevolle informatie.

Stappenplan DKM

Het DKM voorziet de beschikbare data op een systematische manier van een kwaliteitsoordeel middels een stappenplan. Het beoordelingsproces bestaat uit 6 stappen (zie Figuur 3.13). Dit proces verloopt als volgt:

1. Vaststellen wat de relevante variabelen zijn (stap 1).
2. Per variabele beoordelen of er bruikbare data aanwezig is (stap 2).
3. Beschikbare data visualiseren met behulp van een aantal eenvoudige methoden (stap 3).
4. Formuleren van een kwaliteitsoordeel over de data op basis van de visualisatie (stap 4).
Hiermee wordt beoordeeld of de data betrouwbaar genoeg is om te gebruiken bij het vervolg.
5. Als er onvoldoende data beschikbaar is, of de data van onvoldoende kwaliteit zijn, dan wordt gebruik gemaakt van expert judgement (stap 5).
6. Kwantificeren van inputonzekerheid van de beschouwde parameter op basis van het kwaliteitsoordeel (stap 6). Met de ROBAMCI tools kan vervolgens de prestatie van het systeem of object berekend worden, inclusief de bandbreedte veroorzaakt door de onzekerheid in de data.



Figuur 3.13 Processchema Datakwaliteitsmodel (DKM)

Op basis van het kwaliteitsoordeel wordt bepaald of voor de invoer in de ROBAMCI tools nog aanvullende expertschattingen benodigd zijn. NB: als geen data beschikbaar is, dan wordt per definitie gebruik gemaakt van expertschattingen. Hieraan kan geen objectief kwaliteitsoordeel worden toegekend.

Kwaliteitsoordeel DKM

De kwaliteitsbeoordeling is gebaseerd op de criteria uit het Framework Dijk informatie (Wojciechowska, Klerk, der Hammen, & Pot, 2017). Hiermee wordt een kwaliteitsoordeel over de data gegeven van 1 tot 5 sterren.

DKM als input voor ROBAMCI tools

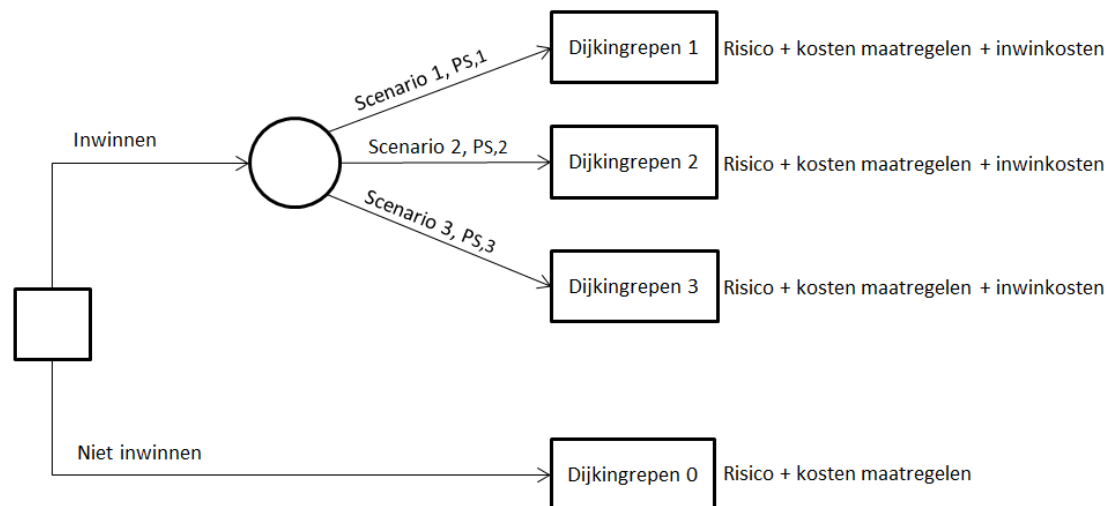
Nadat met het DKM de kwaliteit van de beschikbare informatie bepaald is, kan de invloed van deze datakwaliteit op de prestatie van het gehele systeem inzichtelijk gemaakt worden met de ROBAMCI tools. Als de spreiding van de prestatie van de asset groot blijkt te zijn, dan kan het de moeite waard zijn om de betrouwbaarheid van de data te vergroten.

Met behulp van een gevoeligheidsanalyse wordt beoordeeld voor welke parameter(s) het verhogen van de betrouwbaarheid uiteindelijk resulteert in een verbetering van systeemprestatie. Op basis van het kwaliteitsoordeel uit stap 5 van het IKM kan worden ingeschat of en hoeveel verbetering nog mogelijk is voor een bepaalde parameter.

Kosten-batenanalyse DKM

Met behulp van een kosten-batenanalyse (KBA) kan tenslotte ingeschat worden of het de moeite loont om aanvullende informatie te verzamelen alvorens een besluit wordt genomen over een bepaalde ingreep. Hiervoor is in het DKM een systematiek uitgewerkt, waarbij drie mogelijke strategieën worden onderscheiden die ten grondslag kunnen liggen aan de KBA (zie ook Figuur 3.14 voor een voorbeeld van een beslisboom):

- **Bepaling van meetstrategie t.b.v. afwegingen over het investeringsmoment.** Met aanvullende informatie is de huidige staat van de asset wellicht anders dan gedacht waardoor ook het beste moment van de investering verandert. De afweging heeft betrekking op meerdere parameters die bepalend zijn voor de prestatie van de asset.
- **Bepaling van meetstrategie t.b.v. afwegingen over toepassing van een strategie in de tijd.** Aanvullende informatie kan laten zien dat de degradatie van een object mogelijk sneller of juist minder snel gaat dan gedacht, waardoor de totale kosten over de beschouwde periode veranderen. De afweging heeft betrekking op meerdere parameters die bepalend zijn voor de prestatie van de asset.
- **Optimalisatie van het uit te voeren onderzoek.** In de voorgaande strategieën is steeds sprake van een afweging t.a.v. meerdere parameters die bepalend zijn voor de prestatie van de asset. In dit geval is er slechts één parameter die beschouwd wordt, bijvoorbeeld de ruimtelijke dichtheid van een sondeeronderzoek. Het betreft dan een economische optimalisatie.



Figuur 3.14. Voorbeeld van een beslisboom (Wojciechowska, Klerk, der Hammen & Pot, 2017)

4 Framework & cases

4.1 Overzicht cases

De ruggengraat van het ROBAMCI programma waren vragen in het assetmanagement domein, van beheerders van de natte infrastructuur. In Figuur 4.1 is ligging en type van de 14 uitgevoerde cases in het ROBAMCI programma gegeven. Uitgangspunt is geweest dat het actuele vraagstukken betrof waarvoor beheerders een concreet antwoord of advies nodig hadden.

Waterkeringen is wat oververtegenwoordigd, en de riolering-vraagstukken kwamen alle uit Almere. Hierin is ook enigszins het karakter van het programma terug te zien, maar de aard van de vraagstukken was zodanig dat ze samen een significant deel van het assetmanagement domein van de natte infrastructuur hebben afgedekt. Dat is weergegeven in Figuur 4.2, waar de cases gepositioneerd zijn in het infinity-sign dat door het EU project FAIR is gebruikt als framework.

In de navolgende paragrafen worden de 14 cases achtereenvolgens behandeld. De ontwikkeling van de tools (hoofdstuk 3) en de uitvoering van de cases zijn hand in hand gegaan. De tools zijn gebouwd om te voorzien in de behoefte van de cases, zijn daar vervolgens in toegepast, getest en verbeterd. Ze zijn vervolgens in het algemene framework geplaatst. Het instrumentarium is dus lerend ontwikkeld gedurende de gehele looptijd van ROBAMCI. De eerste cases zijn daarom uitgevoerd met andere versies van het instrumentarium dan de laatste cases.



Figuur 4.1. Ligging en type van de cases in het ROBAMCI programma.



Figuur 4.2 Positionering van ROBAMCI cases in AM framework van het EU project FAIR (www.northsearegion.eu/fair/)

4.2 Waterkering Noorderzijlvest – potentie van monitoring voor life cycle management

Nabij Delfzijl is een van de LiveDijken uit het FloodControlIJKdijk programma opgezet bij een waterkering beheerd door Waterschap Noorderzijlvest, ook wel aangeduid met LiveDijk XL. Er is door onder meer monitoring een grote hoeveelheid informatie over de sterkte van de dijk en het gedrag onder extreme omstandigheden ingewonnen. Deze nieuwe informatie resulteerde in een flinke verandering van de inschatting van de sterkte van de kering: deze bleek veel sterker dan aanvankelijk gedacht.

Na een succesvol monitoringsprogramma van 5 jaar is aan ROBAMCI gevraagd om de kosten en baten van monitoring te evalueren vanuit een life-cycle perspectief, en een methode te ontwikkelen om deze ook op voorhand in te kunnen schatten voor verschillende strategieën ten aanzien van het gebruik van monitoren voor beslissingen over dijkversterkingen. De methode en het bijbehorend rekenmodel is opgezet aan de hand van de LiveDijk XL bij Delfzijl, en daarna toegepast op een waterkering bij Veessen waar zich een andere LiveDijk bevindt.

Het rekenmodel kwantificeert de ontwikkeling van kosten, baten en risico's in de tijd voor verschillende investeringsstrategieën voor waterkeringen. Het ondersteunt ook de integratie van verschillende fasen in de levenscyclus, met daarbij in het bijzonder aandacht voor het meenemen van baten van monitoring. Hiermee kan inzicht worden verkregen onder welke omstandigheden monitoring een goede investering kan zijn. De beheerder kan aan de hand van relatief eenvoudige invoer een indruk krijgen van de potentiële baten van verschillende strategieën en maatregelen in de tijd. Het rekenmodel kan ook worden gebruikt voor het afwegen van alternatieve (innovatieve) dijkversterkingsmethodes met sterk verschillende onderhoudsinspanningen, zoals het DMC-systeem ('Dike Monitoring and Conditioning').

In (Klerk, 2016) is het resultaat van deze casus gerapporteerd. Er is een proof of concept gegeven van het meenemen van (verwachte) monitoringsresultaten in lifecycle kosten-/baten analyses. Daarmee kunnen verschillende strategieën met en zonder monitoring kwantitatief worden vergeleken. De volgende strategieën zijn beschouwd voor de LiveDijk bij Delfzijl en Veessen:

- Traditioneel versterken zonder monitoren (referentie);
- Versterken met projectmonitoring (tijdens de voorbereiding van de versterking);
- Lifecycle monitoring (monitoren vanaf halverwege de versterkingsscyclus).

Bij Veessen is de traditionele versterking vergeleken met een bij aanleg goedkope maar meer onderhouds-intensieve maatregel (DMC-systeem).

Uit de vergelijking wordt geconcludeerd dat voor de waterkering bij Noorderzijlvest monitoring een zeer groot rendement heeft, ca. 50% op de kosten van de eerste versterking en naar schatting ca. 30% op de life cycle cost. En bij Veessen is door toepassing van het DMC monitoringsysteem een bermversterking, met bijbehorende herplaatsing van een aantal huizen voorkomen.

In algemenere zin onderbouwt de analyse dat het rendement van monitoring erg afhankelijk is van de bij aanvang al aanwezige kennis van dijk en ondergrond, en van het optreden van hoogwater tijdens de monitoringsperiode. In Figuur 4.3 is een voorbeeldsituatie gegeven met 3 mogelijke ondergrondscenario's elk resulterend in een andere ligging van de freatische lijn. Met waterspanningsmeters kan bepaald worden welk scenario het meest waarschijnlijk is. Hoe hoger een optredende buitenwaterstand is, hoe meer informatie monitoring geeft over het werkelijk aanwezige ondergrondscenario. Nu is in de onderhavige situatie gedurende de periode van monitoring een hoge waterstand gemeten, wat dus veel informatie gaf over de kering.

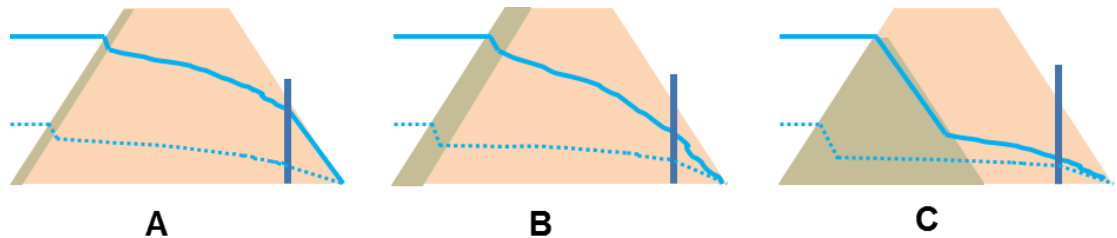
In (Klerk, 2016) is onderbouwd dat in situaties met een reeds afgekeurde waterkering een gemiddeld rendement van 10-15% op de life cycle cost mag worden verwacht. Dit betreft echter de investeringskosten, wanneer ook de overstromingsrisicokosten worden meegenomen wordt de kostenreductie in principe nog groter. Echter, wanneer een versterkingsmaatregel aan een afgekeurde waterkering wordt uitgesteld ten behoeve van een monitoringsprogramma kan dit omslaan: er wordt dan een aanvullend risico genomen door het inlassen van een monitoringsperiode. Daarom moet altijd het risico worden meegenomen in de afweging om te gaan monitoren. Vanuit dit perspectief blijkt het toepassen van lifecycle monitoring (vanaf ca. halverwege de levenscyclus) doorgaans gunstiger dan projectmonitoring (na afkeuren). Er is dan meer tijd beschikbaar en er hoeft geen aanvullend risico te worden genomen. Opgemerkt moet worden dat in de praktijk er zelden direct na afkeuren wordt versterkt.

In Klerk et al. (2019) is de aanpak die in deze casus is gehanteerd op meer algemeen niveau uitgewerkt. Hieruit volgen op vergelijkbare conclusies: in de meeste gevallen leidt monitoring tot significante kostenreductie.

De casus leidt tot een aantal interessante conclusies:

- Het rekenmodel is geschikt om als hulpmiddel te dienen voor lifecycle analyses en afwegingen tussen inspectie, verschillende typen versterkingen en monitoring.
- Het rekenmodel geeft een beeld van de totale lange termijn kosten voor verschillende strategieën: versterken zonder monitoren, versterken met projectmonitoring (tijdens de voorbereiding van de versterking) en lifecycle monitoring (halverwege de levenscyclus).
- Door monitoring wordt een gedetailleerder beeld verkregen van de staat van de kering wat kan leiden tot economische voordelen op 3 onderdelen:
 - Voorkomen dat onnodig risico wordt gelopen.
 - Verkleining van de versterkingsopgave.
 - Uitstel van de versterking.

- Hoe hoger de waterstand bij een meting hoe meer informatie deze oplevert. Een hoge waterstand brengt echter ook een hoger risico met zich mee.
- Het uitstellen van een versterking om te monitoren leidt tot een hoger risico, maar in veel gevallen ook tot lagere kosten. De afweging of monitoring in dergelijke gevallen de moeite waard is, is een afweging tussen monitoringskosten, verwachte kostenbesparing en extra risico. Deze afweging wordt door het rekenmodel ondersteund.
- Life cycle monitoring (vanaf halverwege de versterkingscyclus) heeft het voordeel dat er meer tijd beschikbaar is, dit resulteert erin dat een beheerder de tijd kan nemen om te monitoren en zo niet het risico loopt een versterking uit te moeten stellen, wat bij projectmonitoring wel het geval is. Bijkomend voordeel is dat de beheerder tijdig op de hoogte is van aankomende ingrepen en zo beter kan anticiperen.



Figuur 4.3. Voorbeeldsituatie met 3 mogelijke ondergrondscenario's elk resulterend in een andere ligging van de freatische lijn bij toetspeil (doorgetrokken lijn), en dagelijkse omstandigheden (gestippelde lijn). Met de waterspanningsmeter (donkerblauw) kan aan de hand van een meting bepaald worden welk scenario het meest waarschijnlijk is. Hoe hoger een actuele gemeten buitenwaterstand ligt, hoe meer informatie over het werkelijk aanwezige ondergrondscenario.

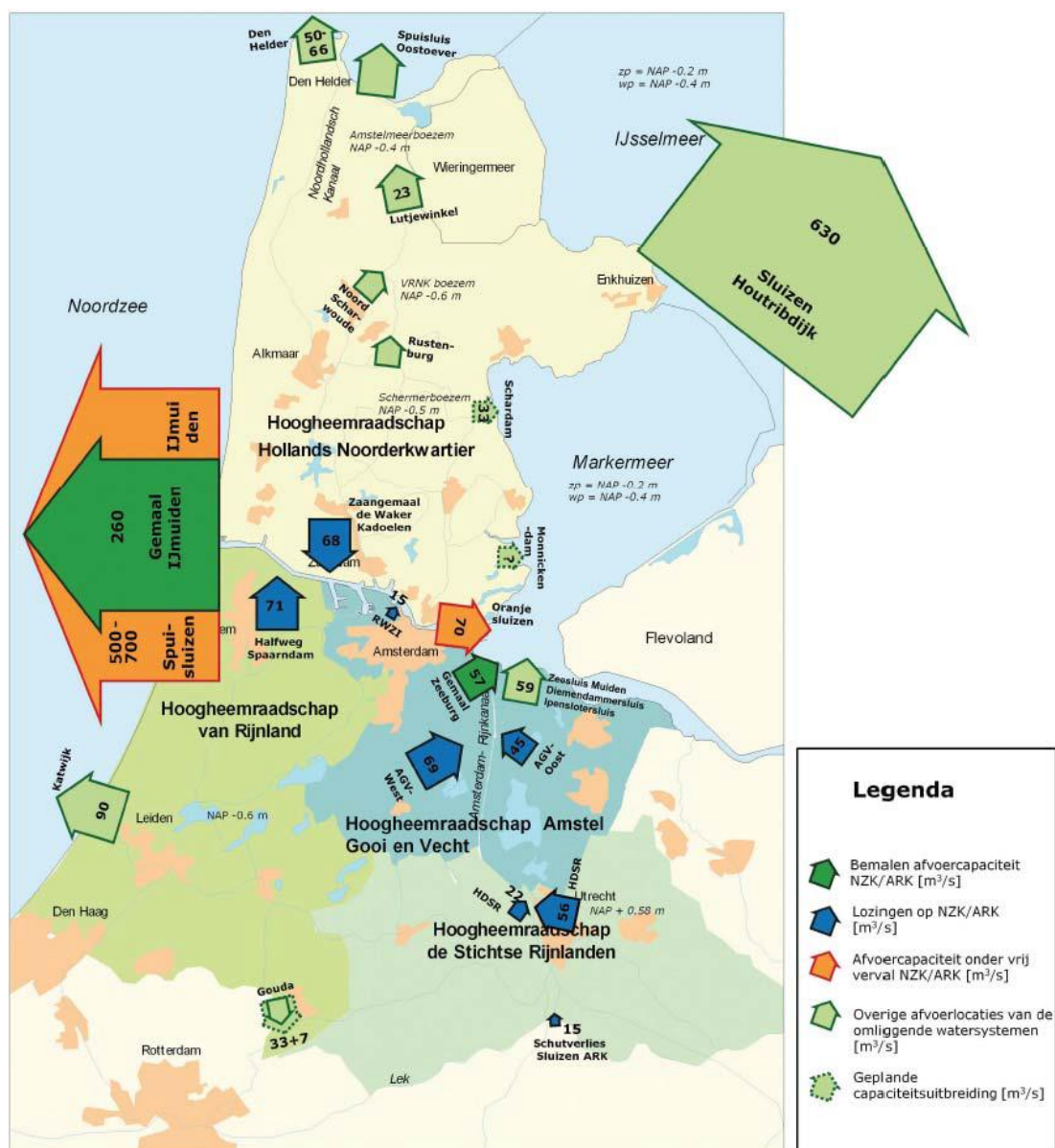
4.3 Gemaal IJmuiden – potentie van systeembenadering

Het gemaal- en spuicomplex IJmuiden vervult een belangrijke rol in de afvoer van water vanuit vier achterliggende waterschappen, zie Figuur 4.4. Dit watersysteem kent naast het gemaal- en spuicomplex IJmuiden nog enkele andere kunstwerken die water kunnen afvoeren. Deze casus is beschreven in Wessels et al. (2016).

Bij een vervangingsopgave van kunstwerken kan het kunstwerk op zichzelf worden beschouwd. Een dergelijke afbakening kan leiden tot suboptimale beslissingen. Door het toevoegen van een systeemperspectief, d.w.z. het kunstwerk als onderdeel van een systeem, kan blijken dat vergelijkbare prestaties voor minder geld kunnen worden gerealiseerd. Als bijvoorbeeld een kunstwerk op technische eisen is afgekeurd maar de functie kan (deels) door andere kunstwerken worden overgenomen is het mogelijk het systeem met beperkte ingrepen (aan het betreffende kunstwerk en omliggende kunstwerken) voor langere tijd op orde te houden.

Doel van de casus is om de potentie te onderzoeken van een integrale beschouwing waarmee de kosten voor renovatie en vervanging van verschillende objecten op verschillende momenten in de tijd kunnen worden afgewogen tegen de maatschappelijke belangen en waarin invloed van de onzekerheid over toekomstscenario's voor bv. zeespiegelstijging is meegenomen. Het is een complex systeem met verschillende "draaiknoppen", en het is daarom een goede case om de potentie van systeemoverwegingen te toetsen.

Daartoe zijn in deze case studie adaptatiepaden op systeemniveau geschetst, en is gekeken naar de maatschappelijke gevolgen van die adaptatiepaden. Daarmee is de eis aan het object (in dit geval "leveren van een bepaald debiet per seconde") losgelaten. Zo kunnen ingrepen aan verschillende objecten op verschillende momenten (strategieën) worden vergeleken aan de hand van risico's op systeemniveau.



Figuur 4.4. Studiegebied casus IJmuiden (Bron: RWS, programma VONK)

In Figuur 4.5 is een indruk van de gevolgde aanpak gegeven:

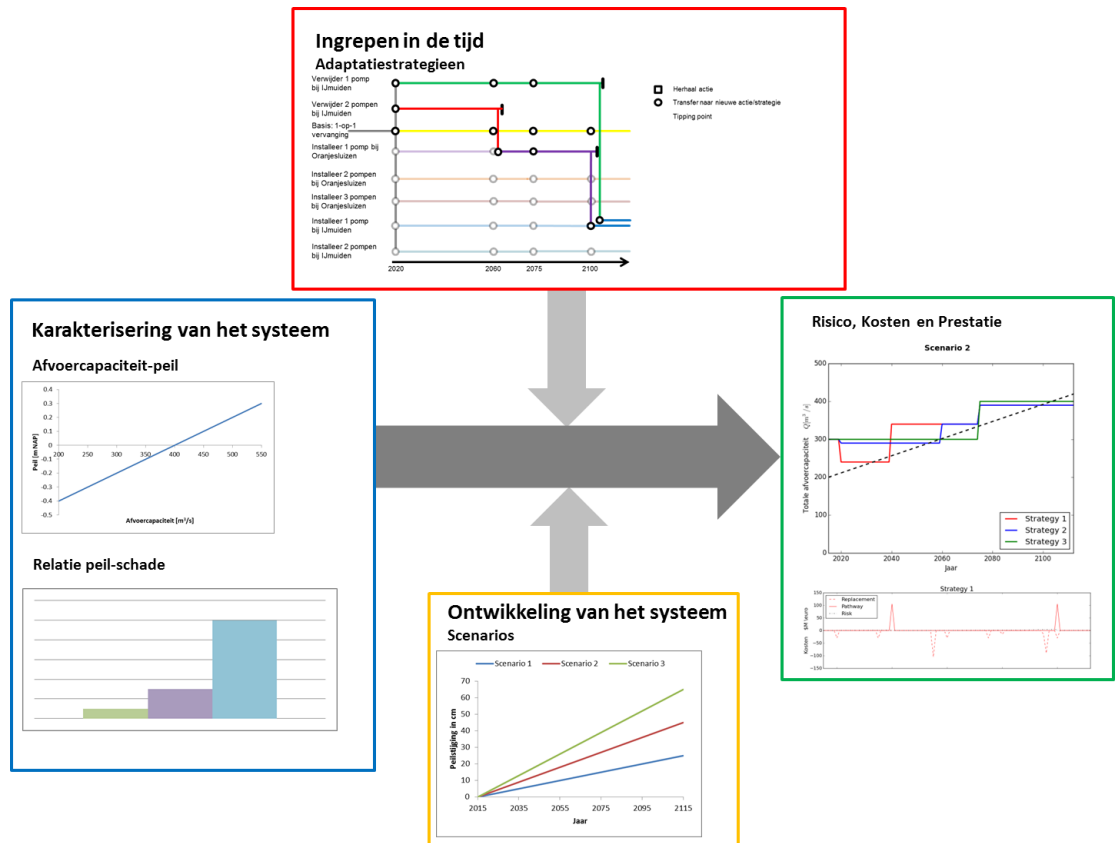
- Het verband tussen streefpeil en schade is afgeleid.
- Verschillende scenario's voor zeespiegelstijging zijn beschouwd.
- Verschillende adaptatiepaden zijn beschouwd.
- Vanuit het uitgangspunt dat in de levensduur altijd genoeg pompcapaciteit moet zijn, zijn de ingrepen in het systeem afgeleid en de daarbij behorende kosten bepaald.

Om de berekeningen beperkt te houden zijn vereenvoudigingen gedaan aan de schematisering van het systeem. Het is beschouwd als een kombergingssysteem zodat pompcapaciteit overal in het systeem een direct en ook hetzelfde effect heeft. De keuze van het streefpeil blijkt zeer van invloed op de totale kosten.

Die vergelijking is voor 3 mogelijke adaptatiepaden gedaan, elk met ingrepen aan de pompcapaciteit in het systeem. Er is in de adaptatiepaden rekening gehouden met de resterende levensduur van 10 relevante (pomp)objecten in het systeem, bij IJmuiden, de Oranjesluis, de Beatrixsluis, en het Gemaal te Gouda.

De 3 adaptatiepaden zijn doorgerekend voor 3 verschillende scenario's voor de zeespiegelstijging. De life cycle cost zijn uitgedrukt in de contante waarde van de kosten.

Als ervan uitgegaan wordt dat de 3 beschouwde toekomstscenario's een even grote kans van optreden hebben, blijkt in dit geval het adaptatiepad van een 1-op-1 vervanging (geel in de figuur) bijna de goedkoopste strategie (<1% verschil met het groen-blauwe adaptatiepad). In deze strategie is gekozen voor hoge investeringen en lage risico's. Als gekozen wordt voor een andere verhouding, dan kunnen vooral de investeringskosten lager uitvallen (ca. 10 – 15%). De maatschappelijke kosten van de strategieën verschillen onderling en per scenario wel fors, in de orde van 10-tallen procenten. Dit komt met name omdat de risico's fors kunnen verschillen.



Figuur 4.5 Aanpak kwantitatieve vergelijking adaptatiepaden

De conclusies kunnen als volgt worden samengevat:

- De integrale beschouwing leidt ten opzichte van het 1 op 1 vervangen tot een toename van het handelingsperspectief van beheerders. Er is duidelijk meer mogelijk dan een 1 op 1 vervanging van kunstwerken in het geval van einde technische of einde functionele levensduur. Kern van de potentie ligt in het centraal stellen van behoud van de systeemfunctie, in plaats van een object.
- De geïntegreerde systeem- en risico-gebaseerde aanpak is efficiënter door:
 - Risico's te nemen die maatschappelijke acceptabel zijn.
 - Te investeren op de juiste momenten en locaties.
 - Risico-gebaseerde normen te gebruiken als grondslag voor investeringen.
 Zonder die aanpak zouden er onnodige investeringen kunnen worden gedaan in bijvoorbeeld extra capaciteit bij IJmuiden.

Het blijft nodig om goed naar uitgangspunten te kijken. Met de gedane aannames blijkt dat de totale kosten zeer gevoelig zijn voor het gekozen streefpeil: relatief kleine overschrijdingen kunnen het risico snel laten oplopen. Daarom is de afleiding van een norm of peil-eis op basis van de effecten van peiloverschrijding, zeer belangrijk om op systeemniveau efficiënte beslissingen te kunnen nemen.

4.4 Kust – handelen vanuit de zorg voor meerdere functies

De Nederlandse kust is een asset van groot maatschappelijk belang. Hierbij is de vraag actueel of de uitvoering van zandsuppleties door Rijkswaterstaat nog beter afgestemd kan worden op de maatschappelijke wensen, met andere woorden of de levensduurkosten beter in evenwicht te brengen zijn met de risico's van falen.

Aanleiding voor de casus Kust was enerzijds een toenemende vraag om de asset management technieken ook op de kust toe te passen en anderzijds de steeds toenemende mogelijkheden (tools, data) om dit in het complexe kust systeem te kunnen doen. Hierbij moet de analyse een goede aansluiting geven bij het primaire proces van Kustlijnzorg.

Doel van de casus is om met een vergelijkende analyse te onderzoeken of de 'twee werelden' van asset management en Kustlijnzorg kunnen worden verbonden. Het doel is om ervaring op te doen met risico gestuurd asset management als denklijn om de doelmatigheid van het programma Kustlijnzorg in beeld te brengen en na te gaan of er optimalisatiekansen zijn.

