

A network diagram with various sized light blue circles connected by thin white lines, set against a solid blue background. The circles vary in size, with some being significantly larger than others, and they are interconnected in a complex, non-linear fashion.

Bedrijfstakonderzoek  
BTO 2021.029 | Juni 2021

**Strategische  
besluitvorming IAM;  
wat kunnen serious  
games betekenen?**

**- Eindrapport -**

# Rapport

## Strategische besluitvorming IAM; wat kunnen serious games betekenen?

**BTO 2021.029 | Juni 2021**

Dit onderzoek is onderdeel van het collectieve Bedrijfstakonderzoek van KWR, de waterbedrijven en Vewin.

### Opdrachtnummer

402045.185

### Projectmanager

S.H.A (Stef) Koop

### Opdrachtgever

BTO - Thematisch onderzoek - Integraal assetmanagement

### Auteur(s)

MSc. H.J. (Henk-Jan) Van Alphen, Ir. R.H.S. (Ralph) Beuken, Dr. S.H.A (Stef) Koop en Ir. D. (Dimitrios) Bouziotas

### Kwaliteitsborger(s)

Prof. C.J. (Kees) van Leeuwen

### Verzonden naar

Dit rapport is niet openbaar.

### Keywords

Integraal Assetmanagement - Serious Game - Responsstrategieën - Risicomanagement - Waterinfrastructuur

Jaar van publicatie  
2021

### Meer informatie

Ir, Ralph Beuken  
T +31306069649  
E ralph.beuken@kwrwater.nl

PO Box 1072  
3430 BB Nieuwegein  
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511  
F +31 (0)30 60 61 165  
E info@kwrwater.nl  
I www.kwrwater.nl



Juni 2021 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

# Managementsamenvatting

*Wat kunnen serious games betekenen voor strategische besluitvorming over assets?*

**Auteurs: H.J. (Henk-Jan) Van Alphen, R.H.S. (Ralph) Beuken, S.H.A (Stef) Koop en D. (Dimitrios) Bouziotas .**

In het thema Integraal Assetmanagement is een opzet gemaakt voor een serious game die drinkwaterbedrijven kan ondersteunen bij complexe besluitvormingsprocessen over assets. Hierbij wordt een situatie nagebootst van een verouderend systeem in een veranderende maatschappelijke context. In een serious game kunnen beslissers onderzoeken hoe integrale beslissingen zich voordoen, wat de impact kan zijn van besluitvorming voor prestatie en risico's en hoe beslissingen bijdragen aan de strategische koers van het bedrijf. In nauw overleg met de bedrijven is nagegaan hoe een dergelijke game vorm te geven en is een spelvorm uitgewerkt tot een digitale demonstratieversie. Vervolgstappen zijn gedefinieerd om te komen tot toepassing bij bedrijven.

**Natuur**



**Doel**  
Gebruik >50% duurzame energie

**Termijn** 3 rondes

**Beloning** -2 score  
+100 budget

**Boete** 2 score

**Gemeenten**



**Doel**  
Geen onderhoud/vervangingen van het distributienet

**Termijn** 1 ronde

**Beloning** -1 score

**Boete** 3 score

Step 1: 2020-2025 INCUMBENT Step 2: 2025-2030 ASSET OWNER Step 3: 2030-2035 ASSET OWNER

ASSETS OPERATION AND RESULTING INTEGRITY

Let's Roll!

EXTRACTION ASSETS	PURIFICATION ASSETS	PIPELINES	DISTRIBUTION ASSETS

ASSET IDENTIFIERS	ASSET COST	ASSET STATUS
P2	50M	cost: 10.00M
T1	50M	cost: 10.00M
T2	50M	cost: 10.00M
D1	50M	cost: 10.00M
<b>Totals</b>	<b>50M</b>	<b>cost: 20.00M</b>

STAKEHOLDER	SCORE	CHANGE
PROVINCE	10	+
MUNICIPALITY	10	+
WATER_AUTHORITY	10	+
INDUSTRY	10	+
CITIZENS	10	+
AGRICULTURE	10	+
ARTISTS	10	+

ROUND WATER COVERAGE: 1/5 100% (70M/70M) 16% SHARE RENEWABLE SCORE: 312.5 10.0M BUDGET

ASSETS OWNER MITIGATE CONSEQUENCES DEPENDING ON BUDGET

ASSET INCIDENTS AFFECTS & MITIGATION

WATER DEMAND MET: 100% (70M/70M)

NEW BUDGET FOR NEXT ROUND: 50.0M

Stakeholderkaarten voor de eerste opzet als bordspel(links), later uitgewerkt in een demonstratieversie van een digitale game (rechts).

**Belang: Complexe besluitvorming vereist goede communicatie**

Een verouderend assetsysteem in een veranderende maatschappelijke context stelt hoge eisen aan besluitvormingsprocessen en de omgang met verantwoordelijkheden en onzekerheden. Hierbij is in een assetmanagementorganisatie een goede afstemming tussen strategisch en tactisch niveau van groot belang. De besluitvorming betreft immers grote investeringen met een lange levensduur. Binnen het thema Integraal Assetmanagement bleek uit een volwassenheidsmeting dat de communicatie tussen deze twee niveaus verbetering behoeft. Er is onderzocht of de inzet van een serious game de communicatie over assetbesluitvorming kan verbeteren.

**Aanpak: Van een probleemverkenning naar een demonstratieversie**

Naast de inzet van een serious game zijn er ook andere middelen voor ondersteuning van communicatie. In eerste instantie is gekeken of een serious game de meest logische keuze is voor een dergelijke ondersteuning. Hiervoor is een vergelijking gemaakt met simulatiemodellen, die echter een zeer grote inspanning vergen aan informatie en kennisontwikkeling. Nadat gebleken was dat serious games besluitvorming op relatief eenvoudige wijze kunnen ondersteunen, is een overzicht gemaakt van voorbeelden en beschikbare (technische) bouwblokken voor een te ontwikkelen serious game. Vervolgens is in nauw overleg met drinkwaterbedrijven de doelgroep nader verkend en de doelen en eisen voor de game vastgesteld. Een volgende stap betrof het uitwerken van een spelconcept en de vertaling hiervan in een digitale demonstratieversie.

**Resultaten: Een demonstratieversie van een serious game**

Serious games kunnen een goed en proportioneel hulpmiddel zijn om toepassing zijn om complexe besluitvorming over assetmanagement te ondersteunen. In dit project heeft een verkenning plaatsgevonden van elementen die op dit vlak spelen bij asset owners en assetmanagers. Dit is de basis geweest voor een spelconcept waarbij asset owners aangeven welke stakeholderbelangen worden meegenomen en wat de vertaling hiervan is in strategische doelen. Vervolgens moeten assetmanagers binnen die geformuleerde strategische ruimte een optimaal investerings- en onderhoudsprogramma opstellen. Daarna wordt de robuustheid van het systeem en de genomen beslissingen op eenvoudige wijze getoetst. Deze opzet is uitgewerkt in een demonstratieversie van een digitale serious game

**Toepassing: Verdere ontwikkeling en aan de slag bij bedrijven**

De demonstratieversie van de serious game zal verder ontwikkeld worden. De resultaten van fase 1 zijn beschreven in dit rapport. Er gaat een vervolgproject van start waarin twee fasen centraal staan. In fase 2 zal de game in nauw overleg met een projectgroep verder ontwikkeld worden. Het beoogd resultaat is een speelbare betaversie. In fase 3 gaan we het spel spelen bij de bedrijven. Hier staat naast de verdere verbetering, het leereffect bij de bedrijven centraal. Dit leereffect betreft:

- het bij elkaar brengen en vergroten van het begrip van asset owners en assetmanagers;
- het inzichtelijk maken van knelpunten en risico's bij assetbesluitvorming;
- het ondersteunen van integraal denken en het toetsen van specifieke beslissingen aan uniforme strategische criteria.

**Het Rapport**

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Strategische besluitvorming IAM; wat kunnen serious games betekenen?* (BTO-2021.029).

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>7</b>
1.1	Aanleiding	7
1.2	Doel	7
1.3	Aanpak en leeswijzer	8
<b>2</b>	<b>Assetbesluitvorming en ondersteunende tools</b>	<b>10</b>
2.1	Assetmanagement en besluitvorming	10
2.2	Tools die tactisch en strategische niveau verbinden	11
2.3	Beslissingsondersteunende tools op tactisch niveau	14
2.4	Tools voor multidisciplinaire afwegingen	17
2.5	De inzet van tools voor besluitvorming	18
2.6	Synthese met oog op functionele eisen	19
<b>3</b>	<b>Serious games en integraal assetmanagement</b>	<b>20</b>
3.1	Serious games, inleiding en kenmerken	20
3.2	Serious games en hun toepassing in de watersector	23
3.3	Serious games versus gedetailleerde simulatietools	26
3.4	Technologieën in bestaande Serious Games	27
3.5	Ervaringen met vergelijkbare simulatie modellen	29
3.6	Synthese	31
<b>4</b>	<b>Uitwerking technische basis serious games</b>	<b>33</b>
4.1	Technische aspecten van een serious game	33
4.2	Een generieke opzet voor digitale serious games	35
<b>5</b>	<b>Bepaling van eigenschappen besluitvormingstool</b>	<b>37</b>
5.1	Inleiding	37
5.2	Doelgroep	38
5.3	Aard en functionele eisen	39
5.4	Leerdoelen	39
<b>6</b>	<b>Sleutelonderdelen en spelontwerp</b>	<b>41</b>
6.1	Algemene beschrijving tool	41
6.2	Elementen van de tool	41
6.3	Verloop van de interactie	46
6.4	Bespreking met de projectgroep	47
<b>7</b>	<b>Schets van de ontwikkelings- en testfase</b>	<b>49</b>
7.1	Beschrijving van de demonstratieversie (alfaversie)	49
7.2	Bespreking game met projectgroep	51
7.3	Vervolgstappen	51
<b>8</b>	<b>Conclusie</b>	<b>52</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>53</b>

I	Technische basis voor serious games	58
II	Overzicht van strategische uitdagingen	65
III	Verslag evaluatie alfaversie in projectgroep	66
IV	BTO-projectplan vervolgfases 2 en 3	68

# Voorwoord

Dit rapport betreft het eindrapport van het BTO-project Strategische besluitvorming IAM; wat kunnen serious games betekenen? In januari 2021 is een tussenrapport verschenen met voorlopige resultaten. Dit rapport is uitgegeven met het nummer BTO 2021.203(s). Voorliggende versie bevat naast de inhoud van dit tussenrapport een beschrijving van het demonstratiemodel van de ontwikkelde serious game (de alfaversie) en de resultaten van een interne speelronde en een speelronde met de projectgroep. Tevens bevat dit rapport conclusies en aanbevelingen voor vervolgstappen.

## Lijst met afkortingen

AMVD	Analyse Microbiologische Veiligheid Drinkwater
FMECA	Failure Mode Effects and Criticality Analysis
GIS	Geografische Informatie Systemen
HAZOP	HAZard and OPerability
KEE	Knowledge Elicitation Engine
KPI's	Kritische Prestatie Indicatoren
OLM	Ondermaatse Leveringsminuten
RDBM	Relational Database Management
RCM	Reliability Centred maintenance
RPN	Risk Priority Number
SoC	Separation of Concerns
VBA	Visual Basic
VRA	Verstoringsrisicoanalyse

# 1 Introductie

## 1.1 Aanleiding

Het thematisch onderzoek Integraal Assetmanagement heeft zich tot doel gesteld kaders en wetenschappelijke oplossingen te ontwikkelen die drinkwaterbedrijven helpen de integrale besluitvorming over assets te verbeteren (Beuken en Hummelen 2018). Dit vindt plaats door het ontwikkelen van kennis op het gebied van integrale besluitvorming voor assetmanagement en door het bevorderen van kennisuitwisseling tussen de bedrijven die deelnemen aan het thema. In 2019 hebben zeven drinkwaterbedrijven deelgenomen aan een volwassenheidsmeting voor wat betreft de bedrijfsbrede implementatie van assetmanagement. De resultaten van deze volwassenheidsmeting zijn besproken in een workshop waarbij diverse verbeterpunten zijn benoemd (Beuken et al. 2019). Zo bleek dat een verbeterde wisselwerking tussen strategisch (bedrijfsleiding) en tactisch niveau (staf en middenmanagement) een belangrijk verbeterpunt. Deze wisselwerking is noodzakelijk om de bedrijfsdoelen te vertalen in besluitvorming over beheer en onderhoud en om richting te geven aan het vervangings- en vernieuwingsbeleid en daarmee om te komen tot een duurzaam beheer van de assets in een zich snel veranderende maatschappij. Deze intensieve wisselwerking is ook van belang voor de ontwikkeling van een integrale visie op assetmanagement, waarbij afwegingen kunnen worden gemaakt over assetgroepen van bron tot kraan en over de gehele levenscyclus. Als mogelijke vervolgvraagstukken noemen Beuken et al. (2019) het uitvoeren van een verkennende studie naar tools en methoden voor het ondersteunen van assetbesluitvorming. In dit kader is een ontwerpvoorstel voor een serious game ontwikkeld dat asset owners, managers en user confronteert met verschillende gesimuleerde assetuitdagingen en de gevolgen van hun (hypothetische) strategische keuzes op het assetsysteem inzichtelijk maakt.

Salen en Zimmerman (2004) definiëren een serious game als een spelomgeving waar inzicht in verschillende scenario's, risico's en gevolgen van besluiten kunnen worden verkregen d.m.v. herhaalde spelsimulaties. Deze spelomgeving kan het assetsysteem van drinkwatersystemen representeren, waarbij de invloed van de omgeving, lees stakeholders, kan worden opgenomen. Hierbij kunnen scenario's, risico's en besluitvormingsprocessen worden gesimuleerd en nader worden begrepen. Hierbij kan ook rekening worden gehouden met verschillende cultuuraspecten binnen een organisatie. Waar managers op strategisch niveau vaak kwalitatiever, abstracter en intuïtiever communiceren over een veranderende omgeving, communiceren assetmanagers op tactisch niveau meer in kwantitatieve termen over systeemgedrag. Een serious game kan een geschikt hulpmiddel zijn om de communicatie tussen deze niveaus te verbeteren. Het kan helpen om verschillende scenario's te beschrijven en te ondervinden wat hiervan de impact is op het systeem en hoe hierop slim te anticiperen. Hierbij is het cruciaal dat de impact van verschillende scenario's en beslissingen op het assetsysteem en de dienstverlening goed en op een passend abstractieniveau inzichtelijk wordt gemaakt.

## 1.2 Doel

Het doel van deze studie is om in nauwe afstemming met de drinkwaterbedrijven een plan van aanpak voor de verdere ontwikkeling van een serious game uit te werken die:

- 1 geschikt en betrouwbaar is voor wat betreft integrale besluitvorming over assets;
- 2 nuttig en toepasbaar is voor gebruikers door de impact van scenario's op het assetsysteem weer te geven;
- 3 de essentiële componenten beschrijft van geïntegreerde besluitvorming op het gebied van assetmanagement.

In dit rapport wordt een verkenning uitgevoerd van assetbesluitvorming, de beschikbare tools om deze te verbeteren en het specifieke toepassingsgebied van een serious game. Als resultaat wordt een plan van aanpak gepresenteerd voor een serious game voor integrale besluitvorming voor assetmanagement. Deze serious game moet



assetmanagers en asset owners ondersteunen bij strategische assetbeslissingen door de gevolgen van hiervan inzichtelijk te maken voor verschillende assetgroepen, namelijk de winning, behandeling en distributie van drinkwater.

### 1.3 Aanpak en leeswijzer

Dit onderzoek richt zich op de inzet van serious games voor de integrale besluitvorming voor assetmanagement, en in het bijzonder het beter inzichtelijk maken en bevorderen van de wisselwerking tussen het strategisch en tactisch niveau. Hierbij dient als eerste de vraag gesteld te worden of serious games hiervoor het meest geschikt zijn. Op deze vraag wordt in hoofdstuk 2 dieper ingegaan op assetbesluitvorming en worden de strategische en tactische niveaus nader besproken. Verder is een overzicht gegeven van bestaande methoden en tools voor beslissingsondersteuning. Hierbij wordt niet zozeer gestreefd naar volledigheid, maar wordt nagegaan welke lessen getrokken kunnen worden uit het gebruik van deze tools met oog op de wisselwerking tussen het strategisch en tactisch niveau. De inhoud van dit hoofdstuk is vooral tot stand gekomen door literatuuronderzoek.

