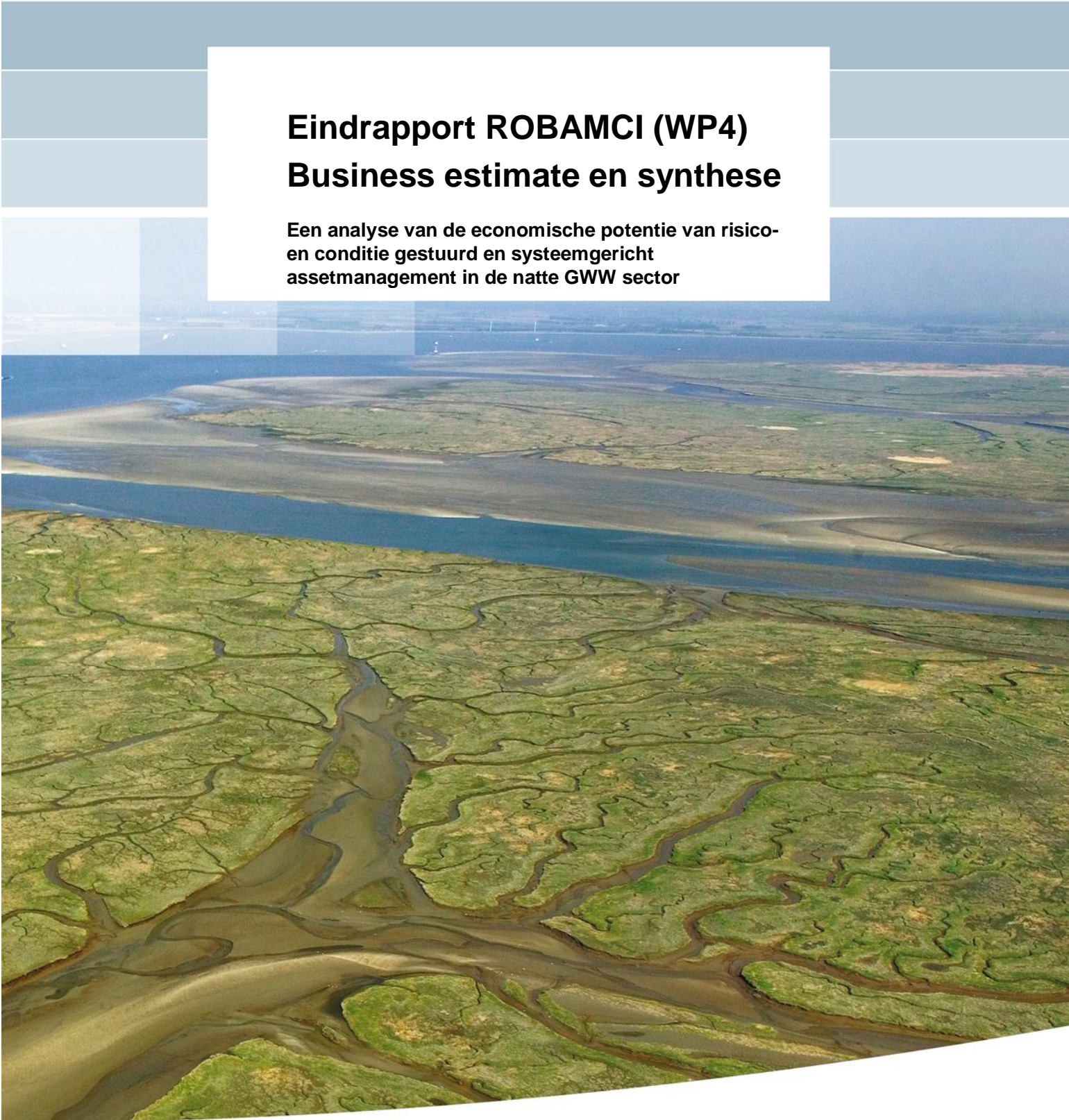


Eindrapport ROBAMCI (WP4) Business estimate en synthese

**Een analyse van de economische potentie van risico-
en conditie gestuurd en systeemgericht
assetmanagement in de natte GWW sector**



Eindrapport ROBAMCI (WP4)

Business estimate en synthese

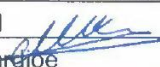


Een analyse van de economische potentie van risico- en conditie gestuurd en systeemgericht assetmanagement in de natte GWW sector

Trefwoorden

Business estimate, risico en conditie gestuurd assetmanagement

Samenvatting

In ROBAMCI worden kennis, methoden en tools ontwikkeld om risico - en conditie gestuurd, systeemgericht en kwantitatief assetmanagement beter toe kunnen passen in de Nederlandse GWW sector. Hierbij worden cases gebruikt om de meerwaarde te illustreren. In dit rapport wordt het proces en de resultaten beschreven richting een uitgewerkte 'business estimate': een zo goed mogelijk onderbouwde inschatting van de economische meerwaarde van de aanpak voor de natte sector in NL. Het proces is opgebouwd langs drie onderzoeklijnen: i) De omvang van het assetmanagement in de natte sector; ii) Casestudies met de ROBAMCI methode binnen bestaande processen; iii) *Business estimate* door middel van een systeem-dynamisch model. Uit de studie blijkt dat er binnen de GWW sector een potentie is van een prestatieverbetering (of efficiëntiewinst) van ongeveer 10 – 15 % van de levenscycluskosten.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	okt. 2018	Mark de Bel Nishchal Sarajoe		Frank den Heijer		Judith Kaspersma	

Status

Definitief.

Inhoud

1	Introductie	9
1.1	Context	9
1.2	Institutionele setting	9
1.3	Samenvatting fase 1 - 3	10
1.3.1	Omvang van de sector.	11
1.3.2	Mogelijke efficiëntiewinst door toepassing ROBAMCI	11
1.3.3	Groeiruimte in organisaties	11
1.3.4	Systeemdynamisch business estimate model	12
1.4	Fase 4	12
1.5	Leeswijzer	12
2	Beschrijving van de sector	13
2.1	De “Natte Infrastructuur”	13
2.2	Waterveiligheid: Waterkeringen en Kunstwerken	14
2.3	Uitgaven assetmanagement (natte) GWW sector	16
2.3.1	De financiële omvang van assetmanagement voor waterkeringen	17
2.3.2	Rioleringen	18
3	Business estimate: de potentie van ROBAMCI	21
3.1	Waarde propositie ROBAMCI	21
3.1.1	Introductie meerwaarde mechanismen	21
3.1.2	Baathouders	21
3.1.3	Wat is optimaal assetmanagement?	22
3.2	Risicogebaseerd assetmanagement	23
3.2.1	Cases	24
3.3	Conditiegestuurd assetmanagement	25
3.3.1	Cases	25
3.4	Functie/keten optimalisatie	26
3.4.1	Cases	26
4	Verzilveren meerwaarde assetmanagement: maturity en adoptie	29
4.1	Introductie	29
4.2	Maturity van assetmanagement	29
4.2.1	Introductie	29
4.2.2	Stand van zaken assetmanagement in NL GWW sector	30
4.2.3	Maturity in ROBAMCI	31
4.3	Adoptie van RBAM	33
4.3.1	Systeemperspectief	34
4.3.2	Institutionele en Technologische Lock-in	35
4.3.3	Incentives voor verandering	35
5	Systeemdynamisch business estimate model	37
5.1	Operationalisatie waardepropositie in business estimate model	37
5.1.1	Methode	37
5.1.2	Scope en toepasbaarheid model	38
5.2	Het modelleringsproces gedurende de uitvoering van ROBAMCI	38

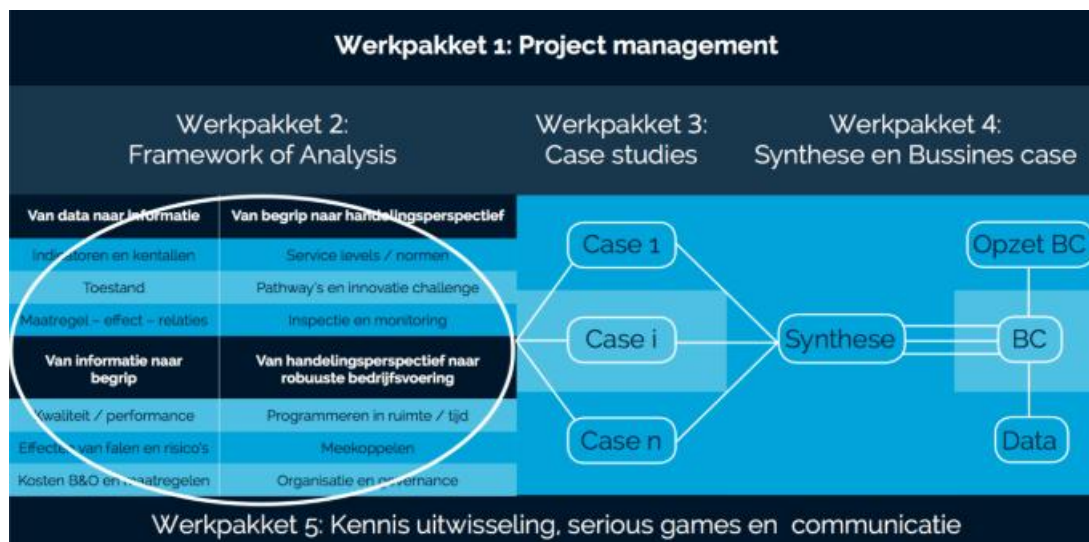
Deltares

5.2.1	Stap 1: basismodel	38
5.2.2	Stap 2: case-based uitwerking	38
5.2.3	Stap 3: asset centraal	38
5.3	Meerwaarde en business estimate	39
5.3.1	Risicogestuurd assetmanagement	39
5.3.2	Conditiegestuurd assetmanagement	40
5.3.3	Functie/keten optimalisatie	41
5.4	Operationalisatie uitgaven natte sector in model	41
5.5	Operationalisatie adoptie en maturity in model	42
5.6	Onderzoeksopzet systeem-dynamisch model	43
5.6.1	Onderhoud van dijken in het model	43
5.6.2	Resultaten	43
5.6.3	Kosten	44
5.6.4	Risicokosten	45
5.6.5	Maturity	45
5.6.6	Resultaten systeem-dynamisch model	46
6	Conclusie	49
7	Literatuur	51
8	Appendices	53

1 Introductie

1.1 Context

In Werkpakket 4, 'synthese en business estimate' wordt gewerkt aan een onderbouwd beeld van de potentiële meerwaarde van risico gestuurd en systeemgericht asset management, zoals binnen ROBAMCI ontwikkeld, voor Nederlandse GWW sector. Hierbij wordt voortgebouwd op de ontwikkelde concepten en tools uit WP2, en inzichten uit de casussen (WP3) van het ROBAMCI programma (Figuur 1.1).



Figuur 1.1 Overzicht opbouw kennisprogramma ROBAMCI.

Op dit moment wordt er jaarlijks ongeveer € 20 miljard besteed aan de instandhouding van onze infrastructuur. Dit bedrag zal naar verwachting in de toekomst verder stijgen door intensiever gebruik, vervangingsopgaven en klimaatverandering. In ROBAMCI wordt de hypothese getoetst dat effectiever kan worden omgegaan met het beschikbare budget door gebruik van kwantitatieve informatie over de assets, door:

- Interventies te baseren op het in stand houden van **streeffuncties** in plaats van uit te gaan van prestatie-eisen aan 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 netwerk, op basis van kennis over de **conditie** van de asset en het bijbehorend **risico**.

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. Daarnaast kan deze hogere kostenefficiëntie worden ingezet ten bate van hogere prestaties (*meer doen voor hetzelfde budget*) en/of worden de faalrisico's van infrastructuur gereduceerd.

1.2 Institutionele setting

Om deze meerwaarde te kunnen realiseren is een transitie in de sector naar een nieuwe werkwijze nodig. Waar hedendaagse concepten van assetmanagement van origine voortkomt 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 en hiermee ook de drijfveren voor transitie naar een nieuw systeem. 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: per asset kunnen verschillende partijen betrokken zijn als asset owner, beheerder en service provider (zie ook Tabel 1).

Tabel 1: Overzicht van verantwoordelijkheden binnen de assettypen in de GWW sector in Nederland. Uit: (Ijmker-van Gent & Kok, 2016)

	Assetowner	Assetmanager	Service provider
<i>Wegen, waarvan:</i>			
Hoofdwegennet	Rijksoverheid	RWS	RWS
Provinciale wegen	provincie	provincie	provincie
Lokale wegen	waterschap/ gemeente	waterschap/ gemeente	waterschap/ gemeente
Spoorinfra	Railinfratrust BV (NL staat)	Prorail	NS, Arriva, Synthus, etc.
Energie	(regionale) netbeheerder	(regionale)netbeheerder	Energieleverancier + anderen
<i>Waterkwaliteit, waarvan:</i>			
<i>Drinkwatervoorziening</i>	Drinkwaterbedrijf	Drinkwaterbedrijf	Drinkwaterbedrijf
Riolering	Gemeente	Gemeente	Gemeente
Afvalwaterzuivering	Waterschap	Waterschap	Waterschap
Watersysteem	Rijk, waterschappen, (provincies)	RWS, waterschappen, (provincies)	RWS, waterschappen, (provincies)
Hoofdvaarwegen	RWS, provincies, (gemeenten)	RWS, provincies, (gemeenten)	RWS, provincies, (gemeenten)
Waterveiligheid*	Waterschappen, diensten RWS, (provincies)	Waterschappen, RWS, (provincies)	Waterschappen, RWS, (provincies)

1.3 Samenvatting fase 1 - 3

In Fase 1 van het ROBAMCI programma is een sectoranalyse gedaan op gebied van assetmanagement: welke assets zijn er in de GWW sector, wie zijn de belangrijkste spelers en wat is de omvang van de jaarlijkse uitgaven aan deze assets? Daarnaast is een kwalitatieve analyse gedaan van de meerwaarde van ontwikkelde methodes en de tools of werkwijze toegepast in de casussen in fase 1: Assetmanagement van de Kust, Systeembenadering gemaal IJmuiden, Livedijk XL Noorderzijvest en Assetmanagement van de Ondergrond (Bel et al., 2016; Klerk, Kanning, & van der Meer, 2016; Maring et al., 2016; Stronkhorst & Buren, 2015).

De casussen in fase 1 leverden een algemeen positief beeld op: hoewel het in veel gevallen nog lastig bleek de meerwaarde met zekerheid monetair uit te drukken, bleek de mogelijke efficiëntiewinst door toepassing van ROBAMCI tussen 5 en 25% te liggen. Hoe opschaalbaar de resultaten uit de casus waren, verschilde per casus. Dit is mede afhankelijk van hoe representatief de case-eigen kenmerken zijn ten opzichte van de gemiddelde kenmerken in datzelfde assettype in heel Nederland.

In fase 2 en 3 is gewerkt aan inhoudelijke invulling aan de drie sporen:

- i) Wat is de omvang van het assetmanagement in de GWW sector?;
- ii) Welke lessen kunnen uit de casussen worden gehaald ten aanzien van potentiële efficiëntiewinst van ROBAMCI;
- iii) Wat is nodig voor de verzilvering van deze meerwaarde?

Daarnaast is de input uit deze sporen samengebracht in een systeem-dynamisch model voor de business estimate en bijbehorende database. Omdat de casussen (WP3) uitsluitend in het ‘natte’ deel van de GWW vallen, is ervoor gekozen ook de business estimate te focussen op dit deel.

1.3.1 Omvang van de sector.

In de eerste fase van ROBAMCI is een quick-scan gedaan naar de omvang van de gehele GWW sector. In fase 3 zijn in het afstudeeronderzoek van A. Pijper (2018) de investeringen en beheer- en onderhoudsuitgaven in de ‘natte’ sector (Tabel 2) in meer detail geanalyseerd op basis van jaaropgaven en rapportages. In fase 1 leverde de analyse van de omvang van de GWW sector (‘nat’ en ‘droog’) een indicatie op van jaarlijkse besteding rond € 16,5 miljard euro per jaar. Het zwaartepunt van de uitgaven ligt in de wegensector (~ € 6 miljard) en spoor en energie (samen ~ € 4 miljard). Uitgaven in de natte sector (drinkwater en riool, watersysteembeheer, vaarwegen en waterveiligheid) werden in fase 1 geschat op ~ € 5,5 miljard, zie ook paragraaf 2.3 van dit rapport.

Functie	Asset types
Watersysteem	Watergangen, gemalen, spuisluisen, kademuren
Sanitatie (gezondheid/waterkwaliteit)	Riolen, rioolwaterzuiveringsinstallaties
Waterveiligheid	Primaire – en regionale keringen, waterkerende kunstwerken
Scheepvaart	Kanalen, rivieren, sluisen, aquaducten, stuwen

Tabel 2: Overzicht van assets die binnen de ‘business estimate’ van ROBAMCI worden beschouwd.

1.3.2 Mogelijke efficiëntiewinst door toepassing ROBAMCI

In fase 2 en 3 zijn 6 case studies uitgevoerd: regionale keringen Hollands Noorderkwartier, risico gestuurd baggeren Spijkenisse, gerichte rioolreiniging Almere, watersysteem zeesluis Delfzijl, regionaal systeem Rijnland en risico-gebaseerd inspecteren Oesterdam (zie www.robamci.nl). In WP4 is gewerkt aan een format voor de beschrijving en ontwikkeling van de ‘business estimate’ van deze casussen, waarin de vraag centraal staat: ‘Wat is de meerwaarde ten opzichte van de huidige werkwijze, en in hoeverre zijn de resultaten van de casus voor dezelfde assets binnen de gehele sector van toepassing?’. Resultaten worden in fase 4 voor alle casussen tezamen gepubliceerd.

1.3.3 Groeiruimte in organisaties

Op basis van de omvang van de natte sector en de in de casussen gedemonstreerde meerwaarde kan een theoretisch beeld van de meerwaarde van de toepassing van risico gestuurd en systeemgericht assetmanagement zoals die binnen ROBAMCI worden uitgewerkt. De adoptie van een dergelijke verandering in werkwijze zorgt ervoor of deze potentiële meerwaarde ook daadwerkelijk gerealiseerd wordt. In fase 2 en 3 is onderzocht welke factoren bijdragen aan de adoptie van de ROBAMCI werkwijze, en welke termijn die adoptie vergt. Hierbij is onder andere door masterstudenten gewerkt aan een analyse van ‘maturity assessment’ modellen, in de context

van risicogebaseerd assetmanagement van infrastructuur, hiermee kan de huidige professionaliteit van assetmanagement worden ingeschat (van Rossum, 2018), en aan een analyse van relevante factoren voor inter-organisatorische informatiedeling, één van de essentiële aspecten van systeemgericht assetmanagement (Sardjoe, 2017).

1.3.4 Systeemdynamisch business estimate model

De input uit bovenstaande lijnen (sectoromvang, potentiële efficiëntiewinst, groeirimte in organisaties / adoptie) wordt samengebracht in een zogenaamd 'systeem-dynamisch' model. In dit model worden kwantitatieve gegevens over de natte GWW sector en de mogelijke efficiëntiewinst door ROBAMCI die uit de casussen en andere bronnen naar voren komt, gekoppeld aan zachte factoren die de adoptie van de nieuwe werkwijze binnen assetmanagement over de tijd beïnvloeden. Deze informatie wordt verzameld in een database en via deze weg gekoppeld aan het systeemdynamisch business estimate model¹.

1.4 Fase 4

Het doel van WP 4 in fase 4 is om de resultaten uit de voorgaande fasen te gebruiken om de potentie van risico en conditie gebaseerd assetmanagement te illustreren door middel van een systeem-dynamisch model en te illustreren hoe de maturity van de verschillende organisaties in de natte GWW sector van invloed is op het gebruik van risico en conditie gestuurd assetmanagement. Daarnaast is er voor de cases die in fase 4 zijn uitgevoerd voor elk van de cases een Business Estimate gemaakt om enerzijds de potentie van de ontwikkelde aanpak van de verschillende cases te illustreren, en anderzijds om deze bevindingen te gebruiken (waar mogelijk) binnen het systeem-dynamisch model.

1.5 Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd in lijn met de hierboven beschreven elementen van de business estimate: i) de groeirimte in de sector, ii) de mogelijke efficiëntiewinst door toepassing van ROBAMCI en iii) de groeirimte (en – proces) voor een nieuwe werkwijze bij de asset owners.

Het rapport begint in hoofdstuk 2 met toelichting van de waarde propositie van ROBAMCI, geïllustreerd door de casussen. Vervolgens wordt toegelicht hoe de drie belangrijkste 'meerwaarde mechanismen' in het uiteindelijke 'systeem-dynamische' business estimate model worden geoperationaliseerd.

In hoofdstuk 3 wordt een overzicht gegeven van de resultaten van de analyse naar instandhoudingskosten in de natte GWW sector. Dit is een belangrijke bouwsteen voor de uiteindelijke business estimate – hoeveel efficiëntiewinst kan op de huidige en te verwachten uitgaven gerealiseerd worden met ROBAMCI?

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de theoretische achtergrond van het maturity en adoptieproces – wat is er voor nodig binnen de organisaties binnen de GWW sector om een nieuwe (ROBAMCI) werkwijze in te voeren? Er wordt ingegaan op maturity (volwassenheid) analyses in de Nederlandse GWW sector: wat is de praktijk binnen het huidige assetmanagement? Vervolgens wordt ingegaan op wat er nodig is voor institutionele verandering, kennis- en capaciteitsontwikkeling, en wordt beschreven hoe deze elementen in het systeem-dynamisch business estimate model worden geoperationaliseerd.

Hoofdstuk 5 bevat de rapportage van de resultaten van het systeem-dynamisch business estimate model. Hoofdstuk 6 bevat de conclusie.

¹ In te zien op: <https://airtable.com/tblhRXfGpGNu4T8Yc/viwaIXIAKqoGye4ox>

2 Beschrijving van de sector

2.1 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 3 voor details).

Tabel 3 Categorieën, assets en asset eigenaren binnen de “Natte Infrastructuur”

De Natte Infrastructuur			
Waterveiligheid <ul style="list-style-type: none"> • Primaire waterkeringen (RWS en WS) • Regionale Waterkeringen (RWS en WS) • Waterkerende Kunstwerken (RWS en WS) 	Watergebruik <ul style="list-style-type: none"> • Rioleringen (G) • Riolwaterzuiveringsinstallaties (WS) 	Watersysteem <ul style="list-style-type: none"> • Waterlichamen en oppervlaktewaterbeherende kunstwerken (RWS & WS) 	Vaarwegen <ul style="list-style-type: none"> • Hoofdvaarwegen (RWS) • Nevenvaarwegen (WS & P) • Binnenhavens en Zeehavens (G)

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

Deltares

regionale waterbeheer. De eindverantwoordelijkheid ligt uiteindelijk altijd bij het Rijk of de waterschappen (HelpdeskWater, 2019). 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.

Om focus aan te brengen in het onderzoek binnen ROBAMCI is het areaal van de te onderzoeken sectoren binnen WP4 beperkt tot waterveiligheid en het watersysteem. Voor rioleringen is alleen de case Almere uitgewerkt, maar is niet gekeken naar de eventuele invloed op het gehele areaal binnen Nederland. In de volgende paragrafen wordt de omvang van de bestudeerde sectoren nader beschreven.