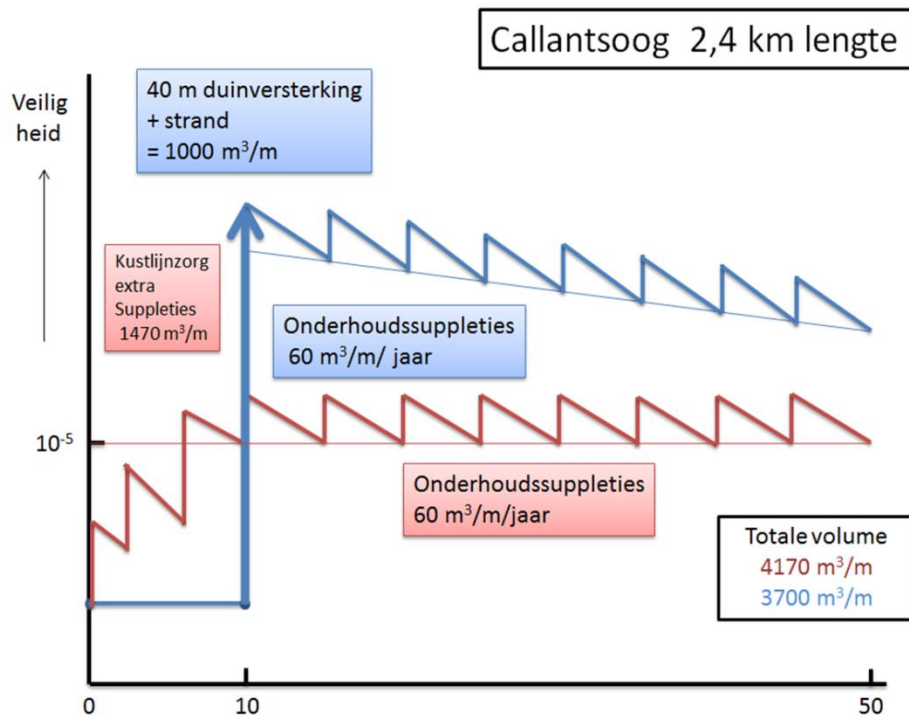
Er is gekeken naar 2 functies van de kust: veiligheid en recreatie. De Nederlandse zandige kust is ca. 300 km lang. Ca. 50 km daarvan wordt meer of minder intensief gebruikt voor recreatie. Er zijn kentallen voor kosten van suppleties en baten van recreatie en veiligheid gebruikt.

In de studie is op 3 schaalniveaus gekeken naar kosten en baten van kustonderhoud: de gehele Nederlandse kust, de Hollandse Kust en locatie Callantsoog als zwakke schakel:

- Op het schaalniveau van de gehele Nederlandse kust:
 - In het algemeen geldt dat voor de meeste kustvakken langs de Nederlandse kust de baten van het kustonderhoud positief zijn vanwege de vermeden kosten aan herstelwerkzaamheden van de kust en baten aan kustrecreatie.
 - De doelmatigheid van de suppleties in het Waddengebied kunnen niet worden aangetoond vanuit het kosten-batensaldo.
 - Op het schaalniveau van de Hollandse kust: de doelmatigheid van de zandsuppleties langs de Hollandse kust die in de jaren 2001-2012 werden uitgevoerd (kustlijnzorg plus zwakke schakels plus zandmotor) is voor 75% te verantwoorden uit de vermeden schade aan de zeewering (veiligheid) en baten voor recreatie. De overige 25% van het suppletievolume is niet direct te verantwoorden uit genoemde baten; hier liggen optimalisatiemogelijkheden die nader uitgewerkt kunnen worden.
 - Op het schaalniveau van de zwakke schakel Callantsoog: uit een specifieke vergelijking blijkt dat de kosten van een eenmalige kustversterking hoger zijn dan een geleidelijke versterking met kustlijnzorg, zie ook Figuur 4.6.

Er kunnen op grond van de casus een aantal conclusies worden getrokken:

- Een kwantitatieve risicoanalyse vanuit een asset management oogpunt levert aanvullende informatie die gebruikt kan worden bij het inschatten van de doelmatigheid van het programma Kustlijnzorg,
- Voor de Hollandse kust wordt een deel van de suppleties uitgevoerd op strekkingen waar zowel de veiligheid niet in het geding is als weinig baten uit recreatie aanwezig zijn. Een reductie van de kosten voor de Hollandse kust tot orde 25% wordt hier mogelijk geacht.

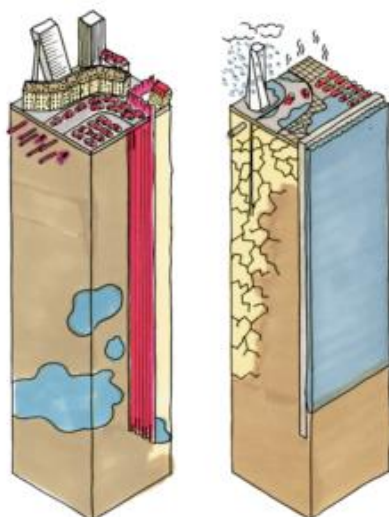


Figuur 4.6. Twee varianten van kust onderhoud: een eenmalige duinversterking gevolgd door regelmatige onderhoudssuppleties (blauw) en extra kustlijnzorg tot normniveau gevolgd door regelmatige onderhoudssuppleties (rood).

4.5 Ondergrond – handelen vanuit meerdere functies en beheerders

De ondergrond wordt steeds meer herkend en ingezet bij het oppakken van maatschappelijke opgaven en het vervullen van maatschappelijke behoeften.

In Nederland hebben we het dan over opgaven zoals klimaatverandering, watervoorziening en – veiligheid, voedselvoorziening, verstedelijking, gezonde leefomgeving, mobiliteit en transport, grondstoffen- en energievoorziening. Door toenemende druk op de ruimte en gebruik van de functies die de ondergrond biedt wordt de noodzaak tot ondergrondbeheer steeds belangrijker.



Figuur 4.7. Het diverse gebruik van de ondergrond noodzaakt tot assetmanagement aanpak

Vanwege onbekendheid met wat onder onze voeten allemaal aanwezig en mogelijk is (zie Figuur 4.7, worden functies vanuit de ondergrond nu nauwelijks ingezet. Er worden in het stedelijk gebied talloze projecten uitgevoerd waarbij het ruimtegebruik ervan in de ondergrond onbewust ten koste gaat van andere functies. Daardoor worden kansen gemist en er ontstaat in sommige gevallen schade. Voorliggende casus heeft in tegelstelling tot de andere in fase 1, geen kwantitatief karakter, maar verkend hoe het proces van assetmanagement er voor de inrichting van de ondergrondse ruimte uit kan zien.

Door met de bril van AssetManagement van de Ondergrond (AMO) te kijken, worden de waarde en het belang van de ondergrond voor het functioneren van de stad, nu en in de toekomst, duidelijk zichtbaar. Assetmanagement helpt om de waardering van de ondergrond een plek te geven in investeringsprogramma's die nu voor een aantal kapitaalgoederen vanzelfsprekend is. Er zijn verschillende redenen waarom AMO nu opportuun is:

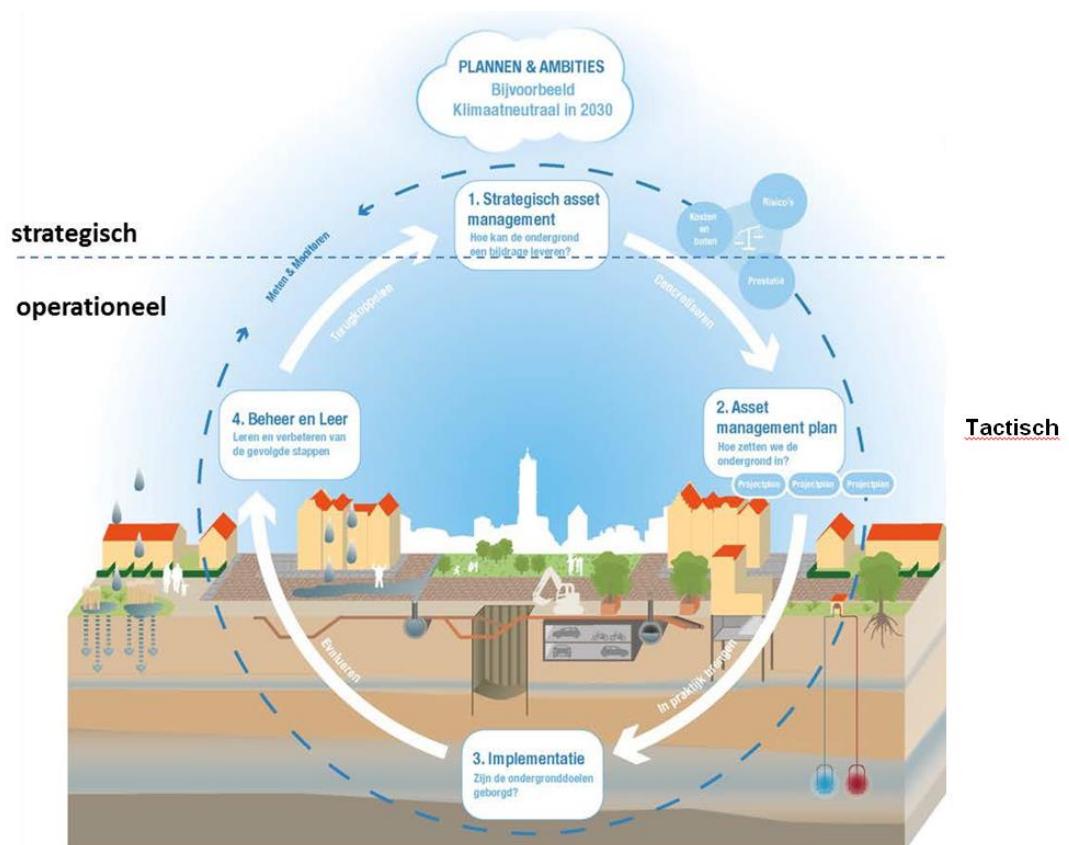
1. Door de decentralisatie komt verantwoordelijkheid voor ondergrondbeheer bij decentrale overheden te liggen. AMO kan gestructureerde methode bieden om hier invulling aan te geven;
2. Besparing: voorkomen kosten en vermeden baten (minder graaf- en hinderkosten en (faal)kosten);
3. Toenemende drukte in ondergrond het maken van afwegingen steeds lastiger wordt. Op basis van welke gegevens maak je keuzes? Het in kaart brengen van waarden, risico's en kosten kan beslissingen ondersteunen;
4. Asset management kan een taal bieden om beter tussen verschillende beleidsvelden, maar ook tussen verschillende managementlagen te overleggen en communiceren over de keuzes die gemaakt worden.

De resultaten van de casus worden uitgebeeld in Figuur 4.8. Het proces heeft een cyclisch karakter en is een specifiekere vorm van het algemene framework van ROBAMCI. Een cyclus begint op strategisch niveau, bij de plannen en ambities van de gemeente:

- In **stap 1** worden de doelen en ambities (maatschappelijke opgaven) van de organisatie verzameld en gekeken hoe de ondergrond kan bijdragen om deze doelen te halen. Wanneer dit het geval is, wordt dat vastgelegd in een Strategisch Asset management Plan (SAMP). Op het moment dat vastgesteld is wat de benodigde prestaties van assets zijn, moeten activiteiten worden uitgevoerd om hieraan te kunnen voldoen.
- Dit is het moment dat het asset management proces overgaat naar tactisch/operationeel niveau: Hoe we de ondergrond inzetten en waar, hoe beheer plaats gaat vinden, risico's worden beheerd en budget wordt ingezet wordt vastgelegd in **stap 2** in het Asset Management Plan (AMP). Omdat asset management in de meeste gemeentes nu niet is ingevuld voor de ondergrond, geeft het projectniveau handelingsperspectief om asset management van de ondergrond te gaan implementeren. Op projectniveau worden concrete plannen gemaakt en uitgevoerd.
- In **stap 3** worden de plannen in praktijk geïmplementeerd. Daarbij is het van belang om voor de ondergrond te blijven checken of de doelstellingen worden geborgd.
- **Stap 4** bestaat uit de onderdelen beheer en leer. Door middel van continu meten en monitoren wordt gecheckt of de vastgestelde functies en bijhorende assets nog voldoen aan de plannen en ambities van de organisatie en vice versa. Dit maakt het mogelijk om te leren en bij te sturen tijdens uitvoering, om zo uiteindelijk de organisatiedoelen zo goed en effectief mogelijk te bereiken. Evaluatie en terugkoppeling binnen verschillende stappen is essentieel voor de werking van asset management.

Het proces is kwalitatief op twee cases voor twee verschillende gemeenten toegepast. Conclusie is dat AMO op het juiste spoor lijkt te zitten door asset management te gebruiken voor ondergrondbeheer, maar er zijn nog een aantal worstelingen rond:

- **Verbinding tussen asset management niveaus.** Het is lastig om van strategisch naar tactisch/operationeel niveau te gaan. Op strategisch niveau ondergrondfuncties identificeren die bijdragen aan stedelijke doelstellingen is één ding, maar de doorwerking naar daadwerkelijke inzet in projecten is lastig. Dit vraagt om een andere manier van werken. Waarbij de beheerders en ondergrondskundigen meedenken bij de planvorming en waarbij meer in gebiedsbeheer wordt gedacht dan in losstaande projecten;
- **Denken in systeemfuncties.** Het is lastig om van objecten naar functies te gaan in asset management en in projecten. Vaak wordt worden projecten als business as usual opgepakt. Alternatieven onderzoeken vraagt om een helikopter blik en de mogelijkheid en wil om meekoppelkansen te zien. In veel projecten wordt dat gezien als extra werk, of de projectdynamiek leent zich niet voor een bredere blik, waardoor kansen niet verzilverd kunnen worden;
- **Doelstellingen SMART maken, meten en monitoren en leren.** Hoe realiseer je dat binnen een gemeente? De gemeente is niet ingericht op asset management van natuurlijke functies binnen gebieden, maar werkt vaak projectgericht. Ook dit vraagt om een andere manier van werken;
- **Inpassen van AMO in de huidige gemeentelijke omgeving.** Er zijn meerdere betrokkenen. Is het nodig om vanuit het management fiat te krijgen om AMO toe te gaan passen en de manier van werken drastisch aan te passen. Of kunnen we met kleine stapjes al aan de gang (laaghangend fruit)?
- **Taal.** Zoals aangegeven moet de bewoording/taal beter aansluiten/ herkenbaar zijn bij betrokkenen. Het oprichten van een Community of Practice "Asset Management van de Ondergrond" (CoP-AMO) is daarbij behulpzaam gebleken.



Figuur 4.8. Samenvatting van het proces

4.6 Casus Baggeren waterlopen Hollandse Delta

Aanleiding

Waterschap Hollandse Delta (WSHD) voert baggerwerkzaamheden uit met een vaste cyclus van 6 jaar. De totale kosten van deze baggercyclus zijn ongeveer 50 M€. Bij het baggeren wordt slib verwijderd zodat de watergang weer voldoet aan de afmetingen zoals vastgelegd in de legger.

Het baggeren heeft twee doelen die een directe relatie hebben met bedrijfswaarden van het waterschap: (1) het in stand houden van de afvoercapaciteit van de watergangen (waterkwantiteit) en (2) het op orde houden van de ecologie (waterkwaliteit). Daarnaast zijn er nog doelen voor het baggeren die een relatie hebben met functies ten bate van andere stakeholders dan het waterschap (bijvoorbeeld vaardiepte, recreatie of wateroverlast door gehinderde uitstroming vanuit de riolering).

Het waterschap heeft het bestuurlijk voornemen om over te gaan op risicogestuurd baggeren. De aanname is dat hiermee besparingen (of een betere prestatie tegen dezelfde kosten) zijn te realiseren, omdat enkel nog wordt gebaggerd wanneer dit vanuit de functionele eisen die gesteld worden aan de watergangen (bijvoorbeeld afvoercapaciteit, waterkwaliteit of vaardiepte) noodzakelijk is.

Door middel van een case studie in Spijkenisse (figuur 4.9) wil WSHD onderzoeken of de huidige cyclische benadering voor baggeren kosteneffectief is, of dat beter kan worden overgestapt naar een risicogestuurde aanpak.



Figuur 4.9. Studiegebied Spijkenisse

Doel

Het doel van de case studie was oorspronkelijk om drie baggerstrategieën voor Spijkenisse en omgeving te vergelijken op basis van kosten, prestaties en risico's. Dit zijn op hoofdlijnen:

1. Cyclisch baggeren met een vaste periode (dit is de huidige aanpak).
2. Risicogestuurd baggeren aan de hand van inspecties en monitoring, waarbij gebaggerd wordt als een kritieke waarde wordt overschreden.
3. Een combinatie van deze strategieën.

Gedurende de uitvoering zijn in overleg de te beschouwen strategieën aangepast. De reden is dat zowel voor wateroverlast/inundatie gebaggerd kan worden als voor waterkwaliteit/ecologie. Beide doelstellingen vragen een andere baggeraanpak en op voorhand is niet duidelijk waar welke benadering maatgevend is. De volgende situaties zijn doorgerekend:

- Voor wateroverlast/inundatie wordt niet gebaggerd waar de overlast optreedt, maar waar het verhang benedenstrooms te groot is vanwege teveel slib in de watergang. Doel van de baggerwerkzaamheden is het herstel van het doorstroomprofiel.
- Voor waterkwaliteit/ecologie is het doel van het baggeren het verwijderen van de sliblaag die worteling van waterplanten hindert en mogelijk troebelheid veroorzaakt. Er wordt dus gebaggerd op plekken waar de sliblaag te dik is en daardoor ter plaatse de ecologie hindert.

Vergelijking baggerstrategieën

Als noodzakelijke eerste stap voor een onderbouwde risicogebaseerde baggerstrategie is onderzocht in welke watergangen baggeren voor waterkwaliteit maatgevend is en in welke watergangen baggeren voor wateroverlast/inundatie. Hiervoor zijn met de Probabilistische Toolkit (PTK) van ROBAMCI de volgende berekeningen uitgevoerd:

- (0) Basisberekening zonder baggeren als referentie.
- (1) Berekening voor baggeren met vaste frequentie (= huidige aanpak).
- (2) Berekening met baggeren voor waterkwaliteit/ecologie en variabele frequentie.
- (3) Berekening met baggeren voor waterkwantiteit/inundatie en variabele frequentie.

Op basis van deze berekeningen is geëvalueerd of waterkwaliteit maatgevend is voor alle watergangen, of dat er ook watergangen zijn waar de functie ten aanzien van waterkwantiteit in het gedrang komt als waterkwaliteit leidend is.

Beschrijving ecologische systeemtoestand

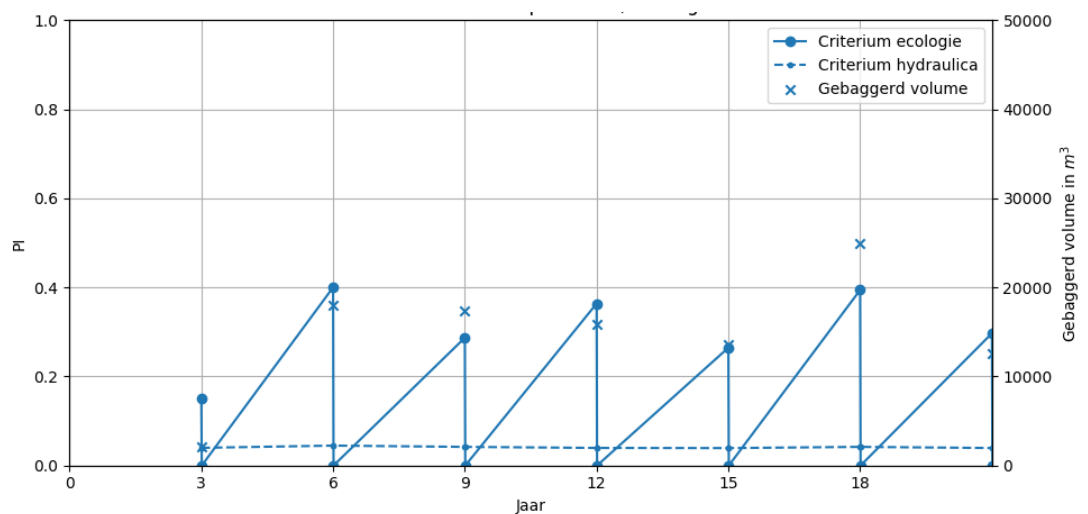
Voorafgaand aan de modelberekeningen is de ecologische systeemtoestand geïnterpreteerd op basis van metingen en waarnemingen. Dit vormt een afspiegeling van de werkelijke situatie inclusief slibaanwas en baggeringrepen. Hieruit blijkt dat er over het gebied grote verschillen zijn. In sommige watergangen groeien volop ondergedoken waterplanten, maar in de meeste watergangen zijn er nagenoeg geen. Ook zijn er ruimtelijke verschillen in de sturende factoren voor de waterkwaliteit (lichtklimaat, slib, etc.).

Ten aanzien van baggeren is de voorlopige conclusie dat in de watergangen op Putten baggeren vanuit waterkwaliteitsoogpunt in een deel van de gevallen wenselijk is, maar in andere watergangen niet nodig lijkt of zelfs onwenselijk is. Waarschijnlijk valt winst te behalen door het baggerbeleid beter af te stemmen op de lokale condities, zoals huidige ecologische toestand, waterkwaliteit, dimensies, hydrologie, slibaanwas en andere factoren (zoals doorzicht) die bepalend zijn voor de ecologische waterkwaliteit.

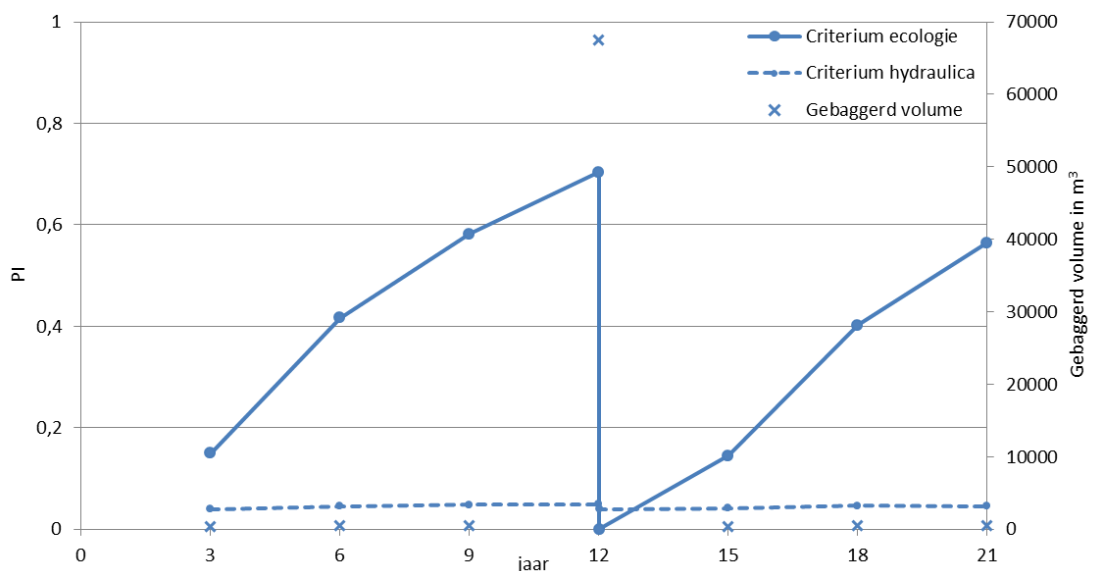
Resultaten modelberekeningen

Op de meeste locaties wordt als eerste het criterium voor ecologie overschreden. Voor het landelijk gebied geldt zelfs dat dit voor alle locaties maatgevend is. In stedelijk gebied blijkt dat op een beperkt aantal locaties wateroverlast maatgevender is dan ecologie. Dit kan samenhangen met een te krap watersysteem rondom die locaties, waardoor een aparte risicogestuurde baggeraankpak noodzakelijk kan zijn voor die systeemdelen. Het is ook mogelijk dat de meting van de drempelhoogte van de riooloverstort niet klopt. Advies is deze hoogtes goed te controleren in overleg met de gemeente Spijkenisse.

Het baggeren in de derde strategie ('baggeren voor waterkwantiteit/inundatie') is een stuk goedkoper dan in de tweede strategie ('baggeren voor waterkwaliteit/ecologie'). De prestatie van het systeem t.a.v. ecologie gaat er wel flink op achteruit (zie figuur 4.10 en 4.11). Strategie 2 is iets goedkoper dan strategie 1 (de huidige aanpak). Dit zou binnen de onzekerheidsmarge van de resultaten kunnen liggen, maar dat is niet getoetst. Wel geeft het aan dat optimalisaties mogelijk zijn in de baggerstrategie als een baggerfrequentie groter dan 1x per 6-7 jaar wordt gekozen. Hoeveel precies en in welke delen van het watersysteem zal met nieuwe berekeningen met de ROBAMCI tools getoetst moeten worden.



Figuur 4.10. Prestatie indicatoren per baggerronde, strategie 2



Figuur 4.11. Prestatie indicatoren per baggerronde, strategie 3

Conclusies

In tabel 4.1 zijn de rekenresultaten per strategie samengevat. Hieruit blijkt dat strategie 2 iets goedkoper is dan strategie 1 (ook in netto contante waarde). De verbetering in maximale afwijking van de gewenste prestaties is bij strategie 2 iets beter dan bij strategie 1, maar de verbetering in gemiddelde afwijking van de gewenste prestaties is juist bij strategie 1 iets beter dan bij strategie 2. Strategie 3 is veel goedkoper dan de andere twee, maar scoort veel slechter op prestaties.

Tabel 4.1 Kosten en prestaties per baggerstrategie

		Kosten (miljoen Euro)	Netto contant (miljoen Euro)	PI ecologie gem. (-)	PI ecologie max. (-)
Strategie 0	'niet baggeren'	0	0	0,62	0,83
Strategie 1	'huidig'	3,4	2,4	0,27	0,42
Strategie 2	'slibdikte/ecologie'	3,2	2,2	0,31	0,40
Strategie 3	'waterstand'	1,6	1,1	0,42	0,70

Op de meeste locaties wordt als eerste het criterium voor ecologie overschreden. Voor het landelijk gebied geldt zelfs dat voor alle locaties ecologie maatgevend is. Belangrijk aandachtspunt hierbij is wel dat de berekeningen zijn uitgevoerd voor een bui met een herhalingsstijd van 5 jaar.

In stedelijk gebied blijkt dat op een beperkt aantal locaties wateroverlast maatgevender is dan ecologie voor besluiten over baggeren. Het is verstandig om hier goed naar te kijken, omdat dit kan samenhangen met een te krap watersysteem rondom die locaties of met een verkeerd ingemeten drempelhoogte.

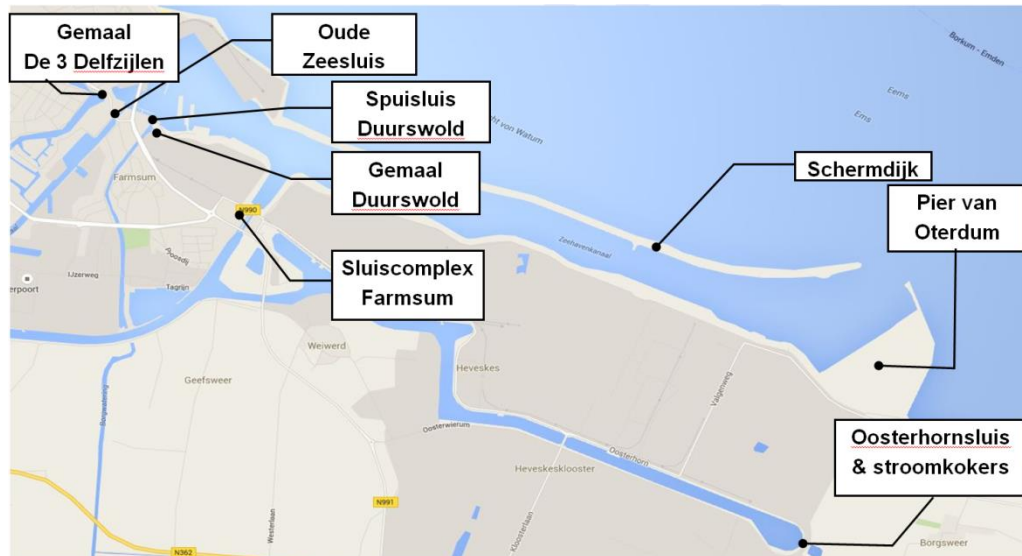
Het baggeren in de derde strategie is iets goedkoper dan in de tweede strategie zonder dat de prestatie van het systeem erop achteruit ging. Dit zou binnen de onzekerheidsmarge van de resultaten kunnen liggen, maar dat is niet getoetst. Wel geeft het aan dat optimalisaties mogelijk zijn in de strategie als een baggerfrequentie groter dan 1x per 6-7 jaar wordt gekozen. Berekeningen voor verdere optimalisatie zijn in het kader van ROBAMCI niet uitgevoerd.

4.7 Casus Zeehaventoegang Delfzijl

De onderzoeksvraag bij de zeeluis van Delfzijl was of de vervanging van de zeeluis, gelet op de verschillende functies van het watersysteem rondom Delfzijl, nu of in een later stadium op het MIRT (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport) zou moeten komen. In een eerder stadium was deze vraag ook aan de orde gekomen, waarbij alleen naar directe baten voor de scheepvaart was gekeken. Binnen het ROBAMCI onderzoek wordt gekeken of, indien er vanuit een systeemperspectief wordt gekeken er een meerwaarde kan worden aangetoond.