In hoofdstuk 3 wordt verder ingegaan op serious games en de toepassing hiervan binnen assetmanagement. Serious games worden verder gedefinieerd en de belangrijkste kenmerken worden beschreven. Hiervoor is gebruik gemaakt van literatuurbronnen. Daarnaast zijn diverse toepassingen beschreven van serious games of vergelijkbare tools die KWR in de afgelopen jaren heeft ontwikkeld of toegepast. Hiermee wordt een zo volledig mogelijk beeld gegeven van verschillende mogelijkheden voor de ondersteuning van tactisch-strategische beslissingen over het integrale assetsysteem en wordt een basis gelegd onder het verder uitbouwen van een te ontwikkelen concept voor een serious game.

In hoofdstuk 4 worden technische uitgangspunten gegeven voor een te ontwikkelen (semi-)digitale serious game. Om gebruik te maken van bestaande technologie en de potentie van kennisuitwisseling d.m.v. open data is het zinvol om, bij de ontwikkeling van een digitale serious game, kennis te nemen van en voort te bouwen op eerdere serious game projecten en concepten. Hoofdstuk 4 gaat ook in op de technologische middelen (bouwstenen) die gehanteerd kunnen worden voor een te bouwen serious game. Deze technologische middelen zijn geïdentificeerd en gecategoriseerd in een overzicht, met als verder doel het selecteren van veelbelovende oplossingen die kunnen helpen bij het ontwerpen een serious game voor strategische assetbesluitvorming.

D.m.v. interviews met drinkwaterbedrijven en digitale werksessies met de projectgroep is geïnterviewd wat de doelgroep, aard, functionele eisen en leerdoelen van de integrale besluitvorming moeten zijn. De resultaten hiervan zijn uitgewerkt in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 beschrijven we een eerste ontwerp van de tool o.b.v. de inzichten uit de literatuurstudie en de interviews. Eerst wordt een algemene beschrijving van de tool gegeven, met daarna een specificatie van de verschillende elementen. Ten slotte geven we een kort verslag van de bespreking van dit ontwerp met de projectgroep. Dit zijn nog geen gedetailleerde spelregels. Hiervoor moet de tool eerst verder getest worden.

In hoofdstuk 7 wordt een beschrijving gegeven van de digitale demonstratieversie (de alfaversie) van de ontwikkelde serious game. Vervolgens worden de bespreking hiervan met de projectgroep en de geadviseerde vervolgstappen besproken. In hoofdstuk 8 zijn conclusies en vervolgstappen beschreven. Er wordt tevens verwezen naar het inmiddels door het CO goedgekeurde projectplan voor de vervolgfases 2 en 3, dat betrekking heeft op respectievelijk de verdere ontwikkeling van de game en het spelen bij bedrijven.

Dit rapport is een product van het BTO-thema Integraal Assetmanagement, er is echter ook een bijdrage geleverd door het BTO-thema Hydroinformatica. De bijdrage van dit thema is terug te vinden in Hoofdstuk 4 en in Bijlage I van dit rapport. Tevens bevat hoofdstuk 3 onderdelen die vanuit het thema Hydroinformatica zijn aangeleverd. Verder is vanuit de bijdrage van dit thema de digitale spelopzet gemaakt door Mehdi Khoury van de Universiteit van Exeter.

Het project is uitgevoerd en het bijbehorende rapportage is opgesteld in samenwerking met een projectgroep bestaande uit Bernard Enthoven (Waterbedrijf Groningen), Peter Drolenga (Vitens), Arne Bosch (Waternet) en Geert Linssen (WML). Voor het thema Hydroinformatica maakte Dirk van de Woerdt (WLN) deel uit van de projectgroep. Naast leden van de projectgroep zijn naast de themagroep integraal Assetmanagement ook nuttige bijdragen geleverd van Bart Jacobs en François van Ekkendonk (Vitens).

## 2 Assetbesluitvorming en ondersteunende tools

### 2.1 Assetmanagement en besluitvorming

Een verouderend assetsysteem in een veranderende context (een combinatie van bijvoorbeeld een veranderende watervraag, nieuwe vervuilsbronnen en klimaatverandering) vragen continu om kapitaalsintensieve maatregelen op het gebied van vervanging, uitbreiding, monitoring en/of beheer. Hierbij speelt de onzekerheid over enerzijds het (toekomstig) gedrag van assets en de specifieke uitwerking van maatschappelijke veranderingen een grote rol. Hierdoor ervaren drinkwaterbedrijven steeds meer het belang om risico's, prestaties en kosten te monitoren, te voorspellen en in een integrale afweging te beschouwen en daarbij ook rekening te houden met randvoorwaarden die worden gesteld door wetgeving (compliance) en omgeving (stakeholders en trends).

Het gedachtengoed van assetmanagement kan helpen om winning, zuivering en distributie van drinkwater integraal te beschouwen. Hiervoor is het belangrijk dat besluitvormings-, monitoring- en evaluatiesystemen eenduidig zijn vastgesteld binnen de organisatie en direct zijn verbonden aan de organisatiedoelen. Om assetmanagement daadwerkelijke toe te passen kan gebruik worden gemaakt van de ISO 55000. Hierin zijn de basisbeginselen van assetmanagement omschreven als:

- 1 **Waarde:** Assets bestaan om waarde op te leveren voor de organisatie en haar stakeholders
- 2 **Afstemming:** Een vertaling van de organisatiedoelstellingen in tactische, technische en financiële beslissingen, plannen en activiteiten
- 3 **Leiderschap:** Gebaseerd op een herkenbare leiderschap en cultuur, inclusief herkenbare rollen, verantwoordelijkheden, competentieontwikkeling en raadpleging
- 4 **Waarborging:** Het waarborgen dat assets aan hun vereiste doel voldoen en zo worden ingericht dat processen om risico's, prestaties en kosten met betrouwbare marges kunnen worden ingeschat

Koop et al. (2020) signaleren binnen de drinkwaterbedrijven een organisatorische onderverdeling tussen asset owner, assetmanager en operators (of asset users), hoewel die niet in alle gevallen expliciet is gemaakt. Deze termen zijn te relateren aan het strategische niveau, het tactische niveau en het operationeel niveau (zie ook Tabel 1).

*Tabel 1 Onderverdeling tussen asset owner, assetmanager en operators (of asset users), bron: Koop et al. (2020).*

Rol	Niveau	Typische verantwoordelijkheid
Asset owner	Strategisch	Opstellen van een systeemvisie, verantwoorden naar stakeholders, leiden van de organisatie en beschikbaar stellen van middelen
Assetmanager	Tactisch	Vertalen van strategie naar planvorming en terugvertalen van resultaten naar het strategisch niveau
Operator	Operationeel	Uitvoeren van geselecteerde activiteiten

Om effectief om te gaan met assetuitdagingen is betere integrale besluitvorming nodig. Hierbij zijn twee hoofdrichtingen te onderscheiden. De eerste betreft verbetering op het gebied van databeschikbaarheid en databetrouwbaarheid in de modelontwikkeling. De tweede betreft de inrichting van geïntegreerde assetbesluitvorming op diverse niveaus in de organisatie en het faciliteren van de communicatie over geïntegreerde besluitvorming tussen het strategische en tactische niveau. Kennis over de bandbreedte van prestaties, risico's en kosten van verschillende beheers- en investeringsbeslissingen is vaak op tactisch niveau beschikbaar maar het zijn

vooral strategische managers die deze kennis en begrip nodig hebben om verantwoorde beslissingen te nemen. Dit is alles behalve eenvoudig omdat op strategisch niveau verschillende assetgroepen samenkomen voor een dergelijk strategisch besluit. Op strategisch niveau worden vaak meer kwalitatieve methoden gebruikt om te komen tot een goede afweging. Daarnaast zijn op strategisch niveau vaak meerdere invalshoeken van belang, zoals de afstemming met aandeelhouders, financiële randvoorwaarden en de risico's op systeemniveau. Kortom, een belangrijke uitdaging voor assetmanagement is het verbinden van de kennis op strategisch en tactisch niveau.

## 2.2 Tools die tactisch en strategische niveau verbinden

### 2.2.1 Wettelijk verplichte tools voor risicoanalyse en prestatiemeting

In de Drinkwaterwet en het Drinkwaterbesluit zijn een aantal technisch inhoudelijke bepalingen opgenomen. Deze bepalingen vertalen zich naar onderwerpen die zich bevinden op de verbinding tussen strategisch en tactisch niveau. Immers op strategisch niveau vindt hierover verantwoording plaats, op tactisch niveau wordt aangegeven hoe aan deze eisen wordt voldaan. In het Drinkwaterbesluit zijn eisen opgenomen waarin drinkwaterbedrijven moeten voldoen. Relevante eisen voor dit onderzoek zijn waterkwaliteitseisen (hoofdstuk 3), leveringszekerheid en continuïteit (hoofdstuk 5) en doelmatigheid (hoofdstuk 6).

Met het oog op eisen voor leveringszekerheid en continuïteit geeft het Drinkwaterbesluit aan dat drinkwaterbedrijven verplicht zijn om een Verstoringsrisicoanalyse (VRA) en een Leveringsplan op te stellen. In het Leveringsplan geeft het drinkwaterbedrijf aan hoe aan de geldende verplichtingen t.a.v. de leveringszekerheid, de dekking van de toekomstige behoefte aan drinkwater en de levering van nooddrinkwater en noodwater, wordt voldaan. In een VRA worden de mogelijke gevaren of dreigingen geïdentificeerd en scenario's uitgewerkt om de gevolgen voor de drinkwatervoorziening zo goed mogelijk in te schatten. Zo wordt er bijvoorbeeld gekeken naar een overstroming door een doorbraak van een primaire waterkering, extreme droogte en hitte, brand in een zuiveringsstation of uitval van voorzieningen (bijv. olie, gas, elektriciteit, ICT/Telecom). De gevolgen van deze scenario's worden bepaald a.d.h.v. het voldoen aan de wettelijke waterkwaliteitseisen, leveringszekerheid, omvang, tijdsduur en aanvullende criteria die bepaald worden door de bedrijfswaarden van individuele drinkwaterbedrijven (Van Eijk et al. 2015). Op ieder van deze aspecten wordt een gestandaardiseerde risicoschatting gemaakt o.b.v. de nationale risicobeoordelingsmethodiek variërende van beperkt, aanzienlijk, ernstig, zeer ernstig tot catastrofaal (MVJ 2009). Ook de waarschijnlijkheid wordt ingeschat op een schaal van zeer onwaarschijnlijk (<0,01%), onwaarschijnlijk (0,01%-0,1%), mogelijk (0,1%-1%), waarschijnlijk (1%-10%) tot zeer waarschijnlijk (>10%). De verstoringsanalyse leidt dus tot een verstoringsrisico-matrix die opgenomen wordt in het Leveringsplan (Van Eijk et al. 2015). O.b.v. de combinatie van waarschijnlijkheid en de gevolgen van deze scenario's wordt bepaald of aanvullende maatregelen moeten worden getroffen. Het opstellen van de VRA is bij uitstek een voorbeeld van de wisselwerking tussen tactisch assetmanagement en strategische besluitvorming.

De Analyse Microbiologische Veiligheid Drinkwater (AMVD) is wettelijk verplicht om de microbiologische veiligheid van het drinkwater te waarborgen (Smeets 2017). Allereerst wordt in stap 1 een beschrijving gegeven van het hele systeem van bron tot aan de tap. Ook worden een set van index micro-organismen gekozen waarvan de risico's in kaart worden gebracht. In de tweede stap, wordt de microbiologische blootstelling beoordeeld a.d.h.v. de concentratie van de index pathogenen in de waterbron en in hoeverre deze verwijderd wordt in de zuiveringstappen (en mogelijke opnieuw besmet wordt in de opslag en distributie). O.b.v. een aanname van de hoeveelheid water voor menselijke consumptie kan berekend worden wat de dosis aan index pathogenen een persoon per dag binnenkrijgt. In stap 3, de effectbeoordeling, wordt a.d.h.v. de dosis-response relatie een gezondheidseffect bepaald (i.e., kans op infectie). Tot slot, worden bij de risicokarakterisering (stap 4), de risico's van de verschillende index pathogenen bepaald. Hierbij speelt de onzekerheidsmarge van deze risico's ook een belangrijke rol. Met behulp van een grote hoeveelheid computersimulaties, die o.b.v. verschillende startcondities een verdelingsfunctie geven van de

uitkomsten, kunnen de risico's en onzekerheidsmarges in kaart worden gebracht. AMVD resultaten en onzekerheidsmarges vormen een belangrijk uitgangspunt voor strategische planning van het assetsysteem.

### 2.2.2 Kritieke Prestatie Indicatoren

Kritische Prestatie Indicatoren (KPI's) zijn belangrijk om te monitoren wat de effecten van besluitvorming zijn op aspecten als waterkwaliteit, klanttevredenheid, duurzaamheid en kosten. Op deze manier kan een meer proactief beleid worden gevoerd. Met de KPI's kan ook genuanceerder worden beschouwd welke locaties of afdelingen meer aandacht verdienen. Bij voorkeur is een KPI kwantitatief zoals € / km leiding / jaar t.o.v. een streefwaarde. In sommige gevallen zoals bij klanttevredenheid is een kwalitatieve KPI van toepassing. De KPI's sluiten nauw aan op bedrijfsdoelstellingen. KPI's zijn in feite het sluitstuk van de volgende strategische stappen (Beuken 2015; Alegre et al. 2006):

1. **Doel:** Welke resultaten willen we bereiken?
2. **Strategie:** Welke strategie is daarvoor nodig?
3. **Succesfactoren:** Welke stappen zorgen ervoor dat het doel gehaald wordt?
4. **KPIs:** Welke KPI's zijn nodig om het effect van de strategie te meten?

Sinds 2006 hanteren drinkwaterbedrijven de KPI Ondermaatse Leveringsminuten (OLM) als maat voor de tijdsduur dat klanten geen water geleverd krijgen dat voldoet aan de gestelde normen. Dit is natuurlijk zinvol om uit te splitsen in gepland versus ongepland en ook te splitsen in type oorzaak van de ongeplande OLM (Blokker en Geudens 2005):

$$\frac{\sum_{t=1}^n T_i \times T_k}{\sum K}$$

i: ondermaatse levering "i"

n: het totaal aantal ondermaatse leveringen in een jaar

T<sub>i</sub> : de tijdsduur van de ondermaatse levering "i"

TK : aantal getroffen verbruiksadressen tijdens ondermaatse levering "i"

ΣK: totaal aantal verbruiksadressen

Naast de OLM is er een standaard benchmark van de drinkwaterbedrijven uitgevoerd door VEWIN die zich richt op algemene KPI's op het gebied van waterkwaliteit, dienstverlening, milieu en financiën & efficiëntie (bijv. VEWIN 2012). Voorbeelden van KPI's die drinkwaterbedrijven hanteren voor de assetgroep distributie zijn (Beuken 2015):

- Aantal spontane storingen in leidingen en verbindingen van transport- en distributienet (aantal/1000 km/jaar)
- Aantal klachten over waterkwaliteit waarbij de oorzaak niet gelegen is in gepland werk (aantal /1000 km/jaar)
- Niet in rekening gebracht water (%)
- Ratio storingsfrequentie/inspectiefrequentie voor kwaliteit onderhoudsprogramma (storingen/km/inspectie)

KPI's kunnen gebruikt worden om het gedrag van het bestaande systeem weer te geven. Ze hebben echter beperkingen t.a.v. het faciliteren van de discussie tussen strategisch en tactisch niveau. Ten eerste zijn ze minder geschikt om toekomstig gedrag te beschrijven. Daarnaast zijn ze alleen toepasbaar voor objectief meetbare eenheden. De noodzakelijke kwalitatieve beoordelingen en vooral meer complexe (integrale) beoordelingen zijn niet goed mogelijk met enkel KPI's.

### 2.2.3 Risicomatrix.

De risicomatrix is in haar eenvoud een heel sterk communicatief middel. De onderliggende aanname is algemeen aanvaard:

$$\text{Risiko} = \text{kans} \times \text{effect}$$

De risicomatrix (zie Tabel 2) ondersteunt de besluitvorming bij het vinden van een passende handeling voor verschillende niveaus van kans en effect van een gebeurtenis. Voor kritische of catastrofale risico's die waarschijnlijker zijn, zijn preventieve maatregelen en noodmaatregelen raadzaam (primair gericht op het verminderen van het effect/gevolg). Voorbeelden van noodmaatregelen zijn een rampenbestrijdingsplan of het installeren van noodaggregaten. Preventieve maatregelen zijn bijvoorbeeld het creëren van overcapaciteit (n+1) of het tijdig kunnen monitoren van vervuiling en het vervolgens kunnen afsluiten van vervuilde leidingen. Gebeurtenissen met een hoge kans en relatief groot effect moeten zoveel mogelijk voorkomen worden (door de kans van optreden te verlagen) en risico's met een kleine kans kunnen geaccepteerd worden.

Tabel 2 Concept van een risicomatrix en mogelijke handelingsperspectieven. Rood staat voor onacceptabel waarbij maatregelen nodig zijn om het risico te verminderen. Geel staat voor middelgroot risico waarbij extra onderzoek overwogen kan worden. Groen staat voor acceptabel risico waarbij geen aanvullende actie nodig zijn (Wols et al. 2017).