Figuur 1: Overzichtskaart van de primaire keringen van Nederland met de bijbehorende normering uitgedrukt in overstromingskans per jaar (Informatiehuis Water en Hoogwaterbeschermingsprogramma, 2019)



2.2 Waterveiligheid: Waterkeringen en Kunstwerken

Primaire Keringen

De primaire waterkeringen bieden bescherming tegen overstromingen bij hoogwater vanuit de Noordzee, de Waddenzee, de grote rivieren Rijn, Maas en Westerschelde, de Oosterschelde, het IJsselmeer, het Volkerak-Zoommeer, het Grevelingenmeer, het getijdedeel van de Hollandsche

IJssel en de Veluwerandmeren. Beweegbare keringen en de stormvloed keringen zijn hier onderdeel van. In Nederland hebben we ongeveer 3.800 km aan primaire keringen waarvan 3.550 km in beheer zijn bij de waterschappen en 250 km in beheer zijn bij Rijkswaterstaat (zie Tabel 4). Deze beheerders zijn er verantwoordelijk voor dat de primaire waterkering in een zodanige toestand verkeert dat deze voldoet aan de gestelde norm. De ligging van de primaire keringen inclusief de gestelde normen zijn te zien in Figuur 1.

Tabel 4. Overzicht van kilometers primaire en regionale keringen in beheer bij waterschappen en Rijkswaterstaat (Unie van Waterschappen, 2017) (Rijkswaterstaat, 2019)

Beheerder	Km primaire waterkeringen in beheer in 2017	Km regionale waterkeringen in beheer in 2017
Aa en Maas	108	58
Amstel Gooi en Vecht	55	568
Brabantse Delta	134	259
De Dommel	0	10
De Stichtse Rijnlanden	76	312
Delfland	55	398
Drents Overijsselse Delta	245	136
Fryslan	212	3652
Hollands Noorderkwartier	347	1017
Hollandse Delta	348	385
Hunze en Aa's	28	867
Limburg	185	2
Noorderzijvest	66	451
Rijn en IJssel	144	40
Rijnland	48	1091
Rivierenland	556	346
Scheldestromen	491	529
Schieland en Krimpenerwaard	71	214
Vallei en Veluwe	142	47
Vechtstromen	0	137
Zuiderzeeland	222	46
Totaal waterschappen	3533	10565
Rijkswaterstaat	250	527
Totaal keringen	3783	11092

Regionale Keringen

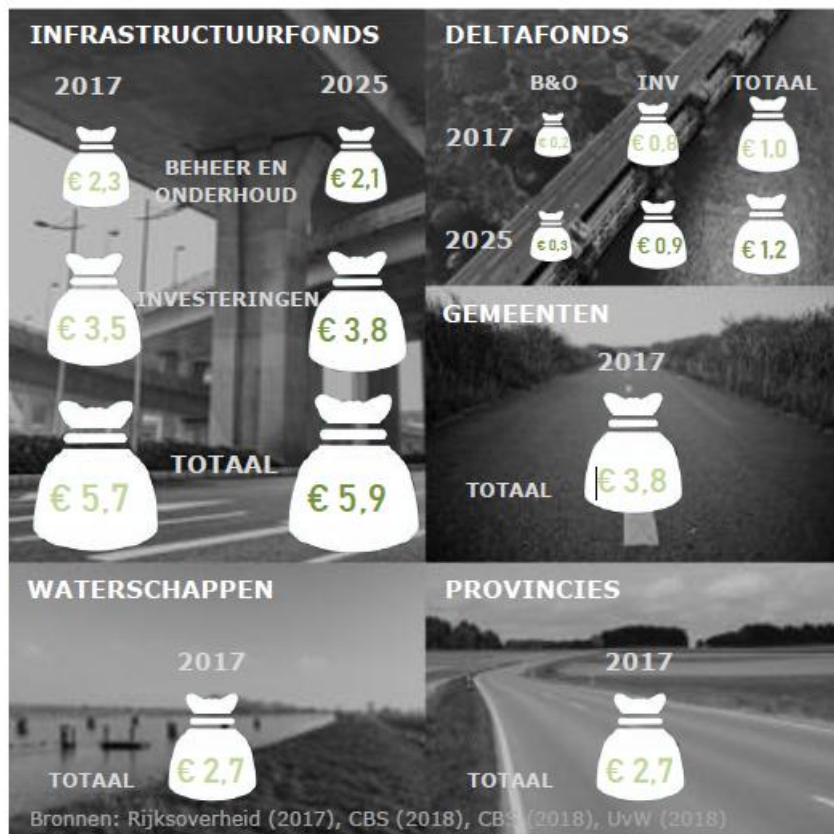
Een regionale kering is een niet-primaire waterkering die in het algemeen in beheer is bij een waterschap. De provincie is verantwoordelijk voor het bepalen van de normering van de regionale keringen. Naast 'natte' keringen (bijvoorbeeld kades langs boezemwateren), bestaan er ook 'droge' waterkeringen. Vanuit de verschillende functies van de regionale waterkeringen worden over het algemeen de volgende groeperingen aangehouden (Helpdeskwater, 2019):

- Boezemkaden (en polderkaden);
- Keringen langs regionale rivieren, langs kanalen en wateropslagbekkens;
- Compartmenteringsdijken, secundaire dijken, slaperdijken en landscheidingen;
- Voorlandkeringen en zomerkades.

2.3 Uitgaven assetmanagement (natte) GWW sector

In het rapport *De waarde van Smart Maintenance voor de Nederlandse Infrastructuur – overzicht uitgaven*, Van de Kerkhof et al. (2018) worden de overheidsuitgaven aan infrastructuur berekend (zie Figuur 2): in totaal worden de uitgaven geschat op € 16 miljard in 2017. In Figuur 2 staat de verdeling van de uitgaven over de verschillende overheidsinstellingen.

Figuur 2: Overzicht van overheidsuitgaven aan infrastructuur in 2017 en 2025. Uit: van de Kerkhof et al., (2018)



In het rapport doen van de Kerkhof et al. (2018) ook een inschatting van de investeringsopgave in de periode 2020-2030. Ten opzichte van de periode 2010-2020 is deze opgave een derde hoger. Een mogelijke verklaring is dat investeringen in het begin van dit decennium op een laag pitje hebben gestaan in verband met de crisis. Maar de vraag naar investeringen en onderhoud in infrastructuur groeit ook door veroudering van de bestaande infrastructuur en door hogere prestatie-eisen in verband met de welvaartsgroei en klimaatverandering.

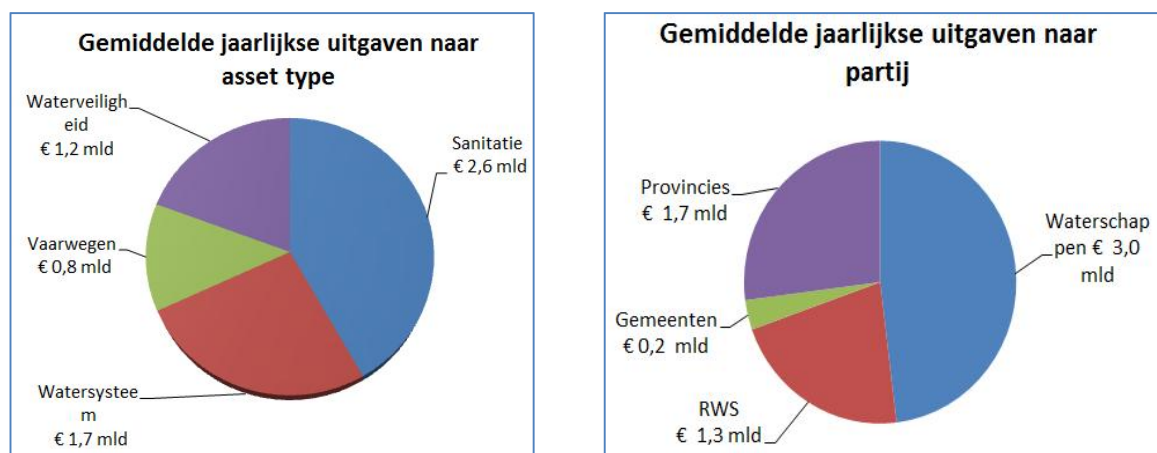
Van de Kerkhof et al. (2018) identificeren dat voor de investeringsopgave in de GWW sector voor de periode 2020-2030 de volgende bedragen reeds gereserveerd zijn: € 27 miljard voor rijkswegen; € 18 miljard voor spoorwegen; € 52 miljard voor gemeentelijke wegen & rioleringen; € 27 miljard voor ondergrondse infrastructuur en € 20 miljard voor waterkeringen. In totaal is er voor komend decennium dus € 144 miljard gereserveerd. Van dit bedrag is ~ 23% bestemd voor reconstructie van bestaande infrastructuur, ~10% voor vervanging, ~27,5 % voor nieuw te bouwen infrastructuur en ~ 40% voor onderhoud.

Uitgaven assetmanagement 'natte' GWW sector

Binnen ROBAMCI WP4 zijn de overheidsuitgaven aan natte infrastructuur nader geanalyseerd (Pijper, 2018). Omdat er op nationaal niveau geen gestandaardiseerde rapportering plaatsvindt

van de besteding van middelen door de verschillende overheden, is het toedelen van uitgaven aan een specifiek type assets en soort onderhoudsactiviteiten (klein en groot onderhoud) gecompliceerd. De hieronder in Figuur 3 gepresenteerde bedragen zijn daarom indicatief.

Gemiddelde jaarlijkse overheidsuitgaven aan infrastructuur in de natte sector worden geschat op ongeveer €6 miljard. Voor gemeenten en waterschappen ligt het zwaartepunt van de uitgaven ligt bij 'sanitatie': riolering en afvalwaterzuivering. Bij provincies en RWS ligt het zwaartepunt bij vaarwegenbeheer.



Figuur 3: Overzicht van uitgaven naar partij / asset type op basis van gerapporteerde uitgaven in de afgelopen decennia.

2.3.1 De financiële omvang van assetmanagement voor waterkeringen

Tabel 5 geeft een overzicht van de kosten die gemaakt worden voor assetmanagement van assets die bijdragen aan waterveiligheid. Dit zijn de primaire keringen, regionale keringen, en waterkerende kunstwerken. Deze kosten zijn opgesplitst naar kosten die gemaakt worden door de asset owners (Waterschappen en Rijkswaterstaat) en kosten die gemaakt worden door 'niet asset owners', in dit geval de provincies. De assetmanagement kosten die gemaakt worden door de asset owners dienen het primaire doel van de asset, namelijk waterveiligheid. De kosten die gemaakt worden door de 'niet asset owner' worden gemaakt voor nevenfuncties van de assets, zoals het onderhoud van de wegen of recreatie op en rondom de asset. Voor de assets primaire keringen en regionale keringen zijn de Waterschappen en Rijkswaterstaat de asset owners. In de geraadpleegde rapportages wordt er onderscheid gemaakt in beheer en onderhoudskosten voor waterveiligheid (kort en midden termijn), en investeringskosten (lange termijn). Voor de 'niet asset owners' is er geen onderscheid gerapporteerd tussen kort, midden, en lang termijn onderhoud.

Er is niet voor elk jaar data gevonden. Om de omvang van assetmanagement kosten te specificeren is daarom over de jaren 2007 – 2016 een gemiddelde uitgave berekend (de Pijper, 2018). De gemiddelde uitgave aan assetmanagement voor waterveiligheid door de asset owners is €1,201 miljard, waarvan €347 miljoen voor kort en midden termijn onderhoud en €854 miljoen voor lange termijn onderhoud. Provincies, de 'niet asset owner' geeft gemiddeld €34 miljoen uit aan onderhoud waarbij er geen onderscheid te maken is tussen kort, midden en lange termijn uitgave.

De cijfers bij 'totaal' in Tabel 5 zijn de assetmanagement kosten, gemiddeld over de jaren 2007 tot en met 2016, onderverdeeld in kort en midden termijn, en lange termijn kosten.

Tabel 5. Overzicht van assetmanagement kosten gemaakt door asset owners en 'niet asset owners tussen 2007-2016 voor waterveiligheid.

Assetmanagementkosten per jaar voor waterveiligheid (uitgedrukt in miljoenen euros)														
Primaire keringen, Regionale Keringen, en Waterkerende kunstwerken														
Waterkeringen		Bronnen:	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	gemiddelden	
Asset Owners	Uitgaven Beheer en Onderhoud (Kort en Midden Cyclisch)	Waterschappen	Waterschapspfeil, Unie van waterschappen	260		192,0		161,0		92,0	117,5		108,1	155
		Rijkswaterstaat	Rijksuitgave Infrastructuurfonds			170,0	190,0	154,4	143,4	278,6	209,8	215,7	173,7	192
		Totaal B&O		260,0	0,0	362,0	190,0	315,4	143,4	370,6	327,3	215,7	281,8	347
	Investerings (Lang Cyclisch)	Waterschappen	Waterschapspfeil, Unie van waterschappen		540,5		322,0		264,5		299,0		103,5	306
		Rijkswaterstaat	Rijksuitgave Infrastructuurfonds			860,0	620,0	514,7	616,6	617,3	571,8	340,7	240,8	548
		Totaal Investerings			540,5	860,0	942,0	514,7	881,1	617,3	870,8	340,7	344,3	854
Totale uitgave assetmanagement door asset owners			260	541	1222	1132	830	1025	988	1198	556	626	1201	
Uitgaven door "niet asset owners"	Provincies	Jaarverslagen/ Jaarrekeningen Provincies	30,0		28,0		38,0		41,0		35,0		34	
	Totale uitgave assetmanagement		290	540,5	1250	1132	868,1	1024,5	1028,9	1198,1	591,4	626,1	1235	

2.3.2 Rioleringen

In Nederland is zo'n 110,000 km aan riolering. Het rioolstelsel zorgt ervoor dat afvalwater wordt ingezameld, getransporteerd, en geloosd. De infrastructuur omvat stelsels van buizen, putten, kolken, gemalen en pompen die ondergronds zijn aangelegd. In Nederland kennen we verschillende rioolstelsels, namelijk gemengde en afgekoppelde stelsels. In een gemengd riool stromen afval- en regenwater samen in één buis naar de rioolwaterzuivering (RWZI). Afgekoppelde en gescheiden systemen voeren afvalwater en regenwater in twee aparte buizen af.

Bij de meeste rioolstelsels lopen de buizen een klein beetje schuin (onder afschot) waardoor het water vanzelf weg stroomt. Bij andere systemen duwt een pomp het afvalwater met kracht de buis in. Door de druk stroomt het water verder de buis in. Dit principe wordt vooral gebruikt als de afstanden tussen huizen groot zijn (drukriolering), wanneer het toilet of de wastafel in een souterrain of kelder staat omdat het water dan omhoog gepompt moet worden, of als het riool veel water over een grote afstand moet afvoeren (persleiding) (RIONED, 2019).

Voor alle rioleringen in Nederland is de verantwoordelijke partij de gemeente. De gemeente is de asset-owner, en is ook verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de rioleringen. Er zijn in Nederland 355 gemeenten (per 1 jan 2019).

Assetmanagement van Rioleringen

Er zijn verschillende taken en activiteiten binnen het assetmanagement van rioleringen. Over het algemeen kunnen deze worden onderverdeeld in de volgende beheer en onderhoudstaken (Kenniscentrum Facilitair Management en Gebouw Beheer, 2019):

Inspectie van de riolering; Het riool wordt geïnspecteerd op beschadigingen en/of vervuilingen. Beschadigingen kunnen veroorzaakt worden door wortels die door het beton heen drukken of

veroudering van het buizenstelsel. Inspectie zorgt ervoor dat er maatregelen getroffen kunnen worden om problemen en overlast te voorkomen.

Reinigen van de riolering; Rioleringen zijn zelf vervuilend en kunnen door de vervuiling verstopt raken. Door tijdige reiniging kan dit worden voorkomen. De frequentie van reinigen is afhankelijk van het zelf reinigend vermogen van het riool.

Ontstopping van de riolering; Wanneer een riool verstopt raakt dan moet deze ontstopt worden. Er wordt wel eerst gekeken of het een verstopping in de huisaansluiting betreft of in het hoofdriool betreft. Voor het hoofdriool is de gemeente verantwoordelijk maar voor de huisaansluiting niet.

Oplossen van rioollucht overlast; Een slechte ontluchting van de riolering kan er voor zorgen dat er rioolstank naar buiten komt, of een gebouw binnen komt. Om dit op te lossen is in de meeste gevallen een vervanging van het ontluchtingssysteem nodig.

Renovatie van de riolering; Voorbeelden van renovatie van de riolering zijn: het (opnieuw) afdichten van voegen, het repareren van scheuren en beschadigingen, het verwijderen van obstakels, wortels en afzettingen.

Vervanging en vernieuwen van de riolering; Wanneer onderdelen van het rioolstelsel zijn verzaakt of verouderd kunnen deze worden vervangen.

Op basis van bovengenoemde omschrijvingen van assetmanagement taken kan een onderverdeling worden gemaakt naar kort, midden, en lange termijn onderhoud (klein en groot onderhoud). Een mogelijke verdeling kan zijn:

- Korte termijn onderhoud; Inspectie/ Reiniging/ Ontstopping
- Midden termijn onderhoud; Oplossen van rioollucht overlast en Renovatie
- Lange termijn onderhoud; Vervangen en vernieuwing

De kosten voor beheer en onderhoud van rioleringen kunnen daarbij sterk variëren tussen de verschillende gemeentes. Zo kunnen bijvoorbeeld de dimensies van het stelsel, het type stelsel, of de ligging van het stelsel veel invloed hebben op de kosten van assetmanagement.

De financiële omvang van assetmanagement voor Rioleringen

Tabel 6 geeft een overzicht van de kosten die gemaakt worden voor assetmanagement van rioleringen door 8 grote gemeentes. Deze gemeentes zijn de asset-owners van het rioolstelsel en ook de enige partij die assetmanagement kosten maakt voor riolering. Per gemeente zijn ook het aantal inwoners en de hoeveelheid kilometers riolering in beheer gespecificeerd.

Er is niet voor elk jaar data gevonden. Om de omvang van assetmanagement kosten te specificeren is daarom over de jaren 2007 – 2016 een gemiddelde uitgave berekend per gemeente.

In de geraadpleegde rapportages wordt er geen onderscheid gemaakt tussen kort, midden, en lange termijn onderhoud. De kosten worden in de verschillende bronnen geduid met “uitgave beheer en onderhoud kapitaalgoederen”. Er is ook geen aparte kostenpost voor investeringen en/of vervanging opgenomen. Hierdoor lijken de gerapporteerde uitgaven betrekking te hebben op alle (kort, midden en lange termijn) uitgaven aan riolering.

De cijfers bij 'totaal' in Tabel 6 zijn de assetmanagement kosten, gemiddeld over de jaren 2007 tot en met 2016 en het gemiddelde over de 8 gemeentes. De gemiddelde uitgave aan assetmanagement voor rioleringen door deze 8 gemeentes is € 25,5 miljoen. Dit betekent een

gemiddelde uitgave aan assetmanagement van riolering van € 14.712 per kilometer of € 68 per inwoner.

Tabel 6. Overzicht van assetmanagement kosten gemaakt door 8 gemeentes tussen 2007-2016 voor rioleringen.

Assetmanagementkosten per jaar voor Watergebruik - rioleringen (uitgedrukt in miljoenen euros)																		
Riolering		Bronnen:		2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	gemiddelde uitgave	Prijs per kilometer (euro/km)	Prijs per inwoner (euro/p.p)		
Asset Owners = gemeenten	"Uitgaven Onderhoud Kapitaalobjecten" - Uitgaven Beheer en Onderhoud - Kort en Middelen Cyclisch	AMSTERDAM inwoners m in beheer	853312 4100	jaar-verslagen/ jaarrekeningen/ programmarekeningen/ CBS	39,8		39,6		33,8		35,2		34,4	36,6	8917,07	42,84		
		ROTTERDAM inwoners m in beheer	639587 2400		62,0		60,7		77,2		69,8				67,4	28093,75	105,42	
		DEN HAAG inwoners m in beheer	526439 2477		14,2		34,1		30,8		31,4					27,6	11152,60	52,48
		UTRECHT inwoners m in beheer	344384 1200		10,8		10,9		12,2		13,1					11,8	9791,67	34,12
		EINDHOVEN inwoners m in beheer	227100 1379		44,0		45,7		47,6		63,1		16,3			43,3	31428,57	190,84
		TILBURG inwoners m in beheer	214157 1183		2,5		1,9		1,6							2,0	1699,63	9,39
		HAARLEM inwoners m in beheer	159340 525		12,7		10,4		9,8		8,2		8,0			9,8	18704,76	61,63
		Zwolle inwoners m in beheer	125709 724		3,4		6,8		6,9		5,8					5,7	7907,46	45,54
		Gemiddelde			23,7		26,3		27,5		28,3		7,3			25,5	14711,94	67,78
		converteer naar landelijk	Landelijk inwoners m in beheer		17099017 110000	CBS / Rioned	Landelijke uitgave berekend op basis van kilometers : 11000 * 1471,94							Landelijke uitgave berekend op basis van inwoners: 17099017 * 67,78				
				1618,31							1159,01							

De gemiddelde prijs per inwoner en de gemiddelde prijs per kilometer zijn gebruikt om een schatting te doen voor de landelijke omvang van de assetmanagement kosten voor riolering. Dit is te zien in de onderste rijen van de tabel waar de gemaakt berekening is uitgeschreven. Wanneer we de landelijke omvang van assetmanagement kosten voor riolering berekenen op basis van de gemiddelde kilometerprijs lijkt dit tot een totale uitgave van: € 1,159 miljard. Op basis van de gemiddelde inwoner prijs lijkt dit tot een totale uitgave van € 1,618 miljard.