Het sluizencomplex van Delfzijl bij Farmsum bestaat uit een recreatiesluis en een zeeluis voor de beroepsvaart bij de overgang Eemskanaal naar de Waddenzee via de haven van Delfzijl. Gelet op groot onderhoud in 2014, is de verwachting dat de technische staat van de zeeluis nog tot 2050 voldoende is. De zeeluis en het Eemskanaal zijn onderdeel van de vaarweg Lemmer – Delfzijl, die geschikt wordt gemaakt voor klasse Va schepen en tweebaksduwvaart in gestrekte formatie. Bij voltooiing van deze werkzaamheden vormt de zeeluis bij Farmsum dan het laatste knelpunt voor passage van met name tweebaksduwvaart in gestrekte formatie.

Nabij het centrum van Delfzijl ligt de voormalige oude zeesluis, die nu een spuifunctie heeft. Ook het gemaal De Drie Delfzijlen, de spuisluis Duurswold en het gemaal Duurswold dragen bij aan de afvoer van water naar zee. Waterveiligheid in de omgeving wordt geborgd door de zeedijk tussen Eemshaven en Delfzijl die momenteel wordt versterkt, zie ook tabel 4.1.



Figuur 4.12: Overzicht waterkerende kunstwerken Delfzijl

Wensen en ambities

In workshops met regionale stakeholders zijn voor de waarden waarop het systeem invloed heeft een aantal wensen en ambities vastgesteld:

- Binnenvaart: meekomen met landelijke trend van grotere schepen, mogelijk maken van tweebaksduwvaart in gestrekte formatie, herstel van de concurrentiepositie.
- Recreatievaart: langs het centrum leiden om het maritieme karakter van Delfzijl te versterken, meer recreanten ('droog' en 'nat') te trekken en hiermee de leefbaarheid vergroten.
- Waterveiligheid: verlagen of verwijderen van de damwand aan de zeezijde van het centrum van Delfzijl om de ruimtelijke kwaliteit te verhogen en de waterveiligheid te borgen door een alternatieve maatregel.
- Waterkwaliteit: handhaven van het huidige niveau en waar mogelijk reduceren van de zoutindringing (met name in droge periodes).
- Wonen en werken: op dit moment is er in de gemeente Delfzijl een forse terugloop in het inwonertal en een hogere werkloosheid dan het landelijk gemiddelde. De ambitie is om deze trend tegen te gaan en de leefbaarheid voor de bewoners, werknemers en bezoekers op peil te houden. Het behoud van bestaande en stimuleren van nieuwe werkgelegenheid is hierin een belangrijke factor.

Projectalternatieven

Om invulling te geven aan de verschillende eisen en ambities zijn er, naast het handhaven van de referentiesituatie, een aantal projectalternatieven opgesteld (Tabel 4.2):

- **Alternatief 1:** Grotere sluis vlak naast huidige locatie bij Farmsum. De recreatievaart wordt verplaatst naar de oude zeesluis. Om dit mogelijk te maken wordt de spuifunctie naar de Pier van Oterdum verplaatst (buiten de haven), in combinatie met de ontwikkeling van zoet-zout natuur.
- **Alternatief 1-ZN:** Alternatief 1, zonder spuimiddel bij Oterdum maar met een spuifunctie bij de sluisen van Farmsum. Er wordt geen zoet-zout natuur gerealiseerd en de waterkwaliteit in Oosterhornhaven wordt niet verbeterd.

- **Alternatief 2:** Zeesluis wordt verplaatst naar het Zeehavenkanaal. De primaire kering wordt verplaatst naar de Schermdijk en Handelskade Oost, zodat de damwandconstructie in het centrum geheel kan worden verwijderd. De zeehaven wordt binnenhaven.
- **Alternatief 3:** In aanvulling op Alternatief 1 kan een stormvloedkering worden gerealiseerd in het Zeehavenkanaal, zodat de damwand in het centrum kan worden aangepast. De zeehaven blijft als zodanig bestaan.
- **Alternatief 3-ZN:** Ook Alternatief 1-ZN kan een uitbreiding krijgen door middel van een stormvloedkering, eveneens met als doel het verwijderen van de damwand uit het centrum.

Tabel 4.2: Projectalternatieven voor zeeluis Delfzijl

Alternatief 1 / 1 -ZN	
Alternatief 2	
Alternatief 3 / 3 -ZN	

Kosten en baten

In de Tabel 4.3 is het saldo van kosten en baten gepresenteerd van de verschillende alternatieven. Prijzen zijn in miljoen € en in contante waarde. In vergelijking met het referentiealternatief komt Alternatief 1-ZN het gunstigst uit de analyse. Vooral de verwachte baten voor de woningmarkt (reductie huidige trend in waarde vernietiging door sloop bestaande woningen), de scheepvaartsector en de uitgifte van haventerreinen zijn van belang. Alternatief 1, met een spuumiddel bij Oterdum, inclusief zoet-zout natuur, kost meer dan Alternatief 1-ZN, al zijn ook de baten iets hoger.

Alternatief 2 is een stuk duurder, terwijl de verwachte baten lager uitvallen, met name door de negatieve effecten voor de zeevaart. Dit is geen aantrekkelijk alternatief.

Alternatief 3, waarbij naast een grotere sluis een stormvloedkering wordt gerealiseerd, zal net als Alternatief 2 de vastgoedwaarde van woningen verhogen door de toename van de ruimtelijke kwaliteit. Die toename staat bij uitvoering op dit moment, niet in verhouding tot de noodzakelijke kosten. Mogelijk dat Alternatief 3 in de toekomst wel gunstig is, wanneer de opgave vanuit waterveiligheid sterk toeneemt. Op dit moment is deze afweging niet mogelijk. Duidelijk is dat Alternatief 2 met een zeeluis in het Zeehavenkanaal veel ongunstiger is dan Alternatief 3 met een stormvloed kering. Alternatief 3 kan ook op een later moment worden uitgevoerd bij een keuze voor Alternatief 1: de ruimtelijke ontwikkelingsmogelijkheden worden door Alternatief 1 niet wezenlijk beperkt.

Tabel 4.3: Saldo van de verschillende alternatieven in miljoenen € in contante waarde

Beschrijving	Alternatief 1	Alternatief 1-ZN	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 3-ZN
Nieuwe sluis bij Farmsum, inclusief bellenscherm	88	88		88	88
Spuimiddel in oude zeeluis Farmsum		17,5			17,5
Recreatiesluis	5	5		5	5
Aanpassing Damsterhaven	0,25	0,25		0,25	0,25
Nieuwe sluis in zeehavenkanaal, inclusief bellenscherm			300		
Aanpassing primaire kering			40	30	30
Spuimiddel in zeehavenkanaal			50		
Spuimiddel Oterdum en zoet-zout natuur	55			55	
Nieuwe stormvloedkering in zeehavenkanaal				100	100
Totaal Kosten	148	111	390	278	241
Vermeden kosten referentie	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8
Scheepvaart	27,9	27,9	(47,6)	27,9	27,9
Uitgifte industrieterreinen GSP	12,5	12,5	pm	12,5	12,5
Recreatievaart	5,1	5,1	2,5	5,1	5,1
Toerisme	13,8	6,9	6,9	13,8	6,9
Wonen	28,6	28,6	36,1	36,1	36,1
Zoet-zout natuur	pm			pm	
Waterkwaliteit	pm			pm	
Totaal Baten	123	116	33	130	123
Saldo van kosten en baten	-26	5	-357	-148	-118

De conclusie is dus dat er geen duidelijke voorkeur is voor het referentie alternatief, Alternatief 1 of Alternatief 1 – ZN. Het referentiealternatief en Alternatief 1-ZN scoren ongeveer gelijk. Alternatief 1 scoort in de analyse iets ongunstiger, maar hier zijn baten voor betere waterkwaliteit en zoet-zout natuur niet doorgerekend in de analyse (positieve pm posten).

De gevoeligheidsanalyse in Tabel 4.4 laat zien dat de rentabiliteit van de alternatieven samenhangt met de gekozen scenario's voor economische ontwikkelingen in Delfzijl. Vanwege het negatieve saldo van Alternatief 2 en Alternatief 3 is de gevoeligheidsanalyse alleen gemaakt voor de alternatieven 1 en 1-ZN. De baten variëren met name met de prognoses rondom groei van de scheepvaartsector en de daarmee gepaard gaande vraag naar industrieterreinen voor Groningen Seaports (GSP). De afname van het aantal inwoners van Delfzijl en de daarmee samenhangende afnemende vraag naar woningen is ook een belangrijke factor in de verwachte baten. In het lage scenario lijkt er een voorkeur te zijn voor de referentie vanwege de afnemende score voor de alternatieven, terwijl er bij een hoger groei scenario een duidelijke voorkeur is voor Alternatief 1 of Alternatief 1-ZN. Indien de zeeluis in 2030 vervangen wordt, zoals in de studie van 2007 was aangenomen, scoren de alternatieven veel beter. In dat geval zou Alternatief 1-ZN een positief saldo van € 20 miljoen ten opzichte van de referentie krijgen.

Tabel 4.4: Gevoeligheidsanalyse MKBA zeesluis Farmsum. Bedragen in miljoenen € in contante waarde

Beschrijving	Laag		Gemiddeld		Hoog	
	Alternatief 1	Alternatief 1-ZN	Alternatief 1	Alternatief 1-ZN	Alternatief 1	Alternatief 1-ZN
Onderhoud oude sluis Farmsum						
Nieuwe sluis bij Farmsum en spuimiddel, (NCW) in 2050						
Nieuwe sluis bij Farmsum, inclusief bellenscherm	88	88	88	88	88	88
Spuimiddel in oude zeesluis Farmsum		17,5		17,5		17,5
Recreatiesluis	5	5	5	5	5	5
Aanpassing Damsterhaven	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Nieuwe sluis in zeehavenkanaal, inclusief bellenscherm						
Aanpassing primaire kering						
Spuimiddel in zeehavenkanaal						
Spuimiddel Oterdum en zoet-zout natuur	55		55		55	
Nieuwe stormvloedkering in zeehavenkanaal						
Totaal Kosten	148	111	148	111	148	111
Vermeden kosten referentie	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8
Scheepvaart	20,8	20,8	27,9	27,9	38,6	38,6
Uitgifte industrieterreinen GSP	6,5	6,5	12,5	12,5	28,6	28,6
Recreatievaart	3,4	3,4	5,1	5,1	7,0	7,0
Toerisme	8,9	4,5	13,8	6,9	17,9	9,0
Wonen	19,4	19,4	28,6	28,6	38,3	38,3
Zoet-zout natuur	+ pm		+ pm		+ pm	
Waterkwaliteit	+ pm		+ pm		+ pm	
Totaal Baten	94	89	123	116	165	156
Saldo van kosten en baten	-54	-21	-26	5	17	45

De gevolgde methode van het analyseren van alle veranderingen in het watersysteem rondom Delfzijl laat zien dat een systeemaanpak meerwaarde heeft ten opzichte van een object-georiënteerde aanpak. In een eerdere studie, waarbij alleen gekeken werd naar de zeesluis en het effect op baten t.o.v. verhoging van de efficiency van de scheepvaart werd een sterk negatief saldo berekend van vergroting van de zeesluis. De systeemaanpak laat zien dat de baten veel breder zijn dan alleen baten van efficiëntieverhoging in de scheepvaart en dat interventies vanuit een systeemaanpak kansen bieden aan gebiedsontwikkeling. Interventies gericht op synergie tussen de verschillende componenten van meerdere functies hebben duidelijk grotere gezamenlijke baten dan interventies gericht op het functioneren van de individuele componenten.

4.8 Casus Gerichte rioolreiniging DWA-riolen Almere

In Nederland ligt circa 110.000 km riool. Het riool wordt gebruikt om:

- De volksgezondheid te beschermen door contact met afvalwater te voorkomen;
- Wateroverlast te voorkomen door overtollig regenwater af te voeren;
- Het milieu te beschermen door het afvalwater zoveel mogelijk te zuiveren.

Door het afvalwater vervuult de riolering. Om de transportcapaciteit van de riolen op peil te houden en verstopping te voorkomen worden riolen gereinigd. In heel Nederland (en daarmee ook in Almere) wordt gewerkt met vaste reinigingsfrequenties of gereageerd op incidenten (verstoppingen). Bij beide strategieën kunnen vraagtekens worden gezet ten aanzien van efficiëntie en effectiviteit.

In Almere treden vanwege de bodemopbouw ongelijkmatige zettingen op. Hierdoor is de afstroming van de riolering niet op alle plaatsen gewaarborgd. Op de plaatsen waar de afstroming niet gewaarborgd is, kan extra vuilophoping optreden.

In deze case zijn twee vragen onderzocht:

1. Is het mogelijk om op basis van zettingsgegevens te bepalen waar en wanneer het riool gereinigd moet worden?
2. Is het mogelijk om op basis van de zettingsgegevens de reinigingsstrategie van DWA riolen te optimaliseren?

Zetting als indicator voor reinigingsmoment

Sinds een aantal jaren verzamelt de gemeente Almere relatief veel informatie over de fysieke toestand van de riolering, de uitgevoerde rioolreinigingen en de opgetreden incidenten. Deze informatie is geanalyseerd en gecombineerd met informatie over zettingen. Op basis van deze informatie is het niet gelukt een verband aan te tonen tussen zettingen en incidenten. Dit betekent echter niet dat er geen verband is. De volgende oorzaken hebben de analyses beïnvloed waardoor een mogelijk verband niet aantoonbaar was:

- Het aantal klachten in Almere over het functioneren van de vuilwaterriolen is relatief beperkt. In de periode 2007-2014 zijn 851 klachten geregistreerd over het functioneren van het vuilwaterriool. Het relatief beperkte aantal klachten maakt het moeilijk om een statistisch significant verband aan te tonen.
- De klachten zijn geregistreerd op basis van postcode van de melder en niet op basis van de locatie van de oorzaak van de klacht. Dit maakt het koppelen van oorzaak (zetting) en gevolg (verstopping) moeilijk omdat de exacte locaties niet bekend zijn.
- Het verschil in gebiedstype. De gebieden in Almere zijn verschillend qua leeftijd, methode van bouwrijp maken en type ondergrond. Deze verschillen leiden tot verschillende verouderingsprocessen en dat bemoeilijkt de analyses.
- De hoeveelheid slib die uit de riolering wordt verwijderd wordt geregistreerd op wijkniveau. Dit is momenteel het hoogst haalbare, maar te grof voor nauwkeurige analyses.
- Een deel van de strengen (aandachtstrengen) worden al vaker gereinigd om verstoppingen te voorkomen. Dit beïnvloedt de analysesresultaten.

Sinds 2009 reinigt Almere de riolen voor het afvalwater frequenter dan voorheen, namelijk eens per drie jaar.

Bij elke reinigingsronde worden de zinkers drooggezet, volledig gereinigd en geïnspecteerd. De zinkers worden daarnaast ook jaarlijks doorgespoten. Uit de analyses is wel gebleken dat de aanpassingen in de reinigingsstrategie tot een afname van de meldingen heeft geleid. Daarnaast is uit de besprekingen met de gemeente Almere gebleken dat een toename van het aantal meldingen in een aantal wijken samenvalt met uitgestelde reinigingsactiviteiten.

Om in de toekomst betere analyses te kunnen maken is het noodzakelijk om de informatie over de hele levenscyclus van de riolering vast te leggen. Dit betreft zowel informatie over de aanleg, het onderhoud, de vervuiling en de meldingen. Daarnaast is het noodzakelijk om de registratie van meldingen verder te verbeteren en een terugkoppeling te maken met de uitgevoerde acties en de exacte locatie van de acties.

Optimalisatie van de reinigingsfrequentie van DWA-riolen

Omdat het niet mogelijk was om op basis van de beschikbare informatie een verband aan te tonen tussen zettingen en meldingen is gedurende het project de aanpak aangepast. Voor het rioleringsgebied "Muziekwijk" is op basis van theoretische aannames een analyse gemaakt van het effect van vervuiling op het huidige functioneren van de vuilwaterriolering. Vervolgens zijn verschillende reinigingsstrategieën vergeleken op basis van de kans op verstopping. Dit is de impact uitgedrukt in het aantal getroffen huishoudens en de beheerkosten.

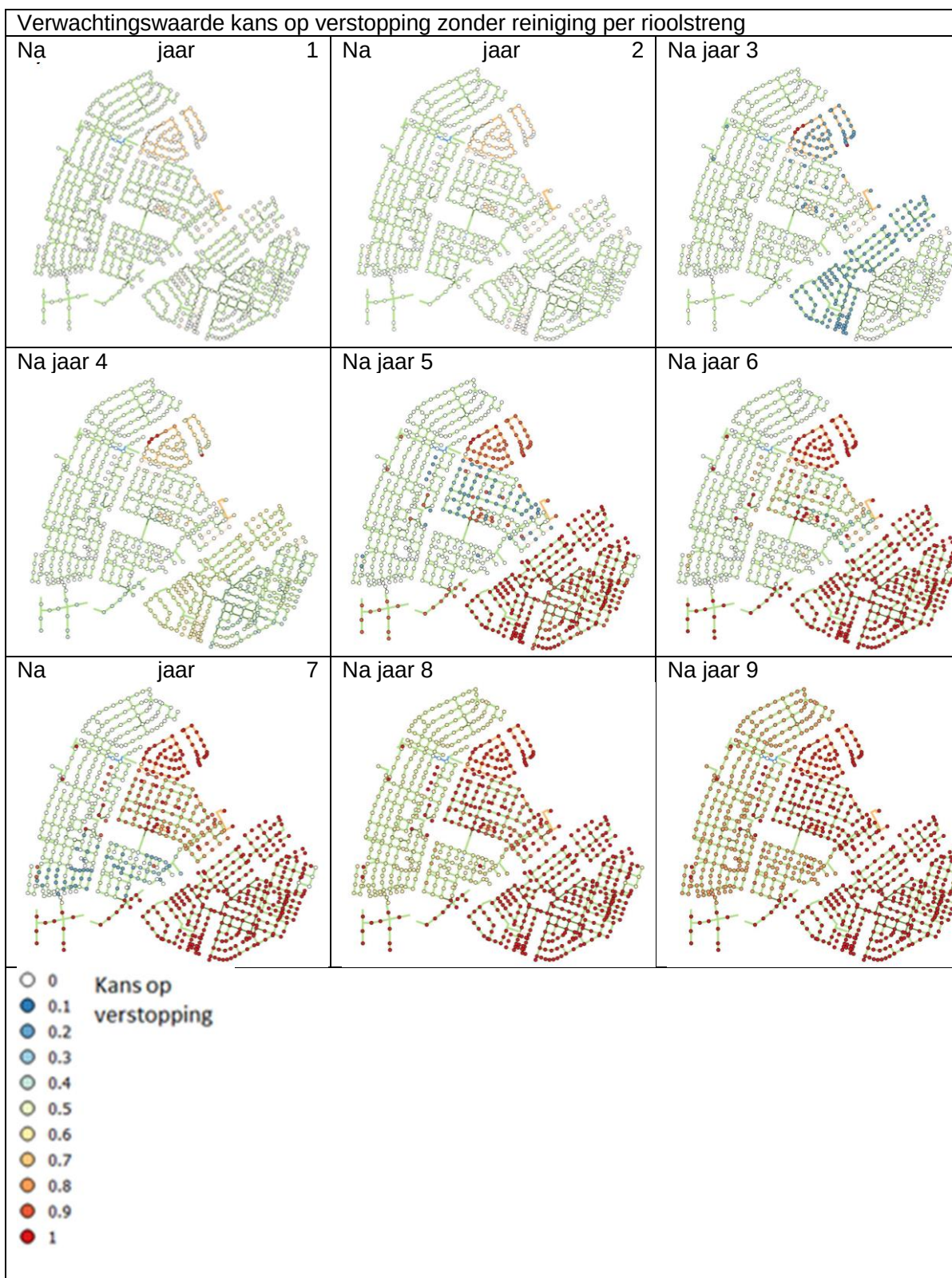
De reinigingsstrategieën verschillen van elkaar op de volgende punten en zijn weergegeven in tabel 4.5:

- Frequentie van reinigen: 2, 3, 4, of 6 jaar;
- Reinigingsomvang:
 - alle leidingen
 - leidingen met een diameter <250 mm
 - leidingen met verloren berging. N.B. De verloren berging in een rioolstelsel is het gedeelte van de riolering dat niet uit zichzelf leeg kan stromen. Het ontstaat doordat leidingen verzakken, of doordat bij de aanleg riolen onder tegenschot zijn aangelegd.
 - een combinatie van bovenstaande opties

Tabel 4.5 Reinigingsstrategieën

Code	Beschrijving reinigingsstrategie
Geen Beheer	Geen reinigingsstrategie: dit toont hoe en waar de problemen zich ontwikkelen door de jaren
B3	Elke 3 jaar alle buizen reinigen (huidige strategie)
B4	Elke 4 jaar alle buizen reinigen
B6	Elke 6 jaar alle buizen reinigen
B6 VB2	Elke 6 jaar alle buizen reinigen, elke 2 jaar de buizen met verloren berging reinigen
B6 VB3	Elke 6 jaar alle buizen reinigen, elke 3 jaar de buizen met verloren berging reinigen
B6 VBPLUS2	Elke 6 jaar alle buizen reinigen, elke 2 jaar de buizen met verloren berging en de buizen kleiner dan 250 mm reinigen
B6 VBPLUS3	Elke 6 jaar alle buizen reinigen, elke 3 jaar de buizen met verloren berging en de buizen kleiner dan 250 mm reinigen

Voor alle reinigingsstrategieën zijn de kosten en baten bepaald over een periode van 9 jaar. Om rekening te houden met de onzekerheid in de vervuilingssnelheid zijn voor elk jaar 25 scenario's met verschillende vervuilingssnelheden doorgerekend. De vervuilingssnelheden zijn random getrokken binnen een vooraf gedefinieerde bandbreedte. Op basis van de uitkomsten van de modelberekeningen is de kans op verstopping en de verwachte impact van de verstoppingen berekend (zie als voorbeeld figuur 4.13). De impact bestaat uit de kans op verstopping vermenigvuldigd met het aantal getroffen huishoudens. Daarnaast zijn de beheerkosten van de verschillende strategieën in beeld gebracht.



Figuur 4.13 Jaarlijkse kans op verstopping zonder reiniging gedurende 9 jaar.

Aangenomen dat de theoretische aannames kloppen, dan blijkt uit de uitgevoerde analyses dat de gemeente Almere momenteel een vrij conservatieve (weinig risico's) reinigingsstrategie hanteert. Sinds 2009 heeft de gemeente de reinigingsfrequentie opgevoerd tot minimaal eens per 3 jaar (aandachtsriolen vaker). Hierdoor is het aantal meldingen verminderd en de impact van mogelijke verstoppingen is na 3 jaar relatief beperkt.

Voor Muziekwijk is op basis van de gebruikte theoretische getallen bepaald wat de verwachte effecten zijn van gedifferentieerde reinigingsstrategie (Tabel 4.6). Bij de twee meest veelbelovende alternatieven worden de leidingen met een diameter kleiner dan 250 mm of met verloren berging om de 2 of 3 jaar gereinigd. De overige leidingen worden elke 6 jaar gereinigd. Bij de eerste variant (B6 VB2 alles reinigen om de 6 jaar en een deel om de 2 jaar) neemt de kans op verstopping af en zijn de kosten 20% lager ten opzichte van de strategie waarbij alle riolen met dezelfde frequentie worden gereinigd. Bij de tweede variant (B6 VB3 alles reinigen om de 6 jaar en een deel om de 3 jaar) neemt het risico op verstoppingen iets toe en zijn de kosten circa 30% lager ten opzichte van de strategie waarbij alle riolen met dezelfde frequentie worden gereinigd.

Tabel 4.6 Resultaten per reinigingsstrategie na een periode van 6 jaar

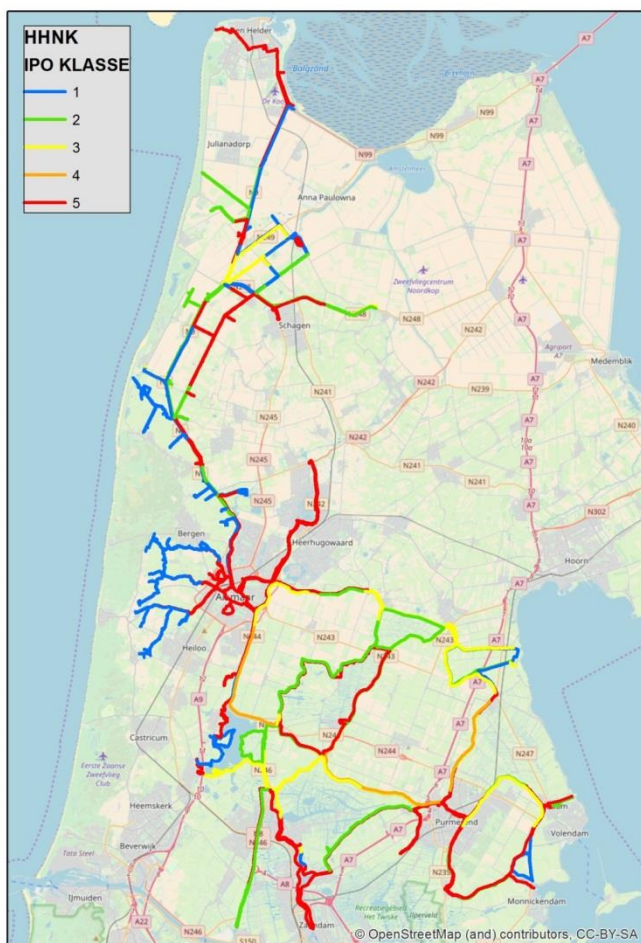
Resultaten per reinigingsstrategie na een periode van 6 jaar			
Strategie	Kans op verstopping na 6 jaar [%]	Verwachte aantal getroffen huishoudens na 6 jaar [-]	Totale reinigingskosten na 6 jaar [Euro]
Geen Beheer	52%	10.645	0
B3	3%	516	112.000
B4	30%	4.308	56.000
B6	50%	10.288	56.000
B6 VB2	14%	2.925	81.000
B6 VB3	17%	3.525	69.000
B6 VBPLUS2	0.4%	79	92.000
B6 VBPLUS3	4%	872	74.000

De huidige reinigingsstrategie van Almere (B3, basis frequentie van 3 jaar voor alle vuilwaterriolen, hogere frequentie aandachtsriolen) lijkt op basis van de uitgevoerde analyse een effectieve strategie om verstoppingen te voorkomen. Op basis van de uitkomsten van de berekeningen is echter de verwachting dat verdere optimalisatie van de reinigingsstrategie t.a.v. de verhouding tussen kosten, risico's en prestaties mogelijk is.

Voordat de beschreven strategie daadwerkelijk geïmplementeerd kan worden is het belangrijk om meer inzicht te krijgen in de vervuilingssnelheid van de verschillende rioolleidingen. Geadviseerd wordt om het komende jaar /de komende jaren de vervuilingssnelheid in beeld te brengen door middel van een monitoringsprogramma. Daarnaast wordt geadviseerd meer aandacht te besteden aan het registreren van meldingen en de gegevens die van invloed zijn op de kwaliteit van de riolering.

4.9

Deze casus betreft de vergelijking van 3 strategieën voor versterking (verhoging) van waterkeringen binnen de jurisdictie van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). De casus richt zich op de ruim 1.000 km regionale waterkeringen van de Schermerboezem die het polderlandschap en hierin liggende dorpen en steden beschermen tegen overstroming vanuit de grote kanalen/boezems (Figuur 4.14). Deze waterkeringen verzakken door bodemdaling en inklinking, waardoor hun prestaties op het gebied van hoogwaterbescherming afnemen en het risico toeneemt. De snelheid van de zetting is geschat, maar is onzeker, grotendeels als gevolg van onzekerheid in de ondergrondse bodemsamenstelling. Elke dijktraject binnen het portfolio heeft een veiligheidsnorm (IPO-klasse), die wordt gegeven als een maximaal acceptabele faalkans. De normen zijn zodanig afgeleid dat ze overeenkomen met aanvaardbare risiconiveaus, die zijn berekend als onderdeel van een nationale overstromingsrisicobeoordeling.