Kans / effect	1 Erg onwaarschijnlijk	2 Gering	3 Af en toe	4 Waarschijnlijk	5 Veelvuldig
4 Catastrofaal	Overdragen	Verminder de gevolgen			
3 Kritisch				Verlaag de waarschijnlijkheid	
2 Groot	Accepteer risico				
1 Catastrofaal					

De risicomatrix is een krachtig hulpmiddel voor interne en externe communicatie. Met het oog op het uitvoeren van een integrale assetanalyse en het verbeteren van de verbinding tussen strategisch en tactisch niveau zijn er echter ook tekortkomingen.

- 1 Onacceptabele risico's zijn zeer zeldzaam, moeilijk te benoemen en vaak al gemitigeerd. Een voorbeeld van een moeilijk te benoemen risico is het effect van het Coronavirus. Acceptabele risico's worden vaak niet of beperkt beschouwd en 'operationeel opgelost' en belanden daarom vaak niet in een risicomatrix. Ook wordt vaak beperkt rekening gehouden met de duur en de frequentie waardoor gebeurtenissen met een klein risico en minimaal effect maar die wel langdurig zijn worden onderschat. In de praktijk blijkt vaak dat verreweg de meeste risico's worden gedefinieerd als 'middelgroot' en zij krijgen daarom vaak (soms onterecht) evenveel aandacht.
- 2 De risicomatrix kan door de indeling in categorieën een verkeerd beeld geven. Vaak zijn kansen en effecten berekend volgens een lineaire schaal en worden zij aan categorieën toegewezen. Een kans op falen van 0,98 of een kans op falen van 1,02 kan leiden tot grote verschillen als de grens van categorieën op 1,0 ligt. Dit kan ook optreden bij de effecten van falen en in combinatie kan dit leiden tot aanzienlijk grote vertekeningen.
- 3 De maatregelen die voortkomen uit de risicomatrix (zie Tabel 2) houden geen rekening met de kosten en beschikbare mogelijkheden. De vraag of een risico verlaagd kan worden hangt naast het acceptabele risiconiveau ook af van de beschikbare opties. De risicomatrix houdt hier geen rekening mee. Sommige drinkwaterbedrijven maken gebruik van de zogenaamde risicoreductiemethode waarmee het effect van risicoreductie wordt gekoppeld aan kosten. De daadwerkelijke risicoreductie van deze maatregelen is echter lastig in te schatten en wordt in de praktijk ingevuld met algemene vuistregels.
- 4 In een risicomatrix wordt beperkt rekening gehouden met een combinatie van risico's. In de praktijk blijkt dat dit grote gevolgen kan hebben door het ontstaan van een keten aan ongewenste gebeurtenissen die meestal moeilijk voorspelbaar is. De kans hierop wordt in de regel groter bij complexe systemen met veel onderlinge relaties.

- 5 Hoewel risicomatrixen veelvuldig worden toegepast is er eigenlijk niet tot nauwelijks sprake van een gestandaardiseerde methode om te komen tot een risicomatrix (Wijnia 2012). Kwalitatieve effectcategorieën kunnen eenvoudig verdeeld worden (bijvoorbeeld 1-10 klanten, 10-100 klanten et cetera). Voor kwalitatieve categorieën is het veel lastiger te bepalen wanneer iets 10 keer groter is. Daarnaast blijken er in een organisatie vaak ook meerdere risicomatrices gehanteerd te worden en is niet altijd duidelijk hoe deze verschillende matrices zich tot elkaar verhouden (Wijnia 2012).
- 6 Het is niet in alle gevallen goed mogelijk om strategische doelstellingen in een risicomatrix te vertalen. Dit geldt vooral voor meer kwalitatief gerichte doelstellingen gericht op duurzaamheid of maatschappelijke waarden.

Ondanks bovenstaande tekortkomingen is de risicomatrix het belangrijkste instrument om discussies te faciliteren tussen strategisch en tactisch niveau.

## 2.3 Beslissingsondersteunende tools op tactisch niveau

### 2.3.1 Inleiding

Tot op heden zijn er verschillende beslissingsondersteunende tools ontwikkeld voor de assetbeheer van prestaties risico's en kosten van drinkwatersystemen (zie bijv. Agudelo-Vera et al. 2016; Beuken en Mesman 2015; Wols et al. 2017). Opvallend hierbij is dat deze studies zich vooral richten op het tactische niveau van assetbeslissingen. Ook richten deze tools zich vooral op de vervangingsvraag van het leidingnet. Voor de winning en zuivering zijn dergelijke tools beperkter beschikbaar omdat deze assetgroepen bestaan uit meer complexe en ongelijksoortige onderdelen. Om die reden vindt besluitvorming over deze assetgroepen meer plaats o.b.v. expertise met vooral aandacht voor de gerealiseerde prestaties en risico's (bijv. Wols et al. 2017). De assetgroepen winning en zuivering kennen echter wel een aantal beslissingsondersteunende tools gericht op het beheersen van risico's. Om een goed beeld te krijgen van de huidige veel gebruikte beslissingsondersteunende tools binnen assetmanagement en wat zij kunnen betekenen voor tactisch-strategische besluitvorming, bespreken we in de volgende subparagrafen verschillende veelgebruikte tools.

### 2.3.2 Tools voor winning- en zuiveringsassets

Naast de (eerder genoemde) wettelijk verplichte VRA en AMVD methoden, maken drinkwaterbedrijven ook gebruik van risicoanalysemethoden als HAZard and OPerability (HAZOP), Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA), Reliability Centred maintenance (RCM) en de Bow-Tie methoden (Wols et al. 2017; Agudelo-Vera et al. 2016). Deze methoden hebben vooral als doel om onderhoudsactiviteiten voor de winning en de zuivering te prioriteren en om na te gaan of voldaan kan worden aan de gestelde beschikbaarheidseisen en daarmee om de invulling vanuit het tactische niveau van assetmanagement. Ieder van deze methoden wordt kort geïntroduceerd.

De HAZOP-analyse brengt de risico's van operationele problemen in de drinkwaterzuivering in kaart. Met een multidisciplinair team worden verschillende 'nodes' gedefinieerd. Deze nodes zijn systemen die kunnen variëren van individuele pompen tot volledige zuiveringsinstallaties. Vervolgens worden deze nodes enerzijds beschreven met procesparameters zoals temperatuur, debiet of druk en anderzijds beschreven met gidswoorden zoals minder, meer, geen, omgekeerd, deel van, et cetera. Voor elke combinatie van gidswoorden en procesparameters wordt vervolgens de oorzaak, gevolg en voorzorgmaatregelen in kaart gebracht. De methode is vooral nuttig om ongewenste gebeurtenissen in kaart te brengen die soms moeilijk te kwantificeren zijn of bij het gebruik van andere methoden over het hoofd worden gezien (Wols et al. 2017). Nadelen zijn vooral dat het uitvoeren van de methode veel tijd kost en risico's niet gekwantificeerd of geprioriteerd wordt. Ook worden faalmechanismen met een gezamenlijke oorzaak niet als zodanig herkend.

Waar de HAZOP methode zich richt op de afwijkingen van het origineel ontwerp en functionaliteit, richt de FMECA methode zich primair op faalmechanismen. Daarbij worden de oorzaken, effecten en voorzorgsmaatregelen van mogelijke faalmechanismen gedefinieerd. De mogelijke faalmechanismen worden geprioriteerd m.b.v. een Risk Priority Number (RPN):

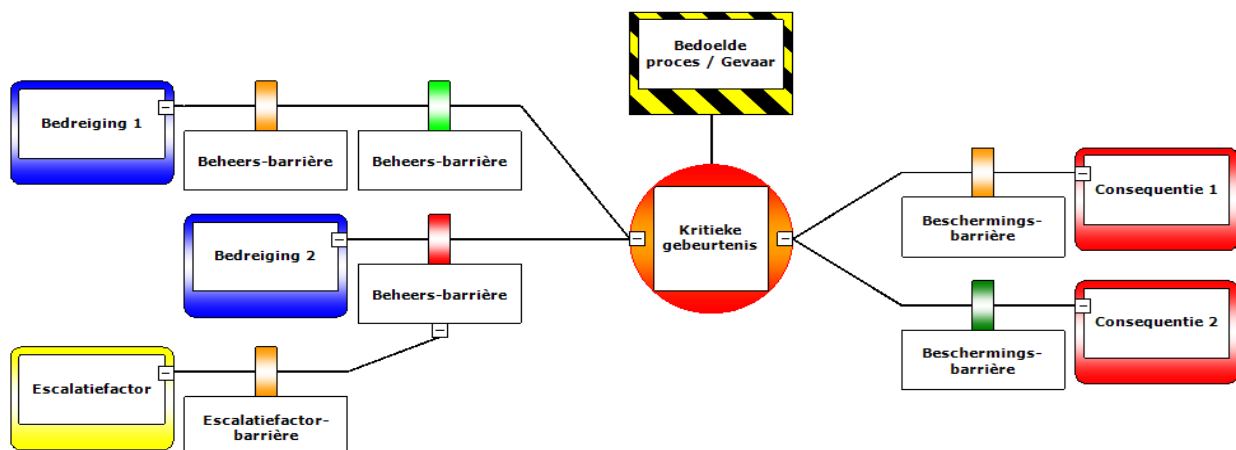
$$RPN = S \times O \times D$$

- S = Severity, ofwel ernst van het falen
- O = Occurence, ofwel kans dat het falen optreedt
- D = Detection, ofwel de tijd die nodig is om het falen te detecteren (wanneer het niet gedetecteerd wordt is de tijd oneindig groot en daarmee RPN ook)

De drie componenten worden ingeschat met een score tussen de 1 en 10. De methode is eenvoudig aan te leren, heeft een duidelijke structuur en maakt het mogelijk complexe systemen te analyseren. Een dergelijke risico inschatting kan interessant zijn voor KPI's of andere indexen. Het is echter minder geschikt om combinaties van faalmechanismen in kaart te brengen en houdt vaak onvoldoende rekening met menselijke fouten.

RCM bestaat uit zeven basisvragen die gericht zijn om met preventieve maatregelen ervoor te zorgen dat een installatie voldoet aan haar functionele eisen. Allereerst dienen de functionele eisen gedefinieerd te worden (vraag 1). Ten tweede dient in kaart gebracht te worden hoe een installatie kan falen i.r.t. de uit te oefenen functie. Vervolgens worden hiervan de oorzaken (vraag 3) en gevolgen (vraag 4) vastgelegd. Daarna wordt gedefinieerd waarom de storing van belang is voor de analyse (vraag 5). Voor elke storing dient vervolgens bepaald te worden hoe deze voorspeld en/of voorkomen kan worden (vraag 6). Tot slot, indien er geen proactieve maatregel voor handen is, richt vraag 7 zich op wat er gedaan moet worden indien de storing zich voordoet. De methode is een goede manier om terugkerende storingen te minimaliseren en daarmee kosten te besparen. Ook storingen die zich nog niet hebben voorgedaan kunnen worden voorkomen. De methode richt zich echter voornamelijk op risicovermindering en de kostencomponent speelt geen expliciete rol. De focus is vooral op het gebied van het optimaliseren van een bestaand systeem en minder op strategische vraagstukken.

Met de Bow-Tie-methode kan op systematische en efficiënte wijze een beeld verkregen worden van de risico's en de (preventieve en correctieve) maatregelen die kunnen worden ingezet (Figuur 1). Het uitgangspunt van de Bow-Tie is een kritische gebeurtenis die het essentiële kenmerk van het ongeval betreft. Er zijn verschillende bedreigingen (blauw in Figuur 1) die kunnen leiden tot deze kritische gebeurtenis. De kritische gebeurtenis heeft ook verschillende consequenties (rood in Figuur 1).



Figuur 1 Componenten en onderlinge samenhang van de Bow-Tie.



De Bow-Tie methoden kan binnen assetmanagement op veel verschillende manieren en abstractieniveaus toegepast worden (Agudelo-Vera et al. 2016). Bij elke bedreiging en escalatiefactor kan een risico worden gekwantificeerd, alsmede eventuele barrières voor risicovermindering worden ingevoegd. Dit gebeurt vaak met aanvullende methoden, modellen of andere manieren van risicoschatting, waarbij in de Bow-Tie het totale risico kan worden bepaald.

Voor een uitgebreider overzicht van andere methoden wordt gerefereerd naar Wols et al. (2017). Dit zijn bij uitstek methoden die het systeemontwerp kunnen verbeteren en vormen daarmee belangrijke ondersteunende tools voor voornamelijk tactische beslissingen.

### 2.3.3 Tools voor distributieassets

Toenemende mogelijkheden in monitoring geeft een steeds beter beeld van de conditie en faalkansen van individuele leidingen. Ook het toepassen van uniforme storingsregistratie van waterleidingen (USTORE) maakt het mogelijk om op operationeel niveau een betere inschatting te geven van faalmechanismen zoals een spontane leidingbreuk of een niet-werkende afsluiter. Daarnaast zijn Nederlandse drinkwaterbedrijven koploper in het gebruiken van Geografische Informatie Systemen (GIS) voor het beheer van distributienetwerken. Dit biedt de mogelijkheid een stap verder te gaan dan enkel het gebruik van kentallen, expertkennis of besluitvorming te baseren op simulatiemodellen. Met GIS kunnen locatie-specifieke data geïntegreerd worden met bestaande datasets en tools. Veel belangrijker nog, met deze toegenomen rekenkracht, uniformiteit en verbinding van datasystemen is het steeds beter mogelijk om op efficiënte wijze precies de juiste ingrepen te doen. M.a.w., op tactisch niveau kan steeds nauwkeuriger en betrouwbaarder worden bepaald wat er op operationeel niveau moet gebeuren en kunnen steeds beter prestaties, risico's en kosten worden afgewogen binnen het distributiesysteem. Dit zijn typisch voorbeelden waarbij tactisch ingestoken tools strategische besluitvorming kunnen ondersteunen.

Echter ook dit type beslissingsondersteunende software voor distributiesystemen kent haar uitdagingen. Zo hebben Beuken en Vossen (2015) met vier verschillende softwarepakketten (i.e., IMQS, Rasmariant, Transparant en WiLCO), één leidingnetwerk doorgerekend. De resultaten van ieder van deze tools kwamen nauwelijks overeen. De voornaamste oorzaak van deze grote variatie ligt vooral in de tool-specifieke vertalingen van storings naar groepen leidingen en de projectie van toekomstige storings. Ook worden de effecten van storings niet op dezelfde wijze gewogen. Naast het structureren en evalueren van de inputdata, wordt geconcludeerd dat het vooral belangrijk is meer aandacht te besteden aan een gedegen onderbouwing van storingsvoorspellingen, leidingdegradatie, effecten van leidingbreuk en kosten van saneren en repareren van leidingen. De aannamen die worden gemaakt om deze parameters te schatten, bepalen in grote mate de berekende prestaties, risico's en kosten die gebruikt worden om investeringsbeslissingen van grote omvang te onderbouwen. De grootste meerwaarde van dergelijke beslissingsondersteunende tools is dat zij veel meer databronnen met elkaar kunnen verbinden dan handmatig mogelijk is. Dat betekent dat juist met het gebruik van deze tools het begrip van de onderliggende aannamen en rekenregels cruciaal is om de bandbreedte van prestaties, risico's en kosten te kunnen inschatten voor beheers- en investeringsbeslissingen. Als belangrijk verbeterpunt wordt gesignaleerd dat de vertaling van strategische uitgangspunten in weegfactoren en acceptatieniveaus verder verbeterd dient te worden. Het zijn nu in veel gevallen de tactisch experts/managers die dit naar eigen inzicht invullen. Bijvoorbeeld de vraag hoe waarden (kwantificeren) we een ondermaatse levering van een huishoudelijke klant tegen de ondermaatse levering bij een bijzondere klant, zoals industrie, scholen en ziekenhuizen? Ook hier blijkt dat de wisselwerking tussen strategisch en tactisch niveau verdere verbetering verdient.