3 Business estimate: de potentie van ROBAMCI

3.1 Waarde propositie ROBAMCI

3.1.1 Introductie meerwaarde mechanismen

In de business estimate worden drie mechanismen onderscheiden waarmee ROBAMCI meerwaarde levert voor assetmanagement:

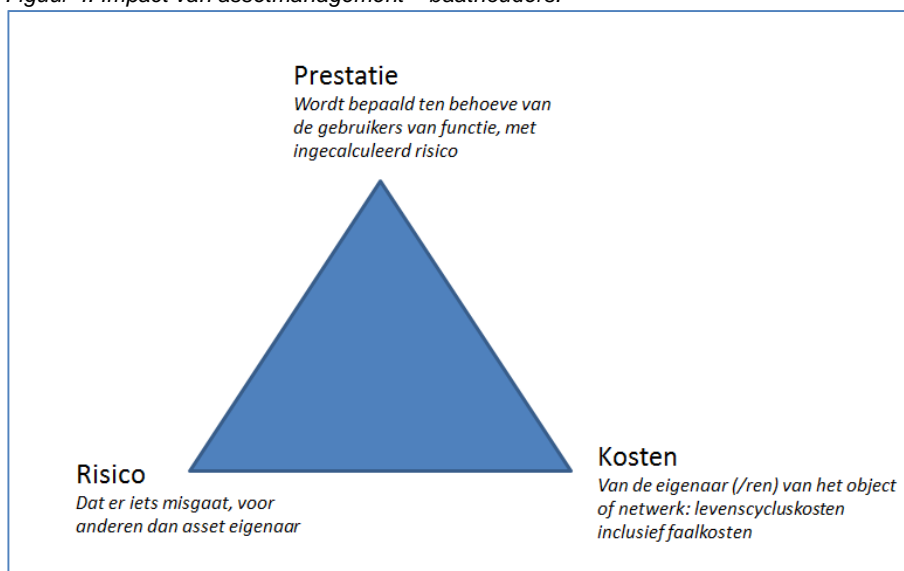
1. **Risicogestuurd:** Het uitgangspunt is een huidige werkwijze waarin interventies zoals beheer en onderhoud in een object of netwerk volgens een generieke aanpak gebeurt (bijvoorbeeld met dezelfde frequentie en/ of dezelfde manier). Niet elke asset is echter even belangrijk voor het functioneren van het gehele netwerk, of kent hetzelfde degradatieverloop. Voor een beter beeld van het risico (impact van, en kans op falen) kunnen interventies in het netwerk worden geoptimaliseerd: beter plannen in de ruimte. Dit gaat zowel om de periodiciteit van interventies, als het scherper dimensioneren van activiteiten in het netwerk.
2. **Conditiegestuurd:** Het uitgangspunt is een werkwijze waarbij er geen goed beeld bestaat van het degradatieverloop per asset. Daarom is het beheer correctief ingesteld (herstellen als het kapot gaat) of op basis van een niet-geoptimaliseerde periodiciteit (bijvoorbeeld een vaste periode in de tijd): assets worden te vroeg of te laat vervangen. Een beter beeld van de huidige technische staat van een asset, degradatiemechanismen en –verloop per asset en het bijbehorend risico maakt het mogelijk interventies adaptief in te richten. Zo worden activiteiten over de tijd geoptimaliseerd (beter plannen in de tijd): bijvoorbeeld door de conditie van onderdelen te monitoren en hierop de vervanging uit te stellen of een lagere (of hogere) onderhoudsfrequentie in te stellen. Bovendien kunnen interventies (op operationeel niveau) met deze aanpak planmatig worden voorbereid en meegekoppeld met andere ingrepen op de assets binnen het netwerk, eventueel ook met die van andere beheerders binnen het netwerk.
3. **Functie/keten optimalisatie:** Door bij het bepalen van de interventies, prestatie-eisen en toelaatbare risico's (op strategisch niveau) uit te gaan van de systeemfuncties in plaats van prestatie-eisen aan individuele assets, kan maatschappelijke waarde worden gemaximaliseerd. Hierbij wordt niet slechts de hoofdfunctie van het object of netwerk te beschouwd, maar ook andere (secundaire) functies die de asset heeft. Ook wordt hierbij de relatie met de omgeving meegewogen. Door samenwerking met andere asset eigenaren in de omgeving kan de maatschappelijke waarde op systeemniveau worden gemaximaliseerd – of de kosten geminimaliseerd.

3.1.2 Baathouders

De bovengenoemde drie mechanismen leveren via verschillende wegen meerwaarde aan het assetmanagement in Nederland, waarbij het draait om een goede balans in de driehoek kosten, prestatie en risico. Hoewel het gaat om publieke infrastructuur ten behoeve van de maatschappij, is het goed te realiseren dat elke 'hoek' uit de driehoek een andere doelgroep of 'baathouder' heeft (Figuur 4). Het risico van falen kan invloed hebben op de eigenaar van de asset: kosten van herstel na falen zijn vaak significant hoger dan bij gepland of preventief onderhoud. Daarnaast kan er sprake zijn van een compensatieplicht bij falen van de asset. Vanwege het maatschappelijke karakter van de diensten ligt het risico van falen ook bij andere maatschappelijke actoren. Hierbij

kan bijvoorbeeld worden gedacht aan de economische schade ten gevolge van een kapotte brug of sluis voor woon-werkverkeer en de transportsector. Het gewenste prestatieniveau van een asset wordt bepaald door de asset eigenaar, maar heeft vooral impact op de gebruikers van de functie. Zo heeft de transportsector bijvoorbeeld directe economische gevolgen van een bepaalde prestatie-eis van een sluis (omvang van schepen, wachttijd). De kosten van asset management van publieke infrastructuur liggen bij de asset eigenaar – en indirect bij de belastingbetaler.

Figuur 4: Impact van assetmanagement – baathouders.



3.1.3 Wat is optimaal assetmanagement?

Wat een optimale assetmanagement strategie is hangt af van het perspectief. Zo kan een onderscheid gemaakt worden tussen optimalisatie vanuit het perspectief van de beheerder en optimalisatie ten behoeve van de gebruiker:

- 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 risicogebaseerd 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.

In dit hoofdstuk wordt voor elk van de drie meerwaarde mechanismen uit paragraaf 3.1.1 nader toegelicht hoe ROBAMCI meerwaarde genereerd, en wordt beschreven hoe binnen de cases deze is gerealiseerd (zie ook Tabel 7). Deze beschrijving bestaat uit: i) illustratieve beschrijving van case

studies die in ROBAMCI gedaan zijn en ii) resultaten beschreven in het ‘*Smart Infrastructure Maintenance*’ rapport (van de Kerkhof, Lamper, & Fang, 2018). De resultaten uit het SIM rapport zijn gebaseerd op ervaringen uit andere sectoren dan (natte) GWW infrastructuur: de cases binnen ROBAMCI richten zich op de natte GWW sector.

Tabel 7 Overzicht van ROBAMCI casussen en welk deel of delen van de waarde propositie ze laten demonstreren

Casus	Type infrastructuur	Gedemonstreerd Mechanisme(n)
Assetmanagement van de Ondergrond	Ondergrond	Functie/keten optimalisatie
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

In de paragrafen hieronder wordt kort een beschrijving gegeven van elk meerwaarde- mechanisme en wordt dit geïllustreerd met resultaten uit de cases die in het ROBAMCI programma zijn uitgevoerd.

3.2 Risicogebaseerd assetmanagement

Met een kwantitatief beeld van het faalrisico (bestaande uit de kans op falen van een specifiek onderdeel maal de impact, ook wel aangeduid met *criticality* van het falen) kunnen zowel investeringen als beheer en onderhoud in een netwerk of systeem beter worden ingericht en geprioriteerd. Bij een scherpere inrichting van beheer en onderhoud gaat het bijvoorbeeld om de overstap van een correctief en/of periodiek regime voor het hele netwerk naar een gedifferentieerd beleid met optimale onderhoudsfrequentie per onderdeel in het netwerk op basis van risico (kans op optreden x gevolg). Naast een mogelijke kostenreductie (bij hoge risico's is preventief onderhoud goedkoper dan correctief onderhoud) leidt deze aanpak mogelijk tot hogere prestaties of een lager risico. Hieronder worden de cases die in tabel 7 zijn gekoppeld aan het meerwaarde mechanisme 'risicogestuurd assetmanagement' toegelicht.

3.2.1 Cases

Regionale waterkeringen Hoogheemraadschap Noord-Holland

In de casus wordt het jaarlijks investeringsbudget van HHNK voor de instandhouding van 2000 km regionale kering onder de loep genomen, en wordt onder andere doorgerekend wat het zou betekenen als grote projecten op basis van een risico gestuurde aanpak worden ingericht, waarbij de impact van een doorbraak op het achterland wordt meegenomen. Dit levert een besparing op voor de noodzakelijke investeringen. Daarnaast heeft de casus een positieve impact op het maatschappelijk (overstromings)risico (Roscoe en Lips, 2018).

Risico-gestuurd baggeren Spijkenisse

Voor een afgebakend gebied van Waterschap Hollandse Delta wordt de periodieke baggerstrategie vergeleken met een strategie gebaseerd op risico op onvoldoende waterdiepte (dit heeft een negatieve invloed op ecologie en overstroming). Deze nieuwe, risico gestuurde aanpak levert een mogelijke besparing op van 6%.

Gerichte rioolreiniging Almere (deel 1: ROBAMCI fase 2)

In deze casus wordt een risico gebaseerde reinigingsstrategie voor het riool in Almere ontwikkeld. Op basis van modellen is in de casus doorgerekend hoe vaak bepaalde onderdelen van het rioleringsstelsel schoonspoelen door buien. Daarnaast bieden metingen inzicht in de zetting van het riool: beide factoren zijn van belang in de slibaangroei van het riool. In combinatie met het bovengronds ruimtegebruik en de impact van overstroming wordt het risico in kaart gebracht en een optimale, ruimtelijk gedifferentieerde, reinigingsfrequentie bepaald. Op basis van fase 2, waarin alleen zettingsinformatie is meegenomen, werd de mogelijke besparing op 18% geschat, daarnaast is de verwachting dat de prestatie van het systeem significant hoger zou zijn (minder overlast).

Utopia: de regenwaterriool vrije stad

Een deel van de gemeenten is bezig, of overweegt, over te schakelen op zogenaamde regenwaterrioolvrijesystemen. 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 / of over het oppervlak af te voeren.

In dit ROBAMCI onderzoek zijn twee alternatieve cases van regenwaterrioolvrij-concepten met elkaar vergeleken:

1. Case Particulier & Openbaar (P&O): In deze case is een systeem doorgerekend met zowel maatregelen op particulier terrein als in openbaar gebied om het hemelwater te verwerken.
2. Case Openbaar (O): in deze case is een systeem doorgerekend met alleen maatregelen in het openbare gebied om het hemelwater te verwerken.

De extra investeringskosten bedragen €12 miljoen voor de "O" en bijna €13 miljoen voor de "P&O" variant. De baten van een regenwaterrioolvrijstelsel bestaan uit vermeden schade door wateroverlast en bedragen €14,2 miljoen in contante waarde. De twee varianten geven dus een besparing van tussen de 7 % en 11 %.

Inzet flexibele maatregelen in Oude Rijngebied

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. Er zijn 6 flexpompen op voorraad om ingezet te worden, deze

hebben een capaciteit van 0,5 m³/s. In 2000 zijn deze pompen aangeschaft en ze hebben een technische levensduur van maximaal 25 jaar.

Door gebruik te maken van de kansverdeling van het overschrijdingsduur van het kritieke peil is vervolgens de verwachtingswaarde van de schade in het gebied afgeleid. Voor een deelgebied is de verwachte schade € 1,8 mln/jaar voor het referentie scenario en € 1,5 mln/jaar voor het scenario met flexibele pompen. De jaarlijkse baten lijken dus hoog genoeg om de extra kosten van de inzet voor de flexibele pompen te bekostigen.

De studie heeft een verkennend karakter en geeft vooral inzicht in de methode en de oplossingsrichting. Hierbij verdient het een aanbeveling om de prestatie en risico component beter op elkaar af te stemmen en de kostencomponent toe te voegen. Hiermee kunnen uiteindelijk de maatschappelijk baten beter inzichtelijk worden gemaakt om zo een verantwoorde keuze te onderbouwen voor de aanschaf en inzet van assets rondom hoogwaterbescherming.

3.3 Conditiegestuurd assetmanagement

Een beter beeld van de werkelijke technische staat, degradatiemechanismen en –verloop per asset kan worden verkregen door slim te monitoren, vaker te inspecteren en verkregen data op te slaan en te analyseren. Met deze informatie kunnen activiteiten over de tijd geoptimaliseerd worden en scherper worden gedimensioneerd. Hierdoor kan bijvoorbeeld de levensduur van de assets worden verlengd door meer te investeren in klein of middelgroot onderhoud en kan renovatie, versterking of vervanging worden uitgesteld. Hieronder worden de cases die in tabel 7 zijn gekoppeld aan het meerwaarde mechanisme ‘conditiegestuurd assetmanagement’ toegelicht.

3.3.1 Cases

Livedijk XL Noorderzijlvest

In deze casus van het Flood Control IJkdijk programma is gedurende 5 jaar de sterkte van de dijk en gedrag onder extreme omstandigheden gemonitord. Op basis van deze data is in de ROBAMCI-casus geëvalueerd of met een dergelijk monitoringsprogramma op bepaalde momenten gedurende de levenscyclus geld kan worden bespaard door dijkversterking uit te kunnen stellen. De ordegrrootte van de potentiële besparing van een dergelijk programma voor de lange termijn investeringskosten (uitstellen van versterking) van dijken liggen tussen 5 en 25 % (15%) (Klerk et al., 2016)

Zeesluis Delfzijl

In de context van een discussie over vervroegd vervangen van de zeesluis in Delfzijl is een analyse gedaan van het watersysteem rondom Delfzijl. Daarnaast is op basis van een analyse van de huidige technische staat van de sluis op basis van inspectierapporten een instandhoudingsplan ontwikkeld. Dit overzicht van de technische staat en het hieruit voortvloeiende instandhoudingsplan laten zien dat vervanging kan worden uitgesteld tot 2050, terwijl in de maatschappelijke discussie werd uitgegaan van een einde technische levensduur van 2030 (de Bel et al, 2017).



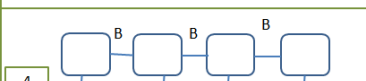
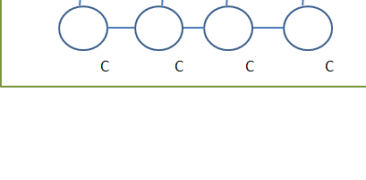
Overige onderbouwing van de baten van conditiegestuurd assetmanagement

Van de Kerkhof et al. (2018) beschrijft een aantal voordelen van conditiemonitoren: 1) verlengen van de levensduur, 2) lagere frequentie van onderhoud, 3) lagere faalkans en samen leiden deze factoren tot 4) hogere beschikbaarheid/prestatie. Op basis van ervaringen uit andere sectoren (onder andere de industrie) wordt geschat dat de levensduur van een asset gemiddeld kan worden verlengd met 10-20%, het aantal onderhoudsactiviteiten over deze levensduur kan worden teruggebracht met 5-20%. De lagere kans op falen door een beter beeld van de conditie van het asset wordt geschat op 10-50%. Samen leiden deze factoren tot een reductie in de onbeschikbaarheid (oftewel prestatieverbetering) van de assets tussen 30 - 50%.

3.4 Functie/keten optimalisatie

Elk asset/ object staat in verbinding met een netwerk van assets, en bevindt zich in een fysieke omgeving (systeem) met allerlei functies. Daarbij komt het voor dat assets niet slechts één functie heeft, maar verschillende. Zo kan er op een waterkering een weg liggen en in het dijklichaam kabels en leidingen en kan de kering een cultuurhistorische functie in het landschap hebben. Idealiter wordt met al deze functies en de relatie tot het systeem rekening gehouden in het inrichten van het assetmanagement (zie Tabel 8). Door in het bepalen van assetmanagement strategie uit te gaan van waarborgen van de functie die assets in hun systeem dienen, in plaats van assetmanagement per object, op basis van vooraf bepaalde prestatie-eisen in te richten, kunnen 1) kosten worden bespaard en 2) maatschappelijke prestatie geoptimaliseerd. Hieronder worden de cases die in tabel 7 zijn gekoppeld aan het meerwaarde mechanisme ‘functie/keten optimalisatie’ toegelicht.

Tabel 8 Overzicht van verschillende stappen die kunnen worden gezet 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 sluisen in waterweg, beschouwd op scheepvaart + waterveiligheid
	Netwerk, meerdere functies per asset, in relatie tot omgeving	Meerdere sluisen in waterweg, beschouwd op scheepvaart + waterveiligheid, met aandacht voor lokale ambities (bijvoorbeeld aantrekken recreatie / bepaald type industrie, waterkwaliteit)

3.4.1 Cases

Assetmanagement van de kust

In deze casus voor de gehele kustlijn berekend of het huidige suppletiebeleid voor kustlijn zorg optimaal ingericht is, uitgaande van de systeemfuncties waterveiligheid en recreatie. In de huidige situatie is het assetmanagement ingericht op het behouden van de basiskustlijn, die bij wet is vastgelegd. Op basis van de analyse blijkt dat met 25% minder suppletie, die gericht wordt toegepast, de functies waterveiligheid en recreatie geen gevaar lopen. NB. Overige functies als buitendijkse veiligheid, natuurbeheer en duinwaterwinning zijn in deze analyse buiten beschouwing gelaten.

Watersysteem Zeesluis Delfzijl

De zeesluis in Delfzijl is te klein voor de huidige functionele wensen vanuit de scheepvaartsector en vormt daarmee een flessenhals in de vaarweg Lemmer-Delfzijl. In de casus wordt onderzocht of vervroegde vervanging een mogelijkheid is. Naast de analyse van de technische staat van de sluis (zie paragraaf 3.3), wordt in deze casus de sluis beschouwd in het bredere watersysteem: waaronder overige kunstwerken als de recreatiesluis, spuisluisen en gemalen in de nabije omgeving. Ook wordt er gekeken naar meerdere functies: naast de scheepvaartfunctie wordt ook de recreatiefunctie, het effect op waterkwaliteit, de potentie tot economische aantrekkingskracht, waterveiligheid en de implicaties voor ruimtelijke kwaliteit in Delfzijl meegenomen in de analyse. Uit een kosten-baten analyse blijkt dat vanuit netwerk / ketenperspectief de baten (~ €120 miljoen)

hoger zijn dan wanneer alleen de baten voor de scheepvaart worden bekeken (~ € 70 miljoen), bij gelijkblijvende kosten.

Regionaal systeem Rijnland

In de casus liggen drie assets in elkaars omgeving: een boezemkade (grondlichaam: waterveiligheid), een vaarweg (damwand; scheepvaart) en een weg (verharding; vervoer). In de case zijn drie verschillende onderhoudsstrategieën onderzocht waarin in verschillende mate wordt samengewerkt tussen asset owners. De drie strategieën zijn beoordeeld op kosten van de asset owner en op totale maatschappelijke impact. Uit het onderzoek blijkt dat het systeem- en risicogericht managen (ROBAMCI-methode) van assets met verschillende functies zorgt voor lagere levensduurkosten. Door het combineren van functies en/of het uitstellen en/of het afstemmen van het moment van vervanging en onderhoud worden kosten bespaard en risico's beperkt, waarbij de maatschappelijk optimale strategie leidt tot een efficiëntiewinst van 5-10%.

Regionaal systeem Brabantse Delta

Het waterschap Brabantse Delta beheert de Mark-Dintel-Vliet boezem. 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.

Doel van de 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. Het doel van de casus tweeledig:

- een aantal beheerstrategieën voor functie "waterveiligheid" te vergelijken op systeemlevensduurkosten, 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).

Vier verschillende strategieën zijn beschouwd; 1 niets doen, 2 alleen baggeren, 3 alleen dijken ophogen, en 4 dijken ophogen en baggeren. Uit de analyses blijkt dat in het westen van het gebied, waar de minimale dijkhoogtes het hoogst zijn vanwege de aanwezigheid van oude zeedijken, de strategie 'niets doen' het voordeligst is. 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. Strategie 2 (alleen baggeren) en 3 (alleen ophogen) komen in deze case slechts sporadisch voor. Gebaseerd op de totale kosten verschilt het per dijkvak welke strategie de voorkeur heeft. De case illustreert duidelijk dat een systeemaanpak kostenbesparingen kan opleveren bij beheer en onderhoud. Binnen deze case zijn de besparingen sterk afhankelijk van de locatie en de optimale strategie, maar besparingen tussen de 5 % en 10 % zijn haalbaar tussen de optimale strategie en de één na beste strategie.

4 Verzilveren meerwaarde assetmanagement: maturity en adoptie

4.1 Introductie

Om de mogelijke meerwaarde van risico gestuurd asset management zoals binnen het ROBAMCI programma ontwikkeld te kunnen realiseren, is er behoefte aan kennisontwikkeling en moeten de organisaties worden voorbereid op noodzakelijke aanpassingen binnen de huidige procedures van asset management van de GWW sector. Hoeveel en wat er moet gebeuren om de drie beschreven 'meerwaarde mechanismen' (paragraaf 3.1) te kunnen realiseren verschilt per organisatie. De huidige 'volwassenheid' (*maturity*) in assetmanagement van een specifieke organisatie is daarbij het vertrekpunt. De snelheid waarmee een nieuwe werkwijze wordt ingevoerd (*geadopteerd*) wordt beïnvloed door tal van factoren. Volwassenheid en adoptiesnelheid worden gemodelleerd in het systeem-dynamisch model om een inschatting te kunnen maken van het tijdspad van invoering van risicogebaseerd asset management.

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken van methoden waarmee maturity van assetmanagement gemeten kan worden, zoals onder andere toegepast door Rijkswaterstaat (paragraaf 4.2), en worden daarnaast de eerste resultaten van een toepassing op de waterschappen gepresenteerd. Daarnaast wordt het theoretisch kader van institutionele verandering geschetst (paragraaf 4.3), en wordt toegelicht hoe deze twee onderdelen terugkomen in het dynamisch business estimate model (paragraaf 5.5).

4.2 Maturity van assetmanagement

4.2.1 Introductie

Binnen de organisatietheorie worden maturity modellen toegepast om de effectiviteit van organisaties in het uitvoeren van bepaalde taken te beschrijven. Deze methode komt voort uit de software engineering sector onder de noemer 'capability maturity models' en wordt ook veel toegepast in de industrie. Met behulp van een maturity assessment kunnen sterke en zwakke kanten van organisaties op bepaalde vlakken geïdentificeerd worden. Recent maken maturity modellen ook hun opwachting in andere sectoren: er bestaan verschillende modellen die verschillen qua toepassingsgebied, in steek en de dimensies en processen die geanalyseerd worden (zie Appendix A.1 voor een overzicht van verschillende softwaremodellen).

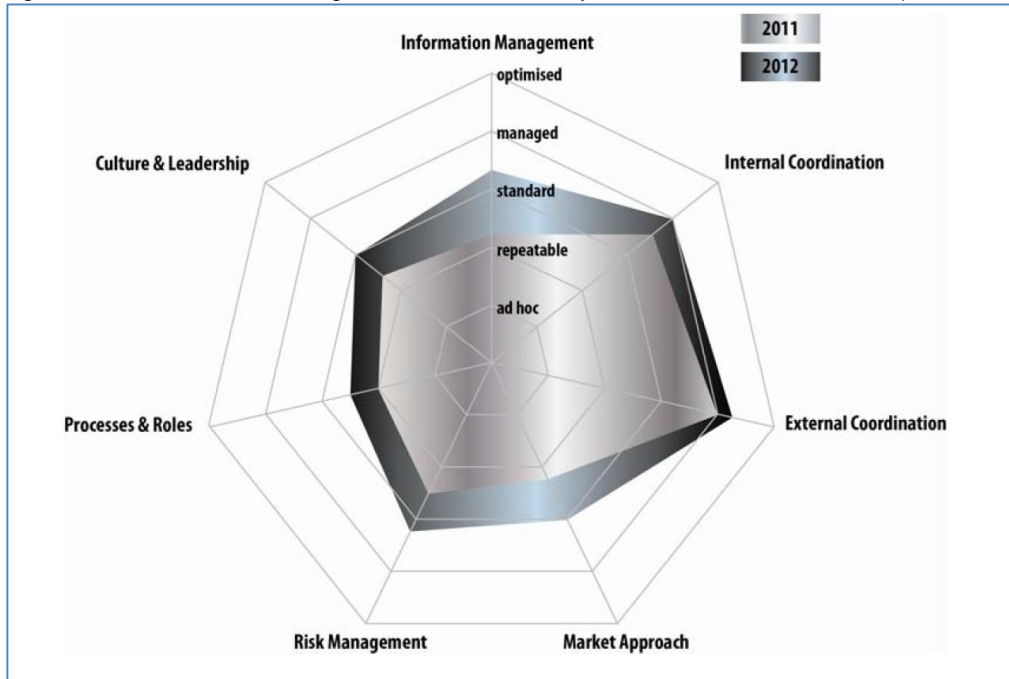
IM³ model bij RWS

Volker, Lei, & Ligtoet (2011) hebben een maturity model ontwikkeld voor assetmanagement van infrastructuur, en dit toegepast op Rijkswaterstaat: de '*Infrastructure Management Maturity Matrix*' (IM³). De methode onderscheidt 5 niveaus van volwassenheid en 7 dimensies van asset management: informatiemanagement, interne coördinatie, externe coördinatie, marktaanpak, risicomanagement, processen en rollen en cultuur en leiderschap (zie ook appendix A.2). Figuur 5 toont de resultaten van deze studie, waarin een nulmeting is gedaan in 2011, en vervolgens nog eens is gemeten in 2012: er is op alle fronten weliswaar vooruitgang geboekt, maar nog een weg te gaan voor het assetmanagement geoptimaliseerd is. Interne analyses van Rijkswaterstaat in recente jaren ondersteunen dit beeld. De studie concludeert met 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 uniformiseren van datasystemen;
4. Uitvoeren kennisprogramma voor werknemers die nog onbekend zijn met assetmanagement principes: performance assessments en externe audits.