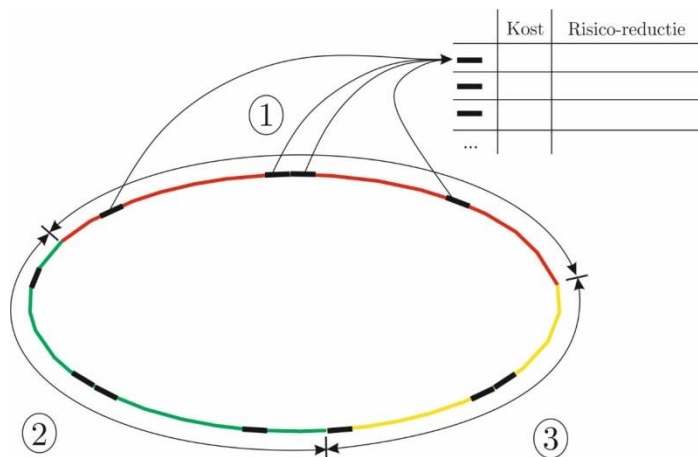


Figuur 4.14 *IPO klassen voor de regionale waterkeringen bij HHNK (van de Schermerboezem)*

In deze casus komen 3 aspecten aan de orde, die bepalen wanneer en op welke wijze een waterkering wordt versterkt:

1. Momenteel is de beslissing om de regionale waterkeringen van HHNK te verhogen gebaseerd op een criterium dat niet direct is gekoppeld aan de veiligheidsnorm, namelijk: wanneer de kering onder maalstoppeil + waakhoogte daalt, komt deze in aanmerking voor een project (verhoging). Maalstoppeil (MSP) is het waterpeil waarbij pompen van polder naar boezem niet langer is toegestaan, en wordt verondersteld een zeldzaam (extreem) waterniveau te zijn. Waakhoogte (WH) is een buffer die wordt toegewezen om rekening te houden met golven. Het probleem met deze aanpak is dat de beheerders het daadwerkelijke risico niet kunnen vaststellen, waardoor het onduidelijk is of hun investeringen in dijkverhoging een groot of klein risico afdekken.
2. Wanneer een dijk moet worden verhoogd, wordt dit in de huidige systematiek gedaan als een groot Verbetering Boezemkades (VBK) project, dat substantiële vergunningen vereist en waarin een versterking de levensduur krijgt van 30 jaar, rekening houdend met een geschatte autonome bodemdaling (zetting). Er zijn voordelen aan een overgang naar onderhoud-gebaseerde dijkverhoging, waarbij de levensduur korter is (~15 jaar). De voordelen van deze strategie zijn de volgende: het vergunningen traject is eenvoudiger, er is minder (snelle) zetting als gevolg van minder ophoging, en de beheerders houden meer gevoel met de toestand van hun dijk, omdat ze vaker terugkomen. Op basis hiervan werd verondersteld dat de op onderhoud gebaseerde strategie meer kosteneffectief is dan de huidige strategie, maar er was geen tool of methode om die hypothese te kunnen beoordelen.
3. Er is interesse in alternatieve dijkverbeteringsmethodes en bijbehorende verbeteringsritmes (life cycle) voor plekken waar verhogingen nodig zijn, maar waar weinig tot geen ruimte is om een dijk te verbreden om de stabiliteit te garanderen. Hiervoor zijn vaak damwanden gebruikt die voor een langere periode worden ontworpen. In deze casus, kijken we naar een alternatieve methode: DMC (dike monitoring and conditioning). Het DMC systeem gebruikt metingen om de waterspanning in een dijk te bewaken en bij te sturen door het onttrekken of toevoeren van water in de dijk door middel van een buizensysteem. De vraag is of de life-cycle-efficiëntie van het DMC systeem op kan tegen traditionele damwanden.

In deze casus is een methode ontwikkeld voor het risico-gebaseerd afwegen van drie verschillende strategieën voor het verhogen van regionale waterkeringen, waarmee bovengenoemde aspecten kunnen worden afgewogen: (1) de huidige dijkverhogingsstrategie, (2a) de op risico gebaseerd strategie met grote projecten, en 2b) de op risico-gebaseerde strategie met onderhoudsprojecten. De risico-gebaseerde methode beschouwt het risico voor het hele systeem, en kiest elk jaar (indien het risico te hoog wordt door bodemdaling) de meest effectieve dijktrajecten om te verhogen, om het risico weer onder de norm te brengen (Figuur 4.15). De methode houdt rekening met onzekerheid van de autonome bodemdaling (zakkingen). De methode is in een tool gebouwd waarmee de kosteneffectiviteit van de drie strategieën beoordeeld is. De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in tabel 4.7.



Figuur 4.15 Illustratie van een keringsysteem met drie gevolgtrajecten, waarbij elk gevolgtraject meerdere dijkvakken bevat die te laag zijn gezakt. De kosten en risico-reductie van elk gevolgtraject wordt berekend om te beslissen welk traject als eerst wordt verhoogd.

Tabel 4.7 Mediane kosten voor een periode van 100 jaar, in MEuro's, voor de drie strategieën, en voor twee waarden van de rentevoet.

Berekening	Beschrijving	Rentevoet	Investeringsen (uitgaven, mediaan) [M€]	Investeringsen + Risico (uitgaven, mediaan) [M€]
$S1_0$	Hoogte: MSP + WH	0,0%	688	6855
$S2_0$	Risico: Grote projecten	0,0%	629	722
$S2b_0$	Risico: Onderhoud	0,0%	523	618
$S1_{2,5}$	Hoogte: MSP + WH	2,5%	177	1707
$S2_{2,5}$	Risico: Grote projecten	2,5%	172	203
$S2b_{2,5}$	Risico: Onderhoud	2,5%	131	162

De resultaten van de casus leiden tot de volgende conclusies:

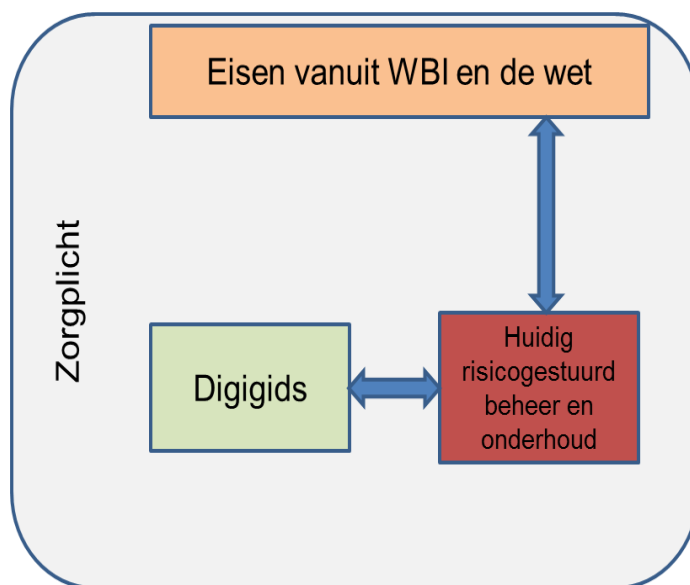
- Het risico niveau met de huidige strategie van dijkverhogingen is hoger dan men had verwacht;
- De huidige strategie voor dijkverhogingen is het duurste, maar ook het minst effectief (hoogste risico);
- De risico-gebaseerde onderhoudsstrategie met levensduur van 15 jaar (ipv grote projecten met een levensduur van 30 jaar) is meest gunstig;
- Het gebruik van het DMC systeem is even effectief als een damwand, en kan dus een optie zijn wanneer er andere voordelen van DMC worden gezien;
- De absolute waarden van de kosten en de risico's van de strategieën zijn vrij gevoelig voor de keuze van de rentevoet, maar het resultaat – welke strategie het meest effectief is – blijft hetzelfde.

Samengevat: met de ROBAMCI aanpak en tools kunnen we verschillende strategieën vergelijken voor het beveiligen van de Schermerboezem tegen overstromen, op basis van risico's. Tevens kunnen we een onderbouwde planning maken om op de juiste locatie, op de juiste moment de juiste investering te doen.

4.10 Casus Risicogestuurd Inspecteren Oesterdam

Met de overgang naar het nieuwe Wettelijke Beoordelings Instrumentarium (WBI2017) worden de primaire keringen eens in de twaalf jaar in detail getoetst. Met de invoering van de zorgplicht is de beheerder verantwoordelijk voor het beheersen van het risico voor de hoogwaterfunctie middels het aantoonbaar treffen van de benodigde maatregelen zijnde beheer, onderhouden en inspectie.

In deze case is voor de Oesterdam de vraag beantwoord of de huidige visuele inspectie gebaseerd op de Digigids geschikt is om aan te tonen dat de Oesterdam aan de veiligheidseisen voldoet. Het doel van de case is om voor de Oesterdam te komen tot een duidelijker samenhang tussen de eisen vanuit het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium (WBI), de middelen voor inspectie vanuit de Digigids en de nu door de beheerder (RWS) gehanteerde aanpak van risicogestuurd inspecteren en het daaraan gekoppelde onderhoud. Daarnaast is er geïnventariseerd of de visuele inspecties op basis van de Digigids leiden tot voldoende inzicht in het functioneren van de kering of dat aanvullende metingen/inspecties noodzakelijk zijn om de veiligheid te kunnen garanderen.



Figuur 4.16 Relatie zorgplicht, WBI, Digigids, en beheer en onderhoud

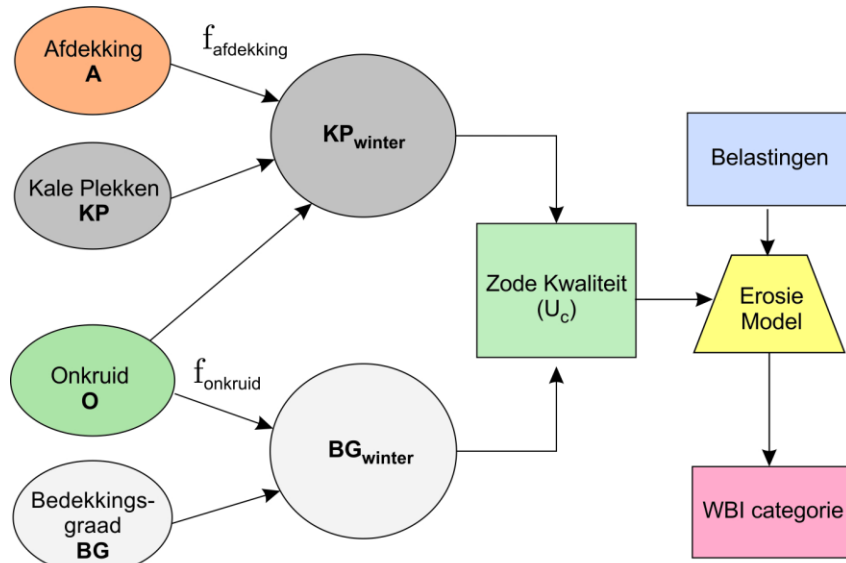
Voor het toetsspoor 'graserosie buitentalud' en meer in het bijzonder het deelmechanisme 'erosie door golfoploop' is voor vier schadebeelden onderzocht hoe visuele inspectie gekoppeld kan worden aan de WBI beoordelingscategorieën. De volgende vier schadebeelden zijn in de beschouwing meegenomen:

- Afdekking;
- Kale plekken;
- Onkruid;
- Bedekkingsgraad.

Erosie door golfoploop wordt in WBI2017 beoordeeld met behulp van het erosiemodel "cumulatieve overbelastingmodel". Hieruit blijkt dat met name de kwaliteit van de graszode bepalend is voor de beoordeling van het toetsspoor grasbekleding buitentalud – golfoploop. In WBI2017 wordt met de termen "gesloten", "open" en "fragmentarisch" een indicatie gegeven voor de kwaliteit van de grasmat en daarmee de erosiebestendigheid van de bekleding. Voor de Oesterdam hebben we voor twee representatieve doorsnede profielen met het cumulatieve overbelastingmodel getoetst of de grasbekleding aan de norm voldoet voor "gesloten", "open" en "fragmentarische" grasmat.

Hieruit blijkt dat voor de Oesterdam de grasbekleding voldoet aan de norm in het geval van een gesloten of een open zode. Fragmentarische graszoden moeten te allen tijde voorkomen worden, aangezien dan niet meer aan de veiligheidsnorm voldaan wordt.

Met deze kennis is de uitdaging vervolgens om op basis van inspectiegegevens aan te kunnen tonen dat de graszode tijdens het winterhalfjaar (stormseizoen) niet zal verslechteren tot fragmentarisch (afkeuring op basis van WBI beoordeling), zie figuur 4.17, waarin $f_{\text{afdekking}}$ en f_{onkruid} de verouderingsprocessen in het winterhalfjaar beschrijven. Echter de Digigids classificeert de kwaliteit van de grasmat niet als “gesloten”, “open” of “fragmentarisch”, maar als “goed”, “redelijk”, “matig” of “slecht”. De schadebeelden uit de Digigids blijken daardoor niet 1-op-1 te relateren te zijn aan de WBI beoordelingscategorieën. De belangrijkste constatering in deze case is dan ook dat de visuele inspecties op basis van de Digigids niet afdoende zijn voor de beheerder van de Oesterdam om aan te tonen dat aan de zorgplicht voldaan wordt.



Figuur 4.17 Schematische weergave verbanden schadebeelden en WBI categorie

In deze case is een voorstel gedaan tot verbetering van de visuele inspectiemethode en een model om de inspectieresultaten te vertalen naar een waterveiligheidsoordeel, zie figuur 4.17. Door de visuele inspectie te koppelen aan WBI beoordelingscategorieën kan de beheerder door middel van inspectie aantonen dat de kering voldoet aan de veiligheidseisen en dat daarmee aan de zorgplicht voldaan wordt.

In het achtergrondrapport (Tijssen et al, 2018) zijn eisen opgesteld waaraan visuele inspecties (voor de vier beschouwde schadebeelden) moeten voldoen om een eenduidige uitspraak te kunnen doen over de zodekwaliteit van de grasbekleding. De volgende variabelen moeten worden geregistreerd bij de visuele inspectie (per 25 m²):

- Datum inspectie.
- Locatie inspectie.
- Lengte en breedte afdekking.
- Lengte en breedte kale plekken.
- Percentage onkruid dat verspreid aanwezig is over het oppervlak.
- Lengte en breedte van ieder cluster onkruid, indien aanwezig.
- Bedekkingsgraad als percentage tussen 0% en 100%.

De aanpak is toepasbaar op andere schadebeelden en faalmechanismen. Op dit moment zijn de verouderingsparameters nog niet op expert judgement of waarnemingen gebaseerd. Door structureel de visuele inspecties uit te voeren volgens bovenstaande aanpak, ontstaat onderbouwend materiaal om de verouderingsparameters op basis van deze waarnemingen (en eventueel in combinatie met expert judgement) te bepalen.

Inspectieteamand	Afdekking		Kale Plekken		Onkruid (verspreid)		Onkruid (geclusterd)		Bedekkingsgraad
	Lengte (cm)	Breedte (cm)	Lengte (cm)	Breedte (cm)	Verspreid? (1/0)*	Percentage	Lengte (cm)	Breedte (cm)	Percentage
6 juni	100	30	15	10	1	10	20	10	95
	10	6	10	20					
					* 1 = ja, 0 = nee				
Bedekkingsgraad:	open								
Kale Plekken:	gesloten								
Combined Zode:	open								
WBI categorie:	A+								
Kleurcode									
	waarneming inspectie invullen (indien van toepassing)								
	geen waarde invullen								
	berekende resultaat								

Expertinvoer					
Drempel	20	area (cm^2) above which an open spot is considered a 'kale plek'			
Onkruid factor	1	fraction of onkruid that becomes open in the winter			
Maand #	Afdekking factor	Naam maand			
1	0.05	januari			
2	0.05	februari			
3	0.05	maart			
4	0.05	april			
5	0.05	mei			
6	0.05	juni			
7	0.05	juli			
8	0.05	augustus			
9	0.05	september			
10	0.05	oktober			
11	0.05	november			
12	0.05	december			

Deltares

Afdeking (nu)		Kale plekken (obv Afdeking_nu)				Kale Plekken				Onkruid (verspreid)	Onkruid (clusters)				Bedekkingsgraad
Grootte (cm2)	Grootte (cm2)	Boven drempelwaarde?	Groter dan 15x15 cm2?	Aantal plekken groter dan drempelwaarde	Grootte (cm2)	Boven drempelwaarde?	Groter dan 15x15 cm2?	Aantal plekken groter dan drempelwaarde	Percentage (berekening)	Grootte (cm2)	Boven drempelwaarde?	Groter dan 15x15 cm2?	Aantal plekken groter dan drempelwaarde	Percentage	
3000	150	1	0	1	150	1	0	2	10	200	1	0	1	95	
60	3	0	0		200	1	0			0	0	0			
0	0	0	0		0	0	0			0	0	0			
0	0	0	0		0	0	0			0	0	0			
0	0	0	0		0	0	0			0	0	0			
Berekeningen															
Aantal kale plekken (winter)															
Aantal kale plekken (winter) > 15 cm x 15 cm															
KP (winter) 0															
BG (winter) % 85															
KP interpretation															
0 max 5 kale plekken of NO MORE than 15 cm x 15 cm (I did NOT include the area that this relates to (1 m2), or the criterion that no more than 5 in 25 m2) -> gesloten zode															
1 more than 5 kale plekken OR at least one more than 15 cm x 15 cm -> fragmentarische zode															

Figuur 4.20 Tabblad modelberekeningen

Het advies aan Rijkswaterstaat is om een werkgroep samen te stellen die de huidige inspectienormen en richtlijnen in één handboek samenvat. Voor een juiste input voor dit handboek wordt geadviseerd het opgestelde model binnen deze case uit te breiden met alle schadebeelden en andere faalmechanismen, zoals genoemd in de Digigids en WBI2017. Door dit voor alle schadebeelden te doen, is direct de koppeling met de waterveiligheid gemaakt en kan de beheerder bij een correcte registratie van de inspectiegegevens het risico op functieverlies van de assets aantoonbaar beheersen en inspectie-intervallen afstemmen op verouderingssnelheden.

Met de juiste registratie van de juiste parameters en het regelmatig en met een vast interval inspecteren kan ook een stap worden gezet naar een meer gedetailleerde risicoanalyse van de Oesterdam. Op basis daarvan kan vervolgens gedifferentieerd worden in inspectie-intervallen voor verschillende secties. Risicovolle secties kunnen dan vaker geïnspecteerd worden dan secties met weinig risico. Ook deze aanpak kan in het handboek opgenomen worden.

4.11 Casus Risicogestuurd beheer bij vervuiling en zetting van hemelwaterriolen Almere

De hemelwaterriolen in Almere hebben als functie om wateroverlast te voorkomen door overtollig regenwater af te voeren. De capaciteit van de hemelwaterriolen neemt in de loop van de tijd af door onder andere:

- Vervuiling van de riolen door inspoelend straatvuil en inspoelend zand bij openstaande verbindingen;
- Zetting van het maaiveld, waardoor de drooglegging (verschil tussen het [maaiveld](#) en het [polderpeil](#) aangeduid) afneemt en het maximaal beschikbare verhang tussen maaiveld en oppervlaktewaterpeil vermindert.

Om de afvoercapaciteit van de hemelwaterriolering op peil te houden en hinder, overlast en schade te voorkomen is onderhoud noodzakelijk. Vaak is dit onderhoud gebaseerd op vaste onderhoudsfrequenties of wordt gereageerd op incidenten (verstoppingen). Bij beide strategieën kunnen vragen gesteld worden over de efficiëntie en effectiviteit.

Hemelwaterriolen worden in Almere elke 12 jaar gereinigd en geïnspecteerd. Om onnodig beheer te voorkomen schouwt de gemeente de riolen voordat deze gereinigd worden. In deze case is onderzocht of er kansen liggen om het reinigen van de hemelwaterriolen te optimaliseren.

Voor de wijken Muziekwijk en Waterwijk-Oost is onderzocht in welke mate de gevolgen van veroudering van de HWA-riolen (zetting en vervuiling) gecompenseerd kunnen worden door het aanpassen van de beheerstrategie en of door rekening te houden met de risico's, de (meer)kosten van de aangepaste beheerstrategie beperkt kunnen worden.

Hiervoor zijn de volgende activiteiten/deelonderzoeken uitgevoerd:

- Opstellen van een risicomatrix voor de gemeente Almere.
- Overzicht maken van de optredende zettingen in Almere.
- Bepalen van de effecten van zettingen en vervuiling op het functioneren van de HWA-stelsel.
- Bepalen van de kritieke leidingen in de HWA-stelsels.
- Bepalen van “hotspots”, waar water op straat grotere negatieve gevolgen heeft.
- Opstellen van beheerstrategieën.
- Analyseren van de kosten en baten van de beheerstrategieën.

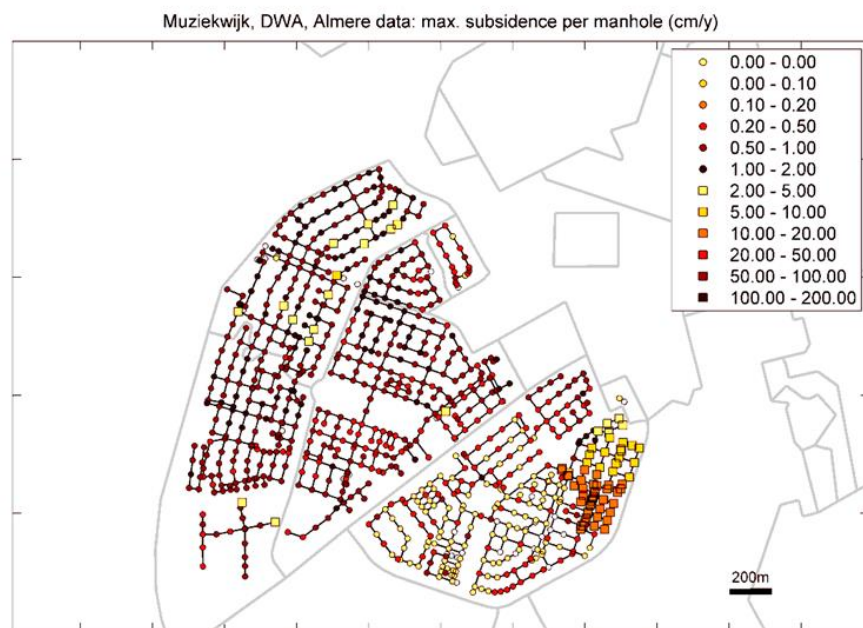
Zettingen

Het eerste deel onderzoek dat is uitgevoerd is voor het project gebied is een analyse gemaakt van de opgetreden zettingen. Deze gegevens zijn gebruikt als input voor de modelberekeningen.

Figuur 4.21 geeft een overzicht van de opgetreden zettingen in Muziekwijk in Almere

Voor de zettingsanalyse is gebruik gemaakt van drie data bronnen: (1) metingen van de putdekselhoogtes afkomstig van de gemeente, (2) AHN (Actueel Hoogtebestand Nederland) data, (3) satelliet metingen (SkyGeo). De belangrijkste conclusies van deze analyse zijn:

- De zettingen over de jaren heen zijn niet constant, maar variëren in de tijd. Dit geldt zowel voor Muziekwijk als voor Waterwijk.
- De zettingen per wijk kunnen ruimtelijk sterk verschillen. In Muziekwijk is deze variatie het sterkst aanwezig, in Waterwijk in iets mindere mate.
- Zettingen berekend op basis van de door de gemeente gemeten putdekselhoogtes worden het meest betrouwbaar geacht, omdat deze veel meer lijken op zettingen op basis van het AHN dan zettingen op basis van satellietmetingen (SkyGeo).



Figuur 4.21 Maximale zetting per putdeksel in Muziekwijk voor de jaren 1998-2017 (zettingen > 10 cm/jaar zijn niet meegenomen in de analyse)

Effecten van zettingen en vervuiling op de riolering

Het effect van ongelijkmatige zetting en/of vervuiling op het hydraulisch functioneren van de regenwaterriolering in 2050 is bepaald ten opzichte van de huidige situatie (2018).

De aanpak op hoofdlijnen is als volgt. Het HWA-stelsel van Almere is gemodelleerd. De referentiesituatie (situatie 2018) is doorgerekend met een ontwerp-bui. De periode van 2018 tot 2050 is vervolgens in 16 rondes van elk 2 jaar doorgerekend. Dit is gelijk aan de terugkeerperiode van de ontwerp-bui.

Om vervuiling van de riolen op de juiste manier mee te nemen in de modellering is met de 25 jaar neerslagreeks van het KNMI uit de Bilt een analyse uitgevoerd van de stroomsnelheden in de tijd per buis. Op basis van deze uitkomsten is bepaald hoe vaak de buis schoonspoelt als gevolg van hevige neerslag. Als de buis niet schoonspoelt, dan is in het model opgenomen dat deze leiding eens per 12 jaar (mechanisch) gereinigd wordt.

De ROBAMCI tools doen bij elke herhaling van de berekening een aanpassing in het model ten aanzien van de vervuiling, de zetting of een combinatie van beide. De volgende situaties zijn opgenomen in de analyse: de volgende aanpassingen aan het Sobekmodel:

1. Zetting: De ROBAMCI tool trekt voor elke put een onafhankelijke zetting uit de zettingstochast van de betreffende wijk en verwerkt dit in het model door het maaiveld ter hoogte van een put te verlagen.
2. Vervuiling: De ROBAMCI tool trekt voor elke buis waar slibaangroei kan optreden een jaarlijkse slibaangroei uit een uniforme kansverdeling. De aanname is dat de aangroei jaarlijks tussen de 0 en 3 cm kan bedragen. De slibaangroei is verwerkt in het model door de buisdiameter te verkleinen.
3. Combinatie: De ROBAMCI tool voert de handelingen voor zetting en vervuiling tegelijk uit.

Voor elke doorgerekende situatie is voor elke put de gemiddelde maximale hoeveelheid water op straat (m^3) en de bijbehorende standaarddeviatie bepaald. Op basis van de gemiddelden en de spreiding is het 90%-betrouwbaarheidsinterval rondom de kans op water op straat bepaald voor een gegeven jaar (bijvoorbeeld 2050).

De belangrijkste conclusies uit deze analyse zijn:

- Zetting van het maaiveld leidt tot een afname van de drooglegging. Hierdoor neemt de kans van water op straat toe. De mate waarin deze kans toeneemt, verschilt per wijk.
- Vervuiling zorgt voor dichtslibben van de rioolbuizen, waardoor de afvoercapaciteit afneemt. Hierdoor neemt de kans van water op straat toe. De mate waarin deze kans toeneemt, verschilt per wijk.
- Door de combinatie van zetting en vervuiling nemen zowel de afvoercapaciteit als de drooglegging af, waardoor de kans op water op straat versterkt wordt ten opzichte van de afzonderlijke effecten. De mate waarin deze kans toeneemt, verschilt per wijk.
- De invloed van zetting is kleiner dan de invloed van vervuiling voor de toename in de kans op water op straat.
- Als gevolg van de optredende stroomsnelheden tijdens neerslaggebeurtenissen spoelen delen van het stelsel regelmatig schoon. Met name de "aorta's" (hoofdleidingen naar uitstroompunten) van de stelsels worden schoongespoeld. De doodlopende uiteinden worden niet schoongespoeld.

Kritische elementen en locaties

Een regenwaterstelsel bestaat uit een (groot) aantal putten en leidingen. Voor het functioneren van de riolering zijn niet alle leidingen even belangrijk. In de kwaliteitseisen die gesteld worden aan leidingen en het daarbij behorende onderhoud maakt de gemeente Almere momenteel geen onderscheid tussen leidingen op basis van belangrijkheid.

Differentiatie in kwaliteitseisen en onderhoud van leidingen op basis van dit criterium levert mogelijk efficiency winst op.

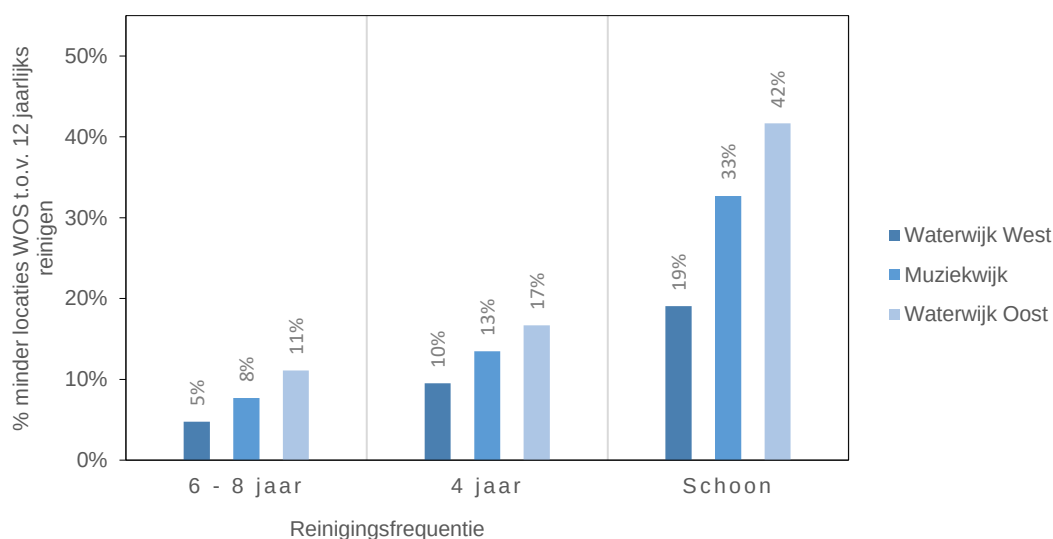
Daarom zijn de leidingen in Muziekwijk en Waterwijk-Oost geordend op basis van de mate van belangrijkheid. De mate van belangrijkheid kan gebruikt worden als input voor de onderhoudsstrategie. Aan leidingen die belangrijk zijn voor het functioneren kunnen hogere eisen gesteld worden dan aan de andere leidingen. Hogere eisen kunnen vervolgens leiden tot een hogere reinigingsfrequentie.

De belangrijkste conclusies uit deze analyse zijn:

- Voor het functioneren van de riolering zijn de volgende leidingen het belangrijkste.
- Leidingen richting gemalen (voor DWA-stelsel).
- Leidingen richting uitstroompunten (voor RWA-stelsel).
- Leidingen die, als ze geblokkeerd raken, ervoor zorgen dat bepaalde putten of gebieden geïsoleerd raken van uitstroompunten.
- De ontsluitingswegen zijn de meest kritische locaties in de beschouwde wijken. In Muziekwijk zijn meerdere risicolocaties voor stremming van hoofdautowegen en wijkontsluitingswegen.