## 2.4 Tools voor multidisciplinaire afwegingen

Tools die de mogelijkheden en gevolgen van beslissingen, scenario's of calamiteiten inzichtelijk maken voor een systeem dat verschillende sectoren zoals waterveiligheid, energie- en voedselvoorziening als één integraal managementsysteem beschouwd zijn in hun benadering, conceptualisering en functie interessant voor de drinkwatersector. Dit worden Nexus-vraagstukken genoemd (Zang et al. 2018). Nexus is een systematische integrale benadering van sectoren zoals water, energie en voedselvoorziening met als doel onverwachte effecten die voortkomen uit de interactie tussen deze sectoren zo goed mogelijk te kunnen overzien en op die manier duurzaamheid en veerkrachtig van het overkoepelende systeem te vergroten. Deze benadering is steeds populairder onder beleidsmakers en wordt vaak toegepast om beter voorbereid te zijn op ingrijpende veranderingen met vaak onbekende effecten van bijvoorbeeld klimaatsverandering of nieuwe technologieën. Ook drinkwaterbedrijven zijn verantwoordelijk voor uiteenlopende systemen die goed op elkaar moeten aansluiten. Deze systemen moeten niet alleen goed aansluiten onder normale omstandigheden maar ook in gevallen van calamiteiten en onder invloed van verschillende trends zoals veranderende wetgeving, toenemende automatisering (onder invloed van kunstmatige intelligentie) of binnen de energietransitie (Van Aalderen et al. 2020). Het betreffen hier complexe, interdisciplinaire systemen waarover besluiten worden genomen onder een hoge mate van onzekerheid maar waarvan het tegelijkertijd essentieel is dit zorgvuldig af te wegen. Het is daarom zinvol om te analyseren wat het format, onderliggende systeem en toepassing van deze beslissingsondersteunende tools zijn in deze Nexus-vraagstukken om daarmee kennis en inzichten te verzamelen die we kunnen inzetten voor vraagstukken die spelen op tactisch-strategisch snijvlak van assetmanagementbeslissingen. Beide benaderingen tonen namelijk grote gelijkenissen.

Er zijn verschillende methoden ontwikkeld om de meest essentiële onderdelen uit thematische modellen te integreren in één kader of modelontwerp. Hierbij worden bijvoorbeeld onderdelen gecombineerd van oppervlakte- en grondwatermodellen, rekenkundige modellen voor zuiveringsprocessen en verschillende sectorale beleidsmodellen. De meeste van deze modellen zijn gebaseerd op systeemanalysetechnieken en in het bijzonder op systeemdynamica waarin systemen en verschillende interacties op lange termijn worden doorgerekend (Ford en Ford 1999; Winz et al. 2008). Er zijn bijvoorbeeld modellen die watersystemen integreren met andere sectormodellen zoals energieopwekking (Feng et al. 2016), landbouw (Sušnik et al. 2013) en stedelijke groei (Bouziotas et al. 2014; Rozos et al. 2016). Daarnaast zijn er verschillende modelbenaderingen waar water een meer gelijkwaardige rol speelt als één aspect in een veelomvattend multidisciplinair systeem waarin essentiële onderdelen uit de energie- en voedselvoorziening, landgebruik en klimaatvoorspellingen worden samengebracht (Sušnik et al. 2018).

Dergelijke multidisciplinaire systeembenaderingen die expliciet rekening houden met externe factoren kunnen zeer inzichtelijk en leerzaam zijn. Dit type beslissingsondersteunende tools kent echter ook grote uitdaging omdat het aantal interacties groot is en de oplossingsvarianten haast oneindig zijn (Holling 2001; Ruth en Coelho 2007). Deze tools zoeken oplossingen voor moeilijk op te lossen uitdagingen die Hirschmüller (1992) "complexe problemen" noemt en die in de internationale literatuur worden aangeduid als "Wicked problems" (bijv. Buchanan 1992; Head 2008). Het kenmerk van deze uitdagingen is dat er zowel sprake is van kennisonzekerheid als sterk uiteenlopende belangen. Door deze complexiteit zijn er verschillende oplossingen denkbaar die ieder een deel kunnen oplossen maar ook leiden tot nieuwe problemen waardoor het totale probleem niet echt wordt opgelost. Een ander gevaar van integrale systeemmodellen is dat het ontwerp door de noodzakelijke aannamen en vereenvoudiging van de veelomvattende complexe processen los komt te staan van de realiteit en het daarmee nog beperkt bruikbaar is als beslissingsondersteunende tool. Het model is daarmee niet meer representatief voor de onderliggende werkelijkheid die zij moet beschrijven.

De informatiebehoefte neemt sterk toe naargelang de complexiteit van het model toeneemt (bijv. Koop et al. 2020). Ook neemt de onzekerheid in modellen toe naargelang de modellen complexer worden (Meerkerk en Beuken 2017). Het gebrek aan bruikbare empirische data die het model letterlijk een "reality-check" kunnen geven, speelt hierbij een cruciale rol. Is deze data onvoldoende beschikbaar dan is de kans groot dat de tool de essentiële processen

onvoldoende realistisch weergeeft. De opkomst van big data, real-time data assimilatietechnieken en data-gedreven (operationeel) management zijn in deze veelbelovend. Tegelijkertijd zijn deze technieken voorlopig vooral nog in ontwikkeling en ontbreekt het daarbij nog aan voldoende assetinformatie om waarheidsgetrouwe simulaties te ontwikkelen van assetgroepen en hun integratie in een omvattend systeem. Dit geldt in het bijzonder voor tactisch-strategische beslissingsondersteuning. Overigens is informatie ook de beperkende factor voor andere assetorganisaties en is het ook van toepassing op de meeste multidisciplinaire beslissingsondersteunende tools (Mutchek en Williams 2014; Schultz et al. 2018; Koop et al. 2019). Deze beperkingen onderstrepen de noodzaak om bij complexe processen niet te pretenderen dat het model altijd de meest realistische en waarheidsgetrouwe uitkomsten kan bieden. De voornaamste meerwaarde van deze modellen is dat ze leiden tot een beter inzicht in gevoeligheden, onderlinge samenhang en ze kunnen waarschuwen voor onvoorziene gebeurtenissen voortkomend uit de interactie tussen bijvoorbeeld water, energie en voedselvoorziening die anders niet zouden zijn gesignaleerd. Vandaar dat verreweg de meeste beslissingsondersteunende tools gericht zijn op een hoger abstractieniveau. Het doel is dan vooral om een soort helikopterblik te ontwikkelen bij gebruikers om processen en interacties tussen verschillende disciplines en systemen goed te kunnen overzien.

## 2.5 De inzet van tools voor besluitvorming

Mensen - dus ook professionals in de drinkwatersector - leren beter door dingen te doen. De beste manier om mensen een weldoordachte keuze te laten maken is door ze hun eigen vooroordelen in twijfel te laten trekken en ze in staat te stellen om met hun eigen logica tot de juiste conclusie te komen (Khoury 2020). Dit is precies de logica waar beslissingsondersteunende tools op voort kunnen bouwen. Het is voor een individu niet of nauwelijks mogelijk om alle multidisciplinaire informatie tot zich te nemen en zo zorgvuldig alle mitsen en maren weloverwogen en volledig af te wegen om tot bijvoorbeeld een goed investeringsbeleid te komen voor de winning, zuivering en distributie van drinkwater. Zeker wanneer de informatie waarover deze individu beschikt van zichzelf al onzeker is, is het belangrijk deze onzekerheid ook expliciet mee te nemen in de besluitvorming. Deze menselijke beperking leidt in wezen binnen elke organisatie tot een zekere mate van versplintering van kennis, kunde en inzichten (specialisatie genaamd) die simpelweg onvermijdelijk is. De vraag is, hoe kunnen we dit weer samenbrengen om tot een zo optimaal mogelijke integrale tactisch-strategische besluitvorming te komen waarin maximaal gebruik wordt gemaakt van de kennis van de verschillende assetgroepen en professionele achtergronden. We moeten hier de balans vinden tussen twee uitersten. Aan de ene zijde tools die als het ware een 'black box' zijn en waarvan de uitkomsten voor waarheid worden aangenomen zonder dat men voldoende begrijpt hoe deze uitkomsten tot stand zijn gekomen. Het andere uiterste is dat de tools dermate gesimplificeerd zijn dat veel verschillende professionals de uitkomsten goed kunnen interpreteren maar daardoor de belangrijke systeeminteracties, informatie en mogelijke risico's niet voldoende worden beschouwd. De uitdaging is de balans te vinden om op een toegankelijke manier professionals te helpen in het maken van een zo rationeel mogelijke optimalisatie van risico's, kosten en prestaties waarbij tegelijkertijd de onderliggende complexiteit niet dusdanig wordt versimpeld zodat er geen sprake meer is van een realistische weergave van het assetbeheer.

De uitdagingen zijn niet gering. Drinkwaterbedrijven hebben te maken met aspecten als een verouderend assetsysteem en nieuwe uitdagingen waarvan de impact nog onzeker is. Toch vraagt dit om een goed onderbouwde, transparante, zorgvuldige en bovenal integrale afweging van risico's, prestaties en kosten (Koop et al. 2020). Het interessante is dat deze steeds complexere beslissingen in toenemende mate kunnen worden ondersteund met nieuwe communicatietechnologieën en simulaties waarbij de gevolgen van mogelijke keuzes direct zichtbaar worden in bijvoorbeeld simulatievideo's, in grafieken van KPI's of overzichten van faalmechanismen op een plattegrond. De visuele weergave kan zo geavanceerd zijn als wenselijk, het voornaamste voordeel is dat er een directe terugkoppeling is van een bepaalde keuze die zichtbaar kan zijn voor een individu of een groep, om zo te leren van de impact van bepaalde keuzes (Khoury 2020). Dit soort type communicatiemiddelen kunnen veel betekenen voor integrale besluitvorming.

Omdat de drinkwatervoorziening complex en veelomvattend is en direct gevolgen heeft voor de volksgezondheid, kan er niet in de werkelijke situatie worden geëxperimenteerd met prototypes. Virtuele (computer)representaties van verschillende ontwerpkeuzes, beheersmaatregelen of verschillende toekomstscenario's zijn dan vaak het beste alternatief (Savic et al. 2016). Dit type beslissingsondersteunende tools heeft in functie en benadering opvallende gelijkenis met andere multidisciplinaire besluitvorming ondersteunende tools waarin bijvoorbeeld water-, energie- en voedselvoorziening als één integraal managementsysteem wordt beschouwd.

## 2.6 Synthese met oog op functionele eisen

Voor de verbetering van de wisselwerking tussen het strategisch en tactisch niveau met het oog op assetmanagementbesluitvorming zijn diverse analysemethoden en softwaretools in gebruik. Een tool die specifiek gericht is op de verdere verbetering van deze wisselwerking zou, o.b.v. de geschetste voorbeelden rekening moeten houden met de volgende aspecten.

- 1 Betrekking hebben op assetmanagement denken en de basisbeginselen, en gericht zijn op:
  - o de waarden die assets vertegenwoordigen voor de organisatie en haar stakeholders;
  - o organisatiedoelstellingen en de vertaling daarvan naar beslissingen, plannen en activiteiten;
  - o aspecten van leiderschap, rollen en cultuur;
  - o procesverbetering.
- 2 Een verouderend assetsysteem beschouwen in een veranderende context.
- 3 Een verbinding leggen tussen de meer kwalitatieve aanpak op strategisch niveau en de meer kwantitatieve aanpak op tactisch niveau.
- 4 Realistische situaties beschrijven passend bij uitdagingen en verplichtingen die aan organisaties worden gesteld.
- 5 De onzekerheden en aannamen expliciet maken en duidelijk in beeld brengen, met een duidelijk onderscheid tussen objectieve informatie en subjectieve ervaringen of waarderingen
- 6 Een vertaling vinden in bestaande tools op strategisch en tactisch niveau. Dit geldt vooral voor het gebruiken van de risicomatrix, het meest gebruikte instrument op dit vlak, waarbij oog is voor de geconstateerde tekortkomingen.
- 7 Het systeem van bron tot kraan beschouwen vanuit strategische onderwerpen. Hierbij geldt dat kennis over verschillende specialisten is verdeeld en dat open kennisuitwisseling leidt tot betere besluitvorming.
- 8 Gaan over complexe vraagstukken, te weten kennisonzekerheid en belangentegenstellingen.
- 9 Een duidelijke methodologie heeft, waardoor op structurele wijze de probleemstelling en oplossingsrichtingen doorlopen worden en waarmee het proces transparant en herhaalbaar wordt.
- 10 Aandacht te hebben voor visuele aspecten die de gevolgen van handelingen en besluiten helder in beeld brengen en daarmee het leereffect verhogen.
- 11 Oog te hebben voor een leerproces waarbij eigen vooroordelen in twijfel worden getrokken en d.m.v. een eigen redenering tot een nieuwe conclusie wordt gekomen.
- 12 Niet te streven naar de meest realistische en waarheidsgetrouwe uitkomsten, maar eerder procesgericht is met oog op gevoeligheden, onderlinge samenhang en inzicht in onvoorziene gebeurtenissen.
- 13 Oog te hebben voor het aspect van oversimplificatie en overcomplicatie en de vraag welk niveau van realisme noodzakelijk is om te komen tot het gewenste leereffect. Hierbij is het zaak een goede mengvorm te vinden van een abstracte, generieke en eenvoudige benadering en een realistische, specifieke en modelmatige benadering.

## 3 Serious games en integraal assetmanagement

Waar hoofdstuk 2 een overzicht geeft van de meest toegepaste beslissingsondersteunende tools voor tactisch-strategische assetbesluitvorming gaat dit hoofdstuk specifiek in op een minder vaak toegepaste maar veelbelovende beslissingsondersteunende tool voor assetmanagement, namelijk serious games. Daarbij wordt vooral ingegaan op de kerneigenschappen deze vorm van beslissingsondersteuning. O.b.v. de internationale serious games literatuur die zich richt op de watersector of waarin waterbeheer een belangrijke component is, worden belangrijke conclusies getrokken voor de mogelijk veelbelovende toepassing in het ondersteunen van integrale assetmanagement besluiten.

### 3.1 Serious games, inleiding en kenmerken

Een serious game kan in haar eenvoudigste vorm gedefinieerd worden als ‘spelvorm die gebruikt wordt voor doeleinden anders dan vermaak’ (Savic et al. 2016). Het doel van serious gaming is het ontwikkelen van competenties van haar gebruikers door verschillende situaties na te bootsen (d.w.z. door het gebruik van simpele simulaties). Serious games leggen sterk de nadruk op het leren door ervaring, vaak in interactie met verschillende gebruikers die verschillende rollen kunnen aannemen (Wilkinson 2016). De toepassingsgebieden van serious games zijn zeer divers maar richten zich voornamelijk op complexe en dynamische optimalisatievraagstukken waarin verschillende belanghebbenden of managementlagen moeten samenwerken. Voorbeelden waarvoor serious game concepten veel gebruikt worden zijn bewustwording, competentieontwikkeling of conflictoplossingsvraagstukken in bijvoorbeeld beleidsontwikkeling. Toepassingen van serious games zijn vooral bekend bij de overheid, gezondheidszorg, defensie, bedrijfstrainingen, en tactisch-strategisch beheer van multidisciplinaire vraagstukken zoals bijvoorbeeld ruimtelijke ordening, klimaatadaptatie, overstromingsbeheer en assetmanagement (Boyle et al. 2016; Flood et al. 2018; Kato en de Klerk 2017).

O.b.v. de definities en categorieën die verschillende literatuurbronnen (Van Aalderen et al. 2019; Boyle et al. 2016; Savic et al. 2016; Duke 1974) hanteren voor serious games binnen waterbeheer, zijn de volgende kenmerken te onderscheiden:

- **Toepassingsdomein:** Het toepassingsgebied van de serious game. Voor waterbeheer zijn dit vooral (i) het beheer van rivierstroomgebieden en (ii) stedelijk waterbeheer. Dit rapport verkent de mogelijkheden voor het toepassingsgebied integraal assetmanagement.
- **Ontwerp van gebruikersinterface:** Hoe de gebruikers omgaan met de tool en met andere gebruikers. Een belangrijk onderscheid in de gebruikersinterface zijn **bordspellen** en **digitale spelomgeving**. Een digitale spelomgeving werkt met computersimulaties van verschillende systeemmechanismen. Een **semi-digitale spelomgeving** (bijv. Vayanou et al. 2019) combineert elementen van een bordspel met digitale functionaliteiten die gebruikers helpen berekeningen uit te voeren of informatie te visualiseren. Tot voor kort lag de focus voornamelijk op bordspellen (Wilkinson 2016). Echter, door de meer recente ontwikkelingen in technologie en modellering is er meer nadruk komen te liggen op digitale serious games (Savic et al. 2016). Toch is er momenteel een opvallende opleving van bordspellen gaande vooral als het gaat om het leggen van oorzakelijke verbanden (Barr 2019). Over het algemeen zijn bordspellen vooral geschikt voor meerdere gebruikers zoals bijvoorbeeld een multidisciplinair team van experts of bij het betrekken van verschillende stakeholders (Zagal et al. 2006). Een digitale spelomgeving richt zich voornamelijk op de interactie van de gebruiker met (en binnen) een digitale setting door het introduceren van verschillende dynamische elementen van een model (Khoury et al. 2018). Wanneer we specifiek naar een digitale spelomgeving kijken zien we dat het achterliggende simulatiemodel gebruikt dat wordt om het watersysteem te representeren een belangrijk onderscheidend criterium is (Savic et

al. 2016). Zo maken sommige digitale serious games gebruik van eenvoudige conceptuele modelconstructies terwijl andere gebruik maken van uitgebreidere hydrologische modellen die zijn gebruikt voor advies en systeemontwerpen.