Figuur 5: Resultaat van de metingen met het IM³ model bij RWS. Bron: Volker et al., 2013)



4.2.2 Stand van zaken assetmanagement in NL GWW sector

Wijnia & Herder (2010) hebben in 30 interviews met asset managers van een aantal infrastructuren in Nederland² 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

² Gas en olie, elektriciteit, weg & spoor, drinkwater, waterwegen en overstromingsbescherming, telecommunicatie, 'service providers'

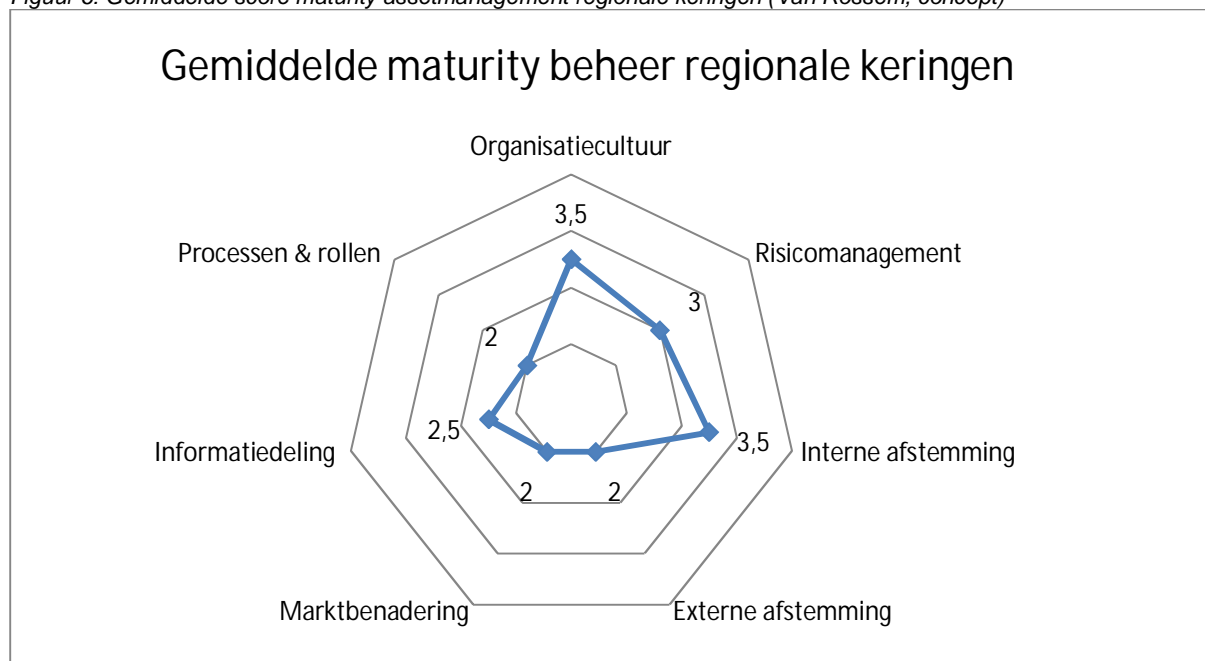
operationeel niveau. Managers behouden een voorkeur voor het inrichten van assetmanagement op basis van historische data, hoewel tegelijkertijd toegang tot deze data vaak een probleem vormt.

- Veel infrastructuren 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 beland?

4.2.3 Maturity in ROBAMCI

In ROBAMCI fase 3 is het IM³ model toegepast in 13 interviews met asset managers van regionale keringen bij Rijkswaterstaat en waterschappen. Het resultaat (Figuur 6) komt overeen met de analyse van Wynia en Herder (2010): hoewel het concept veelal is doorgedrongen, is er nog een weg te gaan naar professionalisatie (en optimalisatie) van assetmanagement (Rossem, 2019). Figuur 6 geeft gemiddelden van de sector weer: het algemene beeld is dat RWS en waterschappen zich rondom niveau 2 in maturity bevinden: basis / marginaal. Op dit niveau wordt het belang van standaardisering en lange-termijn assetmanagement strategieën weliswaar onderkend, maar is dit nog niet volledig doorgevoerd in de organisatie.

Figuur 6: Gemiddelde score maturity assetmanagement regionale keringen (Van Rossem, concept)



Tabel 9: Uitleg score maturity karakteristieken

Dimensie	Uitleg en Specificatie
Organisatiecultuur	Het onderzoek laat duidelijk zien dat organisatiecultuur een van de belangrijkste, alsook hoogst scorende dimensies is binnen de responsgroep. Dit heeft vooral te maken met een paradigma shift die gaande is: risico-gestuurd denken is steeds meer onderdeel van de bedrijfsdoelen
Risicomanagement	Meerdere waterschappen voeren een al dan niet uitgebreidere vorm van risicomanagement uit. Echter gebeurt dit nog steeds op ad hoc basis of individuele asset niveau. Met name voor het beheer en onderhoud van regionale keringen is een gezamenlijke en meer geïntegreerde risico-benadering belangrijk.
Interne afstemming	De resultaten tonen aan dat waterschappen die gekenmerkt worden door een integrale manier van werken sterker scoren op het gebied van interne afstemming. De waterschappen die hier lager scoren, bezitten vaak nog een taakgerichte structuur. Van belang voor effectieve interne afstemming is behalve een organisatiecultuur, ook de individuele vaardigheid van mensen.
Externe afstemming	Met name voor het beheer en onderhoud van regionale waterkeringen is externe coördinatie en afstemming met andere actoren. Hier wordt significant laag op gescoord. Om te kunnen samenwerken met de betrokkenen uit de omgeving is iemand nodig die over de grenzen van de organisatie heen werkt. Deze persoon ontbreekt nog bij verschillende organisaties. Wel zien de organisaties het groeiende belang van het betrekken van de partijen uit de omgeving. Dit komt vooral door de initiatieven die in de omgeving ontstaan.
Marktbenadering	De marktpartijen die betrokken zijn bij het uitvoeren van de werkzaamheden rondom het beheer en onderhoud van de regionale waterkeringen worden steeds vaker betrokken bij het ontwerp. In enkele gevallen is de marktpartij ook betrokken bij het cyclisch beheer. Toch houden de meeste organisaties het beheer graag in eigen hand door de aanwezige kennis over het gebied.
Informatiedeling	In de organisaties waar de informatiedeling plaatsvindt, is een belangrijke taak weggelegd voor de assetmanager die de informatiedeling coördineert. Ook hier wordt door de waterschappen laag op gescoord. Eerder onderzoek binnen ROBAMCI (Sardjoe, 2017; van Rossum, 2018) heeft uitgewezen dat voor het succesvol kunnen implementeren van risico en kans gestuurd asset management zowel interne als externe informatiedeling een van de basis elementen is.
Processen en Rollen	Binnen de organisaties is een duidelijk beeld van de vernieuwde processen en rollen. In enkele gevallen is de verandering op het gebied van de processen al geheel doorgevoerd. De organisaties waarbij de verandering al in zijn geheel is doorgevoerd worden gekenmerkt door integrale processen. Deze vorm van processen hebben een positieve uitwerking op de interne afstemming, risicomanagement en de informatiedeling. Door alle organisaties wordt echter een belang gezien om de processen te gaan aanpassen.

De verschillen per organisatie zijn echter 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. Uit de studie (van Rossum, S. 2018) binnen ROBAMCI kunnen de volgende conclusies worden getrokken;

- **Maximaliseren van de adoptie vereist kennis en capaciteit.** Het onderzoek naar volwassenheid van dimensies gericht op Risk Based AssetManagement (RBAM) geeft een voorlopig beeld over waar waterschappen staan in hun huidige bedrijfsvoering gericht op RBAM. Het onderzoek heeft zich voornamelijk gefocust op “zachtere” elementen, de technische capaciteiten die organisaties moeten bezitten om bijvoorbeeld risicoanalyses uit te voeren zijn in dit onderzoek niet meegenomen. Maar deze technische capaciteiten en voorzieningen zijn essentieel om RBAM succesvol te kunnen implementeren.
- **Succesvolle RBAM is niet alleen afhankelijk van de interne bedrijfsvoering, maar vereist adequate afstemming met andere actoren.** Wanneer de maturity van een organisatie laag is, doordat de organisatie laag scoort op bepaalde maturity karakteristieken (zoals in Tabel 9), zal dit leiden tot een lage adoptiegraad in het systeem dynamisch model. Een lage maturity leidt dus tot trage adoptie. Hierdoor zullen potentiële efficiëntie winsten van RBAM pas op een later tijdstip worden bereikt. Organisaties die de overstap naar RBAM willen maken moeten dus investeren in kennis en externe afstemming en een specifieke en duidelijke formulering van processen en rollen binnen de organisatie.
- **Opschaalbaarheid:** Het doel van ROBAMCI en het SD model is om de efficiëntie winst op nationale schaal weer te geven. Er moet echter gerealiseerd worden dat de resultaten van dit onderzoek zich beperken tot de maturity level van alleen waterschappen, en hoofdzakelijk in hun rol als beheerders van regionale keringen, en zijn dus specifiek voor de rol van de waterschappen voor deze assets. De resultaten zijn niet direct één op één overdraagbaar naar andere types assets, ook omdat er binnen de waterschappen andere delen van de organisaties verschillende verantwoordelijkheden hebben, en het onderzoek zich gefocust heeft op keringen. Verder hebben de resultaten een statisch karakter, ze zijn een moment opname. Organisaties zijn in beweging en veranderen gedurende de tijd. Een meting later in de tijd kan weer een ander resultaat geven Om een beter beeld te krijgen hoe en welke veranderingen er plaats vinden in de tijd, zou een herhaling van deze studie na een periode nogmaals uitgevoerd kunnen worden. Dit kan inzichten verstrekken in bijvoorbeeld welke aspecten van de maturity in de tijd veranderen en daarmee een effect kunnen hebben op de adoptie van RBAM in de tijd.

4.3 Adoptie van RBAM

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. Dit is een moeilijk proces dat erg lang kan duren, vooral als bepaalde regels, procedures en werkvormen al lang geïnstitutionaliseerd zijn in de organisatie (Dent & Goldberg, 1999). Bij systeemgericht assetmanagement komt het ook voor dat verschillende organisaties betrokken zijn bij het bepalen en uitvoeren van risicogebaseerd asset management: vanwege de geografische grenzen of omdat er meerdere actoren zijn die de rol van asset eigenaar, beheerder en service provider vervullen. Dit is vooral het geval bij spoor – en energie infrastructuur. Bij spoorinfrastructuur bijvoorbeeld is de Nederlandse staat via Railinfratrust BV eigenaar van de infrastructuur, Prorail is de assetmanager en vervoersbedrijven als NS, Arriva en Synthus zijn service provider.

Dit multi-actor karakter van systeemgericht, risicogebaseerd assetmanagement vormt een extra uitdaging in het veranderproces dat nodig is om tot deze werkwijze te komen: dit proces moet zorgvuldig worden vormgegeven. In deze sectie wordt de huidige status van integraal, systeemgericht werken in de GWW sector beschreven, alsook de mogelijke knelpunten en oplossingsrichtingen om de benodigde verandering in de werkprocessen te bewerkstelligen. Dit hoofdstuk bouwt voort op een onderzoek naar de rol van inter-organisatorische informatiedeling binnen de ROBAMCI-casus Delfzijl (Sardjoe, 2017).

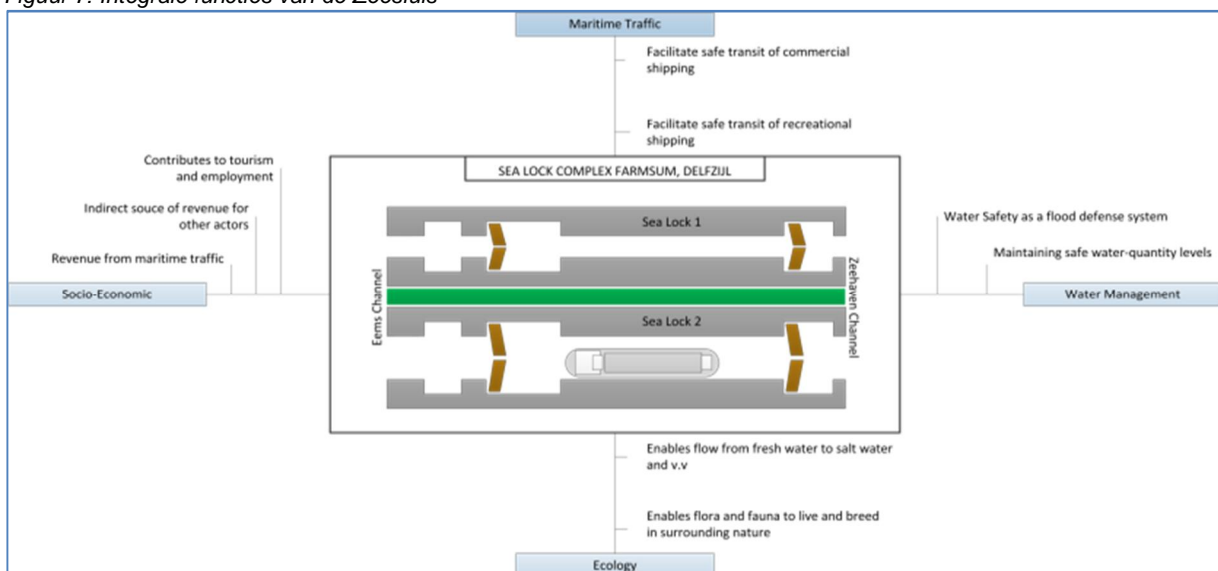
4.3.1 Systeemperspectief

Stakeholders die betrokken zijn of een belang hebben bij een specifieke asset, zijn niet beperkt tot de eigenaar, beheerder en de service provider. Veel assets hebben naast hun primaire functie ook een secundaire functie, of beïnvloeden functies van het bredere systeem waarvan zij deel uitmaken. Andere organisaties kunnen dus soms direct, maar meestal indirect invloed uitoefenen binnen beheer- en onderhoudsprocessen. Een goed voorbeeld hiervan is de ROBAMCI casus Delfzijl (Figuur 7).

Casus Delfzijl

Het zeesluizencomplex te Farmsum (bij Delfzijl) dient naast het primaire doel, de doorvoer van zowel commerciële als recreatievaart, ook andere doelen zoals natuur en economie. Zo vindt er als gevolg van het continu openen en sluiten van de sluisdeuren een migratie plaats van zoet naar zout water en andersom: dit beïnvloedt flora en fauna. Het sluiten van de zeesluis tijdens periodes die cruciaal zijn voor de migratie en/of het broedseizoen van een bepaalde vissoort kan gevolgen hebben voor de lokale en regionale ecologie. Daarnaast is het sluiscomplex belangrijk voor andere waterbeheer-gerelateerde functies: in het geval van hoge waterstanden in het binnenland kan de sluis fungeren als een extra spuimiddel om water naar zee te lozen. Naast scheepvaart heeft de sluis dus meerdere functies: deze moeten worden meegenomen bij investeringsbeslissingen en het opstellen van beheer en onderhoudsplannen. Hiervoor is samenwerking nodig tussen de beheerder/eigenaar van de asset en andere actoren.

Figuur 7: Integrale functies van de Zeesluis



Sardjoe (2017) concludeert op basis van interviews met stakeholders in de casus Delfzijl dat de samenwerking op gebied van informatiedeling niet optimaal functioneert. Interviews met de beheerder en eigenaar van sluis, Rijkswaterstaat, wijzen uit dat samenwerking en informatiedeling

met andere organisaties in de werkprocessen een lage prioriteit heeft: de nadruk ligt op het garanderen van de technische functionaliteit van de sluis – met het doel de doorvoer van schepen veilig te faciliteren. Wel neemt RWS in deze casus deel aan het MARCONI overleg waarin ontwikkelingen in het gebied worden besproken, bedoeld om elkaar te informeren en samen tot een beslissing te komen over het al dan niet vervangen van de zeesluis.

De casus laat zien dat het systeem perspectief niet volledig is doorgedrongen in alle lagen van de verschillende organisaties. In de context van assetmanagement is het ontbreken, of niet volledig doordringen, van een systeem perspectief vaak gerelateerd aan de organisatiecultuur en instituties zoals regels, wetten en procedures (Harner, 2010; Stillman, 2015). Om de maximale potentie die systeemgericht risicogestuurd assetmanagement te bieden heeft in Nederland te kunnen verzilveren, is het dus van belang dat deze manier van werken in organisaties wordt ingevoerd: zowel binnen de organisaties als tussen de organisaties.

4.3.2 Institutionele en Technologische Lock-in

Om het probleem van verandering op een analytische manier te benaderen is het belangrijk om te begrijpen waarom verandering een complex en langdurig proces is: als gevolg van stijgende rendementen van processen kan de stap naar een ander werkproces op korte termijn onaantrekkelijk zijn voor een organisatie. Schaalvoordeel, leereffecten, adaptieve verwachtingen en netwerk economieën zijn in de literatuur geïdentificeerd als oorzaken van de stijgende rendementen (Arthur, 1994). Dit kan de adoptie van technische innovatie hinderen en staat bekend als “technologise 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 kunnen stijgende rendementen 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: technologise systemen zijn vaak ingebed in institutionele structuren.

4.3.3 Incentives voor verandering

Het accepteren en in gebruik nemen van nieuwe werkwijzen neemt een lange tijdsspanne in beslag. In dit proces verandert langzaam het patroon van menselijk handelen (Widner, 2010). De twee vormen van “lock-in” beïnvloeden de wil van instituties om te veranderen. De-institutionalisering kan hierin verandering brengen. Dit begrip is gedefinieerd als het proces waarin bestaande processen verzwakken en verdwijnen en ruimte bieden voor nieuwe processen (Richard, 2014). Hoewel in de literatuur institutionele verandering vanuit drie verschillende perspectieven wordt bestudeerd; sociologisch institutionalisme, rationele-keuze institutionalisme en historisch institutionalisme, ziet elk perspectief de basis van verandering als een exogene factor: initiatie voor institutionele verandering moet van buitenaf 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 benodigde institutionele veranderingen te bewerkstelligen die nodig zijn om richting 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.

5 Systeemdynamisch business estimate model

De input uit hoofdstukken 2 tot en met 4, waarin de drie ‘meerwaarde’ mechanismen van ROBAMCI (sectoromvang, potentiële efficiëntiewinst, groeiruimte in organisaties/ adoptie) zijn beschreven, wordt samengebracht in een zogenaamd ‘systeem-dynamisch’ model. Met deze methode kunnen ook niet-lineair gedrag van complexe systemen kwantitatief in kaart worden gebracht – zo kan in de uiteindelijke ‘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.

Doel van de toepassing van een systeem-dynamisch model is een onderbouwde inschatting te maken van:

- de verbeterpotentie van risico-gestuurd onderhoud (versus interval-gestuurd onderhoud)
- de invloed die volwassenheid (maturity) van de organisatie met betrekking tot assetmanagement heeft op de adoptie van risicogestuurd onderhoud (risk based asset management).

Het huidige onderhoud en beheer van assets in de GWW-sector is vaak nog interval-gestuurd. In de huidige praktijk is de normering van primaire dijken risico-gestuurd. Voor vele assets wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheid van een meer risico- en/of conditie gestuurde aanpak voor beheer en onderhoud.

In het business estimate model worden kwantitatieve gegevens over de natte GWW sector, en de mogelijke efficiëntiewinst door ROBAMCI die uit de casussen en andere bronnen naar voren komt, gekoppeld aan ‘zachte’ factoren die de adoptie van de nieuwe werkwijze binnen assetmanagement over de tijd beïnvloeden. Deze informatie wordt verzameld in een database (zie 5.4) en via deze weg gekoppeld aan het systeem-dynamisch business estimate model. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het model is opgebouwd.

5.1 Operationalisatie waardepropositie in business estimate model

Met het identificeren en beschrijven van de drie ‘meerwaarde’ mechanismen van ROBAMCI is deze meerwaarde nog niet gerealiseerd: pas met de adoptie van de werkwijze door de sector is dit het geval.

5.1.1 Methode

Om deze inschatting te illustreren is gebruik gemaakt van een systeem-dynamisch model. In dit systeem-dynamisch model wordt binnen ROBAMCI de relatie gemodelleerd tussen de kennisontwikkeling en de ontwikkeling van processen en procedures binnen een organisatie (de “maturity”) die de invoering van RBAM mogelijk maakt (de adoptie). Het model is beperkt tot een aantal meest essentiële aspecten en voor een beperkt areaal van assets (keringen). Het model is dus illustratief, maar laat wel het belang van RBAM zien en illustreert de efficiëntie winst die mogelijk is door het gebruik van RBAM. Het model is qua structuur zo opgezet dat het toegepast kan worden voor en door asset-eigenaren en beheerders in de GWW-sector (rijksoverheid, provincies, gemeenten, waterschappen) en voor de verschillende soorten van assets die zij beheren (zoals waterkeringen, waterzuiveringen, rioleringen, gemalen, stuwen, e.d.).

Het systeem dynamisch model biedt de mogelijkheid verschillende scenario's te simuleren, de effecten daarvan te analyseren en scenario's onderling te vergelijken. Het model ondersteunt daarmee besluitvorming over asset management vraagstukken binnen de GWW-sector in Nederland. Het base case scenario (referentie) is gebaseerd op intervalgestuurd onderhoud en er

zijn diverse scenario's gebaseerd op ROBAMCI maatregelen zoals risicogestuurd onderhoud. De kosten en baten (de baten in de huidige versie van het model zijn de schadeposten die voorkomen worden) van beide scenario's worden door het model zichtbaar gemaakt en kunnen met elkaar worden vergeleken.