Beheerstrategieën

Op basis van de uitkomsten van de uitgevoerde analyse is een voorstel gedaan voor een aangepaste reinigingsstrategie van de hemelwaterstelsels in Almere. Uit de analyses is gebleken dat door de optredende stroomsnelheden tijdens heftige buien de “aorta’s” van de riolering schoonspoelen. Als de gebruikte aannames kloppen gaat de opbouw van vervuiling dermate snel dat een hoge reinigingsfrequentie nodig is om wateroverlast tegen te gaan (zie onderstaande figuur 4.22). De figuur laat zien dat de kans op water op straat 19 – 42% kleiner is als de hemelwaterriolen schoon (net gereinigd) zijn in vergelijking met de situatie dat het riool 12 jaar niet gereinigd is. Na vier jaar niet reinigen is de kans op water op straat nog maar 10-17% kleiner en na 6-8 jaar 5-11%. Daarnaast laten de analyses zien dat de doodlopende strengen niet schoonspoelen en bij blokkades relatief kritisch zijn.



Figuur 4.22 Effect van het aanpassen van de reinigingsfrequentie op het aantal locaties met water op straat

Op basis van de uitkomsten van de analyse zijn de belangrijkste conclusies voor de beheerstrategieën:

- Voor het optimaal laten functioneren van het hemelwaterstelsel moet de vervuiling van doodlopende strengen worden tegengegaan. Dit kan door:
 - Aanpassing in de reinigingsstrategie
 - Aangepast beheer van de straatkolken

- Zettingen zorgen enerzijds voor een toename van de kans op water op straat, maar anderzijds voor een afname van de kans op water in woningen en gebouwen.
- Als gezakte straten waterrobuust worden ingericht, kunnen ze worden gebruikt als waterberging. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn:
 - Blijven beschermen van de volksgezondheid door actief tegengaan van foutaansluitingen.
 - Het verweken van wegfundering moet voorkomen worden vanwege stabiliteit. Hiermee moet bij de inrichting van de openbare ruimte rekening worden gehouden door te zorgen dat water zo kort mogelijk in de wegfundering blijft staan.
 - De stad moet tijdens extreme neerslag toegankelijk blijven voor hulpdiensten.

Met het huidige onderhoud vallen alle leidingen in de laagste risicocategorie. De daarbij behorende faalkosten nemen daardoor niet af als het onderhoud wordt aangepast. Door het aanpassen van de onderhoudsstrategie neemt het risico van water op straat af (circa 15% minder putten waar water op straat wordt berekend), maar met de gebruikte methodologie is dit niet te vertalen naar een vermindering van de faalkosten. De onderhoudskosten in combinatie met de faalkosten zijn qua orde van grootte gelijk voor de verschillende strategieën.

De hemelwater riolen worden nu nadat ze gereinigd zijn altijd geïnspecteerd. Als de combinatie reinigen inspecteren wordt losgelaten nemen de kosten logischerwijs af. Als inspectie in de eerste 2 reinigingsrondes na aanleg (jaar 12 en 24) achterwege wordt gelaten (dus pas riolen inspecteren als ze 36 jaar oud zijn) zullen de jaarlijkse kosten afnemen met circa 10%. De risico's nemen dan weliswaar iets toe, maar de aanname is dat de eerste twee inspectie rondes niet zo veel toevoegen als het riool goed is aangelegd. De reden is dat het riool dan nog niet op de helft van de verwachte levensduur zit.

4.12 Regionale waterkering Alphen aan de Rijn

In het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland liggen veel regionale waterkeringen die naast waterkeren ook andere functies dienen, zoals wegtransport, vaarwegtransport, recreatie en natuur. Het systeem bestaat dan uit meerdere objecten (assets), zoals een dijklichaam, weg, vaarweg, beschoeiing/damwand, fietspad. De verschillende assets hebben tevens verschillende beheerders. Aan de hand van een pilot is in kaart gebracht welke voor- en nadelen verschillende strategieën hebben voor beheer en onderhoud voor de gehele levensduur van assets voor de verschillende functies rondom regionale keringen.

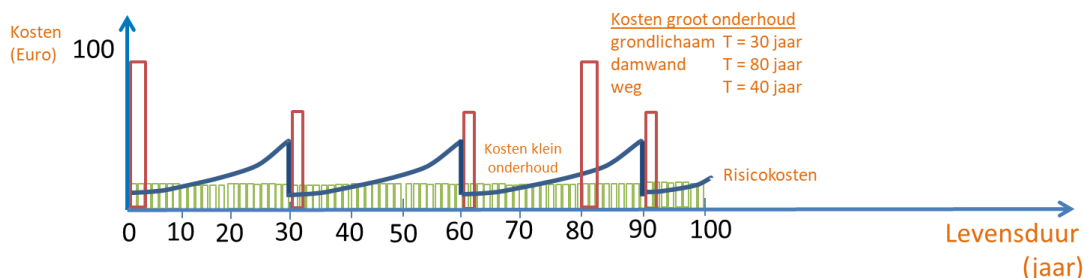
De pilot richt zich op de kade van de Zuid- en Noordpolder langs de Oude Rijn (tussen de kruising met het Aarkanaal in het westen tot aan Zwammerdam in het oosten). In de huidige situatie dient het dijklichaam een waterkerende functie. Het vaarwegprofiel van de Oude Rijn wordt middels een beschoeiing of damwand in stand gehouden. Deze damwand is niet aangebracht om als waterkering te dienen. Op het dijklichaam ligt een asfaltweg. Het dijklichaam is in beheer bij het hoogheemraadschap, de vaarweg bij de provincie en de weg bij de gemeente.

Een overstroming van de Oude Rijn bij toetspeil (een waterstand die met een kans van 1/1000 per jaar voorkomt) veroorzaakt waterdieptes tussen de 0,5 en 2,0 meter in de Zuid- en Noordpolder. Het gebied rond de Molentocht is lager gelegen, waardoor de waterdieptes toenemen tot circa 4 meter. Bij een overstroming worden ca 1200 inwoners getroffen (natte voeten) en is de economische schade in de orde van 115 miljoen Euro.

Aanpak

De totale maatschappelijke kosten worden voor de 3 mogelijke strategieën vergeleken. Het principe van deze maatschappelijke kosten is in onderstaande figuur 4.23 geschetst: levensduurkosten voor aanleg en onderhoud voor alle componenten worden samen met de risicokosten van een overstroming opgeteld tot een virtueel bedrag.

Dit bedrag representeert de levensduurkosten, en maakt het mogelijk om strategieën met verschillende investeringsritmes onderling te vergelijken. De in de tijd benodigde investeringen worden verdisconteerd tot virtuele kosten in het heden en opgeteld tot levensduurkosten die nodig zijn om de functie in stand te houden. Gelet op de levensduur van de damwand (ca 100 jaar) is een periode van 200 jaar gekozen voor het beschouwen van alle levensduurkosten.

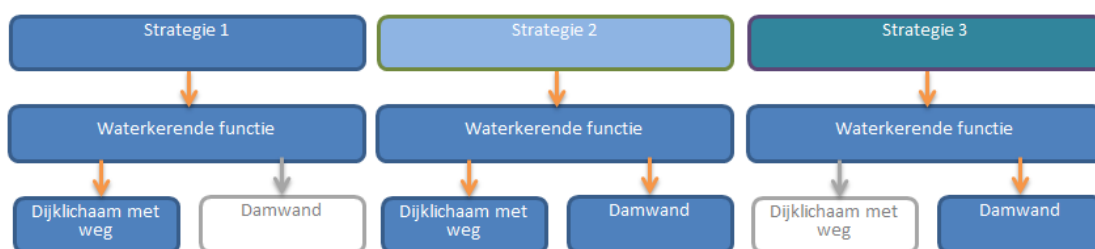


Figuur 4.23 Het principe van deze maatschappelijke kosten in de levensduur

berekening van de levensduurkosten en risico's zijn als volgt samen te vatten. Uit de actuele kruinhoogte, en de verwachte zetting, wordt het verloop van de kruinhoogte in de tijd bepaald. Uit de kans op het optreden van waterstanden, en vereiste toeslagen daarop, wordt dit vertaald in een faalkans van de dijk op elk moment gedurende de levensduur, en in risico's. Op het moment gedurende de levensduur dat deze kans groter wordt dan het vereiste veiligheidsniveau, moet de dijk worden verbeterd. De ingrepen worden zodanig gedimensioneerd dat de dijk gemiddeld eens per 30 jaar wordt verbeterd. Uit de samenstelling van alle ingrepen gedurende de levensduur worden de geprognoseerde levensduurkosten en -risico's bepaald.

Strategieën en levensduurkosten

In onderstaande figuur 4.24 zijn de 3 strategieën geschetst voor het voldoen aan de waterkerende functie, met in blauw de componenten die voor de waterveiligheid zorgen. Strategie 1 representeert de referentie, de huidige aanpak.



Figuur 4.24 Overzicht van de 3 beschouwde strategieën.

De strategieën zijn vergeleken voor 2 systeemtoestanden bij aanvang: a) de componenten op orde, en b) de componenten hebben nog een restlevensduur. Voor beide varianten is zowel een deterministische als een probabilistische berekening gemaakt. In onderstaande tabel 4.8 zijn de resultaten samengevat, waarbij voor de probabilistische berekeningen alleen de verwachtingswaarde (mediaan, 50% percentiel) is gepresenteerd. In geel zijn de maatschappelijk laagste kosten voor een variant aangegeven. De verdeling van de kosten over de betrokken stakeholders is in alle drie de strategieën verschillend. In de tabel zijn de investerings- en onderhoudskosten voor het waterschap tussen haakjes aangegeven. In groen is in elke rij de strategie gegeven met de laagste kosten voor het waterschap. Dat is in alle gevallen de referentie strategie: de huidige aanpak.

Tabel 4.8 Samenvatting resultaten

Systeemtoestand op T=0	berekeningsvariant	Strategie 1 (referentie)	Strategie 2	Strategie 3
a) Systeem op orde brengen	Deterministisch	41,3 (7,8)	40,6 (20,6)	39,7 (14,8)
	Probabilistisch (50%p)	40,8 (7,0)	40,4 (18,5)	37,0 (13,2)
b) Status quo – uitnutten toestand	Deterministisch	31,9 (1,1)	32,2 (14,0)	39,7 (14,8)
	Probabilistisch (50%p)	29,8 (0,8)	28,0 (11,2)	36,5 (13,0)

Als besloten wordt dat het systeem eerst op orde wordt gebracht, dus dat damwand en dijk direct op ontwerpniveau worden gebracht, dan is strategie 3, waarin de damwand de waterkerende functie geheel overneemt, 9% goedkoper dan de referentie.

Als besloten wordt het systeem in de huidige situatie nog zoveel mogelijk uit te nutten, dan komt de investering pas veel later in de tijd, en is strategie 2 interessant, waarin damwand en dijklichaam samen de waterkerende functie opnemen. Deze is 6% goedkoper dan de referentie, en 23% goedkoper dan strategie 3.

Strategie 1 (de referentie / huidige aanpak) is alleen optimaal als we onzekerheden zouden negeren en uitgaan van een deterministische berekening, en als we het systeem uitnutten. De kosten wijken overigens minder dan 1% af van strategie 2, dus dit is niet onderscheidend te noemen.

Andere prestatie-effecten

Daarnaast is ook gekeken naar de met verschillende strategieën samenhangende verantwoordelijkheden en juridische en bestuurlijke afhankelijkheden die daarmee ontstaan. De strategieën zijn met een multicriteria analyse tegen elkaar afgewogen. Enerzijds op meetbare criteria, zoals de kosten en risico's en de veiligheidsprestatie. Anderzijds op een heel aantal niet-meetbare criteria en prestaties, zoals integraliteit / mee koppelkansen, beschikbaarheid gegevens, inpassing, landschaps-/ecologische en cultuur-historische waarden, flexibiliteit, en duurzaamheid. Hieruit blijkt dat strategie 2 het beste scoort.

Conclusies

- Als de kosten voor het waterschap het belangrijkste criterium is, dan is de huidige strategie het meest optimaal (de betrokken overheden zorgen individueel voor de instandhouding van de functie onder hun verantwoordelijkheid), in combinatie met het uitnutten van het gehele systeem.
- Als we kiezen voor minimalisatie van de maatschappelijke kosten en risico's leiden tot strategie 2 (de gehele veiligheidsfunctie laten opvangen door de combinatie van dijk en damwand), in combinatie met het uitnutten van het systeem.
- De maatschappelijk optimale varianten leiden tot een efficiëntie van 5-10%. Belangrijk hierin is de toestand van de damwand en de vervangingsstrategie daarvan. Als de levensduur van de damwand nog enkele decennia zou zijn, worden de systeemlevensduur kosten teruggebracht tot ca 25%. Deze optie past bij een keuze voor strategie 2 of 3.
- De strategieën hebben een verschillend risicoprofiel omdat de restveiligheid in de tijd voor een damwand en voor een dijk verschillen. De risico's van strategie 3 zijn ca 50% van de risico's bij strategie 1.
- Uitnutten lijkt wel een erg belangrijke optie. Alle uitstel door bijvoorbeeld een scherpere inschatting van de status quo, is direct zeer batig. Meer informatie over de status quo, in combinatie met bijvoorbeeld een beoordeling op maat levert in potentie besparing op.

- De probabilistische analyses laten een zeer grote spreiding zien in de resultaten van de kosten en risico's over de levensduur, ze kunnen ca 50% groter en kleiner zijn dan de mediane waarde. Voor een meerjaren begroting waarin een strategie op portfolioniveau wordt opgenomen zal deze spreiding weer voor een deel uitmiddelen richting de mediane waarde.
- De prestaties die niet eenvoudig in geld uit te drukken zijn leiden, via een multicriteria analyse waarin ook de kosten en risico's zijn betrokken, tot strategie 2 (veiligheidsfunctie wordt geleverd door dijk en damwand). Deze strategie biedt de beste kansen voor mee koppelen, inpassing, behoud van waarden en adaptiviteit.
- De kwaliteit van de analyse is hoog, alhoewel de kwaliteit van de gebruikte invoer kan worden verhoogd. De vergelijking tussen de strategieën wordt slechts beperkt door de invoer beïnvloed, zoals blijkt uit de gevoeligheidsanalyse met de zettingssnelheid.
- De gepresenteerde participatie- of samenwerkingsladder biedt inzicht in hoe de strategieën scoren in termen van samenwerking. Strategie 1 zit heel laag op die ladder, strategie 3 hoog. Idealiter, als alle stappen in de ladder zijn benut, worden kennis, middelen en capaciteit gedeeld en wordt ook de samenwerking op geografische schaal vormgegeven. Juridisch zijn waterkering en andere functies op dit moment gescheiden.

Met deze conclusies kan worden gesteld dat voorliggende methode en uitwerking model kan staan voor de aanpak van het gehele areaal aan waterkeringen in Rijnland voor het ontwikkelen van het beleid ten aanzien van samenwerking met medebeheerders.

4.13 Inzet flexibele maatregelen in Oude Rijn gebied

Het Oude Rijngebied is gelegen in het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR). Het gebied bestaat uit ca. 20 polders die via gemalen afvoeren op het Oude Rijn boezemsysteem. Bij droogte, wateroverlast en kwaliteitsproblemen worden door HDSR soms mobiele pompen (ofwel: flexpompen) ingezet. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om bepaalde polders als bergingsgebied in te zetten om zo extra buffercapaciteit te creëren. Tijdens een dergelijke inzet is het zeer wenselijk om waardevolle delen in de polder te beschermen met barriers.

De onderzoeksvraag in deze casus was welke flexibele beheersmaatregelen HDSR bij dreiging of in het geval van calamiteiten (extreme neerslagbuien) het beste kan inzetten als aanvulling op de huidige (niet-flexibele) assets, zoals gemalen en waterlopen, voor het effectief en efficiënt afvoeren van de neerslag?

Er zijn 6 flexpompen op voorraad om ingezet te worden, deze hebben een capaciteit van 0,5 m³/s. HDSR had al met behulp van een SOBEK3 model onderzocht wat het effect is van inzet van flexpompen voor de neerslagsituatie zoals opgetreden in december 2016. De belangrijkste conclusies voor deze neerslagsituatie waren:

- Een flexibele pomp is zinvol om de duur van de inundatie te verkorten, als die geplaatst is in het peilgebied waar de inundatie optreedt.
- De inzet van een flexpomp heeft geen invloed op de piek van de afvoergolf.

In Figuur 4.25 is een overzicht gegeven van de locaties van flexpompen en bergingsgebieden die in deze casus zijn beschouwd.



Flexpompen:

- 1_I Zegveld
- 1_{II} Lange Weide naar Dubbele Wiericke
- 2_I Haanwijk
- 2_{II} Rapijnen
- 3_I Waardsedijk
- 3_{II} Enkele Wiericke naar de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel

Bergingsgebieden:

- A_I Noordzijdepolder
- A_{II} Meijepolder
- B Snelrewaard-west
- C Groot-Hekendorp

Figuur 4.25 locaties flexibele maatregelen.

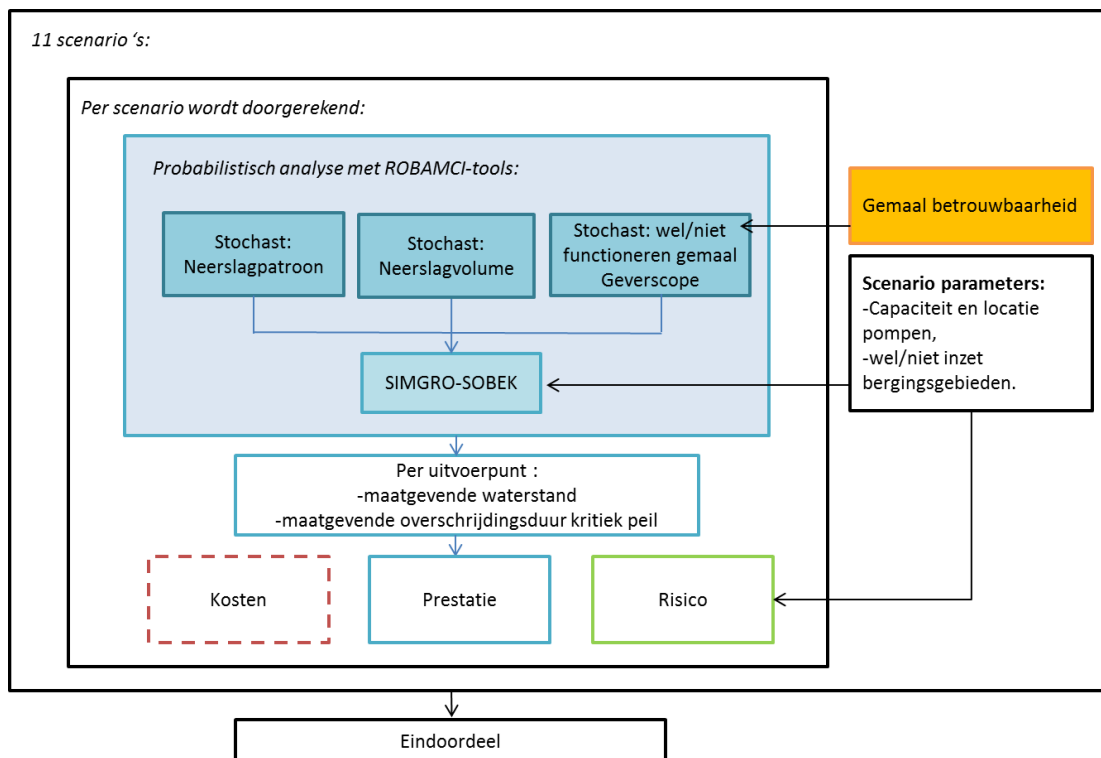
Aanpak

Binnen dit ROBAMCI-project worden scenario's met verschillende combinaties van meerdere typen flexibele maatregelen (flexpompen en bergingsgebieden) beoordeeld op prestatie en risico. Er zijn 11 scenario's van combinaties van maatregelen met flexpompen en bergingsgebieden gedefinieerd, zie tabel 4.9. De "prestatie" van de maatregelen wordt bekeken aan de hand van de vergelijking met een referentie-case.

Tabel 4.9 Scenario's

nr	Naam	Flexpompen	Bergingsgebied
1	referentie	geen	geen
2	1A	Zegveld + Lange Weide	Noordzijdepolder & Meijepolder
3	1B	Zegveld + Lange Weide	Groot Hekendorp
4	1C	Zegveld + Lange Weide	Snelrewaard-West
5	2A	Haanwijk + Rapijnen	Noordzijdepolder & Meijepolder
6	2B	Haanwijk + Rapijnen	Groot Hekendorp
7	2C	Haanwijk + Rapijnen	Snelrewaard-West
8	3A	Waardsedijk + Enkele Wiericke	Noordzijdepolder & Meijepolder
9	3B	Waardsedijk + Enkele Wiericke	Groot-Hekendorp
10	3C	Waardsedijk + Enkele Wiericke	Snelrewaard-West
11	Alles aan	Zegveld + Lange Weide Haanwijk + Rapijnen Waardsedijk+Enkele Wiericke	Noordzijdepolder & Meijepolder Groot Hekendorp Snelrewaard-West

Een schematische weergave van de aanpak is gegeven in Figuur 4.26. Het blauw omlijnde blok geeft de "prestatie" beoordeling aan en het groen omlijnde blok het "risico". Het rood gearceerde blok "kosten" is onderdeel van de basisprincipes van assetmanagement, maar is in deze casus niet uitgewerkt.



Figuur 4.26 Schematische weergave aanpak

Prestatie

Als prestatie-indicatoren worden beschouwd: het effect op de maatgevende waterstanden, en de bijbehorende overschrijdingsduur. De maatgevende waterstand is hier de waterstand met een herhalingstijd van 100 jaar (99%-percentiel).

Om deze waterstanden te bepalen is in de ROBAMCI-tools een probabilistisch raamwerk opgezet. In de probabilistische berekeningen worden bepalende parameters als stochast meegenomen (zie het blauwe blok in Figuur 4.26). Bij de waterstandsberekeningen met de gekoppelde modellen SIMGRO (grondwater) en SOBEK (oppervlaktewater) worden de flexpompen automatisch aangestuurd op basis van berekende waterstanden bij de pompen in het gebied.

Ook de betrouwbaarheid van de vaste gemalen in het gebied heeft invloed op de piekwaterstanden (oranje blok in Figuur 4.26). Onder betrouwbaarheid wordt verstaan: "Het in werking zijn van het gemaal, wanneer dit met betrekking tot peilbeheer noodzakelijk is". Om te verkennen wat falen (onbetrouwbaarheid) van een gemaal voor effect heeft, is voor één gemaal (gemaal Geverscope) de faalkans als stochast meegenomen. Ten behoeve van het kwantificeren van de faalkans is een statistische analyse gedaan. De resultaten van statistische analyse geven een gemiddelde waarde voor de betrouwbaarheid van 99,8%, wat betekent dat de gemalen gemiddeld 0,2% van de tijd niet hebben gedraaid de afgelopen 10 jaar terwijl dit op basis van de waterpeilen boven en onderstroom wel gewenst was geweest.

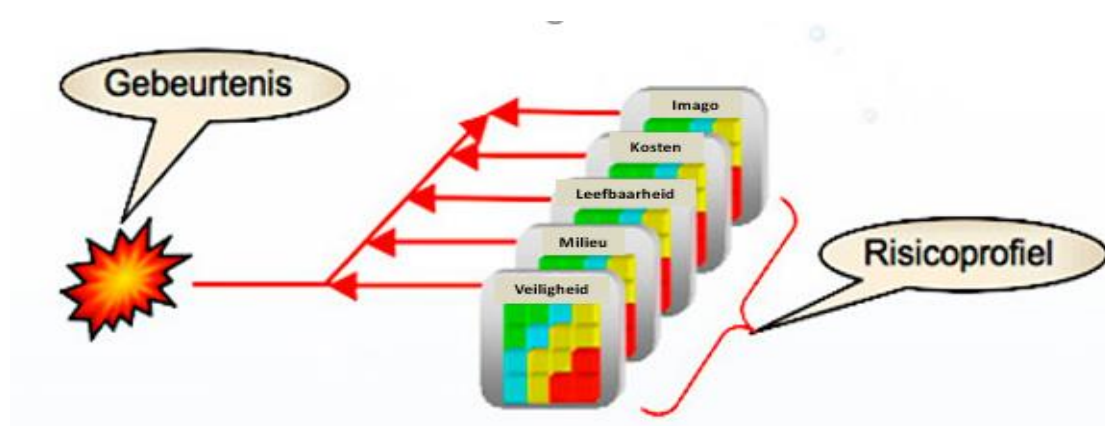
Om een kwaliteitsoordeel te geven van de waarde van deze analyse is de datakwaliteit beschouwd. De beschikbare data betroffen tijdreeksen van 10 jaar voor 22 gemalen. Na filtering zijn er voor de statistische analyse datasets van 15 gemalen gebuikt, welke zich over een vergelijkbare periode strekken. Het kwaliteitsoordeel wordt gebaseerd op 5 criteria: Beschikbaarheid van data, Anomalieën (uitschieters), aantal datareeksen over vergelijkbare periode, ruimtelijke verdeling van meetpunten, en de kwaliteit van de meetmethode. Analyse van de data laat zien dat er tussen de gemalen onderling grote verschillen zijn. Als een anomalie van een gemaal dat reeds vervangen is buiten beschouwing wordt gelaten is de gemiddelde score voor de datakwaliteit van de tijdreeksen 4 (van de 5) sterren volgens de IKM methodiek.

In het IKM is bepaald dat bij een score van 4 sterren de data een goede beschrijving geeft van het systeem.

Uit de resultaten van de probabilistische berekeningen met deze gemaalkaalkansen als uitgangspunt blijkt dat bergingsgebied A (Noordzijdorpolder & Meijepolder) doorgaans een minimaal effect heeft op de maatgevende waterstanden. Bergingsgebieden B (Snelrewaard-West) en C (Groot Hekendorp) hebben zo goed als geen effect. Flexpompen laten een lokaal positief effect zien, echter dit gaat gepaard met een negatief effect op andere locaties in het gebied. Negatieve effecten worden veroorzaakt doordat bij zwaardere belasting van de boezem door de flexpomp, het maalstoppeil eerder wordt ingesteld.

Risico

De flexibele maatregelen zijn tevens beoordeeld op risico. In een eerste stap is voor 9 scenario's een kwalitatieve risico scan uitgevoerd. Hiervoor zijn met HDSR risicomatrices opgesteld voor vijf bedrijfswaarden (Veiligheid, Milieu (natuur), Leefbaarheid, Proces, Kosten en Imago, zie Figuur 4.27). De risicomatrices zijn op basis van expert judgement ingevuld waarbij risico's zijn benoemd bij deze vijf bedrijfswaarden. Samen geven deze matrices een risicoprofiel.



Figuur 4.27 Schematische weergave kwalitatief afleiden risico profiel

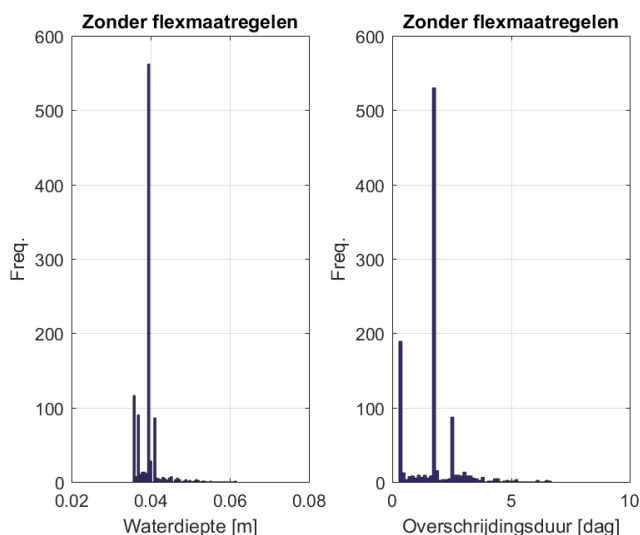
Uit de resultaten volgt net als bij de prestatie berekeningen, dat inzet van de bergingsgebieden relatief niet gunstig is. Dit oordeel is met name gebaseerd op de ingeschatte operationele risico's van dit moment op basis van de huidige ervaringen. Het risico wordt daarnaast hoog geacht dat het een ernstig effect heeft op veiligheid en imago. De inzet van flexpompen kan op basis van deze kwalitatieve risico analyse wel worden aanbevolen.

In een tweede stap is een kwantitatieve risico analyse uitgevoerd voor een peilgebied. Risico is het product van de kans dat een gebeurtenis optreedt en het effect bij het optreden van die gebeurtenis ($\text{risico} = \text{kans} * \text{effect}$). Er zijn voor verschillende locaties in het gebied kansverdelingen van maximale waterstanden en overschrijdingsduur van kritieke peilen met de Probabilistic Toolkit (PTK) afgeleid. Voor het afleiden van de verwachte schade in een peilgebied is een quick-scan methode gebruikt.

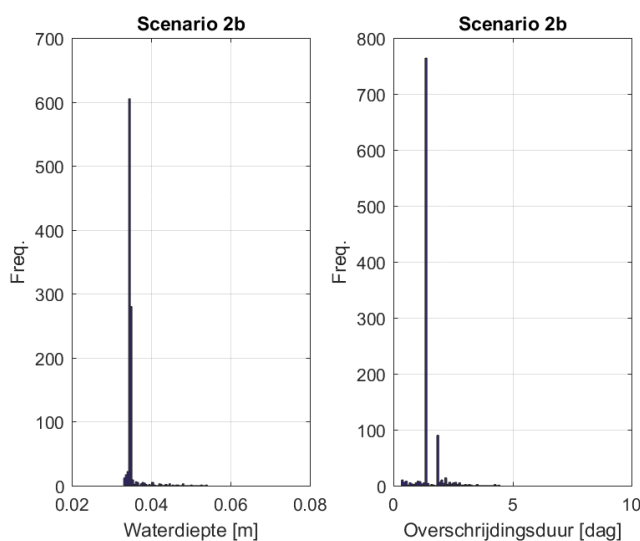
Deze aanpak wordt uitgewerkt voor peilgebied PG0765 ten zuiden van Woerden. Het is vooral een agrarisch gebied met tientallen boerderijen. Verder loopt A12 door het gebied heen. Voor dit peilgebied zijn maximale waterstanden en overschrijdingsduur van het kritieke peil (-1.53 m+NAP) berekend voor verschillende combinaties van randvoorwaarden (neerslagvolume en neerslagpatroon). Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor twee scenario's: referentie en scenario 2b (o.a. een flexpomp bij gemaal Rapijnen). De onderstaande figuren (Figuren 4.28 en 4.29) presenteren histogrammen van de waterdieptes en overschrijdingsduur van het kritieke peil.