- **Ontwerpdoelstelling:** Met welke gedachte en doelstellingen is de serious game ontworpen? Er zijn veel verschillende doelstellingen denkbaar zoals het verbeteren van competenties van personeel, begrip ontwikkelen voor complexe processen, het actief betrekken van stakeholders of bewustwording. Dit criterium staat los van de doelstelling die een gebruiker van de tool heeft maar richt zich op leerresultaten die een serious game beoogd te halen (Van Aalderen et al. 2019). M.a.w. de serious game wordt zo ontworpen dat deze leerresultaten gehaald kunnen worden. Serious games ontwerpdoelstellingen kunnen worden ontwikkeld, geanalyseerd en geëvalueerd m.b.v. theoretische modellen die gebaseerd zijn op pedagogische principes. Een vaak gebruikte theoretische basis is het 'Activity Theory' model van Carvalho et al. (2015).
- **Het doel van de speler:** Dit kan bijvoorbeeld het hoogste geldbedrag zijn of de maximale leveringszekerheid. Meer algemene ontwerpdoelstellingen moeten goed aansluiten op de specifieke doelstellingen van verschillende typen gebruikers. Zo kan een tool zich richten op conflictbeheersing als algemene ontwerpdoelstelling. Dit kan zich vertalen naar de optimale verdeling van geld en middelen als individuele doelstelling van de gebruikers. Door in elkaars schoenen te staan ontwikkelt de gebruiker in dit geval inzicht en begrip voor elkaars standpunten en wordt de ontwerpdoelstelling gehaald.
- **Kennismaking met het spel:** De manier waarop gebruikers kennismaken met het spelmechanisme en het probleem. Soms wordt er gebruik gemaakt van een tutorial of handleiding in de spelomgeving, vaak worden de leerdoelen en spelregels al spelenderwijs aangeleerd. Veel serious games maken gebruik van een facilitator, d.w.z. een persoon die verantwoordelijk is om nieuwe gebruikers kennis te laten maken met de tool. De rol van de facilitator wordt vaak gecombineerd met andere taken die betrekking hebben op de reflectie en uitwisseling van ervaringen tussen verschillende gebruikers. Dit gebeurt vaak met een debriefing, verslagleggen over de gebruikservaring of met anekdotische ervaringen van de voornaamste leerpunten.
- **Aantal en type gebruikers:** Er zijn ook serious games die enkel worden gespeeld door één gebruiker. De meeste serious games worden echter door meerdere gebruikers tegelijk gespeeld om zo de leerdoelen en de ervaring van verschillende deelnemers te bestuderen. Vaak moeten zij in het spel met elkaar concurreren of samenwerken en kunnen ze verschillende rollen aannemen. Deze **groepsspellen** kunnen daarom gecategoriseerd worden als **(i) competitief** waarbij spelers concurreren om bijvoorbeeld geld of **(ii) samenwerkend** waarbij spelers gezamenlijk één doel proberen te halen.
- **De doelgroep:** De gebruikersgroep waarvoor de serious game is ontworpen (Van Aalderen et al. 2019). Er bestaan serious games voor specifieke doelgroepen (zoals bijvoorbeeld waterzuiveringsexperts), terwijl andere serious games gericht zijn op het betrekken van meerdere doelgroepen zoals verschillende belanghebbenden, bestuurders, lokale gemeenschappen, beleidsmakers, ondernemers of burgers.
- **Manier van delen met gebruiker:** Naast het ontwerp van de gebruikersinterface, is de manier waarop de tool gedeeld wordt een belangrijk onderscheidend criterium. De tool kan offline verspreid en gebruikt worden. De tool kan ook gedeeld en gebruikt worden via een online platform. Vaak wordt er voor de offline tools gekozen om zo complexe communicatie tussen de gebruiker en de server te omzeilen. Bordspellen zijn per definitie offline tenzij er een hybride tool wordt aangeboden die naast het bordspel ook gebruik maakt van online functies zoals (visuele) simulaties. Een online tool kan verder opgesplitst worden in enerzijds tools die voor iedereen toegankelijk zijn en anderzijds tools die zijn bestemd voor specifiek groepen zoals verschillende groepen stakeholders.
- **Eenmalig of veelvuldig gebruik:** Kan de tool slechts eenmalig gebruikt worden of steeds opnieuw herhaald worden door individuen? Eenmalig betekent vooral dat de tool gericht is op het afronden van een volledige sessie waarin alle gebruikers (vaak verschillende stakeholders) tegelijkertijd de tool gebruiken om zo bijvoorbeeld te reageren op elkaars beslissingen. Echter sommige online tools stellen de gebruiker in staat zijn/haar voortgang op te slaan en op een later tijdstip opnieuw in te loggen. Er zijn ook tools die de gebruikersinterface of het doel van de speler net ietsjes veranderen op het moment dat een gebruiker inlogt.

- **Realistisch of abstract:** Een ander kenmerk dat veel wordt besproken in de literatuur is hoe realistisch/abstract een toolontwerp is. Dat wil zeggen, of er gebruik wordt gemaakt van een bestaande casus met realistische modellering van assets of dat het op een meer abstract niveau wordt ingezet. In veel gevallen, is databeschikbaarheid dermate beperkend dat er in eerste instantie een abstracte tool wordt ontwikkeld die steeds realistischer van karakter wordt naar gelang deze meer gebruikt wordt en gevoed wordt met betere informatie. Dit is een relatief efficiënte en beproefde manier om integrale beslissingen over complexe systemen te ondersteunen omdat er enerzijds geleerd wordt door de gebruikers en anderzijds niet onnodig veel tijd wordt geïnvesteerd in het ontwikkelen van elementen die achteraf niet belangrijk blijken te zijn.
- **Technische aspecten:** Daarnaast zijn er een aantal veelgenoemde meer technische en functionele aspecten zoals de verschillende rollen die een gebruiker kan aannemen, de plek waar de tool beschikbaar wordt gesteld (bijv. Windows, Linux, Android), de manier waarop de spelers feedback krijgen over hun prestaties, de gebruikte beeldtechnologie, de manier waarop de voortgang wordt geregistreerd, een eventuele tijdslimiet, et cetera. Voor de geïnteresseerde lezer wordt verwijzen naar Savic et al. (2016) en Boyle et al. (2016).

Naast bovengenoemde onderscheidende kenmerken kunnen ook algemene constatering worden gedaan over het gebruik van beslissingsondersteunende tools (zoals serious games) van complexe systemen:

- De meeste tools zijn sterk vereenvoudigde representaties van complexe watersystemen binnen een sterk gecontroleerde en gestuurde besluitvormingsdynamiek. De meeste van deze tools richten zich op het beheer van rivierstroomgebieden. Ook zijn er enkele toepassingen bekend die zich richten op stedelijk waterbeheer en irrigatiesystemen (Savic et al. 2016).
- De meeste tools zijn specifiek ontworpen om keuzes te ondersteunen over het verdelen van (financiële) middelen en/of belangenconflicten tussen stakeholders op te lossen. Tools met deze ontwerpdoelstellingen maken veelal gebruik van een facilitator. Een facilitator is vaak een inhoudelijk expert die er vooral voor zorgt dat de verschillende gebruikers zo veel mogelijk leren.
- De meeste tools zijn vrij conceptueel van aard. De gebruikersinterfaces zijn vrij beperkt en maken nauwelijks gebruik van de technologische vooruitgang in de video-gaming (Khoury et al. 2018). Er wordt meer nadruk gelegd op technische ontwerpaspecten en de algemene conceptualisering wat vaak ten koste gaat van de gebruiksvriendelijkheid. Dit is opvallend omdat gebruikersvriendelijkheid beschouwd wordt als cruciaal voor het behalen van de beoogde leerdoelen van de gebruiker.
- Er zijn weinig studies bekend die de impact van beslissingsondersteunende tools op de gebruikers hebben geanalyseerd of die de invloed van verschillende ontwerpen met elkaar hebben vergeleken (Van der Wal et al. 2016). De invloed van de tool op haar gebruikers wordt vaak buiten beschouwing gelaten omdat deze analyse over een relatief lange tijd moeten worden uitgevoerd waardoor een eenduidige vergelijking moeilijk is te maken. Daarnaast wordt er in veel gevallen geen goede en consistente monitoring en registratie van de gebruikservaring ingebouwd in de tool. Hierdoor is het bijzonder lastig om de bruikbaarheid van de tool te beoordelen en mogelijke verbeteringen in de ontwerp door te voeren.

In het afgelopen decennium zijn substantiële vorderingen gemaakt in het onderzoek naar en ontwikkeling van serious games. Dat is gedaan voor verschillende toepassingen, zo ook voor watervraagstukken (Savic et al. 2016). De meeste van deze projecten zijn voor hun ontwikkeling, vaak gedeeltelijk of helemaal, gebaseerd op bestaande computertechnologieën. In veel gevallen maken ze ook gebruik van de snelle ontwikkelingen in de game-industrie<sup>1</sup> (Arsenault 2009). Deze technologische ontwikkeling is de belangrijkste drijfveer voor digitale beslissingsondersteunende tools zoals serious games. De wat oudere serious games (van 10 jaar geleden of ouder) zijn vooral gericht op de interactie van de spelers door bijvoorbeeld gebruik te maken van verschillende soorten bordspellen. De laatste jaren zijn er vooral veel serious games ontwikkeld die (deels of helemaal) online worden

---

<sup>1</sup> Digitale serious games maken gebruik van elementen uit de digitale game-industrie. Ook niet-digitale games gebruiken elementen uit de game-industrie. Deze industrie ontwikkeld in rap tempo haar concepten, methodologische tools en experimentele setting waaronder de spelomgeving.



gespeeld o.b.v. geavanceerde berekeningen en visualisaties die nauw aansluiten bij ontwikkelingen in de game-industrie. Kenmerken van deze geavanceerde online serious games zijn:

- Ze **bewaren en manipuleren gebruikersgegevens** voor, tijdens of nadat het spel heeft plaatsgevonden. Hiermee kan bijvoorbeeld het spelverloop worden opgeslagen en gebruikt als referentiepunt voor de volgende spelers. Zo kan het spel als het ware mee verbeterd worden door gespeeld te worden. Dit wordt ook wel datamanipulatie genoemd. De gegevens van bijvoorbeeld spelers worden gebruikt om het spel beter te organiseren. Bijvoorbeeld door populaire spelelementen (o.b.v. het aantal kliks) prominenter of juist minder prominent in beeld te brengen. Het standaardiseren van de opslag van informatie in serious game door bijvoorbeeld een bepaald type database te gebruiken, helpt om efficiënt gegevens van het gedrag van spelers op te slaan, toegang te krijgen tot opgeslagen gegevens, resultaten sneller te begrijpen en met deze geregistreerde game ervaringen het spel verder te verbeteren.
- Gebruik een **simulatiemodel** om het 'echte systeem' na te bootsen en gedetailleerde en realistische resultaten te verkrijgen in de serious game. Een simulatiemodel is een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Dat is vaak een rekenkundig model dat verder wordt weergegeven met codes (in een digitale vorm) om zo het echte systeem zo goed mogelijk na te bootsen (d.w.z. simuleren). Simulatiemodellen in de watersector zijn vaak een representatie van een specifiek onderdeel van een watersysteem zoals bijvoorbeeld een waterdistributienet. Daarnaast zijn er ook simulatiemodellen die sociaal-technische systemen kunnen modelleren zoals systems dynamics (Mashaly en Fernald 2020). Simulatiemodellen die zijn ingebouwd in een serious game omgeving zijn bij uitstek een goed hulpmiddel om ervaring op te doen en complexe systemen te leren begrijpen en beheren (McBurnett et al. 2018). Een modelomgeving biedt daarbij een veilige omgeving waar fouten in de fysieke werkelijkheid geen negatieve gevolgen hebben en daardoor meer kan worden ontdekt dan in het 'echte systeem'.
- **Het efficiënt visualiseren van invoergegevens**. In dit geval worden digitale media gebruikt om informatie aan de gebruikers te tonen en hen daarmee bepaalde vaardigheden aan te leren. Digitale media kunnen bestaan uit (een combinatie van) afbeeldingen, video's, computergraphics, schetsen/cartoons enzovoort. Deze digitale media ondersteunen het leerproces en bevorderen de gebruiksvriendelijkheid en de informatiestroom in verschillende simulaties of met andere spelonderdelen.
- **Het efficiënt visualiseren van spelresultaten**. In dit geval kan dezelfde technologie die invoergegevens aan de gebruiker toont ook worden gebruikt om spel- of simulatieresultaten weer te geven. Deze stap helpt de gebruiker de invoergegevens te begrijpen en conclusies te trekken uit spelresultaten om zo beslissingen zorgvuldiger en beter afgewogen te kunnen nemen.

### 3.2 Serious games en hun toepassing in de watersector

In de afgelopen jaren hebben serious games duidelijk haar intreden gedaan op het gebied van waterbeheer. Vooral het beheer van rivierstroomgebieden kent internationaal verschillende toepassingen van serious games. Gamification binnen het domein van assetmanagement is nog grotendeels onontgonnen terrein, vooral op het gebied van besluitvormingsmechanismen voor investeringen en beheer van assets. De meeste bestaande serious games die zijn toegepast in assetmanagement focussen zich op begripsvorming bij assetmanagement en de interactie met stakeholders (bijv. Van den Boomen et al. 2010). Ook is er geëxperimenteerd met een strategisch georiënteerd rollenspel van drinkwaterbedrijven i.r.t. omgevingsmanagement (Büscher et al. 2015; Van Loon et al. 2017). Digitale serious games richten zich voornamelijk op de complexe interacties binnen grote infrastructurele netwerken (McBurnett et al. 2018; Van Riel et al. 2017). Tabel 3 geeft een overzicht van serious games die zijn toegepast in de watersector.

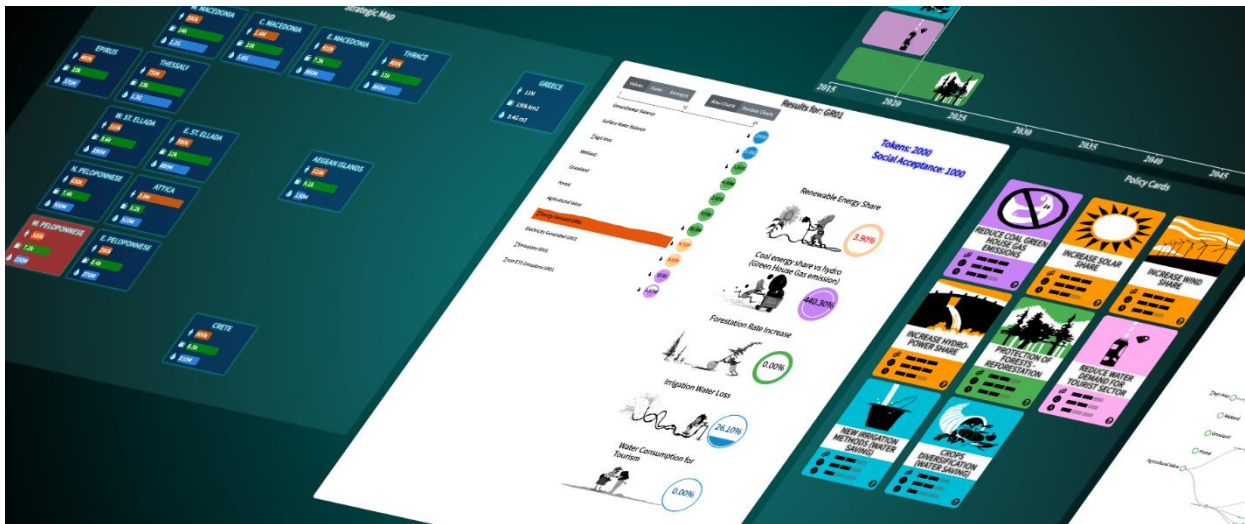


Tabel 3 Overzichtstabel serious game toepassingen in de watersector. Tabel aangepast o.b.v. Hockaday et al. (2017).