Het gedrag van assets in de tijd is gemodelleerd rondom twee aspecten: de functionele prestatie en de technische conditie. Voor dijken is dit vertaald naar (het voorkomen van) overstromingen en doorbraken, gerelateerd aan respectievelijk de (relatieve) hoogte en de conditie van de dijk.

5.1.2 Scope en toepasbaarheid model

Het model is opgezet om op macro-niveau globale inzichten te verwerven en uitspraken te doen over de effecten van toepassing van maatregelen voor het gehele areaal van de natte infrastructuur. Alhoewel het model een illustratie geeft van de effecten van de maatregelen op de assets, kunnen de resultaten niet gebruikt worden voor het bepalen van het effect van de maatregelen op individuele assets. Voor uitspraken over individuele assets is meer detaillering nodig in de conditie en prestatie van die individuele assets.

5.2 Het modelleringsproces gedurende de uitvoering van ROBAMCI

5.2.1 Stap 1: basismodel

Vanuit de doelstelling van werkpakket 4 is eerst op hoofdniveau in de voorgaande fase 3 een basismodel gemaakt en is een databasestructuur opgezet voor de benodigde input voor een model dat het gehele areaal besloeg van de natte infrastructuur. Gaande weg bleek dit binnen ROBAMCI te ambitieus, omdat de benodigde informatie onvoldoende beschikbaar was. Hierom is besloten om het model alleen toe te passen voor de illustratie van de effecten binnen het areaal van de primaire en regionale keringen.

5.2.2 Stap 2: case-based uitwerking

In de loop van fase 3 is toen de focus gelegd op de cases binnen ROBAMCI, wat specifieke invullingen zijn, en waarvan werd verwacht dat in het model daar vertaalslagen voor de "BV Nederland" gemaakt konden worden. Aan het begin van fase 4 van ROBAMCI bleek dat de casussen vaak te specifieke invullingen kregen die onvoldoende aansloten op de benodigde informatie voor het model.

5.2.3 Stap 3: asset centraal

Er is toen besloten het model in te vullen voor de primaire dijken, waar veel informatie over beschikbaar is. De bedoeling was bij start fase 3 om zowel risicogestuurd onderhoud als conditiegestuurd onderhoud mee te nemen in het model. Alhoewel er binnen de GWW-sector op diverse plekken onderzoek is/wordt gedaan naar conditiegestuurd onderhoud bleken de resultaten daarvan voor dit model nu nog onvoldoende uitgewerkt/inzichtelijk. In fase 4 is er voor gekozen het conditiegestuurde onderhoud wel in het model op te nemen, maar dan meer ter illustratie hoe dat door kan werken op de kosten en baten.

In het business estimate model worden kwantitatieve gegevens over de natte GWW sector en de mogelijke efficiencywinst door ROBAMCI die uit de casussen en andere bronnen naar voren komt, gekoppeld aan zachte factoren die de adoptie van de nieuwe werkwijze binnen assetmanagement over de tijd beïnvloeden. In een database worden relevante gegevens uit de analyse verzameld en waar nodig aannames gedaan: zie voor meer toelichting appendix A.5. De drie meerwaardemechanismen worden als volgt geoperationaliseerd in het model.

5.3 Meerwaarde en business estimate

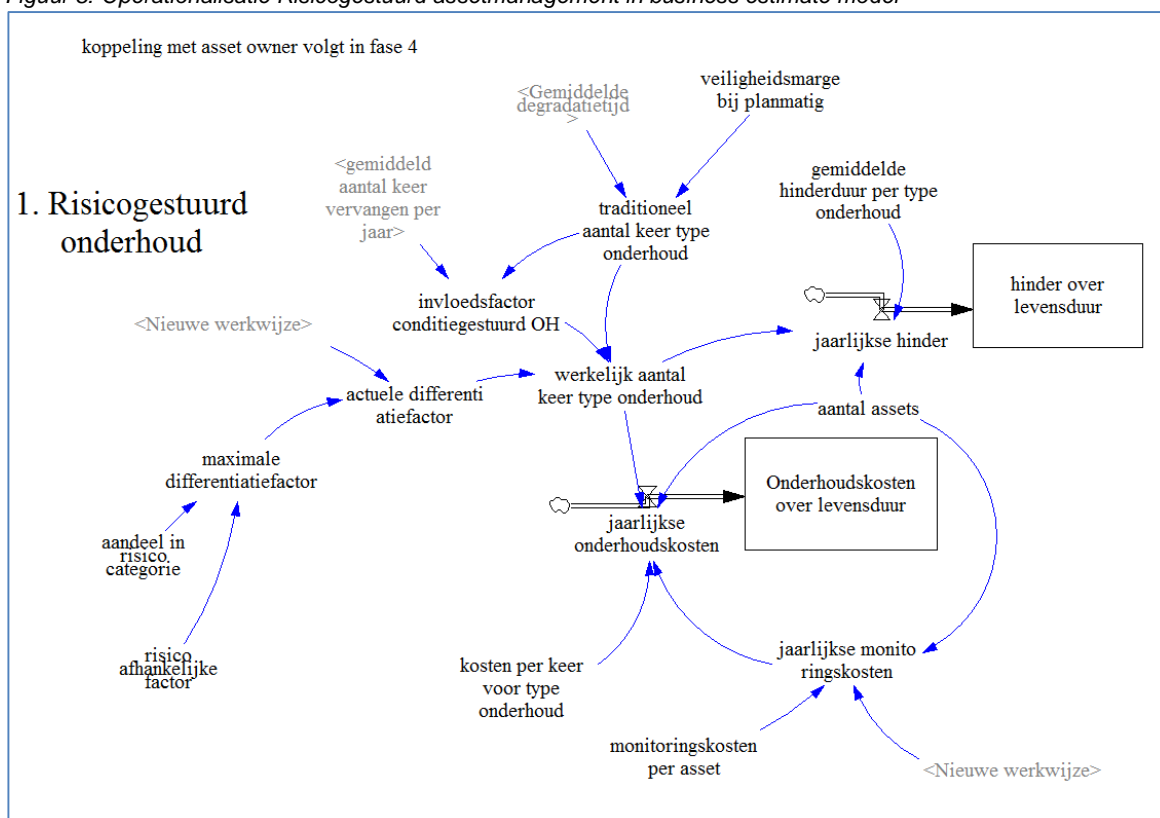
Het systeem-dynamisch model wordt gebruikt om te illustreren dat door het gebruik van RBAM er een efficiëntie winst is te behalen. Dit wordt gedaan door gebruik te maken van twee sturingsprincipes risicogestuurd assetmanagement en conditiegestuurd assetmanagement. Bij risicogestuurd assetmanagement wordt vooral naar de prestatie van de asset gekeken, en hoe de verandering van de prestatie van invloed is op het risico van falen. Hierbij wordt falen gezien als het niet behalen van een van te voren afgesproken minimale prestatie. Bij conditiegestuurd assetmanagement wordt naar de actuele conditie van de asset wordt gekeken, en de manier waarop de conditie van invloed is op het leveren van de prestatie. In de paragrafen hieronder worden deze begrippen verder uitgelegd.

5.3.1 Risicogestuurd assetmanagement

In elk netwerk kunnen de verschillende componenten worden ingedeeld in verschillende risicoklassen: sommige onderdelen van het netwerk hebben een lagere kans op falen, of een lagere impact in geval van falen. Zo kan elk netwerk worden opgedeeld in verschillende risicocategorieën: bijvoorbeeld in hoog, midden en laag. Het uitgangspunt bij een vergelijking tussen de twee methodes is een huidig beleid waarin dit onderscheid niet (of in mindere mate) wordt gemaakt: er is een generiek beheer en onderhoudsplan en generieke richtlijnen voor ontwerp van grote investeringen (versterking, vervanging), meestal gebaseerd op een interval in de tijd, waarbij in mindere mate rekening wordt gehouden met het risico van falen van de verschillende componenten. Bij risicogestuurd assetmanagement wordt dit onderscheid veel duidelijker gemaakt.

Dit gedifferentieerd onderhoud heeft invloed op de levensduurkosten en op de hoeveelheid hinder gedurende de levensduur. De mate van impact van deze werkwijze wordt onder andere beïnvloed door de adoptiegraad van de nieuwe werkwijze (zie ook 5.5). Figuur 8 geeft een beeld van de uitwerking van dit mechanisme in het systeemdynamisch business estimate model. In Tabel 10 worden een aantal termen uit Figuur 8 verder toegelicht.

Figuur 8: Operationalisatie Risicogestuurd assetmanagement in business estimate model



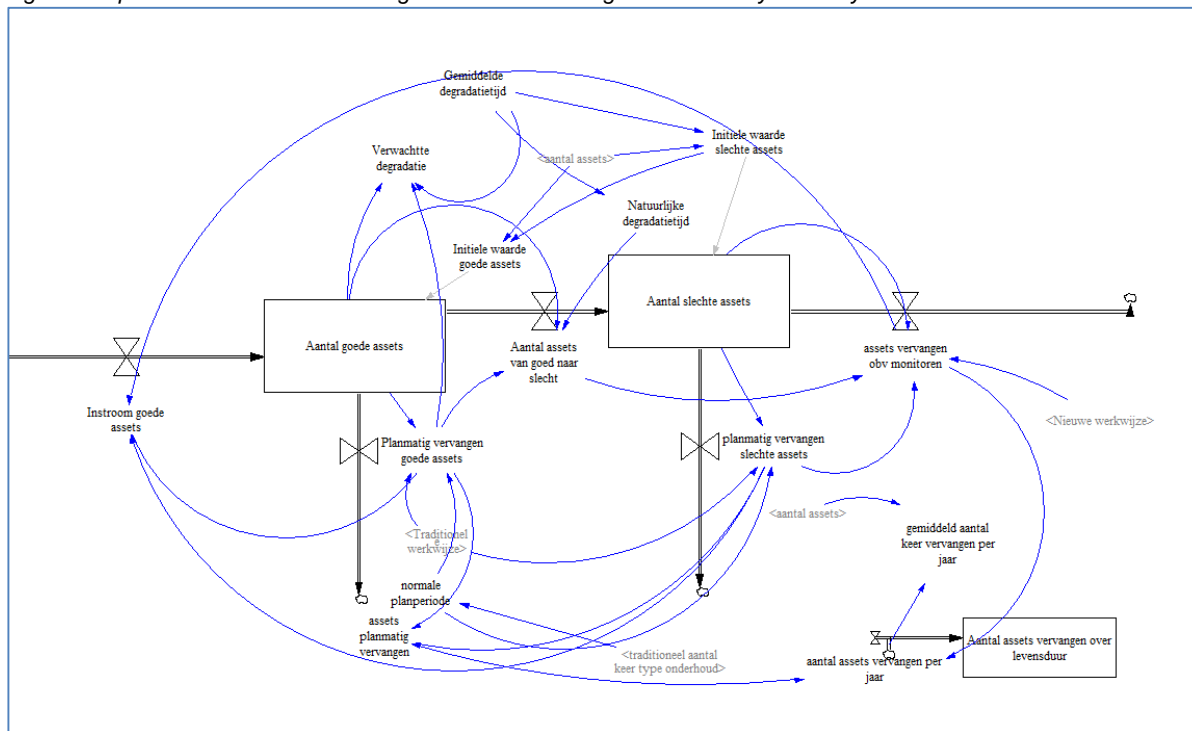
Tabel 10: Toelichting factoren in het systeem-dynamisch business estimate model

Variabele	Toelichting
risico-afhankelijke factor / aandeel in risicocategorie	Aandeel van assetportfolio waar risico aan de orde is; indeling van het portfolio in 'laag, midden, hoog' risico categorieën.
Differentiatiefactor	Aandeel van het portfolio dat geoptimaliseerd kan worden door risico gestuurd assetmanagement te doen (met onderscheid in frequentie activiteiten per risicocategorie)
Jaarlijkse onderhoudskosten	Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen kort, midden en lange-termijn activiteiten.
Veiligheidsmarge bij planmatig	Zonder risico gestuurd assetmanagement ('planmatig') kan een veiligheidsmarge zijn ingebouwd om te voorkomen dat het asset faalt.
Hinder over levensduur	De frequentie en duur van activiteiten leidt tot hinder. Minder vaak onderhoud en korter leidt tot minder hinder.

5.3.2 Conditiegestuurd assetmanagement

Met een beter beeld van de conditie van een asset kunnen interventies tijdig worden uitgevoerd – niet te vroeg en niet te laat. Hierdoor zal het aantal assets dat niet aan de eisen voldoet over de tijd afnemen. Met de toegenomen kennis van de conditie van de asset kunnen ook betere voorspellingen worden gedaan over het degradatieverloop, en kan mogelijk de levensduur worden verlengd – bijvoorbeeld door gericht onderhoud te plegen op gevoelige onderdelen, of omdat groot onderhoud met voldoende zekerheid kan worden uitgesteld. Daarnaast werkt dit mechanisme door op de frequentie en dimensionering (en daarmee op de kosten) van activiteiten (bijvoorbeeld met als gevolg een lagere onderhoudsfrequentie), die beschreven staan in Figuur 9.

Figuur 9: Operationalisatie van conditiegestuurd assetmanagement in het systeem-dynamisch business estimate model



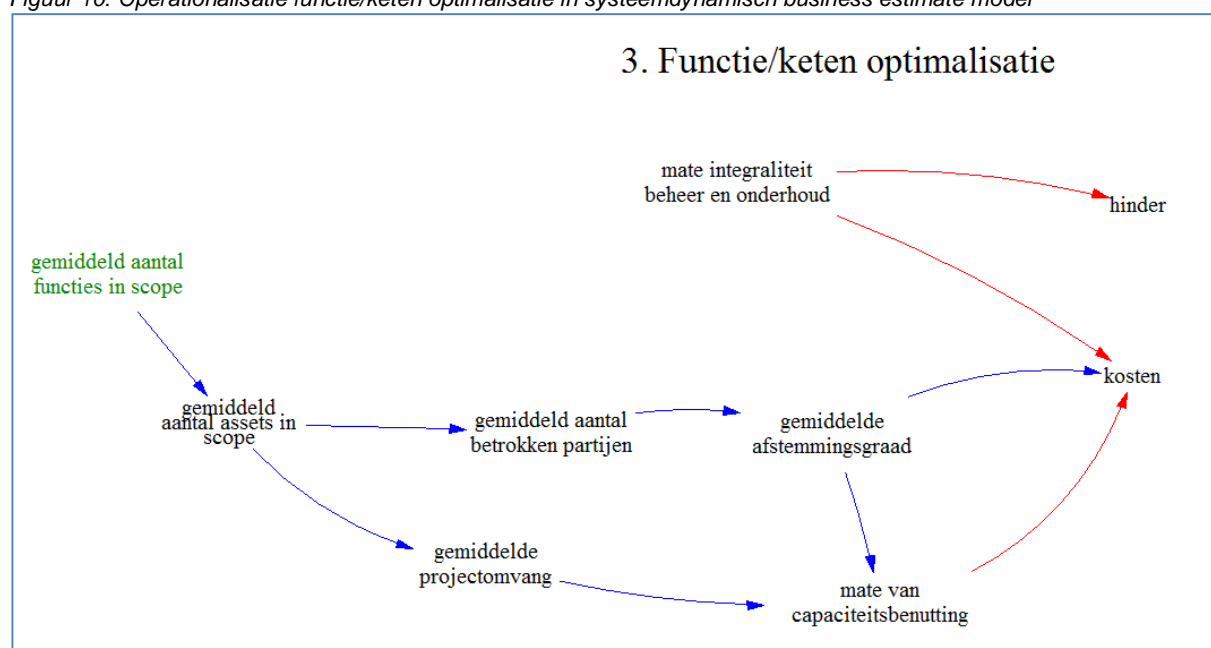
Tabel 11: Toelichting factoren in het model

Variabele	Toelichting
Aantal 'goede' en 'slechte' assets	Na aanleg voldoen assets aan de gestelde prestatie-eisen ('goede assets'). Over de tijd degraderen ze, tot ze niet meer aan de prestatie-eisen voldoen ('slechte assets') en er actie moet worden ondernemen.
Verwachte degradatie	Er is een gemiddelde aanname over het degradatieverloop en daarmee levensduur van assets: op basis van dit beeld wordt beheer en onderhoud en vervanging planmatig uitgevoerd
Vervangen op basis van monitoren	Bij conditiegestuurd monitoren wordt vervangen op basis van kennis over de daadwerkelijke gemeten degradatie van assets. Dit kan langer of korter zijn dan de gemiddelde degradatie.

5.3.3 Functie/keten optimalisatie

Hoe meer functies en assets van het systeem worden meegenomen in het inrichten van de assetmanagement activiteiten, hoe beter. Er moet een balans worden gevonden tussen de meerkosten van afstemming, versus de baten ervan; dit is afhankelijk van de projectomvang. Een betere afstemming/optimalisatie leidt onder andere tot minder overlast (tezamen inplannen van onderhoudsactiviteiten in plaats van elke organisatie/asset los beheren), maar kan op strategisch niveau ook tot maatschappelijke meerwaarde leiden. Figuur 10 geeft een eerste beeld van de relaties.

Figuur 10: Operationalisatie functie/keten optimalisatie in systeem dynamisch business estimate model



5.4 Operationalisatie uitgaven natte sector in model

Ten behoeve van de business estimate is het nodig op zo veel mogelijk detail te weten hoeveel er aan assetmanagement van een bepaald type asset wordt uitgegeven. De case studies die de meerwaarde van risico gebaseerd assetmanagement onderzoeken, richten zich daarbij in veel gevallen op één type asset (regionale keringen), en één periodiciteit: tussen kortcyclisch (jaarlijks) en langcyclisch (grootschalige vervanging) bijvoorbeeld. Om de resultaten uit de casus op te

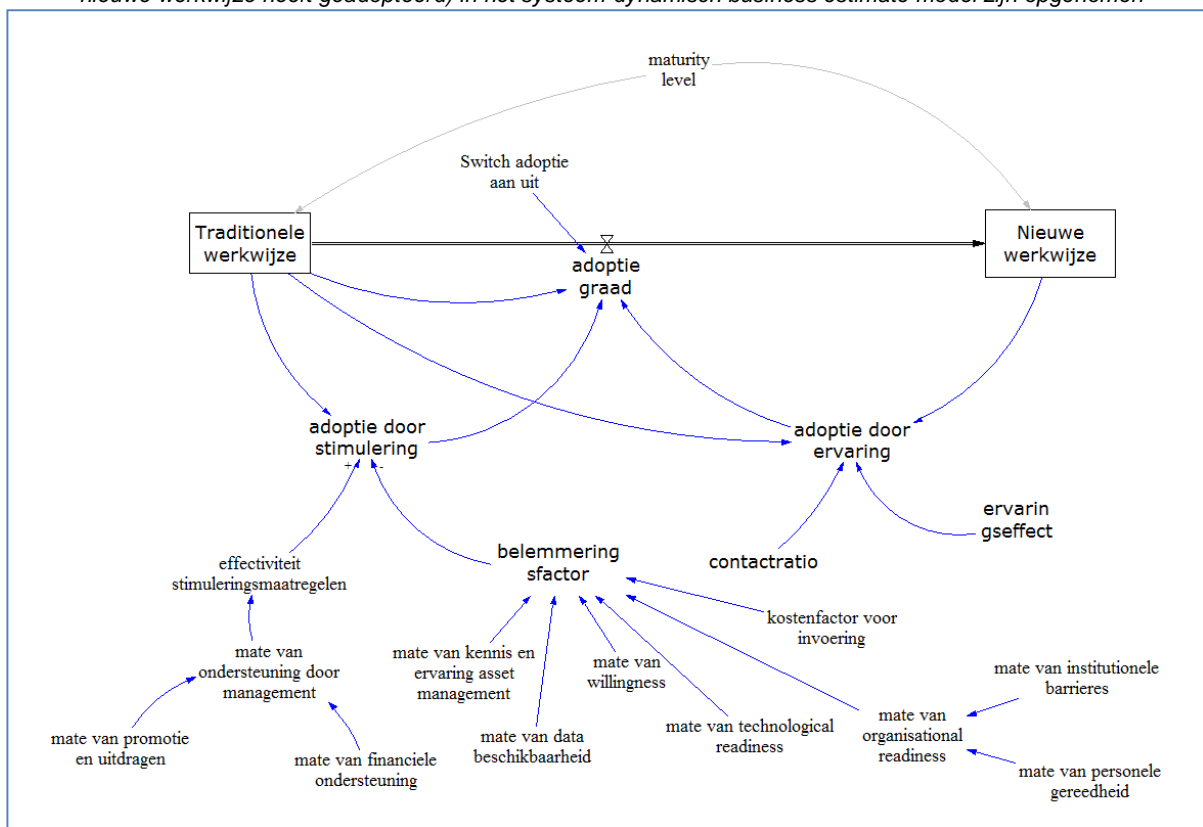
kunnen schalen, is het goed te weten in welke ordegrrootte uitgaven aan dat type asset en periodiciteit zijn. Zo kan het voorkomen dat bij bijvoorbeeld vaarwegenbeheer kort en middencyclische uitgaven het meeste budget vergen, terwijl bij waterkeringen de langcyclische vervanging veruit het meest geld vergt. Ook is het relevant te weten bij welke overheidspartij deze uitgaven liggen.

In de database die het systeem-dynamisch model vult (zie 5.6) worden gegevens over uitgaven aan assetmanagement per asset categorie en asset owner gerapporteerd, met waar mogelijk onderscheid tussen regulier beheer en onderhoud en investeringen in vervangingen of groot onderhoud/rehabilitatie. Het is niet altijd mogelijk uit begrotingen of plannen te halen hoeveel op jaarbasis aan een bepaalde activiteit of asset wordt besteed, omdat dit op algemener niveau wordt gerapporteerd. In deze gevallen wordt gebruik gemaakt van extrapolatie van gegevens waar dit wel bekend is.

5.5 Operationalisatie adoptie en maturity in model

Figuur 11 geeft een eerste versie van hoe adoptie in het systeemdynamisch business estimate model wordt opgenomen. In 'adoptie door ervaring' speelt tijd een rol, en de mate waarin assetmanagers met elkaar in contact komen om ervaringen die zijn opgedaan in pilotprojecten uit te wisselen. Onder 'adoptie door stimulering' vallen maatregelen om opname van de nieuwe werkwijze te stimuleren, en factoren die de opname kunnen belemmeren.

Figuur 11: Geeft een eerste versie van hoe adoptie en maturity (als startwaarde van de mate waarin een organisatie de nieuwe werkwijze heeft geadopteerd) in het systeem-dynamisch business estimate model zijn opgenomen



5.6 Onderzoekopzet systeem-dynamisch model

Binnen ROBAMCI is met name het risicogestuurd onderhoud als verbeterstrategie voor het onderhoud en beheer van assets in de GWW-sector onderzocht. Als voorbeeld van assets in de GWW sector zijn de primaire dijken genomen. Voor het risicogestuurd onderhoud is in het model de hoogte³ van de dijk maatgevend.

Naast risicogestuurd onderhoud is in ROBAMCI ook aandacht besteed aan conditiegestuurd onderhoud als verbeterstrategie, maar veel minder. Om conditiegestuurd onderhoud te kunnen doen is meer kennis nodig over de huidige conditie van de assets en de verouderingsprocessen die optreden voor de verschillende typen infrastructuur. Op dit vlak moet nog veel nader onderzoek worden gedaan en is op dit moment de beschikbare hoeveelheid kennis en informatie nog onvoldoende om dat zinvol in het model te kunnen verwerken.