Duidelijk is te zien dat scenario 2b gemiddeld een lagere maximale waterstand geeft en een kortere overschrijdingsduur van het kritieke peil.

In een rekenvoorbeeld is aangenomen dat ca 3 cm waterdiepte tot 1,0 Mln Euro schade leidt per dag overstromingsduur. Door integratie van het product van de kansverdeling (als functie van de overschrijdingsduur van het kritieke peil en de inundatiediepte) met deze schadefunctie, is de verwachtingswaarde van de schade in het gebied afgeleid. De verwachte schade bedraagt in dit rekenvoorbeeld 1,8 mln Euro per jaar voor het referentie scenario en 1,5 mln Euro per jaar voor scenario 2b. Het verschil is dus de directe winst van de extra flexpomp! In dit rekenvoorbeeld zorgt de inzet van de flexmaatregelen voor een reductie van het risico.



Figuur 4.28 Histogram inundatiediepte en overschrijdingsduur van het kritieke peil peilgebied PG0765, referentie (zonder flexmaatregelen).



Figuur 4.29 Histogram inundatiediepte en overschrijdingsduur van het kritieke peil peilgebied PG0765, scenario 2b.

Conclusies

Uit deze analyse naar de inzet van flexibele maatregelen tijdens calamiteiten (extreme neerslagbuien) in het Oude Rijngebied worden de volgende conclusies getrokken:

- In de prestatieanalyse zijn de effecten van inzet van combinaties van flexibele maatregelen als pompen, barriers en bergingsgebieden op de maatgevende waterstand en overschrijdingsduren bepaald. Er zijn 11 scenario's geanalyseerd van combinaties van typen maatregelen en locaties in het Oude Rijngebied. Uit de resultaten blijkt dat bergingsgebieden een minimaal positief effect hebben op de maatgevende waterstanden. De bijdrage van de barriers als flexibele maatregel lijkt vooralsnog marginaal. De flexpompen kunnen lokaal wel zorgen voor een verlaging van de waterstand en/of een verkorting van de inundatieduur.
- Geconcludeerd moet worden dat het belangrijk is om het systeem goed te kennen om kansrijke combinaties van maatregelen (samen een 'scenario') te kunnen kiezen. Immers een flexpomp op de verkeerde plaats kan lokaal averechts werken, of het overlastprobleem verschuiven. Bij elke bui kan weer een andere locatie gunstig zijn.
- In deze studie zijn kwalitatieve risicomatrices opgezet om de flexibele maatregelen te toetsen aan de relevante bedrijfswaarden (kosten, veiligheid, imago, natuur, leefbaarheid) van de organisatie HDSR als geheel. Het ingeschatte risico voor inzet van barriers wordt hoog ingeschat. Dit komt omdat de faalkans hoog wordt ingeschat (door gebrek aan ervaring bij het waterschap) en ook omdat de gevolgen van falen een ernstig effect hebben op veiligheid en imago. De inzet van flexpompen wordt wel aanbevolen. Risico's rond personele inzet zijn bepalend voor de effectiviteit van de inzet van flexpompen.
- Uit een indicatieve risicoberekening voor een van de peilgebieden voor 2 scenario's volgt dat de effecten significant kunnen zijn. In het rekenvoorbeeld zorgt de inzet van de flexmaatregelen van scenario 2b voor een reductie van bijna 20% van het risico ten opzichte van de referentie. Het verschil is dus de directe winst van de extra flexpomp!

De overall conclusie: Uit de analyses blijkt dat de flexpompen de grootste potentie hebben de maximale waterstanden te verlagen en de inundatieduur te verkorten. Flexpompen hebben daarnaast ook een gunstig risicoprofiel op de vijf beschouwde bedrijfswaarden.

4.14 Utopia de regenwaterriool vrije stad

In Almere ligt een gescheiden rioolstelsel. Aangenomen wordt dat de technische levensduur van het riool circa zestig jaar is. De riolering wordt beheerd door de gemeente. De riolering is niet ontworpen op het afvoeren van extremere neerslaggebeurtenissen die, als gevolg van klimaatverandering, naar verwachting steeds vaker gaan optreden.

Vanwege de klimaatverandering worden in Nederland steeds meer hemelwatersystemen aangelegd (en omgebouwd) waarbij regenwater zoveel mogelijk wordt vastgehouden en vertraagd afgevoerd naar grond- en oppervlaktewater. Door het toepassen van voorzieningen op particulier terrein wordt de piekbelasting naar de openbare voorzieningen verlaagd en kan de noodzakelijke afvoercapaciteit van de openbare voorzieningen beperkt worden. Voorbeelden van deze voorzieningen op/in particulier terrein zijn infiltratiekratten, groene daken of waterreservoirs voor het gebruik van water. Voorbeelden van voorzieningen op/in openbaar terrein zijn infiltratievoorzieningen, wadi's, en hol liggende straten met een waterafvoerende functie.

Een deel van de gemeenten is bezig, of overweegt, over te schakelen op zogenaamde regenwaterrioolvrije systemen. Hierbij wordt het regenwater niet door middel van leidingsystemen afgevoerd, maar verwerkt door middel van een combinatie van voorzieningen die het mogelijk maken om water te bergen, te infiltreren en oppervlakkig af te voeren. In deze casus is voor Muziekwijk in Almere onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om het regenwater zonder rioolbuis af te voeren naar het oppervlakte water, waarbij in 1 variant een deel van het water wordt geborgen bij particulieren.

De regenwaterrioolvrije stad brengt nieuwe risico's mee. Particulieren worden "mede beheerders" en gemeente moeten nieuwe voorzieningen met dubbelfuncties (hemelwater-weg, hemelwater-groen) gaan beheren. In deze case studie is een overzicht gegeven van de mogelijke ontwikkelingen, de daarbij behorende kosten en risico's en wordt dit afgezet tegen een "traditioneel" gescheiden rioolsysteem.

Aanpak

Er is een risicoanalyse en een kosten-baten analyse gedaan voor verschillende ontwerpvarianten. Van deze varianten is zijn de faalmechanismen en -kansen geschat, en hoe deze faalkansen worden beïnvloedt door veroudering. Daarna is nagegaan wat hoe de risico's van een verouderend regenwaterrioolvrij ontwerp verlopen in de levensduur. Tenslotte zijn de aanleg- en beheerkosten van een regenwaterrioolvrij ontwerp vergeleken met een traditioneel ontwerp.

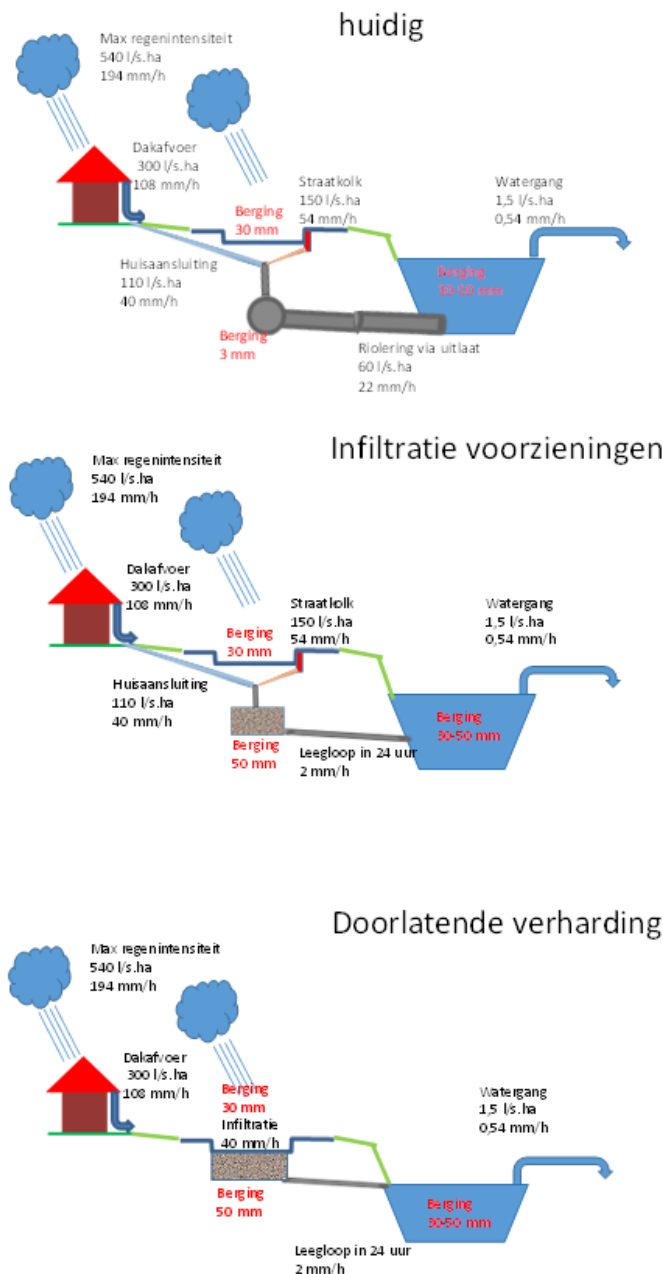
Drie ontwerp varianten

Almere kent een traditioneel gescheiden rioelstelsel met relatief veel berging in het oppervlaktewater en vrij ruime afmetingen van het oppervlaktewater. Onderzoek naar "de zwakste schakel" heeft laten zien dat het hemelwaterriool nu de zwakste schakel is, gevolgd door de straatkolken. Het oppervlaktewater heeft de minste invloed. Het bovenste deel van Figuur 4.30. geeft een schematisch overzicht van de huidige situatie.

In een regenwaterrioolvrije stad wordt ondergrondse afvoer via buizen niet meer toegepast. Gezien het beperkte maaiveldverhang in Almere is afvoer over het maaiveld naar de huidige watergangen niet haalbaar. Daarom wordt in dit project het toepassen van infiltratie naar de bodem als oplossingsrichting verkend. Daarvoor bestaan 2 principe oplossingen:

- het regenwaterriool wordt vervangen door een infiltratievoorziening (zie het middelste deel van Figuur 4.30).
- Het regenwaterriool wordt vervangen door doorlatende verharding en huisaansluitingen en kolkleidingen worden verwijderd (zie het onderste deel van Figuur 4.30).

De tweede variant is verder uitgewerkt en getoetst.



Figuur 4.30. Schetsen en karakteristieken van de beschouwde ontwerpvarianten

Faalkansen en veroudering

De Faalkansen zijn gerelateerd aan de faalkansen in de huidige situatie, bij een belasting op het systeem door een standaard bui. Door de tijd heen zal het aangelegde systeem verouderen. Dit heeft capaciteitsverlies tot gevolg. Om de effecten hiervan te simuleren op het hydraulisch functioneren gedurende een levensduur van 50 jaar worden vijf verouderingsprocessen meegenomen. Afhankelijk van het proces worden deze jaarlijks hersteld of zal het langzaam steeds verder verslechteren. De beschouwde processen betreffen:

1. Uitval voorzieningen particulierterrein (*jaarlijks herstellen*);
2. Afname inhoud bergingspakketten in de straat;
3. Afname doorlaatbaarheid (afvoercapaciteit) bergingspakketten;
4. Dichtslibben infiltratiekolken (*jaarlijks herstellen*);
 - Afname doorlaatbaarheid en drainagecapaciteit overige bodem.

De betrouwbaarheid van het regenwaterrioolvrij-concept is geanalyseerd met behulp van de probabilistische toolkit (PTK). Het ontwerp van het regenwaterrioolvrij-concept is gemodelleerd in het softwarepakket SOBEK 2 Urban. De referentiesituatie (situatie bij oplevering) is doorgerekend met een bui van 70 mm in een uur. Vervolgens is een periode van 50 jaar doorgerekend in 25 rondes van elk 2 jaar. Voor elke ronde zijn de vijf bovengenoemde processen als stochastische variabelen beschouwd. Er zijn twee cases doorgerekend:

- Case Particulier & Openbaar (P&O): In deze case zijn zowel maatregelen op particulier terrein als in openbaar gebied toegepast om het hemelwater te verwerken.
- Case Openbaar (O): in deze case zijn alleen maatregelen in het openbare gebied toegepast om het hemelwater te verwerken.

Effecten

In Figuur 4.31 is een overzicht weergegeven van het bestaande gescheiden stelsel en de locaties waar bij een gekozen bui in 2050 wel water op straat wordt berekend en in de huidige situatie niet, als gevolg van zetting. De afbeelding laat zien dat in de loop van de tijd het aantal locaties waar water op straat wordt berekend sterk toeneemt. Bij de vergelijking van de resultaten voor de verschillende ontwerpen wordt de huidige situatie als referentie situatie gebruikt.

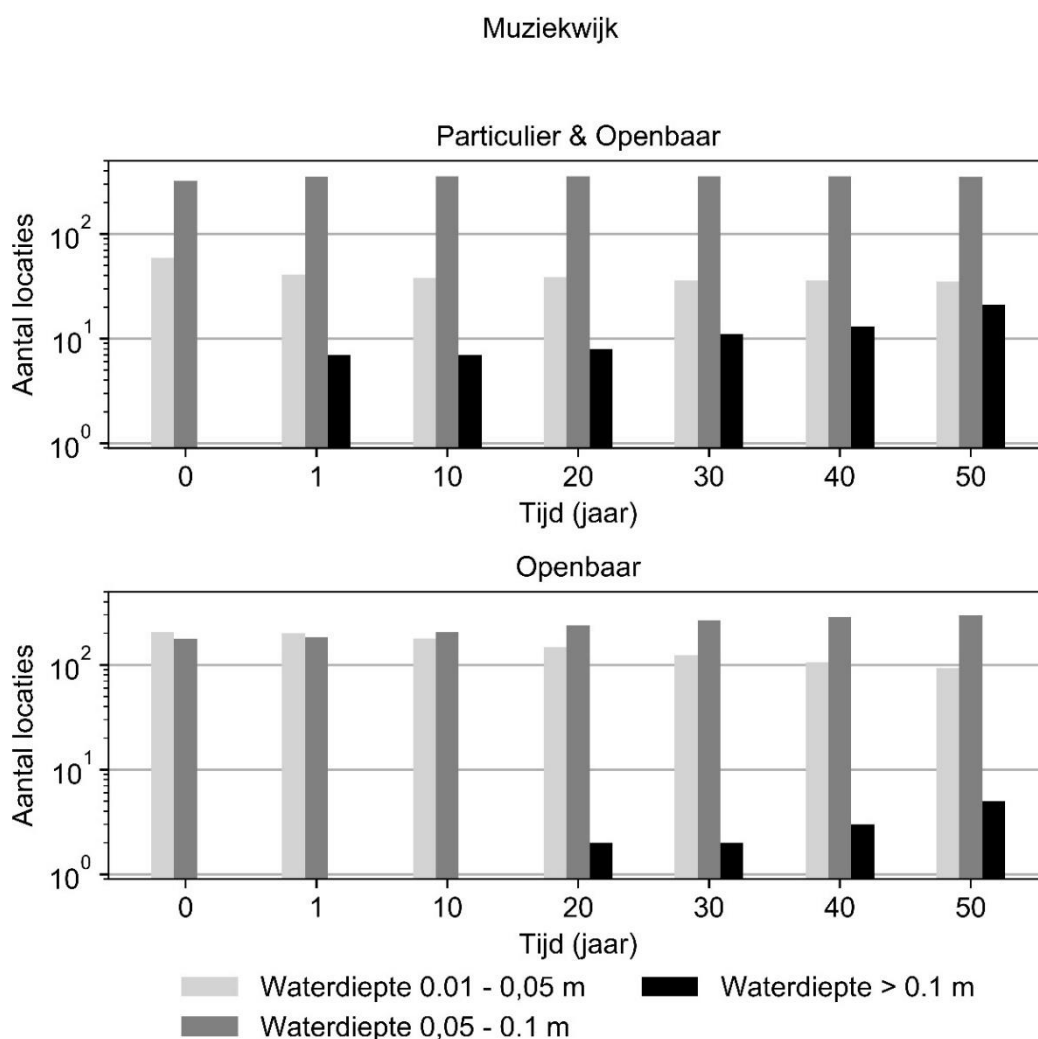


Figuur 4.31. Verschil in water op straat locaties bij een gekozen bui in 2050 ten opzichte van 2018 als gevolg van 32 jaar zetting. De linker afbeelding toont Muziekwijk en de rechter afbeelding Waterwijk.

Voor de gemiddelde waterdiepte en duur van water op straat zijn illustratief voor de ontwikkeling van het functioneren van de voorziening. Schade en overlast zijn echter afhankelijk van de maximale waterstanden. Wanneer de waterdiepte groter is dan de hoogte van de stoepranden neemt de kans op overlast sterk toe. Aangenomen is dat de stoepranden circa 10 cm hoog zijn.

In Figuur 4.32 is het aantal locaties weergegeven met een bepaalde waterdiepte (let op: logschaal). De afbeelding laat zien dat bij de variant P&O in jaar 0 geen locaties zijn met een waterdiepte > 0,1m maar dat vanaf jaar 1 het aantal locaties met een waterdiepte >0,1 toeneemt van 7 tot 21 in het jaar 50.

Bij variant Openbaar zijn na 20 jaar 2 locaties met een waterdiepte > 0,1 m. Het aantal neemt toe tot 5 in jaar 50. Het aantal locaties met een waterdiepte tussen 0,05 en 0,01 m is vrijwel constant (350) bij de variant P&O en neemt bij de variant Openbaar toe van 200 tot 300.



Figuur 4.32 Overzicht van het aantal locaties met een bepaalde waterdiepte

Op basis van de uitgevoerde risico analyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Met het huidige gescheiden stelsel worden bij een bui van 70 mm in een uur op een groot aantal (circa 50%) locaties waterdieptes berekend van meer dan 0,1 m. Dit betekent dat bij deze locaties kans bestaat op schade.
- De kans op schade neemt toe als het stelsel veroudert.
- Ten opzichte van de huidige situatie met een gescheiden stelsel zijn de voorgestelde ontwerpen van regenwaterrioolvrije systemen veel robuuster. Voor het jaar van aanleg zijn de waterdieptes overal < 0,1m en is de duur van water op straat < 6 uur.
- De robuustheid van het systeem met voorzieningen op particulier terrein en in openbaar gebied staat of valt met het beheer van het systeem door de particulier. Als de particulieren de systemen niet onderhouden of in stand houden neemt de kans op wateroverlast sterk toe, zowel wat betreft de duur als de optredende waterdieptes.

Kosten

De kosten van de aanleg en het onderhoud (inspectie, reiniging) van de verschillende stelsels, zijn bepaald op basis van standaard kentallen. De samengevatte resultaten zijn gegeven in tabel 4.10. De extra investeringskosten voor een regenwaterrioolvrij ontwerp bedragen dus ca. 12 miljoen euro voor de beschouwde Muziekwijk.

Tabel 4.10 Overzicht aanleg en beheer kosten

	Kosten Totaal (Mln €)
Gescheiden stelsel	7.4
Particulier & Openbaar	20.0
Openbaar	19.2

De baten van een regenwaterrioolvrijstelsel bestaan uit vermeden schade door wateroverlast. Uitgaande van een levensduur van 50 jaar moet de vermeden schade 240.000 euro per jaar zijn om dit bedrag te compenseren. Een globale analyse geeft aan dat de vermeden schade naar verwachting minder is.

Conclusies

Op basis van dit verkennende onderzoek wordt geconcludeerd dat:

- Het huidige gescheiden stelsel van Muziekwijk niet in staat is om extreme neerslag (70mm/hr) te verwerken. Op circa de helft van de locaties worden waterstanden >0,1m berekend en de gemiddelde duur van water op straat is 2 a 3 uur;
- Met een regenwaterrioolvrij concept kan een robuust systeem ontworpen worden voor Muziekwijk. Het systeem bestaat uit een infiltratiepakket dat gevoed wordt door middel van kolken.
- Bij het regenwaterrioolvrije ontwerp zijn de laagste locaties in het gebied het meest kwetsbaar voor wateroverlast, terwijl bij een gescheiden systeem de combinatie van maaiveld hoogte en de afstand tot het uitstroompunt bepalend is voor de kans op overlast.
- Het systeem is het meest robuust als het volledig in het openbaar gebied wordt gerealiseerd en wordt onderhouden door de gemeente. Als particulieren verantwoordelijk zijn voor het realiseren van een deel van de berging op hun eigen terrein neemt de robuustheid van het systeem af.
- De kosten voor een regenwaterrioolvrij ontwerp zijn circa 3x zo hoog als de kosten voor een gescheiden stelsel. De vermeden jaarlijkse schade is naar verwachting lager dan de benodigde extra investeringskosten.
- Naast de vermeden jaarlijkse schade zijn er wel bijkomende baten zoals verminderde kans op imagoschade, betere bereikbaarheid en minder veiligheidsrisico's.
- Aangezien de kosten voor maatregelen op particulierterrein qua orde grootte vergelijkbaar zijn met maatregelen op openbaarterrein en de robuustheid met maatregelen op particulier terrein afneemt lijkt het niet raadzaam om particulieren een actieve taak te geven bij het verwerken van hemelwater op eigen terrein.

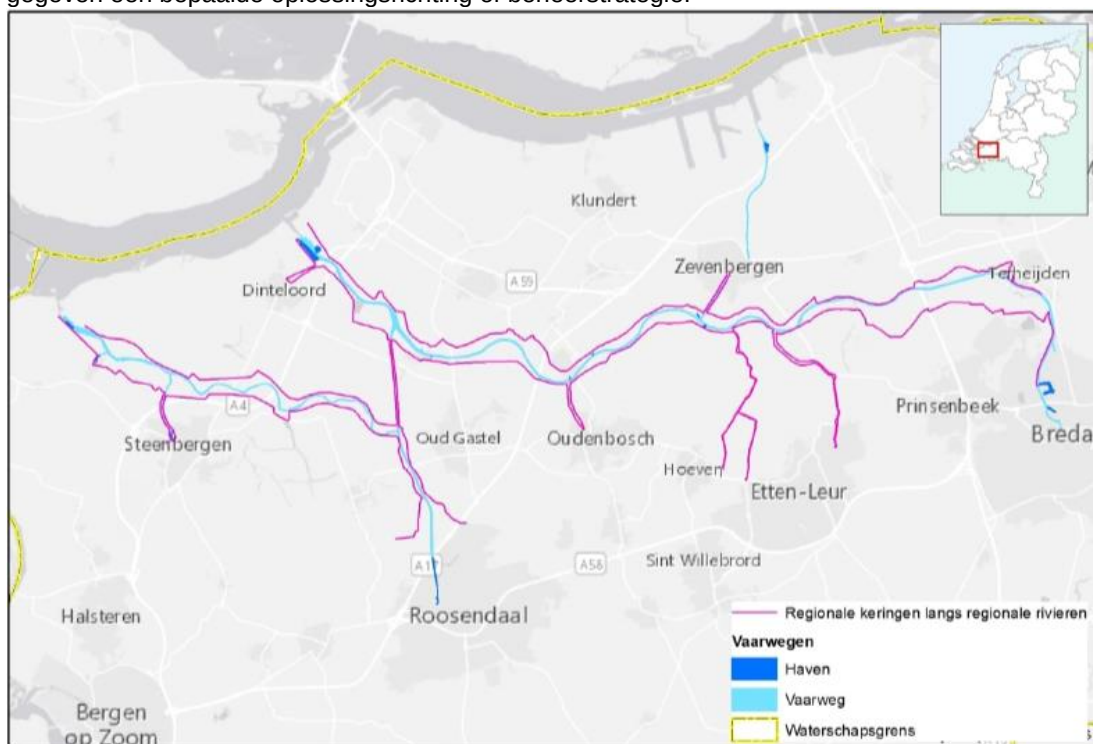
4.15 Toekomstbestendige Mark – Dintel – Vliet boezem

Het waterschap Brabantse Delta beheert de Mark-Dintel-Vliet boezem, zie Figuur 4.33. De boezem vervult de functie van vaarweg (klasse IV), water- en sediment afvoer, en watervoorziening van het omliggende gebied. De regionale keringen langs de boezem vervullen de waterveiligheidsfunctie en fungeren ook als drager voor de weg en voor recreatie. De boezem vervult daarnaast een ecologische en natuurfunctie. De eigenschappen van de boezem en het beheer ervan, en de bediening van de kunstwerken, vormen gezamenlijk de randvoorwaarden waarbinnen de functies worden vervuld, zoals waterveiligheid, scheepvaart en waterkwaliteit. De boezem is met een tweetal sluiscomplexen verbonden met het Volkerak-Zoommeer (VZM), waar het onder normale omstandigheden onder vrij verval op afwatert.

Veel regionale keringen langs de Mark-Dintel-Vliet boezem zijn afgekeurd. Het gaat om in totaal ca 100 km. Bij het nadenken over oplossingsrichtingen speelt nadrukkelijk de vraag welke dijkversterkings- en inrichtingsmaatregelen en welk beheer toekomstbestendig zijn. Hoe bereiden deze voor op bijv. (onzekere) klimaatverandering, en wat bepaalt wat toekomstbestendigheid precies inhoudt in het Mark-Dintel-Vliet boezem.

Ook speelt de vraag of er oplossingsrichtingen of beheerstrategieën zijn die kunnen bijdragen aan het beheer van meerdere functies, zoals de vraag of baggeren van de vaarweg ook gunstig kan zijn voor peilbeheersing en veiligheid.

Tenslotte speelt de vraag hoe interventies het beste ingepland kunnen worden in ruimte en tijd, gegeven een bepaalde oplossingsrichting of beheerstrategie.



Figuur 4.33 Kaart Projectgebied (Waterschap Brabantse Delta).

Doel van de voorliggende casus is om te onderzoeken of de ROBAMCI aanpak geschikt is voor een verkenning van de wisselwerking tussen vaarwegbeheer en het beheer van regionale keringen in de Mark-Dintel-Vliet boezem.

Meer specifiek is het doel van de casus tweeledig:

- een aantal beheerstrategieën voor functie “waterveiligheid” te vergelijken op systeem-levensduurkosten, en
- Binnen strategieën te kijken naar de effecten/optimalisatiemogelijkheden voor een aantal varianten van de interventieplanning (bijv. gericht op minimale risico's of maximale kwaliteit).

Bijkomend resultaat kan zijn dat er een indruk ontstaat van de, binnen de gegeven randvoorwaarden, belangrijkste onzekere systeem eigenschappen, van begrippen als toekomstbestendigheid en adaptiviteit; en mogelijk als blijkt dat er no-regret maatregelen zijn die in meerdere strategieën voorkomen.

Aanpak

Het systeem wordt voor één functie, namelijk waterveiligheid, ingepast in de ROBAMCI tools. Met deze tools worden de faalkansen van waterkeringen, diepte van de watergangen, kosten van interventies (maatregelen) en overstromingsrisico's in het gebied over een periode van 100 jaar gemodelleerd.

Voor het functioneel verouderen van het systeem zijn een aantal grootheden geïdentificeerd die in de tijd variëren, zoals:

- Afvoer bij Trambrug en inzetfrequentie van het Volkerak-Zoommeer nemen toe als het gevolg van klimaatverandering;
- Baggeraanwas stijgt per jaar;
- Overstromingsschade in het gebied neemt toe als het gevolg van economische ontwikkelingen.

Het verouderen van het systeem leidt tot stijging van de faalkansen van waterkeringen, de gevolgen van een overstroming en dus ook de overstromingsrisico's (kans x gevolg) in de tijd. Om de overstromingsrisico's in het gebied te beheersen worden in deze studie twee maatregelen beschouwd, namelijk:

- Ophogen van dijken;
- Baggeren van de watergangen.

De maatregelen worden als volgt in de ROBAMCI tools gemodelleerd. Het ophogen van een dijkvak gebeurt zodra de faalkans van het dijkvak de veiligheidsnorm (1/100 per jaar) overschrijdt. Het baggeren gebeurt zodra een drempelwaarde in één van de watergangen wordt bereikt. Beide maatregelen brengen kosten met zich mee. Om inzicht in effectiviteit van de maatregelen te verkrijgen worden de kosten bij de bijbehorende overstromingsrisico's opgeteld. Hierbij worden vier strategieën beschouwd:

1. Niets doen
2. Alleen baggeren
3. Alleen dijken ophogen
4. Dijken ophogen en baggeren

Het waterschap Brabantse Delta heeft binnen de Mark-Dintel-Vliet boezem een flinke achterstand wat betreft het baggeren van het systeem. Dit betekent dat er veel meer bagger in het systeem aanwezig is dan gewenst. Dit heeft zowel voor de scheepvaart als voor de waterveiligheid implicaties. BZIM heeft samen met Deltares een informatiekwaliteitsmodel (IKM) ontwikkeld binnen ROBAMCI. In het model wordt de betrouwbaarheid van data en informatie expliciet beoordeeld. Met behulp van het IKM wordt de mate van baggeraanwas in de Mark-Dintel-Vliet boezem geanalyseerd.