Naam	Type spel	Beschrijving
River Basin Game	Bordspel & Rollenspel; <i>Tot 30 gebruikers</i>	Een houten plaat dat een stroomgebied voorstelt en een kartonnen plaat dat een moerasgebied voorstelt. Stokjes stellen drainagebuizen voor en gaten in de houten en kartonnen plaat staan voor het drainagesysteem. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: University of East Anglia (Lankford et al. 2004). Video: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=fjFa_NEXVlc">https://www.youtube.com/watch?v=fjFa_NEXVlc</a></li> </ul>
Indopotamia	Rollenspel; <i>8 groepen en 1 facilitator</i>	Acht stakeholdergroepen die gezamenlijk een strategie ontwikkelen volgens het "Water Diplomacy Framework". <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: Tufts University (Islam en Susskind, 2012). De tool is tegen betaling toegankelijk: <a href="http://www.pon.org">www.pon.org</a></li> </ul>
Sandus River Basin	Rollenspel; <i>6 groepen en 1 facilitator</i>	Stroomgebieden zijn gemoduleerd o.b.v. geografische en hydrologische parameters m.b.v. het 'Four Worlds Framework'. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: Oregon State University (Wolf 2010)</li> </ul>
Pandal River Basin	Rollenspel; <i>5 groepen en facilitator</i>	Stroomgebieden zijn gemoduleerd o.b.v. geografische en hydrologische parameters a.d.h.v. het 'Environmental Justice framework'. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: Oregon State University (Watson 2015) Gebruikt voor competentie ontwikkeling van beleidsmakers in de Mekongdelta in Vietnam.</li> </ul>
Dueling Experts	Rollenspel; <i>2 partijen en 1 facilitator</i>	Grondwaterbeschermingsbemiddeling tussen landen en regio's. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: University of Oregon Law School (Jarvis 2014). Veel gebruikt in de cursus Environmental Conflict Resolution in UNESCO-IHE, Delft</li> </ul>
Water Message Game	Rollenspel; <i>2 of meer groepen en 1 facilitator</i>	Waternverdelingsvraagstukken a.d.h.v. het 'Prisoner's Dilemma' <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: Oregon State University (WaterNet et al. 2003)</li> </ul>
Globalization of Water Management	Computergestuurd rollenspel (in Excel); <i>4 of meer partijen en 1 facilitator</i>	Leeromgeving om de Water Footprint concept te begrijpen. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar Oregon State University (Hoekstra, 2012)</li> </ul>
Tragedy of the Groundwater Commons	Computergestuurd rollenspel (in Excel); <i>10 tot 30 partijen en 1 facilitator</i>	Leeromgeving voor het gezamenlijk en integraal opvangen, verdelen en gebruiken van grondwater en oppervlaktewater. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: Oregon State University (Isaak 2012)</li> </ul>
Santiago	Bordspel; <i>3 tot 5 partijen en eventueel 1 facilitator</i>	Landeigenaren leren plantages en bijbehorende kanalen te plannen. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: University of Oregon &amp; UNESCO-IHE, Delft,</li> </ul>
River Balancer Game	Online spel; <i>Individueel</i>	Het beheer van binnenwateren en wateropslag. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: Omaha District of the Army Corps of Engineers. Vrij toegankelijk: <a href="http://www.nwo.usace.army.mil/Missions/Dam-and-Lake-Projects/Missouri-River-Dams/Basin-Balancer/">http://www.nwo.usace.army.mil/Missions/Dam-and-Lake-Projects/Missouri-River-Dams/Basin-Balancer/</a></li> </ul>
California Water Crisis	Bordspel; <i>Bij voorkeur 3 partijen en eventueel 1 facilitator</i>	Optimalisatievraagstuk om de droogte in Californië op te lossen. Gebaseerd op verleden, heden en toekomst zijn er drie regio's met verschillende waterbronnen, onzekerheden en strategieën. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: Alfred Twu with Firstcultural Games. Beschikbaar tegen betaling.</li> </ul>
Aqua Republica	Online spel; <i>Individueel</i>	Het oplossen van actuele voedsel-water-energie vraagstukken door stedelijke infrastructuur te ontwerpen. <ul style="list-style-type: none"> <li>Tooleigenaar: DHI en UNEP-DHI Centre (Chew et al. 2015). Vrij toegankelijk: <a href="https://games4sustainability.org/gamepedia/aqua-republica/">https://games4sustainability.org/gamepedia/aqua-republica/</a></li> </ul>

In aanvulling op de modellen zoals beschreven in Tabel 3 waren onderzoekers van KWR betrokken bij de ontwikkeling het SIM4NEXUS project. Dit is een sector overschrijdend spel voor beleidsontwikkeling en -uitvoering waarin complexe interacties tussen verschillende elementen van het watersysteem onderzocht kunnen worden i.r.t. energie, voedsel, ruimtelijke ordening en klimaat (zie ook Figuur 2). Rekening houdend met een grote hoeveelheid empirische data uit een veelvoud van (asset)managementsystemen, wordt in dit project gebruik gemaakt van een meerlaags stakeholdermodel (Sušnik et al. 2018). Spelgebruikers maken kennis met verschillende beleidsmaatregelen voor elk

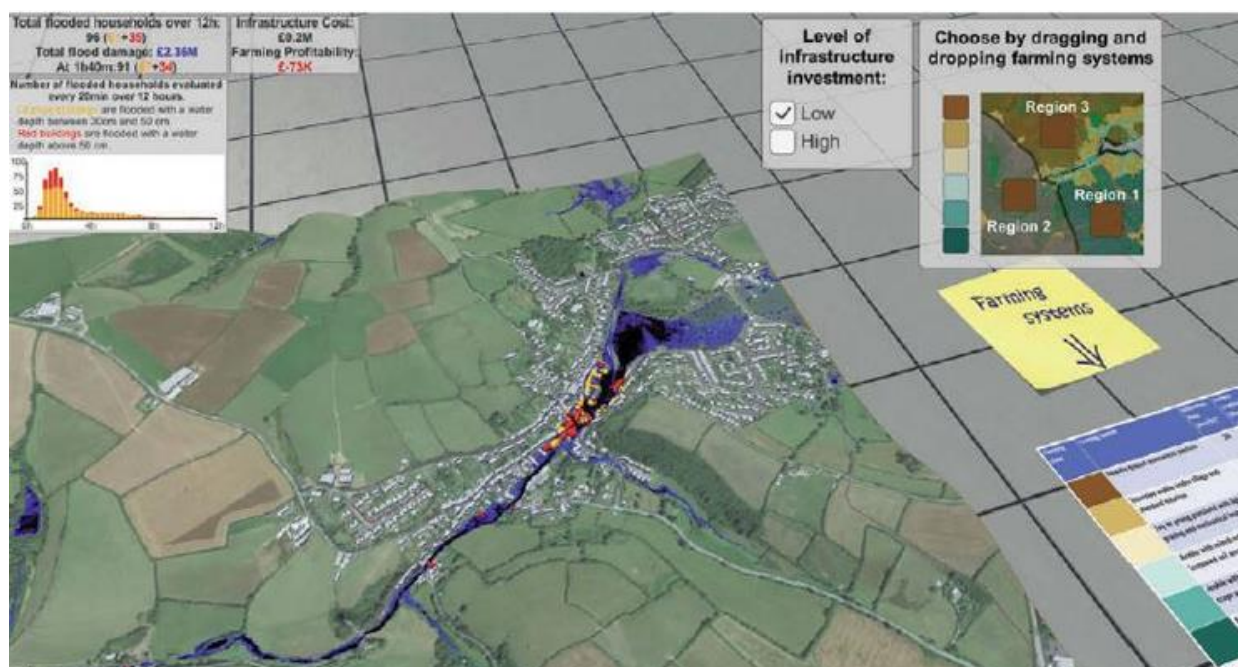
van deze Nexus elementen. Uit een lijst van sectorale beleidsmaatregelen maken zij een selectie en vervolgens worden de (beleids)middelen, voor- en nadelen van deze maatregelen op het gehele systeem inzichtelijk gemaakt. Het spelkarakter wordt hierbij ingezet voor het expliciet maken van onzekerheden en om kennis te genereren door belanghebbenden zo goed mogelijk te laten anticiperen op verschillende omstandigheden die op kunnen treden in complexe systeem. Dat gebeurt met een onderliggend simulatiemodel dat real-time gegevens geeft. Het simulatiemodel is geen fysiek model (zoals bijvoorbeeld een hydraulisch model voor het distributienetwerk), maar is gebaseerd op systeemdynamica en de visuele programmeersoftware STELLA (Laspidou et al. 2020; Mashaly en Fernald 2020). De Sim4Nexus game gebruikt invoergegevens van meerdere databases bestaande uit voornamelijk sectorale gegevens, zoals landgebruik en klimaatscenario's. Deze gegevens betreffen vaak publiek toegankelijke mondiale of nationale databases die d.m.v. algoritmische technieken worden omgezet naar de schaal die past bij de specifieke toepassing. Voor de visualisatie-interface wordt gebruikt van de publiek toegankelijke OpenGIS webapplicatie. De keuze voor de software en programmeertaal is gebaseerd op gebruiksgemak, modulariteit, toegang tot specifieke platforms en de keuze voor publiek toegankelijke informatie.



Figuur 2 Voorbeeld van de 3D digitale gebruikersinterface van Sim4Nexus, waarin de gebruiker een keuze kan maken uit verschillende sectorale beleidsdoelstellingen om vervolgens de impact van dit beleid op het hele systeem te zien.

Een ander voorbeeld van een digitale serious game waarbij verschillende technologieën worden gebruikt, wordt gegeven in Khoury et al. (2018). Voor het rivierstroomgebied rondom het Engelse dorp Millbrook is een serious game ontwikkeld waar een gebruiker verschillende mitigerende maatregelen kan selecteren, zoals het type landgebruik bovenstroomse gebied of technische maatregelen zoals dammen en sluisen. Het doel hierbij is om de schade in het stedelijk gebied benedenstrooms zo veel mogelijk te beperken. De gebruiker kan vervolgens zien wat het effect van de gekozen maatregelen is op het gebied dat overstroomt. Door herhaaldelijk deze beleidskeuzes te doorlopen kan de gebruiker begrijpen hoe effectief verschillende mitigerende maatregelen zijn en hoe zij zich tot elkaar verhouden. Om de overstromingsrisico's van verschillende regenperioden in het stroomgebied te simuleren wordt gebruik gemaakt van een 2D-overstromingsmodel. Dit model is gekoppeld aan een 3D-weergave<sup>2</sup> genaamd de *Virtual Table*, zie Figuur 3. Hiervoor zijn gepatenteerde technologieën gebruikt zoals de *Unity-rendering-engine* en *OpenGL*, waar een veelvoud aan gegevens over het stroomgebied en de resultaten van het overstromingsmodel aan de gebruiker worden getoond. *Unity-engine* en *OpenGL* zijn technologieën die worden gebruikt om 3D-afbeeldingen te ontwerpen en te visualiseren.

<sup>2</sup> De functie van deze weergave is om informatie aan de gebruiker weer te geven. Dit wordt de frontend genoemd (zie paragraaf 3.4).



Figuur 3 Voorbeeld van de digitale gebruikersinterface van het Millbrook-project met een bovenaanzicht van het stroomgebied van het Engelse dorp Millbrook. Hier kan de gebruiker het landgebruik en technische ontwerpkeuzes maken en zien hoe dat wel of juist niet bijdraagt aan het beheersen van overstromingen.

### 3.3 Serious games versus gedetailleerde simulatietools

Aangezien besluitvorming complex is en meestal wordt gebaseerd op gegevens die samengesteld worden o.b.v. verschillende bronnen en systeemcomponenten, is er een constante behoefte aan verbetering en ondersteuning van de besluitvorming die steeds meer verbonden is aan ontwikkelingen van computers (Bonczek et al. 1980; Olson et al. 1992). Computers hebben de besluitvorming op verschillende manieren ondersteund, bijvoorbeeld door:

- Het ontwikkelen van nieuwe manieren om gegevens te vergaren, verwerken, aggregeren en visualiseren. Het opslaan, actualiseren en opvragen van digitale informatie heeft geleid tot de ontwikkeling van 'Management Informatie systemen' en databases die in staat zijn ruwe gegevens te beheer, te analyseren en te voeden in het besluitvormingsproces. In de afgelopen decennia is de rol van informatie bij de ondersteuning van de besluitvorming sterk toegenomen. Door snelle technologische veranderingen zijn meerdere dienstensectoren – waaronder drinkwatervoorziening – getransformeerd tot datarijke omgevingen, waar managers steeds meer dienen te handelen, evalueren en besluiten o.b.v. informatiesystemen (Kitchin 2014; McAfee et al. 2012).
- Het ontwikkelen van achterliggende rekenmodellen die het systeem nabootsen. In de afgelopen decennia zijn rekenmodellen met bijbehorende 'Management Information Systemen' en databases steeds meer gebruikt worden voor de ondersteuning van allerlei beslissingen. Vaak kunnen er met deze tools verschillende toekomstscenario's worden gedefinieerd waarmee m.b.v. digitale simulaties en visualisaties verschillende keuzes kunnen worden doorberekend en geanalyseerd om zo tot weloverwogen beslissingen te komen (Doukas en Nikas 2020; Power en Sharda 2007). Dit betekent dat beslissingsondersteunende tools voor tactisch-strategische keuzes geen routinematige doorberekeningen en simulaties zijn maar dat dit type tools ingezet kan worden in een voortdurende interactie tussen de gebruiker en verschillende computersystemen die complex, ongestructureerd of verkennend van karakter kunnen zijn (Bonczek et al. 1980).

Belangrijk aandachtspunten bij de keuze voor een beslissingsondersteunende tool zijn de contextafhankelijkheid, de technologische mogelijkheden en de informatiebeschikbaarheid. Contextafhankelijk houdt in dat de achtergrondmodellen die worden gebruikt voor de beslissingsondersteunende tool afhankelijk zijn van het toepassingsgebied. Dit kan variëren van zeer specifieke modellen voor operationele processen tot abstracte

concepten voor geïntegreerde en strategische modellering (zie ook hoofdstuk 4). De (snel ontwikkelende) technologische mogelijkheden in software en hardware zijn bepalend voor de kwaliteit van verschillende analyses, simulaties en optimalisatie algoritmen (Power en Sharda 2007). Om deze reden zijn beslissingsondersteunende tools voortdurend onderhevig aan veranderingen op het gebied van modelontwikkeling en informatiebeschikbaarheid. Tot slot, de toenemende beschikbaarheid van data (o.a. door de inzet van sensoren) voor beslissingsondersteunende tools leidt ertoe dat er steeds meer aandacht nodig is om deze data te bewerken, te waarderen en te valideren. Er is een duidelijke afweging nodig tussen wat enerzijds technisch mogelijk is en anderzijds wat haalbaar en redelijk is wat betreft de informatievoorziening. De ontwikkeling van tools moet dus goed worden afgestemd met de beschikbare informatie of de inspanningen die redelijkerwijs geleverd kunnen en willen worden om de benodigde informatie te verkrijgen (kosten-baten analyse). Voor integraal assetmanagement kan geconstateerd worden dat informatiebeschikbaarheid relatief laag is en het aanzienlijke investeringen vraagt om de informatiebeschikbaarheid te verhogen. In deze ontbreekt het in veel gevallen aan voldoende gestandaardiseerde datakwaliteitsprotocollen om de stap te zetten van simpele naar meer geavanceerde modellen ter ondersteuning van beslissingen.

Hoewel de informatiebeschikbaarheid binnen integraal assetmanagement de toepassing van uitgebreidere modellen (zoals digital twins) beperkt, bieden serious games mogelijkheden om integrale assetmanagementbeslissingen beter te ondersteunen. Het grote voordeel van een serious game is dat niet alle elementen dezelfde mate van empirische onderbouwing nodig hebben. Dit betekent dat er minder informatie nodig is om meer uitgewerkte en integrale beslissingsondersteunende tools te ontwikkelen (Sušnik et al. 2018). Ook betekent dit dat een serious game beter (dan een simulatiemodel) kan omgaan met een ongelijke mate van informatiebeschikbaarheid binnen de verschillende assetgroepen. Een ander kenmerk van serious games is dat ze relatief flexibel zijn in het combineren van verschillende modellen en tools. Op deze manier biedt dit type tool dus belangrijke mogelijkheden om abstracte transformaties zoals bijvoorbeeld veranderende wetgeving te kunnen vertalen naar concrete gevolgen en afwegingen die zorgen voor een beter onderbouwde en gestructureerde strategie. Macchi et al. (2018) constateert ook dat complexe simulatietools om een grote hoeveelheid data vragen die verzameld moet worden uit een veelvoud van systemen en dat dit er in de praktijk vaak toe leidt dat deze beslissingsondersteunende tools onvoldoende kunnen worden toegepast. Savic et al. (2016) geeft daarom aan dat serious games geschikter zijn voor de integrale afweging van tactisch-strategische vraagstukken dan beslissingsondersteunende tools die zich richten op één of enkele aspecten van assetmanagement.

Tot slot, kan er o.b.v. de beschikbare literatuur geconcludeerd worden dat in de ontwikkeling van simulatiemodellen vaak meerdere uitgebreide ontwikkelingscycli moeten worden uitgevoerd. Deze modellen zijn vaak gericht op één domein en zijn vaak niet ontworpen voor het gebruik in serious games. Toch kunnen deze modellen met de nodige aanpassingen vaak wel geïntegreerd worden in serious game benaderingen (Savic et al. 2016). Wederom speelt de informatiebeschikbaarheid of de benodigde inspanningen om deze informatie te krijgen een belangrijke rol.