5.6.1 Onderhoud van dijken in het model

De primaire dijken in Nederland zijn in het model ingedeeld in zes risico-categorieën conform de wettelijke normering in Nederland. Een dijkverhogingsproject wordt geïnitieerd op het moment dat de relatieve dijkhoogte (verschil tussen hoogte dijk en waterniveau) z'n kritische waarde bereikt. Als een dijk wordt verhoogd, dan wordt op dat moment ook de conditie van de dijk verbeterd. In het model wordt voor de hoogte van de primaire dijken rekening gehouden met de zeespiegelstijging en de bodemdaling.

Voor conditiegestuurd onderhoud is in het model de conditie van de dijk maatgevend. Binnen het model zijn de primaire dijken in Nederland hiertoe ingedeeld in zes leeftijdsgroepen (cohorts). Als eenvoudig uitgangspunt geldt voor het model: hoe ouder de dijk, hoe slechter z'n startconditie in het model, waarbij wel rekening wordt gehouden historische dijkverbeteringen. Een dijkverbeteringsproject wordt geïnitieerd op het moment dat de conditie van de dijk z'n kritische waarde bereikt. Als de conditie van een dijk wordt verbeterd, dan wordt op dat moment in hetzelfde project ook de dijk verhoogd. Oftewel, als een project wordt 'getriggerd' hetzij vanwege onvoldoende hoogte, danwel vanwege onvoldoende conditie, worden beide aspecten hoogte en conditie 'aangepakt'.

Gezien de cases binnen ROBAMCI en de beschikbare en bruikbare informatie is de versie van het ROBAMCI business estimate model die vanuit WP4 is opgeleverd inhoudelijk gerealiseerd voor primaire waterkeringen (dijken).

In de business estimate worden kosten/baten-inzichten gegeven. In deze versie van het model is dat als volgt opgebouwd:

- De kosten zijn de kosten die nodig zijn om de dijken op te hogen dan wel om de conditie van dijken te verbeteren
- De baten zijn de kosten die voorkomen worden doordat er geen overstromingen en doorbraken optreden. Dit zijn de schadebedragen; de schade die veroorzaakt wordt aan het achter de dijk gelegen gebied bij een overstroming of doorbraak.

5.6.2 Resultaten

De resultaten zijn in deze versie van het model vooral illustratief. Het model laat zien hoe genomen maatregelen doorwerken op de langere termijn, hoe kosten, baten, dijkhoogte en dijkconditie zich gedragen in de tijd, en hoe het ene scenario zich verhoudt tot het andere. Aan de absolute

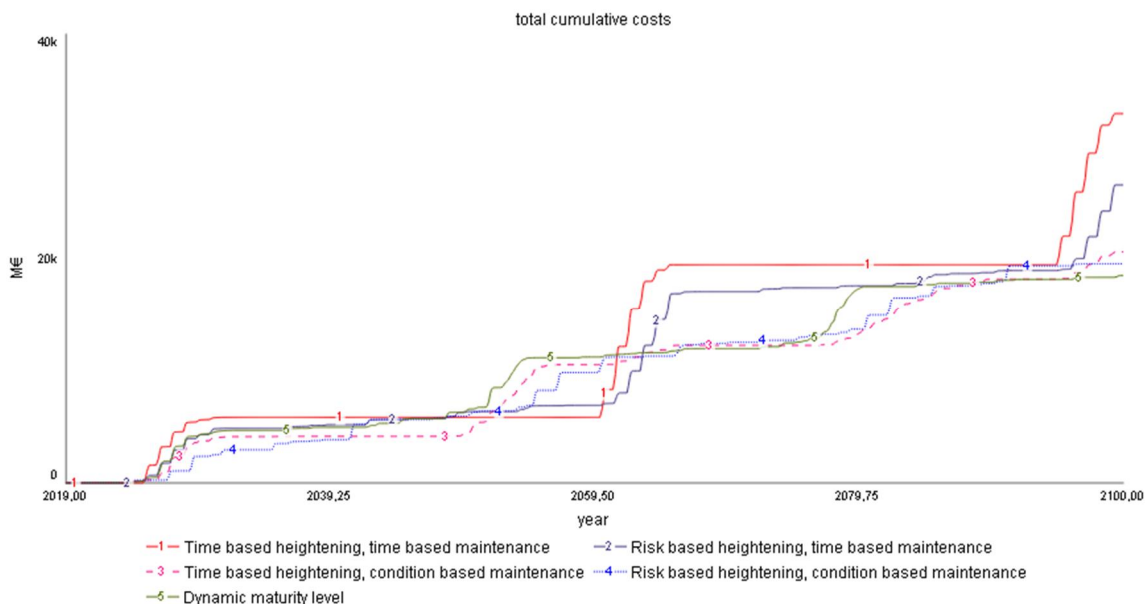
³ NB: in de praktijk spelen verschillende faalmechanismen zoals macro- en microstabiliteit en piping een rol. Deze detaillering maakt geen onderdeel uit van het model, gezien de beperkte projectomvang van WP4 binnen ROBAMCI. Deze faalmechanismen zijn in een later stadium wel aan het model toe te voegen.

bedragen kan nog geen waarde worden toegekend. Daarvoor berust het model nog teveel op aannames (zie hiervoor de annex bij deze modelrapportage).

Scenario's die met het model gesimuleerd zijn (representaties van de ROBAMCI maatregelen):

- **Scenario 1:** Tijd-gestuurd onderhoud voor dijkhoogte en dijkconditie (zowel de verhoging als de conditieverbetering van de primaire dijken wordt op basis van vaste tijdsintervallen onderhoud gedaan). Opgemerkt wordt dat dit scenario wel generiek voor de GWW-sector van toepassing is, maar niet voor de primaire dijken.
- **Scenario 2:** Risicogestuurd onderhoud voor dijkhoogte en tijd-gestuurd voor dijkconditie (verhoging van de primaire dijken wordt op basis van risico uitgevoerd terwijl conditieverbetering van de primaire dijken op basis van vaste tijdsintervallen wordt gedaan).
- **Scenario 3:** Tijd-gestuurd onderhoud voor dijkhoogte en conditiegestuurd onderhoud voor dijkconditie (verhoging van de primaire dijken wordt op basis van vaste tijdsintervallen uitgevoerd terwijl de conditie van de primaire dijken wordt verbeterd op basis van de conditie waarin zij verkeren).
- **Scenario 4:** Risicogestuurd onderhoud voor dijkhoogte en conditiegestuurd onderhoud voor dijkconditie (verhoging van de primaire dijken wordt op basis van risico uitgevoerd en de conditie van de primaire dijken wordt verbeterd op basis van de conditie waarin zij verkeren).
- **Scenario 5:** Dynamische maturity-index (een geleidelijke adoptie op basis van het verloop van de maturity van tijdgestuurd onderhoud voor zowel dijkhoogte als dijkconditie naar risicogestuurd onderhoud voor dijkhoogte en conditiegestuurd onderhoud voor de dijkconditie)

Van deze vijf basisscenario's laat het model de kosten en de baten zien.



Figuur 12: Totale kosten en verloop min de tijd in mln euro (illustratief)

5.6.3 Kosten

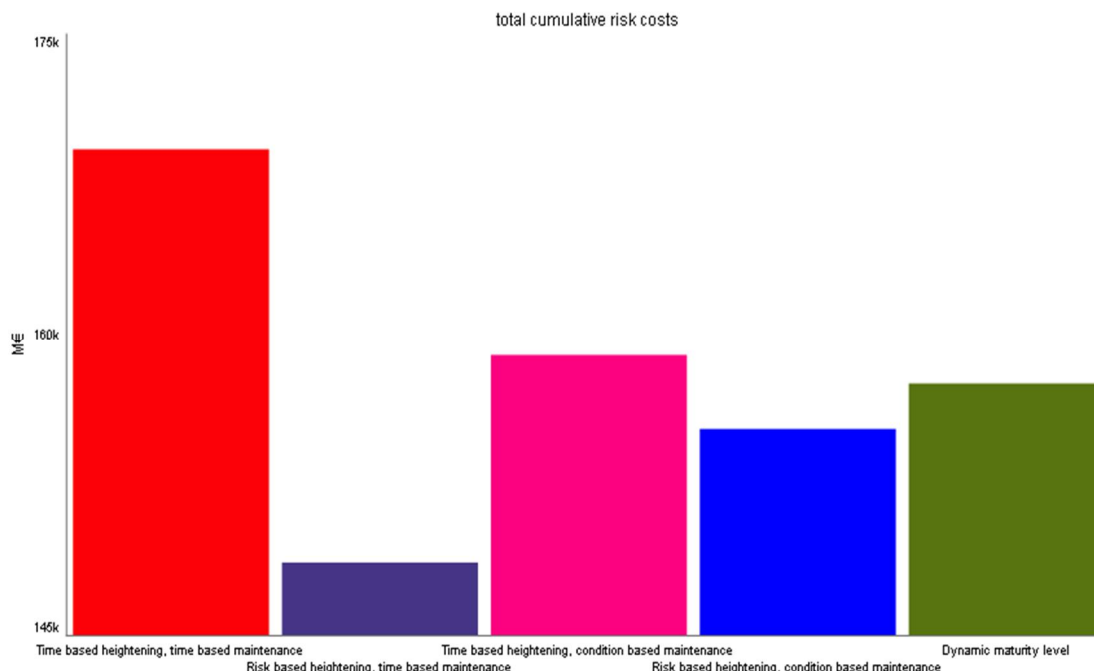
Kosten zijn de kosten die gemaakt worden om de primaire dijken te verhogen en om de conditie van die primaire dijken te verbeteren.

Figuur 12 laat tot het jaar 2100 het verloop van de gemaakte kosten zien voor de 5 scenario's. Wat opvalt is dat op de langere termijn de scenario's tot dezelfde kosten leiden (geen substantiële verschillen) nl. hier ca. €19 mld. tot ca. 2085, vlak voordat scenario 1 en 2 weer een sprong maken. Scenario 1 en 2 vertonen sterke sprongen in het kostenprofiel. Bij de andere drie scenario's is dat veel minder, en mogelijk wenselijker omdat dit tot een wat evenwichtiger budgettering leidt. Overigens is in het model aangenomen dat de tijdgedreven verhogingen in periodieke programma's worden uitgevoerd, anders zullen deze ook meer gespreide resultaten laten zien.

5.6.4 Risicokosten

De risicokosten zijn de kosten die gemaakt moeten worden om de schade aan gebouwen, terreinen, infrastructuur, e.d. te herstellen als gevolg van een overstroming of dijkdoorbraak.

Figuur 13 illustreert het verschil in risicokosten als gevolg van overstroming van de dijk of van een dijkdoorbraak tussen de vijf scenario's. Het laat zien dat traditionele tijdgebonden (periodieke) onderhoudsaanpak de meeste risicokosten met zich meebrengt en de risicogestuurde aanpak de minste (10-15% minder). Een conditiegestuurde aanpak leidt tot hogere schadekosten dan een risicogestuurde aanpak. Wanneer er rekening wordt gehouden met een groei van de adoptie over de tijd (de volwassenheid neemt gedurende de komende jaren toe, het zgn. dynamic maturity level) zullen de gecumuleerde risicokosten logischerwijs hoger zijn dan als er in een keer uitgegaan wordt van 100% volwassenheid, wat logisch is gezien de langere tijdsduur die nodig is om vanuit een tijdgebonden aanpak tot een risico- en conditiegestuurde aanpak te komen. Figuur 13 laat ook zien dat alle alternatieve onderhoudsstrategieën tot minder risicokosten leiden dan een puur tijdgebonden onderhoudsstrategie.



Figuur 13: Totale risicokosten tot het jaar 2100 (in mln euro) (illustratief)

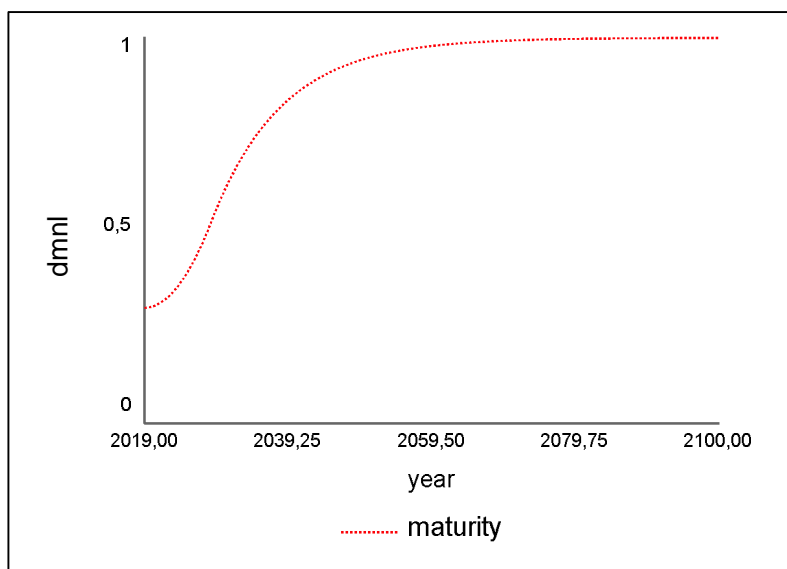
5.6.5 Maturity

De mate waarin de geïllustreerde efficiëntie kan worden gerealiseerd hangt met name af van de mate waarin risicogestuurd onderhoud wordt toegepast (ten opzichte van 100 % interval-gestuurd onderhoud). In het model is de adoptie de dominante factor die in de tijd gezien bepaalt in welke

mate en met welke snelheid risicogestuurd onderhoud wordt toegepast. Daarbij is de maturity in het model de factor die sturend is voor de adoptiecapaciteit van de organisatie. Dat wil zeggen dat de mate van volwassenheid van de (GWW) sector (of op termijn van een deelsector of aparte organisatie daarbinnen) aangeeft hoe snel de implementatie van risicogestuurd onderhoud zal worden toegepast. In het geval van primaire dijken wordt al risicogestuurd onderhoud toegepast en is daarvoor de start-maturity hoog (mogelijk 0,9 – 1), voor andere type assets zal dat verschillen en waarschijnlijk lager liggen.

Binnen het model wordt een simulatie gedraaid met verschillende instellingen voor de maturity bij de start van de simulatie. Ter illustratie zijn er twee extreme instellingen gekozen: maturity = 0 (0 % risico-gestuurd onderhoud) en maturity = 1 (100 % risico-gestuurd onderhoud). Voor het risico-gestuurde scenario (scenario 2) in het model staat de maturity dus op 1. Deze gaat er dus vanuit dat bij start van de simulatie de GWW sector risicogestuurd onderhoud reeds volledig heeft geïmplementeerd. Op deze manier wordt het verschil zichtbaar gemaakt tussen een interval-gestuurd onderhoudsscenario waarbij de maturity op nul staat en een scenario waarbij het onderhoud volledig risicogestuurd is. Binnen de andere scenario's 2, 3 en 4 is de maturity ook op een extreme waarde gezet, waardoor de verschillen ten opzichte van een situatie van 100 % interval-gestuurd onderhoud ook hier goed zichtbaar kunnen worden gemaakt.

Scenario 5 met de dynamische maturity is meer realistische situatie en met een geleidelijk verloop van de maturity in de tijd. Dit scenario toont namelijk de resultaten bij een geleidelijke toename van de maturity, uitgaande van een bepaalde startwaarde, in dit geval 0.3 (= 30 %) in het begin, die over de tijd geleidelijk toeneemt. Dit scenario leidt tot resultaten waarbij het verbeterpotentieel geleidelijk wordt verzilverd in tegenstelling tot scenario 2 waarin al wordt aangenomen dat dit bij de start van de simulatie al maximaal is. Onderstaande grafiek in Figuur 14 toont het verloop van de maturity in de tijd en laat zien dat na ca. 30 jaar deze is gestegen tot ca. 0.9 (90 %).



Figuur 14: Verloop van de maturity in de tijd

5.6.6 Resultaten systeem-dynamisch model

De resultaten van de modelering met het systeem-dynamische model laten zien dat toename in toepassing van risicogestuurd onderhoud leidt tot een hogere efficiency, met vergelijkbare kosten is een hogere prestatie te behalen (lagere risicokosten: lagere risico's, minder schade). De

uitkomsten van het model (top-down benadering) en de resultaten uit de onderzochte cases binnen ROBAMCI (bottom-up benadering) versterken elkaar, en geven op hoofdlijnen eenduidige conclusies. Een potentiële efficiëntiewinst van ca. 10 % -15 % is mogelijk. Hierbij zijn kennisontwikkeling en toepassing van nieuwe werkwijzen belangrijke aspecten bij de realisatie van de potentiële efficiëntiewinst.

Het systeem-model biedt een kijk op asset management in de GWW-sector: zowel de technische als economische kant worden in samenhang gesimuleerd. De opgeleverde resultaten vanuit het model komen vanuit deze integrale samenhang tot stand. Hierbij is het model geschikt om beleidsformulering te ondersteunen. De huidige versie van het model kan ondersteuning bieden in de zoekrichting van beleid. Het model biedt uitbreidingsmodelijkheden om ook meer op detailniveau toegepast te worden, bijvoorbeeld opgesplitst naar organisatie, naar regio of naar type asset.

Het model is nu toegepast voor risicogestuurd onderhoud voor primaire dijken als voorbeeld om uitspraken te kunnen doen over effecten van ROBAMCI-maatregelen. Voor andere typen assets en conditiegestuurd onderhoud zal nader onderzoek moeten plaatsvinden om dezelfde uitspraken te onderzoeken en te valideren.

Het huidige model is in de basis voor de GWW-sector generiek toepasbaar. Het is nu nog wel illustratief, d.w.z. in grote lijnen representeert het toekomstscenario's op basis van keuzes voor onderhoudsstrategieën. Het geldt voor de sector als geheel. Op basis van dit model kunnen nog geen uitspraken worden gedaan voor individuele organisaties binnen de sector. Wel is het representatief van de algemene resultaten die behaald kunnen worden. De onderzochte casestudies hebben weliswaar goede en relevante informatie opgeleverd, maar deze kunnen door de relatief kleine schaal niet direct "vertaald" worden naar landelijk niveau. Wel zijn de casestudies illustratief van het potentieel van de ROBAMCI methode. Aanbevolen wordt om in de toekomst cases te ontwikkelen die beter aansluiten op het te onderzoeken generieke deel. Daarmee kunnen modelresultaten beter gevalideerd worden en kan het model verbeterd worden zodanig dat het besluitvorming voor een specifieke organisatie of (deel)sector beter kan ondersteunen.

De huidige versie van het model richt zich nu inhoudelijk op primaire dijken in Nederland, maar is voor wat betreft structuur geschikt om dit eenvoudig uit te breiden met andere typen van assets in de GWW-sector in Nederland. Verder is het huidige model nog gericht op Nederland als geheel, maar ook hier is het eenvoudig om het model inhoudelijk aan te passen op een deelsector binnen de GWW-sector, of op een groep van een bepaald type asset owner (waterschappen, provincies, gemeenten, etc.). Ook is het mogelijk om het model aan te passen op een individuele asset owner die het model daarmee kan gebruiken ter evaluatie van/besluitvorming over eigen te volgen onderhoudsstrategieën.

Aanbevolen wordt het conditiegestuurd onderhoud in het model verder uit te werken, zowel voor wat betreft modelstructuur als gebruikte numerieke waarden. Wanneer op basis van verdere kennisontwikkeling op het gebied van conditiegestuurd onderhoud in de GWW-sector het model wordt verfijnd kan het model ook gebruikt worden om conditiegebaseerd onderhoud verder uit te werken en hier beleidsbeslissingen mee te kunnen onderbouwen.

6 Conclusie

In de business estimate/ synthese van ROBAMCI is het doel te analyseren wat de lessen vanuit de casussen over deze aanpak kunnen betekenen voor Nederland. Vanwege de focus in de casussen is hierbij de 'natte' GWW sector als studiegebied gekozen: waterveiligheid, watersysteem, vaarwegen en afvalwatertransport en -zuivering. Om uiteindelijk te komen tot een 'business estimate' van kwantitatief risico gestuurd assetmanagement voor de natte GWW sector, staan de volgende vragen centraal:

- i) Wat is de omvang van het assetmanagement in de natte sector?
- ii) Welke lessen kunnen uit de casussen worden gehaald ten aanzien van de meerwaarde van ROBAMCI en
- iii) Wat is nodig voor de verzilvering van deze meerwaarde?

Omvang assetmanagement infrastructuur

Een recent rapport van CBM (van de Kerkhof et al., 2018) onderbouwt de meerwaarde van conditiegebaseerd assetmanagement voor de gehele infrastructuur sector. Hierbij wordt ook een analyse gedaan van de totale omvang van de GWW sector: deze liggen in de orde van grootte van € 16 - 20 miljard per jaar. Hoewel de inventarisatie niet helemaal compleet is, is duidelijk dat in de komende decennia de benodigde middelen voor infrastructuur zullen toenemen. In het kader van WP4 is gewerkt aan een analyse van de omvang van de 'natte' GWW sector, waarin waar mogelijk onderscheid gemaakt wordt tussen uitgaven van verschillende overheden, types assetmanagement en investeringen (projecten) en regulier B&O. In totaal worden huidige uitgaven in de natte sector geschat op € 6 miljard per jaar door de verschillende overheden gezamenlijk. Een gedetailleerd beeld van de uitgaven waarmee de impact van ROBAMCI per sector en type interventie (kort tot langjarig) kan worden berekend blijft echter moeilijk vanwege het gebrek aan gestandaardiseerde rapportage van budgetten tussen overheden van hetzelfde typen en tussen overheden onderling.

Synthese casussen

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

- 1) risicogestuurd assetmanagement in het netwerk
- 2) conditiegestuurd assetmanagement over de tijd
- 3) functie / ketenoptimalisatie in assetmanagement binnen en over systemen heen

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 (neven)functies van een asset, in relatie met de omgeving. 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 een van de leidende invloeden op het behalen van deze efficiency winst.

Systeem-dynamisch model

Het onderzoek met het systeem-dynamisch model 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). De modelbevindingen (top-down benadering) en de bevindingen uit de cases (bottom-up benadering) bevestigen elkaar op hoofdlijnen; efficiëntiewinsten van ca. 10 % -15 % zijn mogelijk. 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 adaptatie van RBAM slechts langzaam verlopen.

Uit het onderzoek blijkt tevens dat het model geschikt is om beleidsformulering te ondersteunen. De huidige versie van het model kan ondersteuning bieden in de zoekrichting van beleid. Het model biedt uitbreidingsmodelijkheden naar andere asset typen en andere interventieniveaus, bijvoorbeeld opgesplitst naar organisatie, naar regio of naar type asset.

Verzilveren meerwaarde: maturity & adoptie

Om de mogelijke meerwaarde die ROBAMCI biedt te kunnen verzilveren 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. Uit eerder onderzoek (Rossum, 2019) 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. De snelheid waarmee een organisatie de ROBAMCI werkwijzen kan adopteren wordt beïnvloed door een aantal factoren: is de strategie/beleid er? Is er voldoende kennis en capaciteit? Is het haalbaar binnen een redelijke termijn?