Resultaten risico analyse

De resultaten van de analyse bestaan uit de faalkans, de dijkhoogte en de kosten per dijkvak voor de vier strategieën (1 - niets doen, 2 - alleen baggeren, 3 - alleen ophogen, 4 - baggeren en ophogen) over een periode van 100 jaar. De kosten zijn gelijk aan de som van het overstromingsrisico en de kosten van maatregelen. De resultaten voor de kosten voor het gehele gebied zijn gegeven in Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Totale kosten (over 100 jaar) van verschillende strategieën.

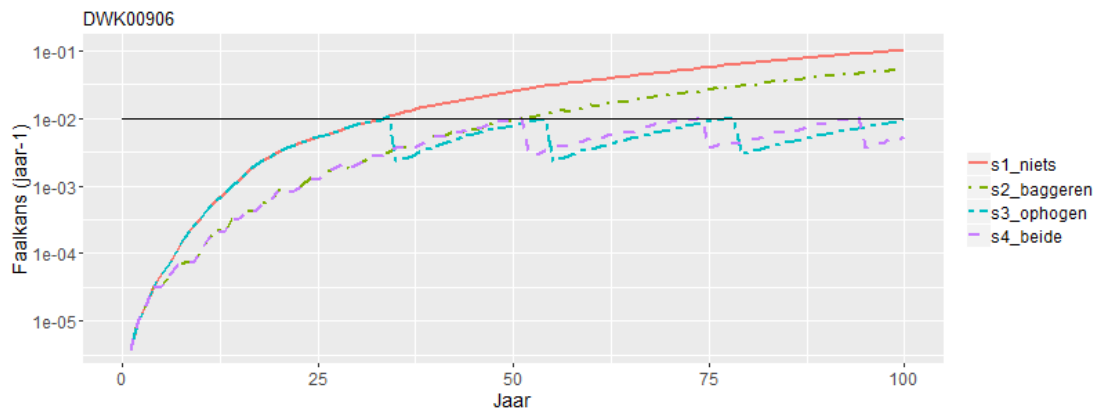
Strategie	Beschrijving	Totale kosten [mln €]
1	Niets doen	58925
2	Baggeren	52344
3	Dijken ophogen	3562
4	Dijken ophogen en baggeren	3592

De voorkeursstrategie verschilt echter onderling per dijkvak. Om een beeld te geven zijn twee dijkvakken gekozen die representatief zijn voor het beneden- en bovenstroomse deel van het gebied, zie voor de locaties Figuur 4.34. In locatie A liggen er oude zeedijken, en leidt de strategie 'niets doen' tot de minste kosten

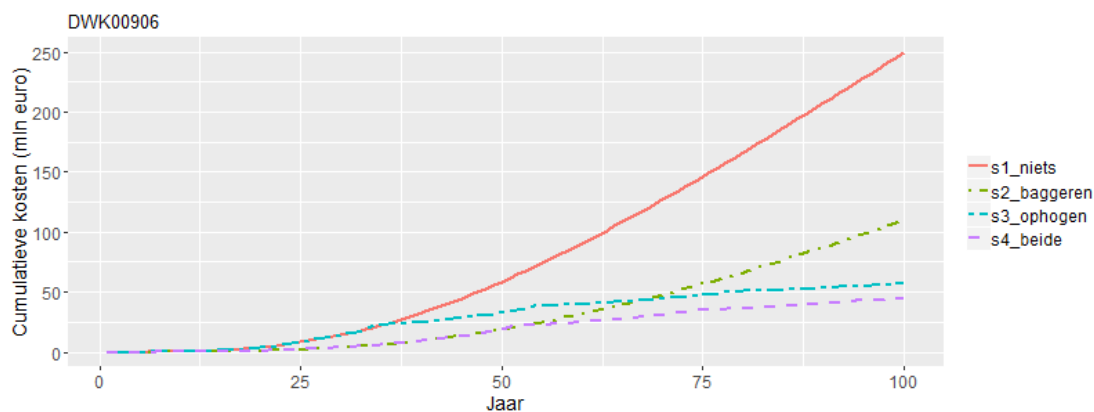


Figuur 4.34 Locaties van representatieve dijkvakken (A en B).

Geheel anders zijn de resultaten voor locatie B (dijkvak DWK00906), weergegeven in Figuur 4.35. De faalkans voor strategie 1 loopt steeds verder op naarmate de tijd vordert: dat wordt veroorzaakt door de stijging van rivierafvoeren, inzetfrequentie van het VZM en baggeraanwas. Strategie 3 loopt in het begin mee, maar na ca. 35 jaar neemt de faalkans abrupt af door dijkverhoging, aangezien de veiligheidsnorm van 1/100 per jaar is bereikt. Daarna volgt een zigzag-patroon waarbij de faalkans geleidelijk stijgt in de tijd, en plotseling afneemt als een ophoging plaatsvindt. Voor strategie 2 en 4 neemt de faalkans na 5 jaar af in vergelijking tot de andere twee strategieën, aangezien op dit moment de eerste keer wordt gebaggerd. Ook na deze keer wordt nog vele malen regelmatig gebaggerd, waardoor de faalkans relatief lager blijft. Het effect hiervan is duidelijk zichtbaar voor strategie 4, waar ca. 5 jaar later wordt begonnen met dijkophogen. Het uiteindelijke effect van al deze strategieën wordt getoond in de cumulatieve kosten, in Figuur 4.36. De kosten voor strategie 1 zijn het hoogst, aangezien hier geen maatregelen genomen worden en daardoor vaker een falen plaatsvindt. Strategie 3 is eerst nog duurder dan de strategie 2, maar na ca. 70 jaar blijkt de strategie 2 toch duurder, aangezien de grotere faalkans extra overstromingsrisico meebrengt. De goedkoopste strategie blijkt een combinatie van ophogen en baggeren (strategie 4), waarbij het baggeren ervoor zorgt dat pas later met dijkophogen begonnen dient te worden.



Figuur 4.35 Faalkans voor representatieve locatie B.



Figuur 4.36 Cumulatieve kosten voor representatieve locatie B.

Gebaseerd op de totale kosten verschilt dus per dijkvak welke strategie de voorkeur heeft. De ruimtelijke verdeling van de voorkeursstrategie is weergegeven in Figuur 4.37. Duidelijk zichtbaar is dat aan de westkant strategie 1 (niets doen) de voorkeur heeft, terwijl dit in het oosten voor strategie 4 (ophogen en baggeren) geldt. Strategie 2 (alleen baggeren) en 3 (alleen ophogen) komen in deze case slechts sporadisch voor.



Figuur 4.37 Ruimtelijke verdeling van voorkeursstrategie.

Voor dijkvakken waarvoor strategie 4 voorkeur geeft (paars gekleurde dijkvakken in Figuur 4.37) is de opbouw van de totale kosten nader geanalyseerd. Zoals te verwachten zijn de grootste overstromingsrisico's meestal te vinden voor dijkvakken met de hoogste IPO-klasse. Voor de meeste dijkvakken heeft het overstromingsrisico het grootste aandeel in de totale kosten.

Gemiddeld worden de dijkvakken ca. 5 keer verhoogd in een periode van 100 jaar; de gemiddelde totale verhoging bedraagt ca. 60 cm. In de meeste gevallen worden de versterkingen regelmatig over de periode van 100 jaar verdeeld. Dat biedt kansen voor het gelijktijdig aanpakken van verschillende dijkvakken.

Resultaten IKM

Met behulp van het Informatie Kwaliteits Model (IKM) is de mate van baggeraanwas in de Mark-Dintel-Vliet boezem geanalyseerd. Dit vond plaats aan de hand van Multibeam-metingen, uitgevoerd door het waterschap over de afgelopen jaren. Uit de analyse zijn in verschillende deelgebieden verschillende maten van gemiddelde jaarlijkse baggeraanwas gevonden met verschillende maten van variatie in ruimte en tijd. De resultaten zijn gegeven in Tabel 4.12.

Het kwaliteitsoordeel van de data is gebaseerd op verschillende onderdelen, zoals de beschikbaarheid van data, uitschieters in de data, de gebruikte meetmethode, validatie van de data, enz. Wat betreft de betrouwbaarheid van de data, is in de toepassing van het IKM gebleken dat de kwaliteit van de data niet over de gehele Mark-Dintel-Vliet boezem gelijk is. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Samenvatting resultaten baggeraanwas.

Deelgebied	Gemiddelde [cm/jaar]	95% betrouwbaarheidsinterval [cm]	Kwaliteitsoordeel data [-]
1	1,91	1,55	☆☆☆☆
2	0,18	2,30	☆☆☆
3	2,60	1,6	☆☆☆☆
4	1,57	5,29	☆☆☆
5	1,07	1,61	☆☆☆☆
6	1,63	-	☆☆

Conclusie

Uit de analyses blijkt dat over het gehele systeem bekeken strategie 3 (dijken ophogen) het voordeligst is, gevolgd door strategie 4 (dijken ophogen en baggeren). Als echter per dijkvak beschouwd wordt welke strategie het voordeligst is, dan is een kenmerkende ruimtelijke verdeling zichtbaar. In het westen, waar de minimale dijkhoogtes het hoogst zijn vanwege de aanwezigheid van oude zeedijken, is de strategie 'niets doen' het voordeligst. In het oosten is de voorkeursstrategie echter 'dijken ophogen en baggeren'. Deze strategie 4 is hier voordeliger dan strategie 3, aangezien het baggeren zorgt voor een kleinere toename in faalkans, waardoor pas op een later moment de duurdere investering van het dijkophogen nodig is.

Deze casus laat zien dat de ROBAMCI aanpak geschikt is om te komen tot een voordelige beheerstrategie voor de Mark-Dintel-Vliet boezem over een periode van 100 jaar.

Verder wordt geconcludeerd:

- In de gepresenteerde aanpak worden dijkvakken met de hoogste faalkans als eerste versterkt. Dat kan theoretisch betekenen dat dijkvakken met hoge faalkans, maar weinig schade in het achterland, als eerste versterkt worden. Alternatief voor deze aanpak is het versterken op basis van overstromingsrisico's, waarin faalkans en gevolgen gecombineerd worden.
- De inzet van het Volkerak-Zoommeer heeft vooral effect op waterstanden in het benedenstroomse gedeelte van het gebied. Het effect van de inzet is nihil op waterstanden bovenstrooms en juist dijken bovenstrooms voldoen niet aan de norm en/of beschermen een gebied met relatief veel overstromingsschade.

- In deze studie is geen rekening met eventueel falen van de sluizen bij Benedensas en Dintelsas gehouden. Falen van deze sluizen tijdens de inzet van het Volkerak-Zoommeer kan aanzienlijke waterstanden in de Mark-Dintel-Vliet boezem opleveren. Naar verwachting zou dus het meenemen van de sluizen tot een aanpassing van momenten en mate van investeringen leiden.
- In de toepassing van het IKM op de baggeraanwas is gebleken dat de kwaliteit van de data niet over het gehele Mark-Dintel-Vliet systeem gelijk is. Er zijn een aantal locaties waar de datakwaliteit goed is, maar ook een aantal locaties waar de datakwaliteit beter kan. Met een betere datakwaliteit kan de baggeraanwas nauwkeuriger en betrouwbaarder bepaald worden.
- Hoewel er enkele vereenvoudigingen in deze studie doorgevoerd zijn, is de ROBAMCI-aanpak waardevol als proof of concept. De ROBAMCI-benadering maakt het mogelijk om het systeem als geheel te beschouwen, mogelijke toekomstige veranderingen in het klimaat (zoals hogere afvoeren en inzetfrequentie van het VZM) mee te nemen en verschillende beheerstrategieën te combineren en optimaliseren.

5 Synthese

De synthese heeft als doel om aan de hand van de cases te analyseren wat de ROBAMCI aanpak van risk based, systeem georiënteerd asset management (hier kortweg geduid met RBAM) kan betekenen voor de GWW sector in Nederland. Vanwege de focus in de cases is hierbij de 'natte' GWW sector als studiegebied gekozen: waterveiligheid, watersysteem, vaarwegen en afvalwatertransport en -zuivering. Onderdeel van de synthese is een 'business estimate' van kwantitatief risico gestuurd assetmanagement voor de natte GWW sector. De volgende vragen staan centraal:

- i) Welke lessen kunnen uit de cases worden gehaald ten aanzien van de meerwaarde van de ROBAMCI aanpak; en
- ii) Wat is nodig om de meerwaarde van deze aanpak binnen een (deel)sector te benutten?

In i) wordt een bottom-up aanpak gehanteerd van vertaling van de case studies naar meerwaarde, en in ii) een top-down aanpak, waarin bevindingen worden toegepast op een (deel)sector. In de volgende paragrafen worden deze vragen en bevindingen achtereenvolgens besproken.

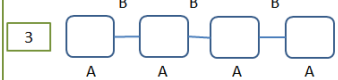
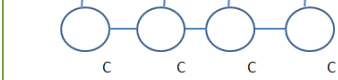
5.1 Welke lessen kunnen uit de case worden gehaald

Uit de 14 ROBAMCI – cases die zijn bestudeerd tussen 2015 en 2019 zijn de volgende 3 'meerwaarde' mechanismen geïdentificeerd:

1. Risicogestuurd assetmanagement in het network (1 functie);
2. Conditiegestuurd assetmanagement over de tijd;
3. Functie / ketenoptimalisatie in assetmanagement van systemen (meerdere functies).

Bij risicogestuurd assetmanagement worden activiteiten niet gebaseerd op een generieke, periodieke aanpak, maar op netwerkrisico's. Bij conditiegestuurd assetmanagement worden activiteiten ingericht op basis van een actueel geïnformeerd beeld van het degradatieverloop per asset. Bij functie/keten optimalisatie gaat het om het optimaliseren van assetmanagement over verschillende assets waarbij ook rekening wordt gehouden met de (neven)functies van een asset, in relatie met de omgeving. Voor die optimalisatie kunnen verschillende reikwijdtes worden gekozen, zie Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Overzicht van verschillende reikwijdtes die kunnen worden gekozen in optimalisatie van assetmanagement over verschillende functies/ ketens.

	Toelichting	Voorbeeld
	1 object, 1 functie	1 sluis: beschouwd op functie scheepvaart
	1 object, meerdere functies	1 sluis: beschouwd op functies scheepvaart, waterveiligheid.
	Netwerk, meerdere functies	Meerdere sluizen in waterweg, beschouwd op scheepvaart + waterveiligheid
	Netwerk, meerdere functies per asset, in relatie tot omgeving	Meerdere sluizen in waterweg, beschouwd op scheepvaart + waterveiligheid, met aandacht voor lokale ambities (bijvoorbeeld aantrekken recreatie / bepaald type industrie, waterkwaliteit)

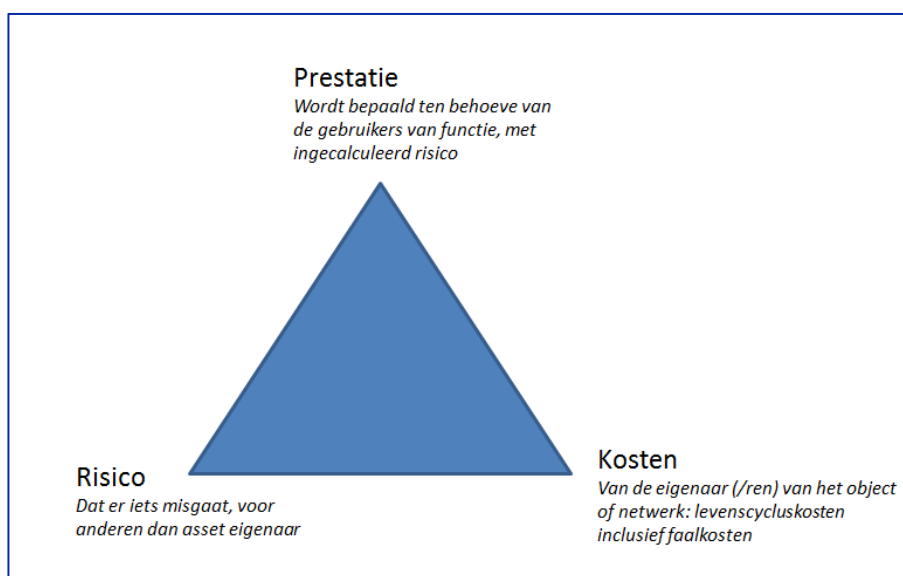
Elke case studie heeft bijgedragen aan het demonstreren van de meerwaarde mechanismen van de verschillende assets, zie Tabel 5.2. Elke casus is aan de hand van een 'business estimate format' beschreven aan de hand van deze mechanismen: de resultaten uit de cases wijzen op potentiële efficiëntiewinst tussen 5 en 20%. Hierbij is echter de maturity van de verantwoordelijke organisatie bepalend of deze efficiency winst ook kan worden behaald.

Tabel 5.2 Overzicht van ROBAMCI cases en welk deel of delen van de waarde propositie ze laten demonstreren

Casus	Type infrastructuur	Gedemonstreerd meerwaarde mechanisme(n)
Assetmanagement van de kust	Waterveiligheid (kustfundament)	Functie/keten optimalisatie, risico
Systeembenadering gemaal IJmuiden	Waterveiligheid (Kunstwerken)	Risico, Functie/keten optimalisatie
Livedijk XL Noorderzijlvest	Waterveiligheid (primaire dijken)	Conditie
Asset Management van de ondergrond	Kabels en leidingen	Functie/ketenoptimalisatie
Reg. waterkeringen Noord-Holland	Waterveiligheid (regionale dijken)	Risico en Conditie
Risicogestuurd baggeren Spijkenisse	Watersysteem (watergangen)	Risico
Gerichte rioolreiniging Almere (2 cases)	Sanitatie (Riolering)	Risico, functie/ketenoptimalisatie
Watersysteem Zeesluis Delfzijl	Water systeem, veiligheid (kunstwerken)	Functie/ketenoptimalisatie, Conditie
Regionaal systeem Rijnland	Waterveiligheid, (regionale dijken)	Functie/ketenoptimalisatie, Risico

Risicogebaseerd inspecteren Oesterdam	Waterveiligheid, (primaire dijken)	Risico en Conditie
Utopia (riolering zonder regenwater afvoer)	Riolering	Risico
Regionaal systeem Brabantse Delta	Regionale systeem (keringen en vaarwegen)	Risico en Conditie
Regionaal systeem HDSR	Regionale systeem, waterafvoer	Risico

De bovengenoemde drie mechanismen leveren op verschillende manieren meerwaarde aan het assetmanagement in Nederland, waarbij het draait om het vinden van een goede balans in de driehoek kosten, prestatie en risico. Hoewel het bij alle kostenposten gaat om uitgaven voor publieke infrastructuur ten behoeve van de maatschappij, is het goed te realiseren dat elke 'hoek' uit deze driehoek een andere doelgroep of 'baathouder' heeft (Figuur 5.1).



Figuur 5.1 Impact van assetmanagement – baathouders.

De kosten van asset management van publieke infrastructuur liggen bij de asset eigenaar – en indirect bij de belastingbetaler. Het gewenste prestatieniveau van een asset wordt bepaald door de asset eigenaar, maar heeft vooral impact op de gebruikers van de functie. Het risico van falen kan worden beheerst door de eigenaar, maar vanwege het maatschappelijke karakter van de diensten ligt de impact van het risico van falen bij andere maatschappelijke actoren, die niet alle gebruikers van de functie zijn. Wat een optimale assetmanagement strategie is hangt dus af van het perspectief of de baathouder waarvoor wordt geoptimaliseerd. Zo kan een onderscheid gemaakt worden tussen optimalisatie vanuit het perspectief van de beheerder en optimalisatie ten behoeve van de gebruiker / maatschappij:

1. **Optimalisatie voor individuele beheerder** (operationeel niveau). Prestatie-eisen en maximaal risico liggen vast, vaak al politiek bepaald of op basis van een welvaartsanalyse (bijvoorbeeld de nieuwe normeringen van primaire keringen). De beheerder kan op basis van risico gebaseerd assetmanagement de middelen efficiënter inzetten, zodat met dezelfde middelen meer kan worden bereikt. Dit is aantrekkelijk in een context waarin jaarlijkse budgetten onder druk staan en/of de opgave groter is dan initieel ingeschat (zoals de vervangingsopgaven in de waterveiligheid en kunstwerken).

2. **Optimalisatie maatschappelijke meerwaarde** (strategisch niveau): hierbij worden ook het risico en de prestatie bepaald en wordt binnen de drie factoren – kosten, prestatie en risico-gezocht naar een optimale balans. Dat kan bijvoorbeeld door ook risico en prestatie uit te drukken in kwalitatieve waarden. In veel (maar niet alle gevallen) kunnen deze ook worden uitgedrukt in monetaire effecten of baten. Dit kan bijvoorbeeld met een MKBA.

5.2 Wat is nodig voor de benutting van de meerwaarde van RBAM

De mate waarin de meerwaarde van kwantitatief risico gestuurd assetmanagement kan worden gerealiseerd is mede afhankelijk van de maturity van de asset organisaties en daarmee de adoptiecapaciteit. Deze aspecten worden hieronder nader toegelicht en uitgewerkt en globaal geïllustreerd met een systeemdynamisch model. Met het systeemdynamisch model is een eerste modelmatige illustratie gemaakt voor waterkeringen, waarmee zowel de opschaalbaarheid van RBAM naar de gehele levenscyclus als naar landelijk niveau zijn verkend, en de rol die de maturity van organisatie speelt in de adaptatie van RBAM speelt.

Maturity

Binnen de organisatietheorie worden maturity modellen toegepast om de capaciteit van organisaties in het uitvoeren van bepaalde nieuwe taken te beschrijven. Met behulp van een maturity assessment kunnen sterke en zwakke kanten van organisaties op bepaalde vlakken geïdentificeerd worden.

Volker, Lei, & Ligtvoet (2011) hebben een maturity model ontwikkeld voor assetmanagement van infrastructuur, en dit toegepast op Rijkswaterstaat: de '*Infrastructure Management Maturity Matrix*' (IM³). De studie concludeert een aantal noodzakelijke prioritaire veranderingen:

1. Er moet een vertaalslag worden gemaakt van de belangen en wensen van externe stakeholders en huidige prestaties van assets over de levenscyclus naar een aanpak op basis van functionele asset netwerken en – doelstellingen;
2. Dit vereist grotere budgetflexibiliteit (bijvoorbeeld omdat beheer niet langer per object wordt gedaan, maar ingepland over het hele netwerk van objecten) en uniformiteit in risk management processen;
3. Updaten en integreren van databases en uniformeren van datasystemen;
4. Uitvoeren kennisprogramma voor werknemers die nog onbekend zijn met assetmanagement principes: performance assessments en externe audits.

In ROBAMCI is het IM³ model toegepast in 13 interviews met asset managers van regionale keringen bij Rijkswaterstaat en waterschappen (Van Rossum, 2018). Het resultaat geeft aan dat hoewel het concept veelal is doorgedrongen, is er nog een weg te gaan naar professionalisatie (en optimalisatie) van assetmanagement. Uit het onderzoek ontstaat het beeld dat de waterschappen en RWS zich veelal rondom niveau basis/standaard bevinden (niveau 2 en 3 op een schaal van 5): het belang van standaardisering en lange-termijn strategieën wordt onderkend, maar dit is nog niet volledig doorgevoerd in de organisatie en uitvoering van asset management.

De gevonden verschillen per organisatie zijn significant. Met name organisaties die een accommoderende stijl van assetmanagement toepassen scoren gemiddeld hoog: kenmerkend is dat de primaire functie van de asset centraal staat in beheer, maar dat er een open houding naar ontwikkelingen en omgeving is. Lage scores worden behaald door organisaties met een meer 'beherende stijl' van assetmanagement, sterk gericht op de primaire assetfuncties en beheren van assets via een eigen werkwijze: de focus op kerntaken belemmert samenwerking met andere partijen en het optimaliseren over meerdere functies van een object.

Adoptie

Met verandering van *'business as usual'* in assetmanagement naar een risicogestuurde, systeemgerichte werkwijze wordt een nieuwe weg ingeslagen. Een meer integrale aanpak van problemen, oplossingen en ontwerpstrategieën, over object- en 'functiegrenzen heen begint in de strategische en tactische laag van asset owners en beheerders. Uiteindelijk vraagt adoptie van nieuwe werkwijzen om verandering van werkprocessen in alle lagen van de organisatie. Adoptie is een moeilijk proces dat erg lang kan duren, vooral als bepaalde regels, procedures en werkvormen al lang geïnstitutionaliseerd zijn in de organisatie. Bij systeemgericht assetmanagement voor meerdere functies zijn verschillende organisaties betrokken.

Dit multi-actor karakter van systeemgericht, risicogebaseerd assetmanagement vormt een extra uitdaging in het veranderproces dat nodig is om tot deze werkwijze te komen. Uit de studie (van Rossum, S. 2018) binnen ROBAMCI kunnen de volgende conclusies worden getrokken;

- Vergroten van de adoptie binnen een organisatie vereist kennis en capaciteit. Technische capaciteiten en voorzieningen en procedures zijn essentieel om RBAM succesvol te kunnen implementeren.
- Succesvolle RBAM is niet alleen afhankelijk van de interne bedrijfsvoering, maar vereist veelal adequate afstemming met andere actoren. Wanneer de maturity van een organisatie laag is ten aanzien van externe afstemming, zal dit leiden tot een lage adoptiegraad en dus tot trage invoering. Hierdoor zullen potentiële efficiëntie winsten van RBAM pas op een later tijdstip worden bereikt.

Schaalvoordeel, leereffecten, adaptieve verwachtingen en netwerk economieën zijn in de literatuur geïdentificeerd als oorzaken van de stijgende rendementen (Arthur, 1994). De stap naar een ander werkproces kan op korte termijn echter onaantrekkelijk zijn voor een organisatie. Dit kan de adoptie van technische innovatie hinderen en staat bekend als "**technologische lock-in**" (Foxon, 2002). Daarnaast moet verandering op gang komen door menselijke interactie die weer sterk beïnvloedt worden door regels, wetten, procedures, normen en waarden: formele en informele instituties. Ook hier spelen de rendementen pas op langere termijn, en zorgen voor een "**institutionele lock-in**" (Pierson, 2000). Deze twee vormen van 'lock-in', waarbij een organisatie drempels of onwil ervaart om te veranderen, staan niet los van elkaar: technologische systemen zijn vaak ingebed in institutionele structuren. De literatuur van institutionele verandering geeft aan dat initiatie voor institutionele verandering van buitenaf moet komen (Baum, 1994; Capoccia & Kelemen, 2007; Greif & Laitin, 2004). Oliver (1992) presenteert in zijn betoog drie belangrijke bronnen van waaruit de institutionele verandering kan voortkomen:

- Functionele druk, vaak gekoppeld aan omgevingsveranderingen, zoals de vergroting van concurrentie voor organisaties;
- Politieke druk, voornamelijk veroorzaakt door een shift in onderliggende machtsverdeling;
- Sociale druk, zoals de verandering van wetten en regels of sociale verwachtingen die de acceptatie en implementatie van een bepaalde praktische norm of werkwijze belemmeren.

Om in Nederland de institutionele veranderingen te bewerkstelligen die nodig zijn om in risicogebaseerd, systeemgericht assetmanagement te groeien, moet de 'incentive' voor verandering dus van buitenaf komen: uit een van deze dimensies, bijvoorbeeld de noodzaak van hogere prestaties onder druk van klimaatverandering of politieke druk door afnemende budgetten voor bepaalde activiteiten.

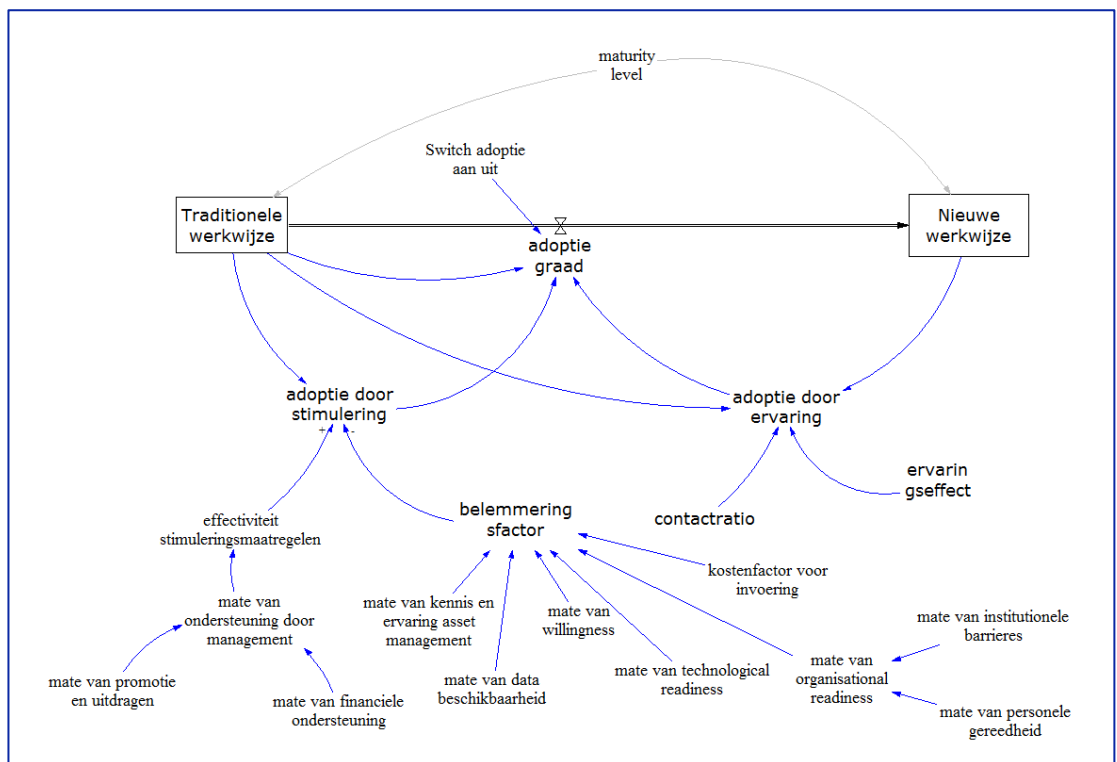
Benutten meerwaarde: een verkenning met een systeem-dynamisch model

De drie 'meerwaarde' mechanismen van ROBAMCI zijn samengebracht in een zogenaamd 'systeem-dynamisch' model.