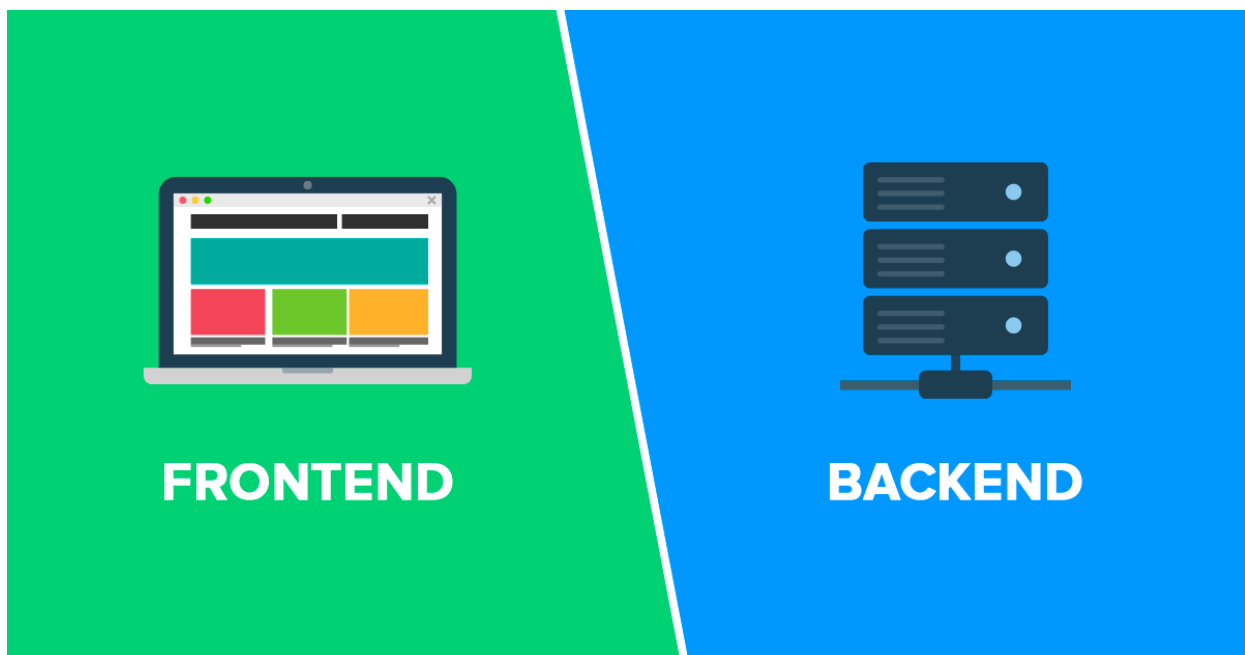
### 3.4 Technologieën in bestaande Serious Games

Serious games zijn per definitie complexe structuren waarmee de gebruiker door spelervaring vaardigheden aanleert of nieuwe inzichten ontwikkelt over de complexiteit en onderliggende dynamiek van bestaande systemen. Hierin is de spelomgeving een vereenvoudiging van de werkelijkheid die als rekenregels in een simulatiemodel worden weergegeven. Tegelijkertijd zijn digitale serious games **softwareproducten** die gebruik maken van hardware systemen en technologieën om de gebruikerservaring te optimaliseren. Deze paragraaf richt zich vooral op de hardware systemen en technologieën die worden gebruikt in bestaande serious games. Dit zijn de bouwstenen die ingekapseld zijn in een softwareproduct zoals een serious game. Vanzelfsprekend ligt de focus nu op serious games die grotendeels bestaan uit software-elementen. Daarmee worden bordspellen (zonder digitale componenten)

buiten beschouwing gelaten<sup>3</sup>. Aangezien we hier serious games beschouwen als softwareproducten, is de eerste stap bij het identificeren van hun bouwstenen het verkennen van hun softwarearchitectuur, d.w.z. hun generieke template waarop de verschillende softwareproducten zijn gebouwd. Dit wordt gedaan door de softwareproducten als een reeks afzonderlijke modules te beschouwen (in de literatuur ook wel secties genoemd). Daarbij wordt het informaticaprincipe *Separation of Concerns* (SoC) gebruikt (Laplante 2007). Elke *module* behandelt een ander *probleem*. Met een probleem wordt bedoeld: een informatiestroom die zich bezighoudt met verschillende functionele aspecten van de software en van invloed is op de manier waarop een programma wordt gecodeerd. Modulaire softwarearchitecturen kunnen indien nodig in complexiteit toenemen. De meeste softwarearchitecturen maken echter een fundamenteel onderscheid tussen twee informatielagen (Noskov en Zipf 2018; zie ook Figuur 4):

1. **Frontend:** de presentatie laag, d.w.z. de spelelementen die informatie aan de gebruiker tonen.
2. **Backend:** de laag voor gegevenstoegang en -manipulatie, die de acties groepeerd die nodig zijn om software-informatie efficiënt op te slaan en op te halen, en deze informatie te analyseren en te manipuleren voordat deze aan de gebruiker wordt gepresenteerd. De backend betreft dus de fysieke infrastructuur (hardware) module.

Softwareproducten kunnen een complexere architectuur hebben waarin er meer lagen zitten tussen de hardware-engine en de eindgebruiker. Vaak betreft het bij deze architectuur een complexere variant van dezelfde fundamentele frontend-backend structuur. De frontend houdt zich voornamelijk bezig met de presentatie van gegevens in een gebruiksvriendelijke interface, terwijl de backend meestal voor de gebruiker verborgen is en zich voornamelijk bezig houdt met computertaken, opslag van gegevens en data-analyse.



**Figuur 4** Het frontend-backend ontwerpkader. De frontend haalt gegevens op van en presenteert informatie aan de gebruiker. De backend werkt achter de schermen om gegevens te analyseren, te berekenen en te laden. Allemaal zaken waar de gebruiker niet expliciet mee bezig is (Bron: <https://future-era.solutions/posts/frontend-vs-backend>).

<sup>3</sup> Bordspellen maken ook gebruik van (conceptuele en fysieke) bouwstenen voor hun ontwerp, maar gebruiken geen softwaretechnologie. Ze vertrouwen dus op concepten die geen verband houden met hydroinformatica en daarmee de bevindingen in deze fase.



Digitale serious games volgen over het algemeen dezelfde aanpak. Ongeacht de ontwerpkeuze of gebruik van technologieën hebben ze allemaal - expliciet of impliciet - een frontend-module die de gebruikersinterface presenteert en een backend dat zaken doet zoals modelberekeningen, datamanipulatie en opslag. Minder complexe serious games gebruiken voor beide modules dezelfde technologie. Complexere serious games gebruiken verschillende platforms en technologieën voor elke module, om op deze manier optimaal te profiteren van verschillende technologieën die bijvoorbeeld meer uitgebreide simulatiemodellering of een gebruikersvriendelijkere frontend mogelijk maken. In termen van de belangrijkste functionele eigenschappen, heeft het backend-frontend architectuur een duidelijke taakverdeling, namelijk:

- de **frontend** omvat alle interface-aspecten, zoals het visualiseren van invoer- en uitvoergegevens, het verkrijgen van informatie van de gebruiker, evenals het presenteren van resultaten van de spelberekeningen en simulatie.
- de **backend** behandelt functionele aspecten die 'onder de motorkap' nodig zijn, zoals de opslag en manipulatie van data en de simulatie-capaciteit. De gebruiker hoeft geen details over deze taken te weten, ook al zijn ze essentieel voor het spelen van de serious game.

Een duidelijke verdeling van backend- en frontend-modules maakt het mogelijk om specialistische softwaretechnologieën te gebruiken die uitblinken in een van de twee. Interface programmeertalen zoals CSS en JavaScript worden bijvoorbeeld meestal gebruikt voor frontend-ontwikkeling, terwijl andere talen (C, C ++, SQL) typisch voor backend-functies worden gebruikt. Er zijn ook programmeertalen die kunnen worden gebruikt op zowel backend- als frontend-niveau (bijvoorbeeld Python en Libraries).

### 3.5 Ervaringen met vergelijkbare simulatie modellen

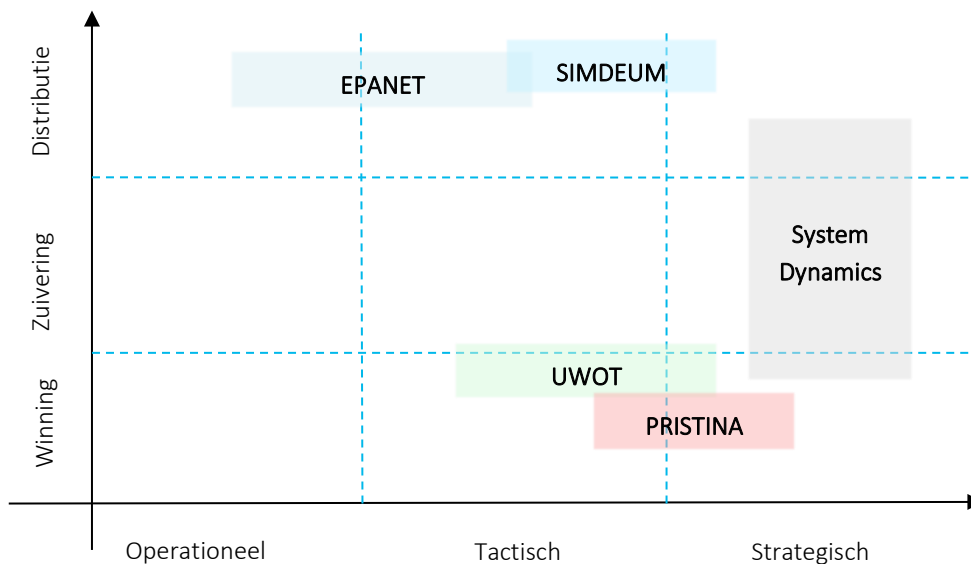
Door KWR zijn meerdere modellen toegepast waar lessen uit zijn te leren voor wat betreft de ontwikkeling van een serious game zoals bedoeld in dit project. Een overzicht van deze tools en hun karakteristieken zoals de mate van complexiteit en databehoeften zijn gegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Voorbeelden van beslissingsondersteunende modellen, hun modelcomplexiteit, databenodigheden en karakteristieken.

Tool Naam	Model-complexiteit	Databenodigheden	karakteristieken
EPANET	Medium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Network Topologie</li> <li>• Functionele informatie per element (klepduiker operationalisering, leiding dimensionering, inrichting nodes et cetera.)</li> </ul>	Beperkt zicht tot het distributiesysteem.
SIMDEUM	Low	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demografie (huishoudens)</li> <li>• Gebruikersfrequenties (automatisch verkregen)</li> </ul>	Beperkte modellering van de huishoudelijke watervraag m.b.t. de Nederlandse demografie.
UWOT	Medium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Network Topologie</li> <li>• Basale informatie gebruiksfuncties per element (verwijdering/handelingssnelheid, leidingcapaciteit, eigenschappen huishoudens et cetera)</li> </ul>	Generiek model voor gedecentraliseerd watermanagement.
PRISTINA	High	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Network Topologie.</li> <li>• Functionele informatie per element in netwerk.</li> <li>• Klimaatdata (automatisch verkregen).</li> </ul>	Vooral gebruikt voor scenario-planning van drinkwatersystemen.
System Dynamics	Low-High	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptualisatie van interacties van verschillende elementen in het system.</li> <li>• Conditieveranderingen, basisvoorraden- en stromen.</li> </ul>	Hangt af van de complexiteit van de toepassingscasus.

De in Tabel 4 opgenomen modellen zijn in Figuur 5 gepositioneerd over twee assen, te weten hun toepassingsgebied voor ondersteuning per niveau in de organisatie (strategisch, tactisch en operationeel) en per discipline (winning, zuivering en distributie). De indeling over de niveaus in de organisatie zijn gebaseerd op de volgende indeling:

- **Strategisch:** modellen die zich richten op organisatiedoelen, een veranderende toekomst en stakeholderwensen en systeemveranderingen. De typische planningshorizon bedraagt 5 tot 50 jaar. Er is een oriëntatie op een globaal systeem in een veranderende omgeving.
- **Tactisch:** modellen die zich richten op onderdelen van het assetsysteem en bijbehorende maatregelen binnen opgegeven randvoorwaarden. De typische planningshorizon bedraagt 3 tot 10 jaar. Er is een oriëntatie op het gedrag van een gedetailleerd systeem in een min of meer bekende omgeving.
- **Operationeel:** modellen die zich richten op hoe de voorgestelde maatregelen optimaal kunnen worden uitgevoerd. De typische planningshorizon bedraagt 1 tot 2 jaar. Er is een oriëntatie op het zo efficiënt uitvoeren van maatregelen om het systeem in stand te houden.



*Figuur 5* Overzicht beslissingsondersteunende tools die KWR momenteel toepast die zich meer richten op het raakvlak van verschillende assetgroepen.

O.b.v. toepassing van deze modellen (tools) in diverse onderzoeken zijn drie lessen te trekken:

1. De meeste tools richten zich voornamelijk op één specifiek domein van het assetsysteem. Dat gebeurt door context specifieke wiskundige concepten en algoritmen toe te passen. EPANET richt zich bijvoorbeeld uitsluitend op de assetgroep distributie en kan voor zowel operationele als tactische vraagstukken worden gebruikt. De meeste tools kunnen afhankelijk van de beschikbaarheid van data en andere parameters worden toegepast om operationele, tactische of strategische problemen op te lossen. Zoals eerder geconstateerd, is er op dit moment geen beslissingsondersteunende tool die zich uitdrukkelijk richt op de integrale afweging van de assetgroepen winning, zuivering en distributie.
2. Geen van de tools combineert de verschillende tijdspectieven van operationeel, tactisch en strategisch processen. Dit duidt misschien op een discrepantie van definities en taal tussen de verschillende disciplines. Ook laat het zien hoe de informatiebehoefte verschilt. Op operationeel gebied is vooral actuele informatie nodig voor dagelijkse beslissingen terwijl strategische evaluaties vooral beknopte, geaggregeerde informatie nodig heeft die is opgebouwd over meerdere jaren (of wordt berekend o.b.v. verwachtingen over meerdere jaren). Zo kunnen

operationele data alleen tactische en strategische beslissingen ondersteunen als deze op consistente wijze geaggregeerd kunnen worden in KPI's. Dit geldt ook andersom, strategische informatie moet ook weer goed worden uitgesplitst naar verschillende tactische en operationele processen.

3. Tools voor tactische en vooral strategische beslissingen zijn abstracter. Zo beschikt het UWOT model over meerdere vereenvoudigde bron- en zuiveringsprocessen en richt het zich vooral op de optimalisatie van het tactisch-strategische ontwerp van decentrale technologieën in stedelijke watersystemen (Makropoulos et al. 2008). Het PRISTINA model is een uitbreiding van het UWOT model als het gaat om de evaluatie van waterbronnen onder verschillende klimaatscenario's. Meer abstracte tools zoals System Dynamics, kunnen op alle domeinen worden toegepast en zijn bijvoorbeeld geschikt voor NEXUS modelbenaderingen die zich richten op strategische afwegingen. Dit leidt echter wel tot een vergaande versimpeling van de veelvoud en complexiteit van deze systemen.

### 3.6 Synthese

In paragraaf 2.6 is een overzicht gegeven van aspecten waarmee rekening gehouden moet worden bij de ontwikkeling van een tool voor de verbetering van de wisselwerking tussen het strategisch en tactisch niveau met het oog op assetmanagementbesluitvorming. In dit hoofdstuk zijn serious games en hun toepassing verder verkend, waarbij ook een vergelijking is gemaakt tussen serious games en meer gedetailleerde simulatiemodellen. Vanwege de complexiteit van de geïntegreerde besluitvormingsprocessen en de bijbehorende databehoeftes en onzekerheden, is het gamificeren van verschillende beslissingsdilemma's een logische ontwikkelingsrichting. Een spelbenadering is eenvoudiger dan een simulatiemodel en leent zich daarom vrij goed om complexe besluiten te ondersteunen en al lerende de tool te verbeteren o.b.v. ervaringen en nieuwe data. Het grote voordeel van deze benadering is dat de informatiebehoefte relatief klein is. Om deze reden achten wij het gebruik van een serious game de beste werkwijze om te komen tot de projectdoelstelling, namelijk het ondersteunen van de wisselwerking tussen het strategisch en tactisch niveau voor assetbesluitvorming.