Uit de verschillende casussen is zeker gebleken dat de ROBAMCI aanpak een meerwaarde levert op de verschillende dimensies: prestaties, (maatschappelijk) risico en kosten. In een eerste illustratie met het systeem-dynamische business estimate model op asset type 'keringen', waarin resultaten uit de casussen en andere studies worden geëxtrapoleerd naar het hele areaal is de eerste schatting dat met een risico-gebaseerde aanpak zo'n 10% - 15 % efficiëntiewinst is te behalen op de levenscycluskosten van keringen.

7 Literatuur

- 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.
- Bel, M. de, Klanker, G., Klerk, W.-J., Wessels, J., Wiel, W. van der, Wit, A. de, ... Sminia, M. (2016). *Case kunstwerken - Gemaal IJmuiden*. Retrieved from http://www.robamci.nl/wp-content/uploads/2017/06/Rapportage_Case_Kunstwerken_IJmuiden_juni_2016.pdf
- Briessinck, M., & Kranz, T. (2017). *CEDR – Asset Management TG Final Report 2017, Technical report 2017/06*.
- 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>
- Dent, E. B., & Goldberg, S. G. (1999). Challenging 'Resistance to Change'. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 35(1), 25–45. <https://doi.org/10.1177/0021886399351003>
- 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>
- Harner, M. M. (2010). Barriers to Effective Risk Management. *Seton Hall Law Review*, 40.
- IJmker-van Gent, J., & Kok, S. (2016). *WP4 Business case / synthese ROBAMCI fase 1 - een eerste verkenning naar de potentie van risicogestuurd assetmanagement in de GWW-sector in Nederland*.
- Klerk, W. J., Kanning, W., & van der Meer, M. (2016). *Beschrijving asset management tool waterkeringen versie 0.9 - ROBAMCI fase 1: casus waterkeren*.
- Maring, L., Blauw, M., Lackin, J., Teeuw, C., Vette, K. de, Martens, J., ... Jonkers, D. (2016). *Asset Management van de Ondergrond (AMO) - Uitkomsten van de Community of Practice*.
- 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>
- Pijper, A. de. (2018). *Besparen op beheer en onderhoudsuitgaven in de natte sector*. Hogeschool Rotterdam.
- Richard, S. W. (2014). W. Richard SCOTT (1995), Institutions and Organizations. Ideas, Interests and Identities. *M@n@gement*, 17(2), 136. <https://doi.org/10.3917/mana.172.0136>
- Rossem, S. van. (n.d.). *De weg naar een volwassen implementatie van risico - en kansgestuurd assetmanagement*. Erasmus Universiteit Rotterdam.
- Sardjoe, N. (2017). Understanding inter-organizational information sharing: A case-study in the context of Risk and Opportunity Based Asset Management for Critical Infrastructures (ROBAMCI).
- Stillman, J. (2015). Challenges and Opportunities in Implementing an Asset Management Program.
- Stronkhorst, J., & Buren, R. van. (2015). *Asset management en Kustlijnzorg*. Retrieved from <http://www.robamci.nl/wp-content/uploads/2017/08/1220047-002-GEO-0002-r-Asset-management-en-Kustlijnzorg.pdf>
- van de Kerkhof, R. ., Lamper, L., & Fang, F. (2018). *De waarde van Maintenance voor de Nederlandse Infrastructuur*.
- 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.
- Volker, L., Lei, T. Van Der, & Ligtvoet, A. (2011). Developing a maturity model for infrastructural asset management systems. *Conference on Applied Infrastructure Research*.
- Volker, L., Ligtvoet, A., van den Boomen, M., Wessels, L. P., van der Velde, J., van der Lei, T. E., & Herder, P. M. (2013). Asset management maturity in public infrastructure: the case of Rijkswaterstaat. *International Journal Strategic Engineering Asset Management*, 1(4), 439–453.
- Widner, J. A. (2010). Explaining Institutional Change: Ambiguity, Agency, and Power. *Governance: An International Journal of Policy, Administration, and Institutions*, 23(4), 693–695. https://doi.org/10.1111/j.1468-0491.2010.01505_2.x
- 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>

8 Appendices

A.1 Overzicht van maturity modellen

Maturity model	Field	Levels	Dimensions/ process areas
IM3 (Volker, Van der Leij & Ligtvoet, 2011)	Infrastructure Asset Management	1. Ad hoc 2. Repeatable 3. Standard 4. Managed 5. Optimal	<ul style="list-style-type: none"> Information Management Internal coordination External coordination Market approach Risk management Processes and Roles Culture and Leadership
MMAM (Macchi & Fumagali, 2013)	Maintenance	1. Initial 2. Managed 3. Defined 4. Quantitatively managed 5. Optimizing	<ul style="list-style-type: none"> Planning and budgeting Information sharing Work order management Relationships with other enterprise functions Empowerment of personnel Maintenance engineering structure Monitoring Computerized system Reliability eng. system
AM maturity scale and Guidance (IAM, 2015)	Asset management	0. Innocent 1. Aware 2. Developing 3. Competent 4. Optimizing 5. Excellent	39 subjects
FLOODCONTROL 2015 (Kolen et al. 2008)	Flood protection	Different maturity levels for each dimension	<ul style="list-style-type: none"> Measuring Monitoring Forecasting Probability Reduction Consequence Reduction Civil infrastructure Governmental infrastructure
RM-CMM (MacGillivray et al, 2007)	Management (research conducted in water sector)	1. Initial 2. Repeatable organisation 3. Defined organization 4. Controlled organisation 5. Optimized organisation	<ul style="list-style-type: none"> Scope Intergratin Verification and validation Feedback and organisaqional learning Stakeholder engagement Competence Resources Documentation and reporting
Risk maturity Model (Hillson, 1997)	Risk management	1. Naive 2. Novice 3. Normalised 4. Natural	<ul style="list-style-type: none"> Definition Culture Process Experience Application

A.2 Overzicht van het IM³ model

Maturity	Cultuur & leiderschap	Risico -management	Interne afstemming	Externe afstemming	Markt -benadering	Informatie -management	Processen & Rollen
O P T I M A A L	Het assetmanagement is onderdeel van de organisatie cultuur	Er wordt een systematisch risicoregister bijgehouden voor het risicomangement met alle actoren	De diensten komen gezamenlijk met de betrokken organisatie onderdelen tot stand	Alle actoren zijn betrokken bij het nemen van de besluiten. (mede-beslissend)	Gebruik van alliantiecontracten. Waarbij er een samenwerking ontstaat voor de lange termijn	Alle data is beschikbaar en toepasbaar voor alle actoren via een gedeeld systeem	De processen en rollen worden aangepast aan de situatie
G E M A N A G E D	Assetmanagement is een van de organisatieprincipes waarop gestuurd wordt	Er bestaat een gezamenlijk frame over het uitvoeren van risicomangement. Gegevens worden met actoren gedeeld	Er is een samenwerking voor het uitvoeren van de taken	Alle actoren zijn betrokken bij het zoeken van de oplossingen, maar de beheerder neemt het besluit (coproduceren)	Gebruik van geïntegreerde contracten, waarbij de opdrachtnemer ook verantwoordelijk is voor financiën en onderhoud	De data die benodigd is voor bepaalde actoren, wordt met elkaar gedeeld	De processen en rollen liggen vast en worden nageleefd
S T A N D A A R D	Assetmanagement is een van de organisatiedoelstellingen	Gegevens van individueel risico -management wordt met betrokken actoren gedeeld	Er is een afstemming tussen de betrokken onderdelen van de organisatie over de uitvoering	Actoren hebben de mogelijkheid om punten aan te kaarten die kunnen bijdragen bij de oplossing. (adviseren)	Gebruik van geïntegreerde contracten waarbij de opdrachtnemer ook het beheer uitvoert.	Data is gestandaardiseerd en in een database vastgelegd	De nieuwe processen en rollen zijn vastgelegd, maar worden niet nageleefd
H E R H A A L B A A R	Kennis van assetmanagement is aanwezig en komt onder de aandacht vanuit management	Risico -management wordt individueel toegepast	De betrokken actoren richten zich op eigen taak, maar zoeken wel naar een koppeling	De beheerder neemt de besluiten en de betrokken actoren worden beschouwd als gesprekspartner(consulting)	Gebruik van geïntegreerde contracten waarbij de opdrachtnemer ook betrokken zijn bij het ontwerp	Data van verschillende actoren wordt vastgelegd via verschillende methodes	Er is een beeld van vernieuwde processen en rollen
A D H O	Er is een bewustzijn van assetmanagement maar geen aandacht voor implementatie	Risicoanalyse wordt individueel toegepast	Binnen de organisatie richt iedereen zich op de eigen taak	De betrokken actoren worden alleen geïnformeerd over de genomen besluiten van de beheerder. (informereren)	Contracten voor de uitvoer op basis van RAW-contracten. Opdrachtnemer voert alleen de taken uit.	Alle betrokken partijen verzamelen en beheren eigen benodigde data	Er wordt gewerkt aan de hand van de verantwoordelijkheden uit het verleden

c							
---	--	--	--	--	--	--	--

A.3 Interview vragen Maturity en Adoptie

Maturity

Er zijn 3 dimensies: asset kennis en informatie, strategie en planning en risicomanagement. Elk (sub)onderdeel wordt gescoord op schaal van 1-4, op basis van onderstaande beschrijving.

1	Initial/ entry	De organisatie heeft het belang van dit onderdeel niet onderkend, of heeft er geen actie op ondernomen
2	Basis/ marginaal	De organisatie heeft actie ondernomen, maar er is nog geen goed werkende, structurele procedure.
3	Competent/ bekwaam	Er is een goed werkende, systematische en structurele procedure (bijvoorbeeld ISO)
4	Excellent/ geoptimaliseerd	Er is een goed werkende procedure en daarnaast wordt systematisch aan verdere optimalisatie gewerkt (b.v. feedback processen)

1. Asset knowledge and information

Onder deze categorie valt alles dat te maken heeft met data, informatie en kennis over assets. In hoeverre wordt data structureel en deelbaar vastgelegd? Wordt de data omgezet naar informatie? Hoe wordt deze informatie gebruikt in de organisatie?

- Is er een inventaris van alle assets?
- Zijn er standaarden voor data collectie:
- Is data beschikbaar over huidige conditie
- Historische investerings en onderhoudskosten in beeld:
- Historische onderhoudsactiviteiten (kort, midden, lange-termijn) in beeld:
- Structureel vastleggen data in een toegankelijk asset-informatiesysteem:
- Voorspellingen technische / economische levensduur met modellen (o.b.v. KPI)

2. Strategy and planning

Deze categorie bevat alle onderdelen die te maken hebben met de lange-termijn management strategie en bijbehorende prestatiecriteria voor assets, wijze van besluitvorming en planning; en de tools die hiervoor ingezet worden. De inbedding van assetmanagement door de gehele organisatie (en supply chain) zijn hier onderdeel van.

- Onderhoudsstrategie vastgesteld (preventief <> correctief):
- Kostenberekening t.b.v. strategie (LCC): constructie, onderhoud, sloop),
- Vaststellen prestatieniveau's en KPI's (structureel, uniform):
- Inzet tools voor optimalisatie beheer (bijvoorbeeld; welke?) :
 - o MKBA: vertegenwoordiging maatschappelijk perspectief/ sociale kosten
 - o Network optimalisatie model
 - o Risico-analyse model
 - o ...

3. Risk management

Deze categorie gaat over het risicomanagement: in hoeverre zijn risico-gebaseerde methoden in het beheerproces geïntegreerd over de hele levenscyclus door de hele organisatie? Zijn er duidelijke criteria en uniforme analyse methoden? Goed risicomanagement is essentieel voor een effectieve inzet van middelen.

- Risicomanagement proces over de gehele levenscyclus (ontwerp tot verwijdering):
 - Rapportage van risicomanagement processen door de hele organisatie:
 - Zichtbaarheid van risicomanagement processen door alle niveaus van de organisatie (bijvoorbeeld door rapportage en communicatie):
 - Controle en effectiviteit van risicomanagement processen (projectoverstijgend):
 - Coördinatie van risicomanagement bij aannemer en impact op eigen organisatie:
-

Adoptie

Elk veranderingsproces binnen een organisatie of sector start een gevoel van urgentie - de noodzaak voor verandering van de huidige manier van denken en doen. Hier zijn mensen van binnen en buiten de organisatie nodig, en om de verandering tot stand te brengen is het belangrijk om de wensen en behoeften van alle betrokken actoren mee te nemen. Willen zij en wel een dergelijke verandering ondergaan of in gang zetten? En hebben ze de middelen beschikbaar om het daadwerkelijk te doen? Door dit in kaart te brengen begrijpen we beter wat er nodig is om de veranderingen die tot een hoger maturity niveau leiden tot stand te brengen.

Het gaat in de kern om drie zaken: **is de intentie er? Heb ik de capaciteit? Is het haalbaar binnen redelijke termijn?** Geef een score aan van *laag, gemiddeld of hoog*.

1. Wil om te veranderen

- Strategisch: in welke mate is er wil vanuit de politiek/ strategische laag (directie) om hieraan te werken?
- Strategisch/tactisch: mate van push tot verandering door hele organisatie heen (*actieve promotie door managers/ middenmanagement*)
- Operationeel: mate van triggers op de werkvloer tot hogere efficiëntie (*kosten, prestatie, risico: waarop wordt gestuurd? Angst voor baangarantie?*);

2. Capaciteit

- In welke mate is er op dit moment voldoende kennis en ervaring aanwezig om een optimalisatieslag te maken in AM?
- In welke mate is er op dit moment voldoende kennis en ervaring aanwezig de benodigde organisationele veranderingen door te voeren (kennis/ capaciteit verandermanagement)?
- In welke mate is er toereikend personeel voor de (verander)opgave ?
- In welke mate is er financiële capaciteit om AM te optimaliseren? Is er ruimte om een eventuele initiële investering te doen?
- In welke mate belet interne of externe regelgeving verbetering van AM (*bijvoorbeeld geen flexibiliteit in verdeling budgetten over afdelingen/ netwerken/ tijd heen, vergunning, etc.*)
- In welke mate worden stimulerende contractvormen uitgezet? (*bijv. prestatiegericht, over levensduur asset*)

3. Haalbaarheid

- In welke mate is de organisatiecultuur ingesteld op verandering in werkprocessen? (*verschillen strategisch/tactisch/operationeel; hiërarchisch/ bureaucratisch etc.*)

- In welke mate wordt kennis uitgewisseld en hoe snel kan dit worden opgebouwd in de organisatie?

A.4 Resultaat interview Gilbert Westdrop (vitale assets; sluizen, RWS) 07-02-2018

Maturity	1 tm 4
Asset kennis & information	Gemiddeld: 2
Inventaris	2
Standaarden data collectie	2
Data huidige conditie	2
Historische gegevens investeringen	2
Historische gegevens onderhoud	2
Data in asset-informatiesysteem	2
Voorspellingen levensduur met modellen	2
Strategie en planning	Gemiddeld: 3,25
Onderhoudsstrategie	3
Kostenberekening LCC	3
Prestatieniveaus/ KPI (structureel, uniform)	3
Inzet tools optimalisatie beheer	4
Risk management	Gemiddeld: 2
Risico levenscyclus	2
Rapportage	2
Zichtbaarheid	2
Controle en effectiviteit processen	2
Coördinatie bij aannemer	2
Adoptie	Laag – gemiddeld –hoog
Wil om te veranderen	
Wil vanuit politiek/ strategische laag (directie)	Hoog
Push door organisatie (tactisch; middenmanagement)	Laag
Triggers werkvloer hogere efficiëntie (operationeel)	Hoog
Capaciteit	
Kennis en ervaring (AM)	Hoog
Kennis en ervaring (verandermanagement)	Gemiddeld
Toereikend personeel	Laag
Financiële capaciteit	Hoog
Barrière interne/externe regelgeving	Hoog
Toereikende contractvormen/ management	Laag
Haalbaarheid	
Organisatiecultuur verandering werkprocessen	Laag
Kennisuitwisseling en kennisopbouw	Midden

A.5 Annex 5: WP4 report business estimate model Robamci

The model is structured into 3 modules:

- Module 1: Height
- Module 2: Condition
- Module 3: Bayesian Decision Tree

The model portrays the primary dikes (3500 km) in The Netherlands and the mechanisms for their maintenance. The regional dikes are not included in the model, since the mechanism for their overflow and breakthrough need more input for the structures that govern the behavior (i.e. the sea level matters less, than the river bed, policies such as heightening need to be compared or combined with widening of the river bed, as well as the drainage quantity (m3) should all be modelled explicitly, separately from the current structure)

In this Annex module 1 and 2 are described according the following three elements:

1. Numerical assumptions in the model (shown in this annex in pink colour)
2. Structural assumptions in the model (shown in this annex in yellow colour)
3. User inputs i.e. for simulations with the model (shown in this annex in blue colour)

The model is arrayed in 2 dimensions as following (category - rows, cohort - columns).

Category/Cohort	1 (1930-1950)	2 (1951-1960)	3 (1961-1970)	4 (1971-1980)	5 (1981-1990)	6 (1991-2000)
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Dikes are attributed to the risk category based on the assessed risk chance and allocated to a certain cohort based on the year it was constructed: with Cohort 1 being the oldest (and aggregating dikes built in 1930-1950's), cohort 6 being the youngest (and aggregating dikes built in 1991-2000's).

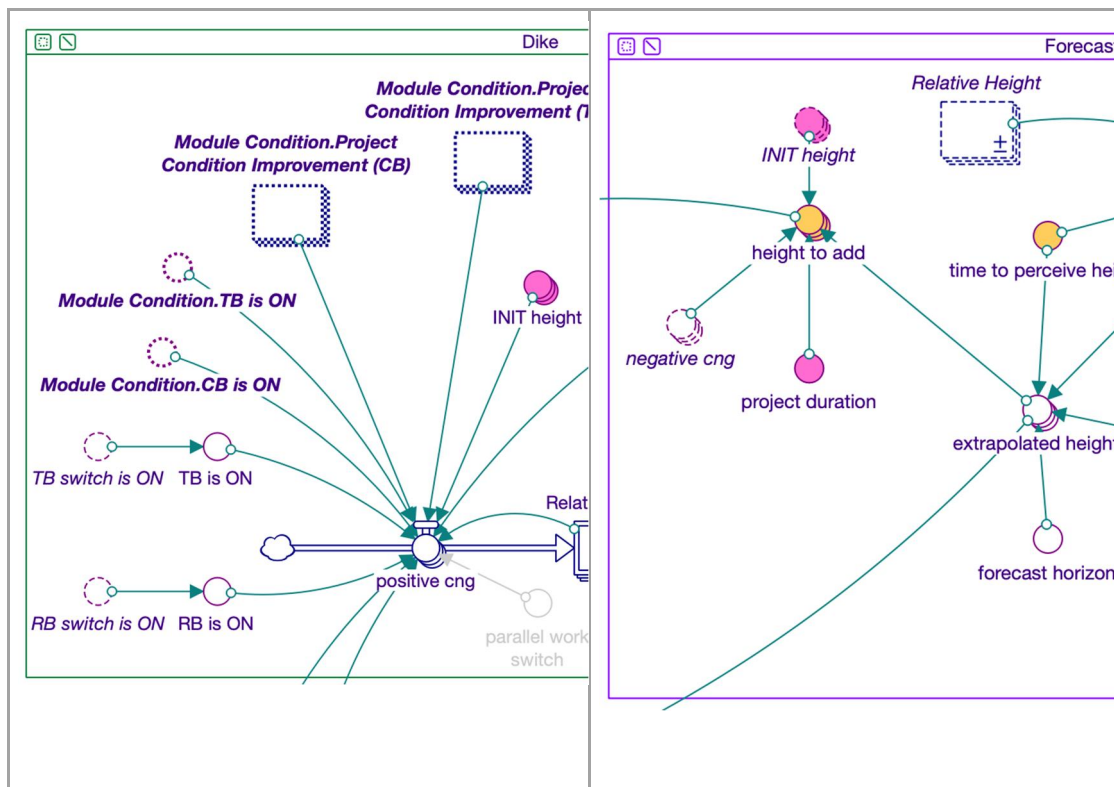
Category 1 is then assumed to have the highest risk chance (1:300), and category 6 the lowest risk chance (1:100000.)