Met een dergelijk model kan niet-lineair gedrag van complexe systemen kwantitatief in kaart worden gebracht, en kan naar de gehele levenscyclus en het gehele areaal worden opgeschaald – zo kan in de ‘business estimate’ bijvoorbeeld rekening worden gehouden met de snelheid waarmee innovatie door de sector wordt opgepakt, en de invloed van eventuele strategische beslissingen om dit te stimuleren. Een voorbeeld van de relaties die in een systeem dynamisch model worden gelegd is gegeven in Figuur 5.2.

Om de mogelijke meerwaarde die ROBAMCI biedt te kunnen benutten laat het gebruik van het systeem-dynamisch model zien dat kennisontwikkeling en aanpassingen binnen de praktijk van assetmanagement essentieel zijn voor een effectieve invoering van de ROBAMCI methodiek van assetmanagement. Hoeveel en wat deze aanpassingen zijn verschilt per organisatie. De huidige ‘volwassenheid’ (*maturity*) van de organisatie binnen het assetmanagement is daarbij het vertrekpunt. Hierbij zijn met name kennis van en informatie over assets, strategie en planning en risicomanagement belangrijke aspecten. De snelheid waarmee een organisatie de ROBAMCI werkwijze kan adopteren wordt beïnvloed door factoren als de aanwezigheid van een duidelijke strategie/beleid, de aanwezigheid van voldoende kennis en capaciteit.

Het onderzoek met het systeem-dynamisch model, als voorbeeld toegepast op een deel van de GWW sector, de waterkeringen, laat zien dat toename in toepassing van risicogestuurd onderhoud leidt tot een hogere efficiency; met dezelfde kosten zijn betere prestaties te behalen (lagere risicokosten: minder risico's, minder schade). Er zijn verschillende varianten doorgerekend. De modelbevindingen voor keringen in Nederland geven aan dat efficiëntiewinsten van ca. 10 % -15 % mogelijk zijn. Hierbij wordt tevens geïllustreerd dat de maturity van een organisatie leidend is bij de invoering van de ROBAMCI werkwijze; zonder voldoende aandacht voor kennisontwikkeling zal adoptie van de ROBAMCI aanpak slechts langzaam verlopen.



Figuur 5.2 Voorbeeld van de relaties in het systeem-dynamisch business estimate model, waarin is aangegeven hoe adoptie en maturity zijn opgenomen (uit: De Bel, 2019).

5.3 Synthese meerwaarde van RBAM

In hoofdlijn zijn er 3 lessen geleerd van de cases:

- De meerwaarde van kwantitatief risico gebaseerd assetmanagement kan worden gezien vanuit drie werkwijzen: bij conditiegestuurd assetmanagement worden activiteiten ingericht op basis van een actueel beeld van het degradatieverloop per asset. Bij risicogestuurd assetmanagement worden de activiteiten gestuurd op basis van netwerkrisico's per functie. Bij functie/keten optimalisatie gaat het om het optimaliseren van assetmanagement over alle functies van een asset in een systeem.
- Uit de cases is gebleken dat de ROBAMCI aanpak een meerwaarde levert op de dimensies: prestaties, (maatschappelijk) risico en kosten, wat leidt tot een efficiencywinst tussen 5 - 20%.
- De invulling van optimalisatie van het assetmanagement is afhankelijk van het perspectief van waaruit wordt geoptimaliseerd: focus op kosten, risico's of prestaties. Wat optimaal assetmanagement is kan daarmee van afhangen van voorkeuren over de tijd, het netwerk, de beheerder, en de omgeving.

In hoofdlijn zijn de volgende lessen geleerd van de top-down benadering:

- De verschillen in maturity per organisatie zijn significant. Met name organisaties die een accommoderende stijl van assetmanagement toepassen scoren gemiddeld hoog: kenmerkend is dat de primaire functie van de asset centraal staat in beheer, maar dat er een open houding naar ontwikkelingen en omgeving is. Lage scores worden behaald door organisaties met een meer 'beherende stijl' van assetmanagement, sterk gericht op de primaire assetfuncties en beheer van assets via een eigen werkwijze: de focus op kerntaken belemmert samenwerking met andere partijen en het optimaliseren over meerdere functies van een object.
- Een hogere adoptiegraad resulteert in een snellere efficiëntiewinst van een nieuwe aanpak. Vergroten van de adoptiesnelheid vereist kennis en capaciteit binnen een organisatie. Technische capaciteiten, procedures en voorzieningen zijn essentieel om de ROBAMCI aanpak succesvol te kunnen implementeren. Het vereist ook adequate afstemming met andere actoren. Wanneer de maturity van een organisatie laag is ten aanzien van externe afstemming, zal dit leiden tot een lage adoptiegraad en dus tot trage implementatie van RBAM.
- Om in Nederland de benodigde institutionele veranderingen te bewerkstelligen die nodig zijn om in risicogebaseerd, systeemgericht assetmanagement te groeien, moet de 'incentive' voor verandering (meestal) van buitenaf komen: uit functionele (klimaatverandering), politieke of sociale druk.
- Het onderzoek met het systeem-dynamisch model, als voorbeeld toegepast op een deel van de GWW sector, de waterkeringen, laat zien dat toename in toepassing van risicogestuurd onderhoud leidt tot een hogere efficiency; met dezelfde kosten zijn betere prestaties te behalen (lagere risicokosten: minder risico's, minder schade). Er zijn verschillende varianten doorgerekend. De modelbevindingen geven aan dat efficiëntiewinsten van ca. 10 % -15 % binnen de GWW sector mogelijk zijn.

De lessen uit de bottom up en de top-down benadering vullen elkaar aan. Bij de indicatieve bevindingen ten aanzien van efficiencywinsten moet worden gewezen op de beperkte omvang van de 'steekproef', en de relativiteit ervan ten opzichte van de groeiende klimaat- en vervangingsopgave,

6 Conclusies

ROBAMCI is een onderzoeksprogramma gericht op asset management van de publieke infra in de GWW sector waarin overheden, kennisinstellingen en marktpartijen samenwerken. Het programma ROBAMCI liep van 2015-2019 met in totaal 30 partners. Het werk is uitgevoerd in 5 werkpakketten en in de looptijd geordend in 4 fasen. Het heeft resultaten en conclusies opgeleverd die gebundeld zijn onder de volgende noemers

- Aanleiding
 - Potentieel van assetmanagement voor infrastructuur in de publieke sector
 - Drijfveer voor integraal, samenhangend, systeem- en risico gebaseerd
- Tools en cases
 - Ondersteuning met tools en technieken
 - Resultaten uit de case studies
- Verdere implementatie
 - ROBAMCI als 'enabler' van assetmanagement met een standaard aanpak
 - ROBAMCI als 'enabler' voor het goede gesprek in en tussen organisaties
 - ROBAMCI als 'enabler' van de transitie

De conclusies worden hieronder achtereenvolgens onder deze noemers samengevat. In de achtergrond rapporten die voor elk uitgevoerd onderdeel beschikbaar zijn, is detail informatie opgenomen.

6.1 Aanleiding

Potentieel van assetmanagement voor infrastructuur in de publieke sector

- Asset management wordt al toegepast zolang er infrastructuur wordt gebouwd met als doel om bepaalde maatschappelijke functies te faciliteren. Publieke organisaties leggen daartoe infrastructuur aan en houden die in stand. De kern van asset management is het vinden en bewaren van de balans tussen de kwaliteit (service levels van functies en assets), de kwetsbaarheid (restrisico's bij functieverlies) en de kosten (aanleg, beheer en onderhoud).
- Naar schatting wordt in Nederland door RWS, waterschappen en gemeenten jaarlijks ongeveer 16 miljard Euro ingezet voor aanleg, beheer en onderhoud van landelijke, regionale en gemeentelijke (publieke) infrastructuur zoals dijken, kunstwerken, waterlopen, ondergrondse infrastructuur en waterzuivering. Daarvan wordt ca. 6 miljard besteed in de waterbouw en waterveiligheid.

Drijfveer voor integraal, samenhangend, systeem- en risicogebaseerd assetmanagement

- De afwegingen om de balans tussen kwaliteit, kwetsbaarheid en kosten te bewaren worden steeds complexer door o.m. grote vervangingsopgaven, klimaatverandering en aanpassingen van normen. Klimaatverandering, maatschappelijke opgaven en nieuwe kennis zijn belangrijke redenen waarom beslissingen over aanleg, beheer en onderhoud van infrastructuur steeds meer worden onderbouwd met een systematische en systeem-georiënteerde aanpak.
- In de industrie heeft asset management al een veel sterkere ontwikkeling doorgemaakt dan in het publieke domein. Omdat in de GWW sector momenteel nog maar zeer beperkt ingezet wordt op integraal, samenhangend en risico-gebaseerd beheer van de assets in het publieke domein, liggen er kansen voor efficiencyverbetering.

- De maatschappelijk en bestuurlijke vraagstukken van de toekomst zijn vaak gekoppelde economische, ruimtelijke, technische en milieu vraagstukken die om een integrale oplossing vragen. Oplossingen als “we doen het altijd al zo” volstaan niet meer, omdat de te verwachten toekomstige veranderingen niet vergelijkbaar zijn met ervaringen uit het verleden.

6.2 Tools en cases

Ondersteuning met tools en technieken

- Afwegingen tussen kwaliteit, kwetsbaarheid en kosten vragen om technieken die de actuele technische status, de invloed van veroudering van assets, de invloed van een veranderende context (omgeving en klimaat) en de daaraan gekoppelde risico's op de juiste manier vertalen naar een handelingsperspectief voor de beheerder. Om naar de toekomst te kunnen kijken en het verwachte effect van beheermaatregelen te kunnen bepalen en strategieën afwegen, moeten kwantitatieve systeemanalyses met modellen deze aspecten faciliteren. De ROBAMCI tools bestaan:
 - uit een vraagstuk-specifiek deel dat de prestaties bepaalt. Dit bevat het door de beheerder gebruikte en vertrouwde model om het gedrag te simuleren onder bepaalde systeemcondities en belastingen, zoals bijvoorbeeld SOBEK.
 - uit een generiek deel dat de prestatie, risico's en kosten over de levensduur faciliteert (incl. veroudering en onzekerheden), en de planning van beheeracties in de tijd optimaliseert voor verschillende beheerstrategieën en toekomstscenario's.

In dit generieke deel kunnen op basis van een gekozen (vraagstuk-specifieke) beheerstrategie in het rekenmodel automatisch maatregelen gemodelleerd / toegepast worden waarbij het systeem blijft voldoen aan de vereiste systeemfunctie(s). De keuze om op een zeker tijdstip in de levensduur wel of geen maatregel te treffen wordt gebaseerd op de (dan actuele) berekende systeemprestaties en de stuurparameter(s) uit de beheerstrategie.
- De ROBAMCI tools faciliteren daarmee het zoeken van een passende balans tussen prestaties, risico's kosten over de levensduur. Er wordt dus gekeken naar life cycle performance, life cycle risks en life cycle costs.
- Het DataKwaliteitsModel (DKM) verbindt data en informatiekwaliteit aan de te nemen beslissing. Waar vaak gebruik wordt gemaakt van beschikbare data moet een strategie voor meten en monitoren zorgen voor de beschikbaarheid van passende data afgestemd op de gewenste kwaliteit van de beslissing.

Resultaten uit de case studies

- de meerwaarde van kwantitatief risico gebaseerd assetmanagement kan worden gezien vanuit drie werkwijzen: bij conditiegestuurd assetmanagement worden activiteiten ingericht op basis van een actueel beeld van het degradatieverloop per asset. Bij risicogestuurd assetmanagement worden de activiteiten gestuurd op basis van netwerkrisico's per functie. Bij functie/keten optimalisatie gaat het om het optimaliseren van assetmanagement over alle functies van een asset in een systeem.
- Uit de cases is gebleken dat de ROBAMCI aanpak een meerwaarde levert op de verschillende dimensies: prestaties, (maatschappelijk) risico en kosten, wat leidt tot een efficiencywinst van 5-20%. Opgemerkt moet worden dat het gaat om een efficiency winst ten opzichte van de naar verwachting fors stijgende opgave, zodat verwacht moet worden dat de kosten nog steeds stijgen.
- Door de schaal van het vraagstuk te vergroten (in ruimte, tijd, zoekrichtingen) komen nieuwe oplossingen binnen bereik. De schaal waarop prestaties, risico's en kosten worden geoptimaliseerd moet daarom nadrukkelijk worden opgevat als een vrijheidsgraad in plaats van als een gegeven.
- Er moet nadrukkelijk aandacht zijn voor de uitwisseling van informatie tussen de verschillende beslisniveaus en schaalniveau's. Dit is een van de belangrijkste aspecten van het toepassen van lifecycle management, en wordt nog van groter belang als de schaal en tijdshorizon variabelen zijn.

- De invulling van 'optimaal' assetmanagement is afhankelijk van het perspectief van waaruit wordt geoptimaliseerd: focus op kosten, risico's of prestaties. Wat optimaal assetmanagement is kan daarmee van afhangen van tijd, netwerk, beheerder, en omgeving.

6.3 Verdere implementatie

Robamci als 'enabler' van assetmanagement met een standaard aanpak

- ROBAMCI is erop gericht om de kwaliteit van beslissingen over asset management op operationeel, tactisch en strategisch niveau te ondersteunen.
- Grondgedachte van ROBAMCI is dat veel asset management vraagstukken in de basis hetzelfde zijn. Doel van het programma is daarom het ontwikkelen van een generiek en samenhangend raamwerk van kennis, methoden, tools en best practices dat toepasbaar is voor het voorbereiden van beslissingen over beheer van infrastructuur in beheer van de overheid.
- De kennis die binnen ROBAMCI ontwikkeld is, is openbaar en beschikbaar via www.robamci.nl. De ROBAMCI tools zijn modulair ontwikkeld, zodat ze ook te "stekkeren" zijn met bestaande tools van derden of nog te ontwikkelen nieuwe tools. De ROBAMCI tools zijn ontwikkeld aan de hand van de vragen uit de 14 cases die zijn aangedragen door de deelnemende beheerders. Samen dekken die een significant deel van het assetmanagement domein van de natte infrastructuur.

Robamci als 'enabler' voor het goede gesprek in en tussen organisaties

- Naast rekentechnieken vraagt implementatie van asset management in de GWW sector een bepaalde 'maturity' van de sector ten aanzien van de toepassing. De institutionele setting, de rol en belangen van verschillende partijen (veelal overheden) die actief zijn en ook mogelijke andere stakeholders (zowel publiek en privaat) kunnen dit beïnvloeden. Dit vereist een inschatting van de impact van de huidige status van de sector ('maturity') op de kansen om de meerwaarde van asset management te benutten (adoptie). Een inschatting met een dynamisch model kan behulpzaam zijn bij het vinden van de kernfactoren die de adoptiesnelheid bepalen.
- De verschillen in maturity per organisatie zijn significant. Met name organisaties die een accommoderende stijl van assetmanagement toepassen scoren gemiddeld hoog. Kenmerkend is dat de primaire functie van de asset centraal staat in beheer, maar dat er een open houding naar ontwikkelingen en omgeving is. Lage scores worden behaald door organisaties met een meer 'beherende stijl' van assetmanagement, sterk gericht op de primaire assetfuncties en beheren van assets via een eigen werkwijze: de focus op kerntaken belemmert samenwerking met andere partijen en het optimaliseren over meerdere functies van een object.
- De ROBAMCI cases hebben geholpen om de beheerders het goede gesprek te laten voeren: 'De case helpt het hoogheemraadschap [...] het goede gesprek te voeren op weg naar een programma dat steeds meer integraal – en op basis van de functies van de netwerken wordt opgesteld'. 'Uit dit project komt naar voren dat een benadering zoals die gekozen is in dit onderzoek, meerwaarde heeft ter ondersteuning voor besluitvorming'.

ROBAMCI als 'enabler' van de transitie

Het ROBAMCI programma heeft de drijfveer voor, en potentie van een transitie naar meer systeem georiënteerd en risico gebaseerd assetmanagement getoond. De kern van de transitie moet in de beheerorganisaties van de publieke infrastructuur plaatsvinden. Uit de literatuur blijkt dat, om de daarvoor benodigde institutionele verandering te bewerkstelligen, de 'incentive' van buitenaf moet komen: uit functionele (klimaatverandering, bodemdaling), politieke of sociale druk.

ROBAMCI heeft met de voorbeelden en de ontwikkelde tools getoond dat deze transitie mogelijk is, en kan deze transitie faciliteren. De ambassadeursgroep gaf aan: 'ROBAMCI biedt inzicht en overzicht in kansen en bedreigingen van mogelijkheden om de toenemende complexiteit in infrastructurele ontwikkelingen in samenhang met/onder invloed van relevante maatschappelijke ontwikkelingen beheersbaar te houden voor/in Nederland. Inzicht bieden betekent nu risico's, prestaties en kosten berekenen voor assetmanagement vraagstukken in hun context.'

7 Aanbevelingen

De aanbevelingen uit het ROBAMCI programma zijn gebaseerd op de bevindingen uit de cases en generieke werkpakketten, de discussies met de beheerders die cases hebben aangedragen, de discussie in de stuurgroep, en de discussies met de ambassadeursgroep uit de gouden driehoek. Het heeft aanbevelingen opgeleverd die gebundeld zijn onder de volgende noemers

- Inhoud van de transitie;
- Vorm van de transitie;
- Weg waarlangs de transitie tot stand kan komen.

De aanbevelingen worden hieronder achtereenvolgens onder deze noemers samengevat.

Inhoud van de transitie

De sector kan naar risico-gebaseerd en systeem georiënteerd assetmanagement toe groeien door:

- Interventies te baseren op het in stand houden van **systeemfuncties** in plaats van uit te gaan van prestatie-eisen aan en in stand houden van individuele assets.
- Interventies **tijdig** te doen, zodat ze planmatig kunnen worden voorbereid en uitgelijnd of meegekoppeld met andere ingrepen, ook die van andere beheerders.
- Interventies te optimaliseren over het systeem/netwerk en over de levensduur, op basis van kennis over de **conditie** van de asset, het bijbehorend **risico**, en de **veroudering/verandering** ervan gedurende de levensduur.

Vorm van de transitie

Voor deze verbeteringslag t.a.v. asset management in de sector is het behulpzaam om:

- Normen uit te drukken in termen van aanvaardbaar risico op verlies van systeemfunctie.
- Afwegingen te baseren op gekwantificeerde risico's en de verandering ervan door veroudering te voorspellen.
- Van de verschillende beheerders van delen van een systeem of netwerk te vragen / vergen dat er wordt samengewerkt bij het plannen en voorbereiden van interventies.

Weg waarlangs de transitie tot stand kan komen

Uiteraard zijn er vele wegen waarlangs de transitie kan worden bereikt. Een aantal grootste gemene delers zijn:

- Het vormen van een community. Daarvoor hoeft geen nieuw platform te worden opgericht. Mogelijk kan worden aangesloten bij een platform wat in de beoogde sector al actief is, zoals iAMPRO (infrastructuur AssetManagement Professional) of Platform WoW (Water ontmoet Water)
- Verder is standaardisatie van belang: toepassing van het binnen ROBAMCI ontwikkelde instrumentarium zorgt er onder andere voor dat de kwaliteit van gevonden oplossingen geborgd wordt en dat oplossingen vergelijkbaar zijn met andere oplossingen die ook met dit instrumentarium zijn gemaakt. Dit helpt om als community één taal te gaan spreken, waardoor de adoptie van het gedachtengoed in de sector wordt vergroot.

- Voor het plannen van interventies over de levensduur is data nodig die aangeeft hoe snel het verouderingsproces gaat, en kennis van wat de belangrijkste factoren daarin zijn. Die data heeft in veel van de cases ontbroken of was beperkt aanwezig. Het is van belang dat met het inwinnen daarvan een systematische start wordt gemaakt, zoals dat ooit ook gedaan is met het meten van waterstanden, windsnelheden, temperaturen, etc.

Er is een masterplan nodig ten behoeve van de realisatie van de transitie in de sector. Daarin moeten bovengenoemde inhoud en vorm verder worden uitgewerkt. Van belang is dat er een routekaart voor deze transitie wordt opgezet waaraan de voortgang is af te meten.

8 Referenties

- Heijer, F. den, 2015. ROBAMCI, Risk and Opportunity Based Asset Management for Critical Infrastructures, Koepelplan 2015-2018, juli 2015.
- Klerk, W.J. et. al, 2015. Framework voor lifecycle management van publieke kritieke infrastructuur. Inventarisatie en framework versie 0, 1220047-002-GEO-0005, Deltares, december 2015. Addendum: Framework ROBAMCI en aansluiting op lifecycle management processen bij beheerders, maart 2016.
- Klerk, W.J., Heijer, F. den, 2016. A framework for life-cycle management of public infrastructure, IALCCE 2016. Published in: Life-Cycle of Engineering Systems: Emphasis on Sustainable Civil Infrastructure, Bakker, Frangopol & van Breugel (Eds), pg 101, ISBN 978-1-138-02847-0, 2017.
- Klerk, W.J., Schweckendiek, T., den Heijer, F. and Kok, M., 2019. "Value of Information of Structural Health Monitoring in Asset Management of Flood Defences," *Infrastructures*, vol. 4, no. 3, p. 56, Aug. 2019.
- Korving, H., 2019. WP2 Framework of Analysis, 11201843-006-ZWS-0001, december 2019.
- Rinsema, J.G., 2019 Informatie Kwaliteitsmodel, Rapportage fase 4 Robamci. J.G. Rinsema, J.J.C. Bink, W.S. Zomer, BZIM, november 2019.
- Klerk, W.J. et. al., 2016 Beschrijving asset management tool waterkeringen versie 0.9, ROBAMCI fase 1: casus waterkeren, 1221086-000-ZWS-002, Deltares, juli 2016. Met bijbehorend rekenmodel.
- Wessels, J, et. al., 2016 ROBAMCI Case Kunstwerken - Gemaal IJmuiden. Juni 2016. Met bijbehorend excelbestand met rekenmodel.
- Stronckhorst, J., Buren, R. van., 2015. Assetmanagement en kustlijn zorg, 1220047-002, Deltares, 2015. Met bijbehorend excelbestand met rekenmodel.
- Maring, L., Blaauw, M. Asset Management van de Ondergrond (AMO), uitkomsten van de Community of Practice AMO, Deltares Rapport 1210455-000-BGS-0013, juli 2016.
- Korving, H., et al. (2018). ROBAMCI: fase 2 (2016-2017). Case risicogestuurd baggeren, 1230174-052-ZWS-0001, april 2018.
- Bel, M. de, et al. (2017). Waardensysteem zeeluis Delfzijl, 1230174-003-ZWS-0006, juni 2017.
- Meijer, D., et al. (2017). Case gerichte rioolreiniging Almere, [1230174-053-ZWS-0004](#), 2017.
- Roscoe, K., Lips, N. Risico-gebaseerde dijkverhogingen – een ROBAMCI casus met Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, 1230174-003-ZWS-0013, 28 augustus 2018.
- Tijssen, A., Roscoe, K., Nicolai, R., Bink, J., Faes, R., Sap, J. Risico-gestuurd inspecteren voor de Oesterdam, 11200692-003-ZWS-0004, 1 november 2018.
- Meijer, D., et al. (2018). Risicogestuurdbeheer bij vervuiling en zetting van hemelwaterriolen Almere, 2017.

- Heijer, F. den, 2019. Casus regionale waterkering Rijnland, ROBAMCI fase 3. F. den Heijer (Deltares), M. Zethof, G. Depuits (beiden HKV), E. Both-Pols (Arcadis), J.G. Rinsema (BZIM), W. de Vries (Intech). Deltares, 11200692-003-ZWS-0005, mei 2019.
- Meijer, D., 2019. Utopia: de regenwaterriool vrije stad!?, D. van Dijk (HKV), J. Langeveld (Partners4Urbanwater), D.Meijer (Deltares), Deltares, 11201843-007-ZWS-0005, oktober 2019.
- Kieftenburg, A, 2019. Casus Inzet flexibele maatregelen in Oude Rijngebied, ROBAMCI fase 4. A. Kieftenburg, N. Kramer, K. Wojciechowska, R. Brinkman, H. Korving (allen Deltares), S. Groot, D. Honingh (beiden HKV), S. Roelofs, J. Bink (beiden BZIM), S. Marell (CMS-AM), A.van Veldhoven (HDSR), Deltares, 11200692-004-ZWS-0001, juli 2019.
- Wojciechowska, K, 2019. Toekomstbestendige Mark-Dintel-Vliet Boezem, Robamci fase 4. W. van der Wiel, P. Houtman (beiden IV infra), J. Bink (BZIM), K. Wojciechowska, D. Stuparu, F. den Heijer (allen Deltares), K.J. Douben (WSBD). Deltares, 11201843-007-ZWS-0008, juni 2019.
- IJmker-Van Gent, J., Kok, S., 2017. WP4 Business case / synthese. ROBAMCI fase 1. Een eerste verkenning naar de potentie van risicogestuurd assetmanagement in de GWW-sector in Nederland. 1220226-006-ZWS-001, Deltares, 2017. Met bijbehorend excelbestand.
- Bel, M., de, Sardjoe, N., 2019. Eindrapport ROBAMCI (WP4), Business estimate and synthese, Een analyse van de economische potentie van risico- en conditie gestuurd en systeemgericht assetmanagement in de natte GWW sector. Deltares, november 2019.
- Heijer, F. den, 2020a. Samenvattend eindrapport ROBAMCI, Groeirapport met stand van zaken t/m fase 4, 1230174-000-ZWS-0021, mrt 2020.
- Doolaard, A. den, 1947. Het verjaagde water, bezorgd door K. d'Angremont en G.J. Schiereck, ISBN 90-407-2224-2, Delft, 2001.
- Kerkhof, R. van de, Lamper, L., & Fang, F., 2018. De waarde van Maintenance voor de Nederlandse Infrastructuur.
- Fuchs, G.H.A.M. et al., 2014. A business case of the estimated profit of Life Cycle Management principles. In H. Furuta, D. M. Frangopol, & M. Akiyama, eds. Life-Cycle of Structural Systems: Design, Assessment, Maintenance and Management. CRC Press.
- Werner, M., Schellekens, J., Gijsbers, P., van Dijk, M., van den Akker, O., & Heynert, K., 2013. The Delft-FEWS flow forecasting system. Environmental Modelling & Software, 40, 65–77. doi: 10.1016/j.envsoft.2012.07.010.
- Van Stokkum, J., Pals, N., Zomer, W. (2017). Informatiekwaliteitsmodel – Rapportage. ROBAMCI - fase 2 - Werkpakket 2, juli 2017.
- Wojciechowska, K., Klerk, W., der Hammen, J., & Pot, R. (2017). Beoordelingsframework Dijkeninformatie. STOWA, RWS-WVL, HWBP.
- Wijnia, Y., & Herder, P. (2010). The state of Asset Management in the Netherlands. Proceedings of the 4th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2009), (March 2015), 288–297. <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-320-6>.
- Volker, L., Lei, T. Van Der, & Ligtoet, A. (2011). Developing a maturity model for infrastructural asset management systems. Conference on Applied Infrastructure Research.

- van Rossum, S. (2018). DE WEG NAAR EEN VOLWASSEN IMPLEMENTATIE VAN RISICO EN KANS GESTUURD ASSETMANAGEMENT-Een studie naar de implementatie van risico en kans gestuurd assetmanagement en de beïnvloeding van de toegepaste stijl van assetmanagement. Erasmus Universiteit Rotterdam.
- Arthur, W. (1994). Increasing Returns and Path Dependence in the Economy - W. Brian Arthur - Google Boeken.
- Baum, J. (1994). Organizational Ecology. In Handbook of Organization Studies (p. 366). Harvard University Press.
- Capoccia, G., & Kelemen, R. D. (2007). The Study of Critical Junctures: Theory, Narrative, and Counterfactuals in Historical Institutionalism. *World Politics*, 59(3), 341–369. <https://doi.org/10.1017/S0043887100020852>.
- Foxon, T. J. (2002). Technological and institutional ‘lock-in’ as a barrier to sustainable innovation. *Change*, 1–9.
- Greif, A., & Laitin, D. D. (2004). A Theory of Endogenous Institutional Change. *The American Political Science Review*, 98(4), 633–652. <https://doi.org/10.1017/S0003055404041395>.
- Oliver, C. (1992). The Antecedents of Deinstitutionalization. *Organization Studies*, 13(4), 563–588. <https://doi.org/10.1177/017084069201300403>.
- Pierson, P. (2000). Increasing Returns, Path Dependence, and the Study of Politics. *The American Political Science Review*, 94(2), 251–267. <https://doi.org/10.2307/2586011>.
- Bückmann, B. Witmond, J. Roozenbeek, 2007, MIT-verkenning sluizen Delfzijl.