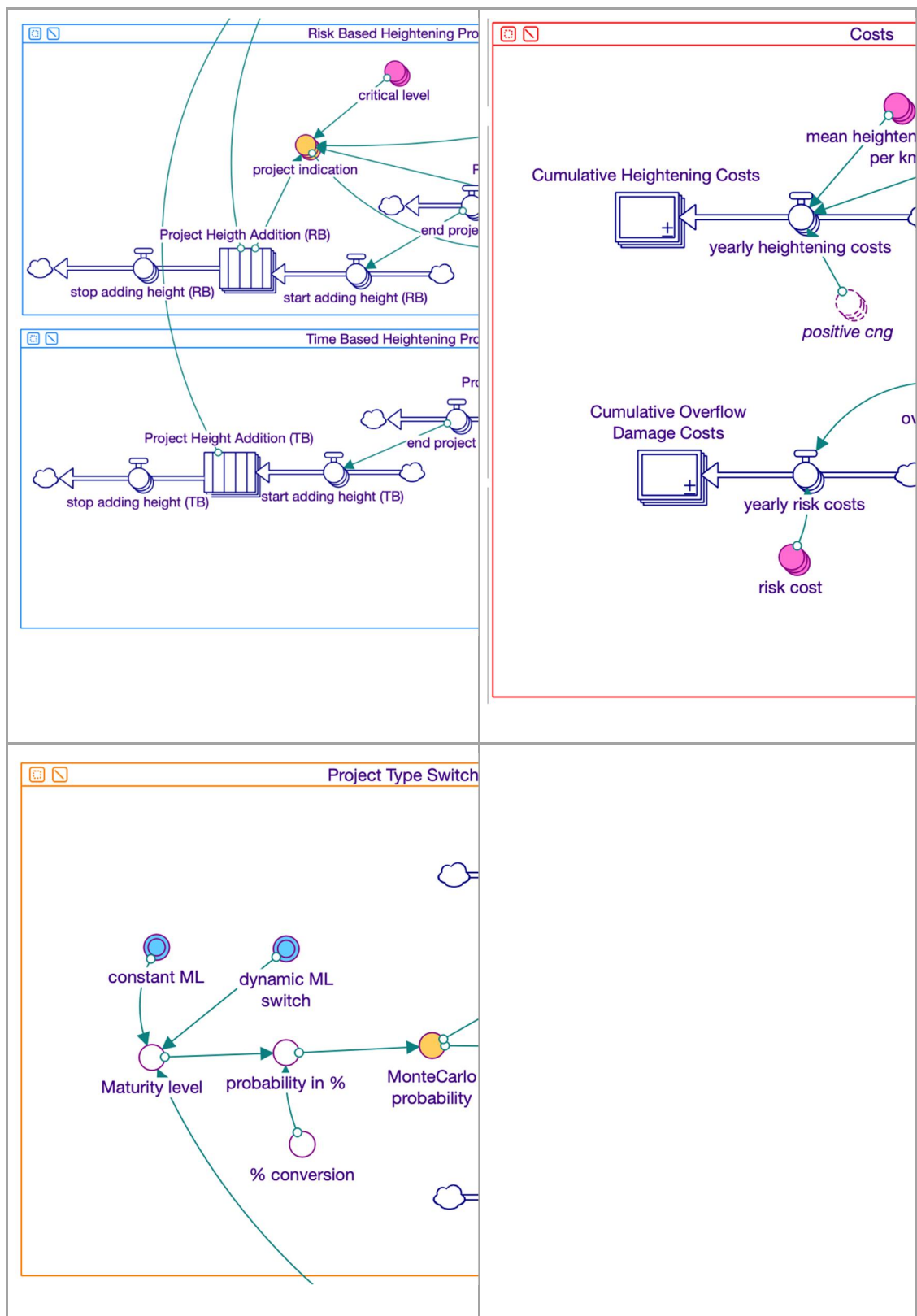
General remarks

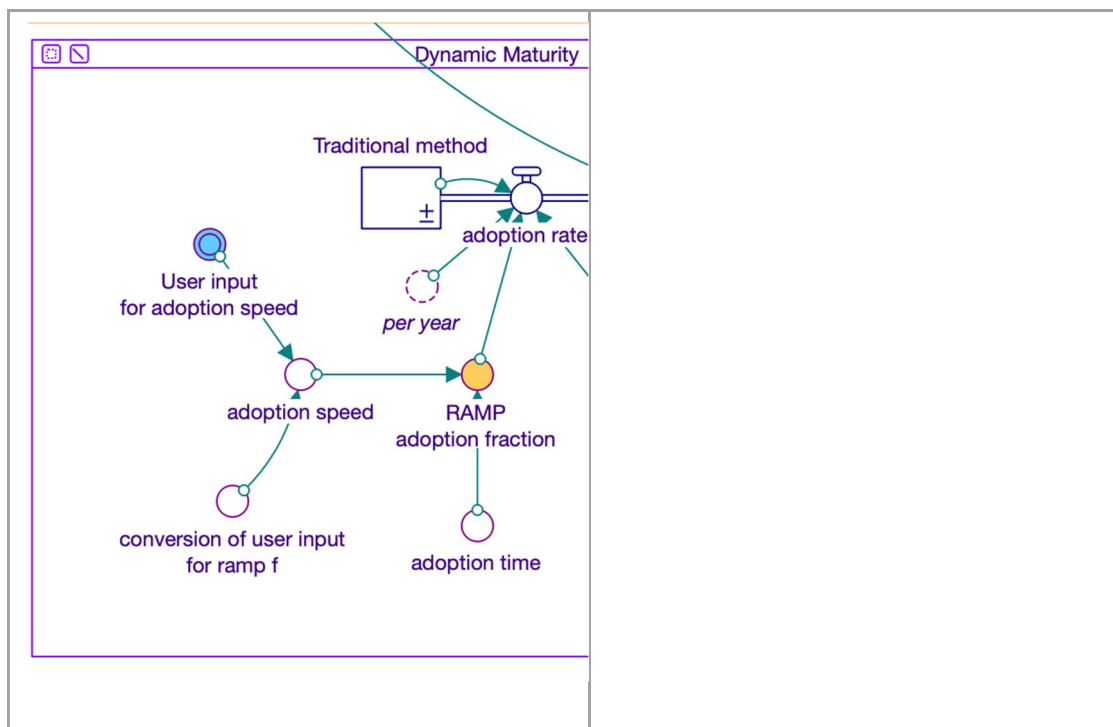
The model illustrates the impact of different strategies for maintenance and renewal of dikes as an example of infrastructural assets in general. It gives an indication of the order of magnitude of different scenario's, meaning that if the differences between scenario's are large enough it indicates a direction for decision making. For a more precise approach the following improvements are recommended:

- Structural assumptions are critical since they drive the behavior of the system, they should be addressed and validated with experts
- Numerical assumptions, especially those about initial values contribute a lot to the resulting figures, they should be assessed also
- Initial height is not the best proxy for the norm level, as some dikes start with the height below the critical level (which also needs to be validated) and thus are never heightened higher. If the norm level is removed as a controlling roof of how much height added, dikes' relative height will slightly grow over the time span of the simulation
- For the condition part the model is not really useable due to missing knowledge, more research is recommended
- The risk based part of the model indicates (order of magnitudes of the) differences between policies/strategies but can be improved by better case material/information

Module 1: Height







Numerical Assumptions

Initial Height



Category/Cohort	1	2	3	4	5	6
1	2.5	3	3.5	4	4.5	5
2	3.5	4	4.5	5	5.5	6
3	4.5	5	5.5	6	6.5	7
4	5.5	6	6.5	7	7.5	8
5	6.5	7	7.5	8	8.5	9
6	7.5	8	8.5	9	9.5	10

Category 6 has the biggest height, then with an increment of 1, it depreciates for each lower category. With this assumption the majority of the values are repetitive in various instances, that makes it be so that there is no difference in height between certain cohorts in certain categories. The only way they differ is in the risk chance that they are assigned. This will have implications in the calculated results for costs and the behavior of the dikes on the graphs.

Height Critical Level



The height critical level represents the level of height at which it's indicated that a project should take place, otherwise there will be a risk of overflow. It is assumed to be 70% of the highest relative height level for the category

Category/cohort	1	2	3	4	5	6
1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
3	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
4	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
5	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
6	7	7	7	7	7	7

This has implications as some dikes initial condition then appear to be below critical level.

Sea level rise & Time scale



Sea level increase is calculated as: 0.52 / 80 years

Potentially change sea level rise based on RCP scenarios

Reference: <http://www.klimaatsscenarios.nl>

Project duration



Also is input to Project Height Addition (TB, RB) transit time in the stocks.
Assumed to be 1 year



Calculated based on the Excel file (Deltares) for each category, by dividing the average risk costs (i.e. the damage costs) provided for each dike ring in the category over the average length of that ring section.

Category/Cohort	1	2	3	4	5	6
1	251	251	251	251	251	251
2	161	161	161	161	161	161
3	202	202	202	202	202	202
4	233	233	233	233	233	233
5	199	199	199	199	199	199
6	1004	1004	1004	1004	1004	1004

Mean heightening cost per km



Are assumed to be 5 M€/meter/km based on the estimation that the mean costs to add the first meter of height are 10M€ and 2M€ to add the second meter of height, and usually it doesn't go higher than that. Assumed is that there are fixed costs for condition improvement that are 5M€. Because heightening and condition improvement are combined in a project, then per meter added height costs on average 5M€.

Time based project start time & Project frequency



- Category 1: Starttime (2019) +1
- Category 2: Starttime (2019) +2
- Category 3: Starttime (2019) +3
- Category 4: Starttime (2019) +4
- Category 5: Starttime (2019) +5
- Category 6: Starttime (2019) +6

Project frequency is assumed to be 35 years

Structural Assumptions

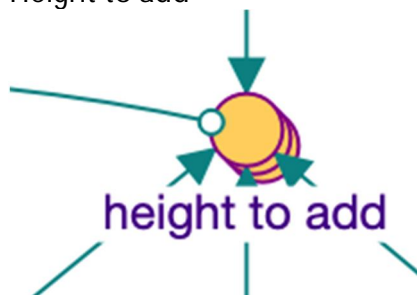
Forecast structure is adopted from J.Hines' molecules.

Time to perceive height



The time it takes for experts to measure height in order to construct an idea of the historical height development
Assumed to be 1 year

Height to add



The forecast provides an indication of how much height needs to be added. Compared to INIT height values as a proxy to bring the height back to initial levels. Once the indicated level is

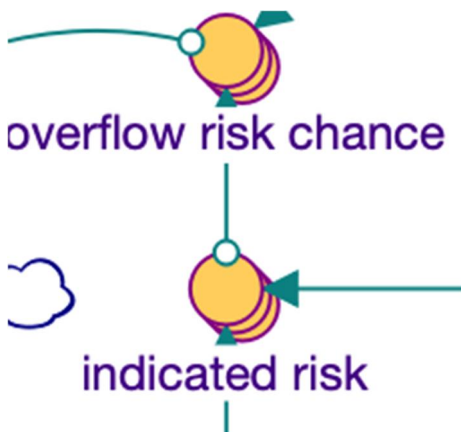
achieved with the project, the higher height addition is constrained by comparing the actual relative height to the initial value.

Project indication



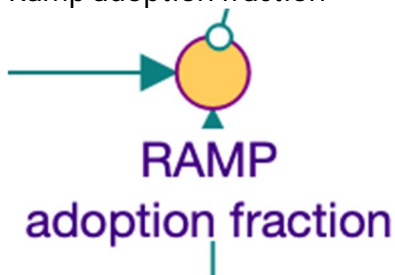
Project is indicated when the extrapolated height reaches the critical level, which triggers the preparation stage of the project and then actual project of adding height.

Indicate risk & Overflow chance



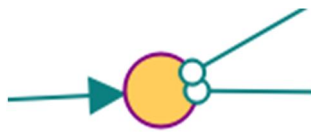
The model compares the critical level with the relative height. In instances when $\text{Relative Height/Critical level} < 1$ there is an overflow chance with a give probability for each category

Ramp adoption fraction



The model allows for dynamic level of technology maturity. For simpler user inputs the adoption structure was simplified to represent the adoption behavior with a single input variable that is fed into a RAMP function

MonteCarlo probability

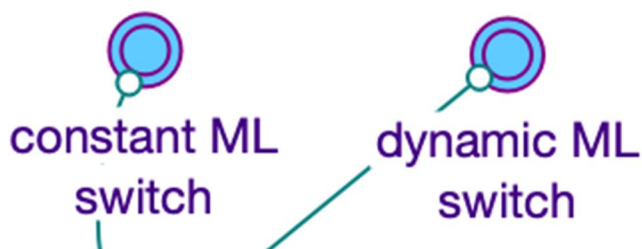


Monte Carlo probability

In the model it is assumed that the level of maturity corresponds to the proportion of instances with which certain method is then used (time based vs risk based)

User Inputs

Constant & Dynamic ML Switch (Maturity Level)



Maturity level (ML) L switches allow for the maturity level to be either constant or dynamic. With constant ML it's possible to test scenarios that are solely time based, or condition / risk based. As well as see the performance for certain values of maturity. Dynamic switch takes away the control over the maturity level making it dynamic over time. Take on values of 0 or 1 as they act as a switch

User input for adoption speed



This input allows the user to provide values in 10% for the RAMP function that will drive the adoption of the technology driving the maturity level. Is active when the dynamic ML switch is 1

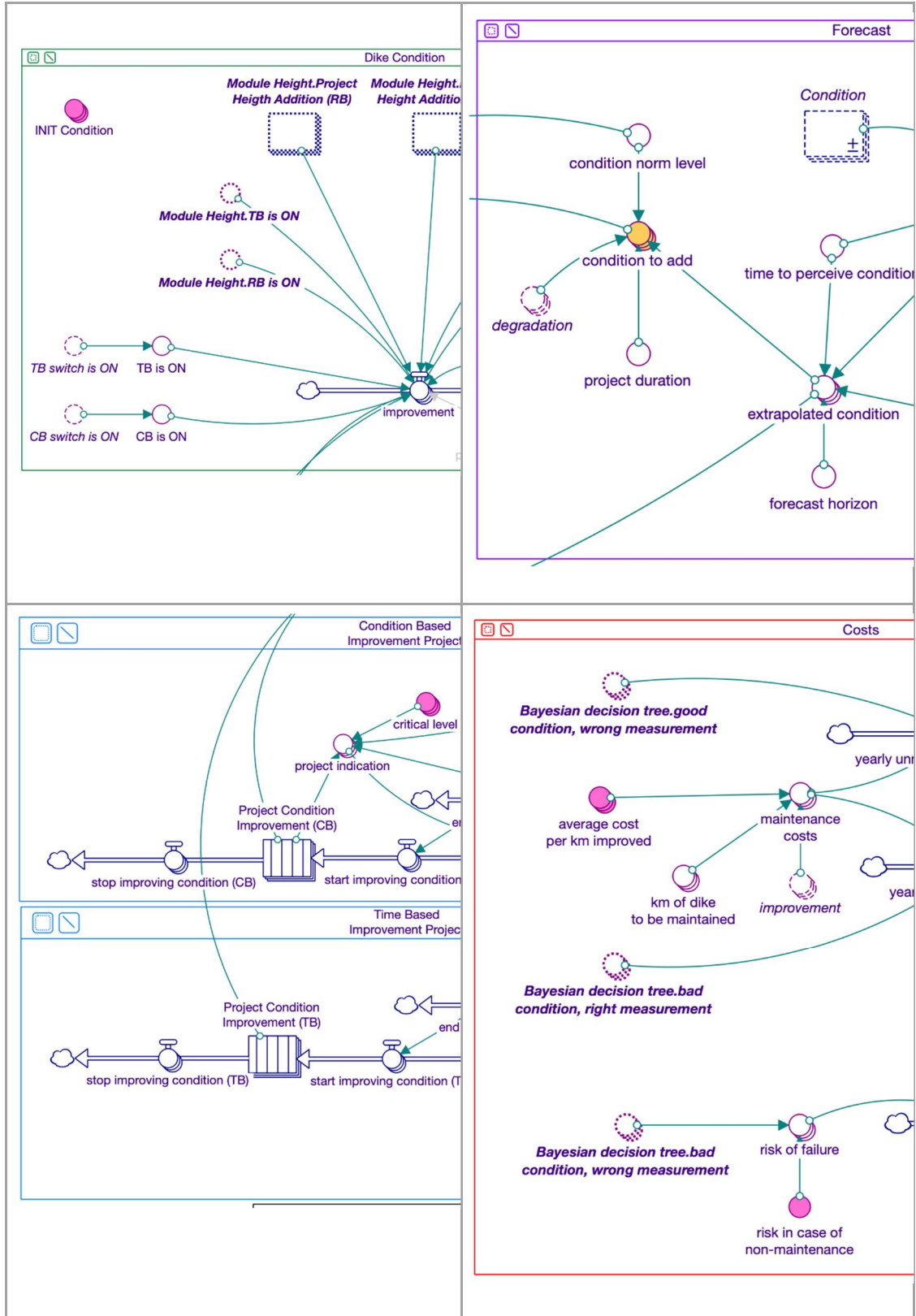
Parallel work switch

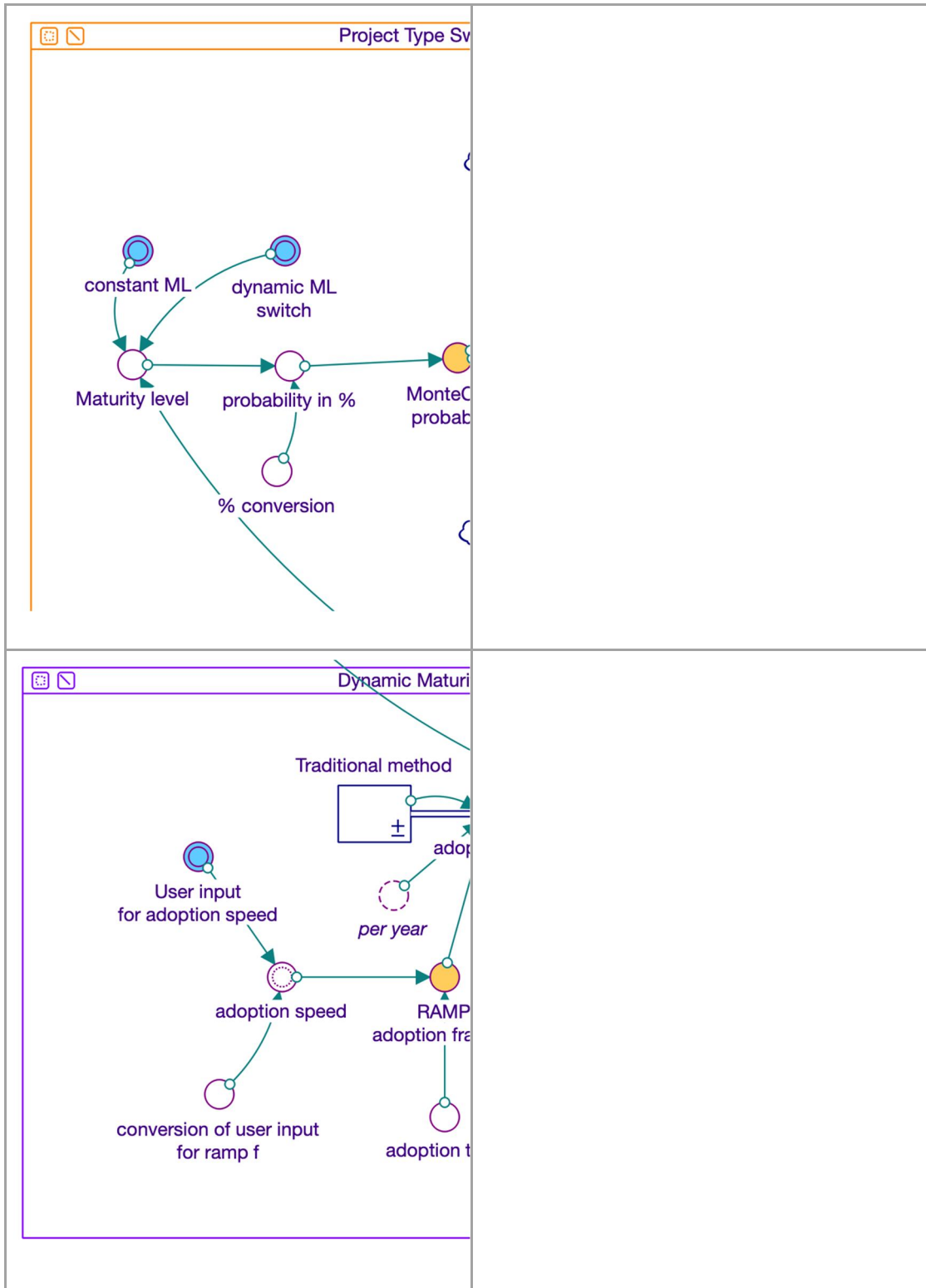


parallel work switch

Switch that enables parallel works to be possible: i.e. when heightening project is being done, also condition is improved and vice versa. Assumed to be a default setting and not available for user input, however still possible to be switched off in case interested in the behavior for when the parallel work would not take place.

Module 2: Condition





Numerical Assumptions

Initial Condition



INIT Condition

Category/Cohort	1	2	3	4	5	6
1	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
2	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
3	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
6	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1

The condition is assumed to be the same within the category, but is different for each cohort (assuming their initial year of construction as a proxy for initial condition indication). Cohort 6 as the newest is assumed to be with the maximum condition = 1, and then it diminishes with an increment 0.1 for the lower cohorts.

Condition Critical Level



The condition critical level represents a level of condition at which it's indicated that a project should take place, otherwise there will be a risk of breakthrough. Is assumed to be 0.5 - the lowest condition observed of all cohorts

Time based project start time & Project frequency



- Cohort 1: Starttime (2019) +1
- Cohort 2: Starttime (2019) +2
- Cohort 3: Starttime (2019) +3
- Cohort 4: Starttime (2019) +4
- Cohort 5: Starttime (2019) +5
- Cohort 6: Starttime (2019) +6

Project frequency assumed to be 35 years

Average cost per km improved



Assumed to be fixed and equal to 5M€/km. For more details see mean heightening cost per km

Risk of no maintenance

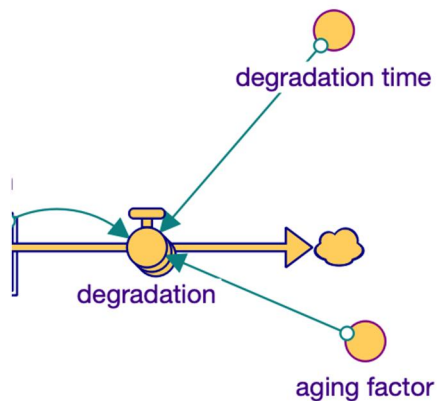


Assumed to be 10% (0.1)

Cost of failure in no maintenance
Equal to risk cost in height module

Structural Assumptions

Degradation structure



Adopted from existing models which contain condition structure. The structure is assumed to propose reversed S-shaped decline, if no maintenance is done. The structure needs further elaboration to include real life concepts (i.e. replacing aging factor)

Condition to add



Similar to height forecast structure, the forecast of the condition compared to the norm level (=1) indicated the needed condition that is to be added during the improvement project. When actual condition reaches the value of the norm, condition cannot be added any higher.

MonteCarlo probability
See as in Height Module

Ramp adoption fraction
See as in Height Module

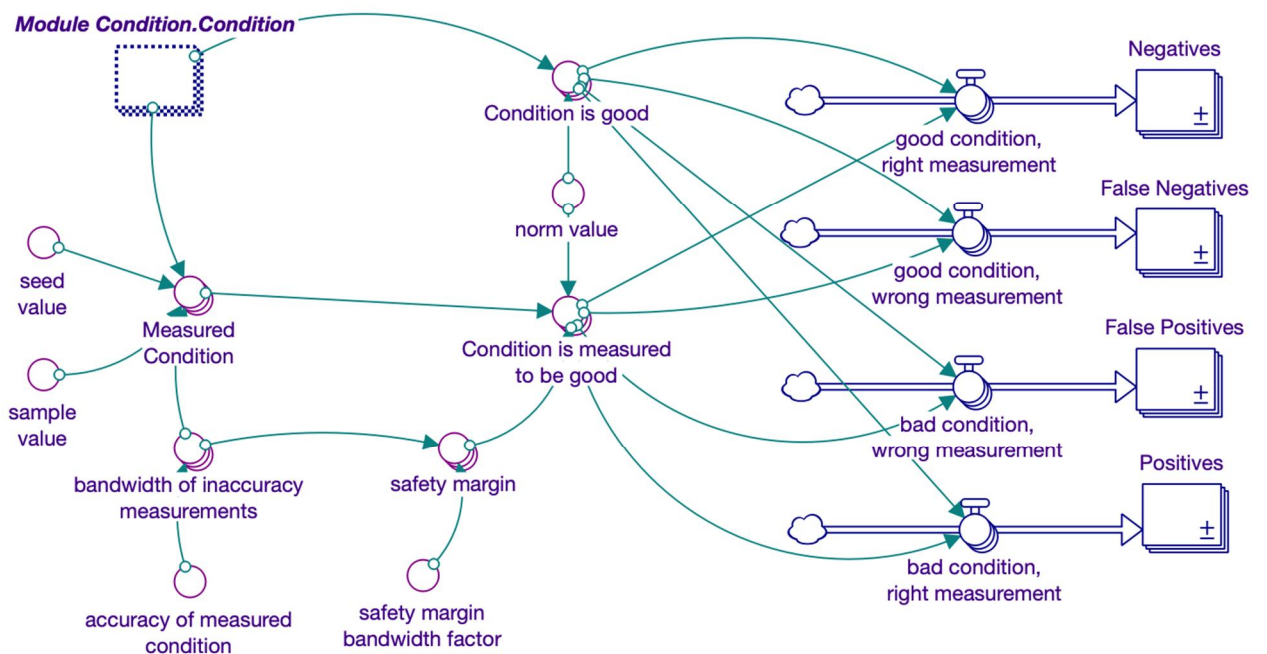
User Inputs

Constant & Dynamic ML Switch
See as in Height Module

User input for adoption speed
See as in Height Module

Parallel work switch
See as in Height Module

Module 3: Bayesian decision tree



Adapted System Dynamics module as used by Copernicos Groep for Bayesian Decision Making