Het lerende effect dat hierboven wordt genoemd vraagt om een cyclische benadering waarbij in meerdere ontwikkelstappen naar een eindproduct gewerkt kan worden. Vanuit het principe van 'al doende leren' zal daarbij stapsgewijs worden besloten welke vervolgstappen er noodzakelijk/mogelijk zijn. Hierbij is het vooraf niet te definiëren welke uitwerking en mate van detaillering het eindproduct zal hebben. Deze wijze van benadering is weergegeven in Figuur 6, waarin het cyclische proces is vergeleken met een lineair proces. Bij dat laatste wordt gewerkt o.b.v. een uitgewerkt plan waarin vooraf alle specificaties zijn vastgelegd.





Figuur 6 Conceptueel verschil tussen een lineaire (links) en cyclisch (rechts) ontwikkelproces.

Bovengenoemde cyclische werkwijze biedt de gelegenheid om eenvoudig te beginnen met het opstellen van een bordspel, waarmee ervaring kan worden verkregen over de opzet, dynamiek en uitwerking van het spel. Nadat hier meer ervaring is opgedaan kan in een verdere fase besloten worden om delen te digitaliseren en daarmee het leereffect meer concreet en dynamisch te maken.

## 4 Uitwerking technische basis serious games

### 4.1 Technische aspecten van een serious game

Er is een inventarisatie uitgevoerd door het bestuderen van literatuur over de toepassing van serious games binnen de watersector. Deze inventarisatie had betrekking op de technologische middelen die gehanteerd worden voor de opzet van een (semi-) digitale serious game. De focus lag hierbij op het identificeren van software elementen die als bouwstenen kunnen dienen voor een nieuw te ontwikkelen serious game. Voor de verdere uitwerking wordt verwezen naar Bijlage I. De geïdentificeerde bouwstenen zijn beschouwd o.b.v. een referentiekader dat de belangrijkste eigenschappen beschrijft. De technische analyse maakt het mogelijk conclusies te trekken over veel voorkomende toepassingen, technologieën en templates van digitale serious games. In onderstaande punten zijn praktische algemene lessen geformuleerd voor toekomstige BTO-projecten en voor voorliggend project.

1. Er bestaat een grote diversiteit in de structuur en toegepaste technologieën van digitale serious games. Dit varieert van zeer eenvoudige structuren tot complexe schema's met speciale modellen die zijn ontwikkeld om de gebruikservaring d.m.v. gedetailleerde simulatie te verbeteren. Laucelli et al. (2015) hebben bijvoorbeeld een serious game ontwikkeld met een eenvoudig hydraulisch model gebouwd in Microsoft Excel en met menu's ontwikkeld in Visual Basic (VBA). Aan de andere zijde van het spectrum gebruikt het Sim4Nexus project zijn eigen uitgebreide simulatie-engines, die special hiervoor zijn ontwikkeld (Lapidou et al. 2020).
2. Ondanks de grote diversiteit aan gebruikte software structuren en technologieën blijft het onderscheid tussen frontend en backend goed herkenbaar. De meer complexe software toepassingen van serious games lijken door de gehanteerde opzet en complexiteit minder geschikt voor de meer eenvoudige toepassingen in water gerelateerde vraagstukken.
3. Digitale serious games voor watervraagstukken gebruiken doorgaans een simulatiemodel als onderdeel van hun backend (naast de gebruikelijke functies voor gegevensverwerking –en opslag). Een simulatie kan meer informatie genereren voor de eindgebruiker en kan de werkelijkheid met een hoge mate van nauwkeurigheid nabootsen. Het model varieert in complexiteit, variërend van eenvoudige analytische modellen (gemodelleerd m.b.v. programmeertalen zoals Python, of met gebruik van spreadsheetsoftware zoals Microsoft Excel) tot meer geavanceerde softwareproducten die geavanceerde hydraulische of watersysteem modellen hanteren. De serious game kan een verlengde zijn van reeds bestaande beslissingsondersteunende tools. De meeste onderzochte backend-simulatiemodellen bleken niet publiek toegankelijk of zijn voor hun ontwikkeling afhankelijk van commerciële (niet publiek toegankelijke) producten.
4. Digitale serious games voor watervraagstukken worden vooral gebruikt als ondersteuning bij beleidsoptimalisaties en de verkenning van geïntegreerde watermanagementproblemen. Multidisciplinaire toepassingen (zoals water-energie-voedsel Nexus serious games) komen minder vaak voor, maar worden de laatste jaren steeds populairder. Er zijn ook serious games voor analyses van watervoorzieningsnetwerken, zoals voor vraagstukken bij het ontwerp, beheer of optimalisatie. Verder zijn er toepassingen van serious games ontwikkeld voor vraagstukken als droogtebeheer, rivierbeheer en overstromingsrisicobeheer. In Figuur 7 is een visualisatie gegeven van de thematische tags voor toepassingsgebieden van de bestudeerde digitale serious game in de vorm van een Word Cloud (zie de database in Bijlage O).



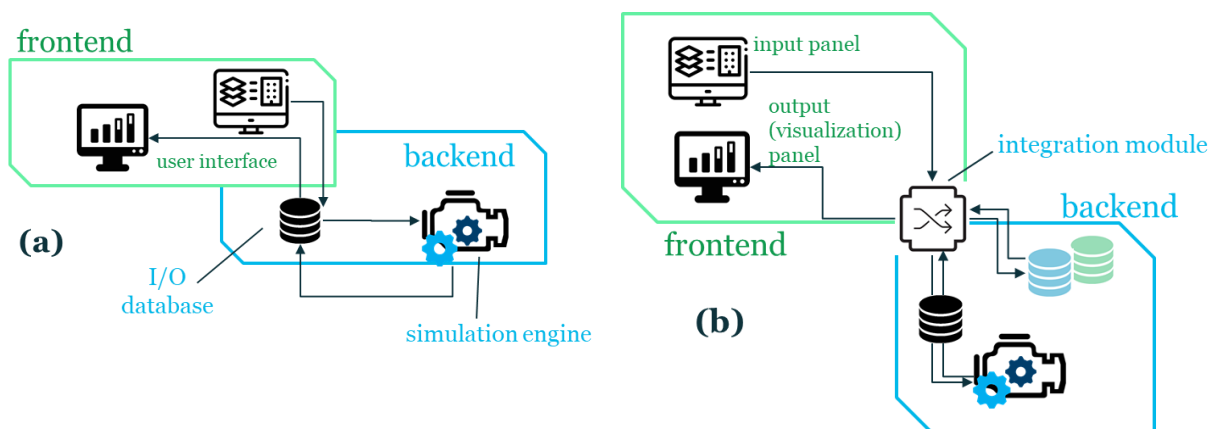
*Figuur 7:* Een Word Cloud van de thematische tags voor de doelen zoals genoemd in de database, zie Bijlage I.

5. Diverse onderzochte serious games (bijvoorbeeld serious games in het ontwerp van waterdistributienetwerken of overstromingsrisicobeheer) maken gebruik van reeds bestaande fysieke hydraulische of overstromingsmodellen (Khoury et al. 2018; Laucelli et al. 2015; Morley et al. 2017). Het meest gebruikte hydraulische model in deze analyse is EPANET dat door meerdere projecten wordt gebruikt als de backend-simulatie-engine. Er zijn ook multidisciplinaire games die gebruik maken van aangepaste modellen die zijn ontwikkeld o.b.v. de methodologie van System Dynamics (Laspidou et al. 2020). De diversiteit laat zien dat kant-en-klare recepten niet al bestaan, als het gaat om beslissingsondersteunende software van multidisciplinaire problemen. Voor de toepassing in voorliggend project zullen de ontwerpers van digitale serious game daarom een specifieke simulatie-engine moeten ontwerpen.
6. Met betrekking tot integrale assetmanagement besluitvorming wordt geconstateerd dat diverse tools betrekking hebben op specifieke onderdelen van het systeem. Omdat integraal assetmanagement zich richt op meerdere assetgroepen, en bij voorkeur op tactisch-strategisch niveau, dient beslissingsondersteuning d.m.v. een serious game als een multidisciplinair vraagstuk te worden beschouwd. Hierbij moeten verschillende systeemonderdelen met elkaar worden verbonden (bijv. winning, zuivering en distributie), diverse groepen belanghebbenden worden samengebracht en rekening worden gehouden met externe systeemeffecten zoals klimaatverandering, veranderingen in de samenleving of klantgedrag.
7. In veel projecten zijn gespecialiseerde frontend-ontwikkelpatforms gebruikt om interfaces op te zetten. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik van het JavaScript-platform (API) WebGL (Angel en Shreiner 2014) om 2D- en 3D-omgevingen voor serious games te ontwerpen. Ook de game-visualisatieprogrammering Unity Engine wordt veel gebruikt voor commerciële (serious) games (Kucera et al. 2018).
8. Zoals uitgelegd in Bijlage I, bestaan er verschillende technologieën en programmeertalen voor de ontwikkeling van de backend en frontend. Dit blijkt ook uit de analyse van serious game software en technologieën. Voor de ontwikkeling van de backend wordt doorgaans gebruik gemaakt van de programmeertaal die aansluit bij de ontwikkeling van de simulatie-engine. Enkele voorbeeldtalen hiervan zijn C - de taal van EPANET (Rossman 2000), Python en Julia. De ontwikkeling van de frontend is doorgaans afhankelijk van computertalen die goed passen bij browserinstellingen en meerdere online platforms, zoals HTML, CSS en JavaScript met zijn bibliotheken (bijv. WebGL).

## 4.2 Een generieke opzet voor digitale serious games

Voortbouwend op bovenstaande lessen is in deze paragraaf een voorstel uitgewerkt voor een generieke opzet (template) van software voor digitale serious games. Deze template is contextonafhankelijk en toepasbaar in meerdere projecten met sterk verschillende spelinhoud. Door te werken met een generieke opzet, is het mogelijk kennis gericht op te bouwen en componenten te hergebruiken.

- De serious game heeft specifieke functies om gegevens op te slaan en te verwerken, gebruikersinformatie te visualiseren en de game-output weer te geven. Het spel kan ook een simulatiemodel bevatten (of een ander analytisch model dat is gecodeerd in een programmeertaal) om de spelresultaten te produceren.
- De architectuur van een serious game is gebaseerd op het principe backend-frontend, zie Figuur 8.



*Figuur 8* Overzicht van de twee voorgestelde generieke templates met een backend-frontend principe. (a) toont de eenvoudige template. (b) toont de geavanceerde template die meerdere informatiebronnen combineert en backend- en frontend-functies reguleert via een integratiemodule.

De twee templates die Figuur 8 schetst zijn gebaseerd op de backend-frontend structuur. De eenvoudige template (Figuur 8 a) heeft de volgende functies:

1. Gegevens die door de gebruiker worden ingevoerd worden m.b.v. de frontend's gebruikersinterface doorgestuurd naar de backend.
2. Deze informatie, samen met mogelijke metadata (bijvoorbeeld het tijdstip en tijdsduur van een spelsessie, het aantal spelers, het besturingssysteem) wordt vervolgens opgeslagen in de backend. Gegevensopslag dient een (eenvoudige) relationele databasestructuur te volgen, zoals SQLite or MySQL.
3. In de backend kan deze informatie vervolgens worden gelezen vanuit de simulatie-engine. Dit kan een eenvoudig script of analytisch model zijn. Er bestaan ook uitgebreidere op zichzelf staande modellen, zoals in de backend-tabel van Bijlage I. De simulatie-engine produceert vervolgens gegevens, die ook in dezelfde database wordt opgeslagen (en dus dezelfde format hebben).
4. Ten slotte wordt de informatie van de database opgevraagd, geanalyseerd en omgezet om zo belangrijke functionaliteiten zoals grafieken of een dashboard te kunnen vullen. Dezelfde informatie kan ook gebruikt worden om de spelscore te berekenen. Deze informatie wordt via de frontend teruggekoppeld aan de gebruiker.

In deze eenvoudige template verloopt de communicatie met de frontend en backend via de I/O database, die doorgaans deel uitmaakt van de backend. De analyse van de geproduceerde informatie (beschreven in stap 4) kan zowel in de backend (voor grote berekeningen met big data waar rekensnelheid nodig is) als in frontend (voor tussentijdse berekeningen voorafgaand aan visualisatie) worden gedaan. Het voorgestelde eenvoudige template is voldoende voor relatief simpele ontwerpen die geen hoge complexiteit of uitgebreide gegevensbehoeften hebben. In sommige gevallen is er echter een complexere architectuur nodig die bijvoorbeeld meerdere databronnen (niet direct gevuld door de gebruiker, zoals klimaat en / of andere open data) moet combineren voordat de simulatie-engine kan starten of voordat de analyse van de geproduceerde data voltooid kan worden. In dit geval kan het noodzakelijk zijn de communicatie tussen de frontend en backend onderdelen uit te laten voeren door een speciale functie (de integratiemodule). De geavanceerde template kan in dergelijke gevallen worden toegepast (zie Figuur 8b hierboven). In deze template worden dezelfde stappen als eerder beschreven herhaald, gevolgd door de volgende extra stappen.

1. De gegevensstroom tussen de frontend en de backend wordt nu gefilterd en beheerd door de integratiemodule. Dit is speciale software die als doel heeft de informatie-uitwisseling tussen verschillende componenten sneller en eenvoudiger te maken en zo de integratie tussen verschillende (interne en externe) databases mogelijk te maken. De integratiemodule kan bij de frontend of backend horen, afhankelijk van de gebruikte programmeertaal, de analyses die moeten worden uitgevoerd en de hoeveelheid gegevens die moet worden samengebracht.
2. Aanvullende externe (online en offline) databases worden door de integratiemodule in de backend verwerkt, zonder deze informatie aan de gebruiker te tonen. De module behandelt ook signalen van en naar de simulatie-engine en slaat de informatie op in de reguliere I / O-database.
3. Het gebruik van deze module maakt analyses op meerdere niveaus mogelijk, die door die eenheid zelf worden uitgevoerd. Deze analyses hebben niet alleen betrekking op de output (om deze aan de gebruiker te tonen), maar bieden ook de mogelijkheid om opeenvolgende beslissingen van de gebruiker te verwerken. Hiermee is het mogelijk om gedragspatronen van de gebruiker te herkennen, optimale beleidsmaatregelen of tips te kunnen aanbieden of voor het ontwikkelen van nieuwe kennis o.b.v. verschillende gebruikers die het spel gespeeld hebben.

Het geavanceerde template is geïnspireerd op de structuur van meer complexe softwareproducten zoals Sim4Nexus (Sušnik et al. 2018), die een vergelijkbare template gebruiken. Sim4Nexus maakt bijvoorbeeld gebruik van een integratiemodule met de naam Knowledge Elicitation Engine (KEE). De KEE integreert gebruikersstrategieën en beslissingen over meerdere schalen. Ook analyseert KEE informatie m.b.v. reguliere analyses en machine learning methoden. Op deze manier kan er kennis worden verkregen van bekende gebruikersbeslissingen en nog onontdekte relaties tussen de verschillende Nexus onderdelen (Sušnik et al. 2018). Bovendien doet de KEE aanbevelingen aan de gebruikers van serieuze games waarbij rekening wordt gehouden met de huidige status van de serious game en eerdere ervaringen.

## 5 Bepaling van eigenschappen besluitvormingstool

### 5.1 Inleiding

D.m.v. interviews met drinkwaterbedrijven en digitale werksessies met de projectgroep is geïnventariseerd wat de doelgroep, aard, functionele eisen en leerdoelen van de integrale besluitvormingstool moeten zijn. In afstemming met de projectgroep is een eerste voorstel voor afbakening van de tool uitgevoerd. Allereerst is gesproken over de mogelijke doelen van een integrale besluitvormingstool. De tool moet:

- interactie tussen deelnemers stimuleren;
- winning, zuivering en distributie integraal benaderen;
- het perspectief van assetmanagement centraal stellen;
- in eerste instantie gericht zijn op deelnemers van de drinkwaterbedrijven.

Daarnaast is gesproken over randvoorwaarden, namelijk:

- geen ontwerp spel (vanuit een groene weide situatie);
- een centrale thematiek van een verouderend systeem in toekomstige scenario's;
- moet scoringsopties voor prestatie, risico's en kosten bevatten;
- bevat verkenning van nieuwe, toekomstgerichte scoringsopties;
- combineert digitaal/online en fysiek/offline elementen.

Ten slotte is een voorzet gedaan voor elementen van de tool die in de interviews verder zijn besproken, zie Tabel 5.

Tabel 5 Elementen van een serious game.

Scenario's	Onderhandeling	Veranderende doelen
Laat deelnemers op strategisch en tactisch niveau keuzes maken t.a.v. assetmanagement, onder invloed van uitdagende toekomst-scenario's	Deelnemers op strategisch en tactisch niveau moeten d.m.v. onderhandelen en beslissen, gezamenlijk werken aan een gemeenschappelijk doel en iedere speler werkt aan een individueel doel	Deelnemers moeten op tactisch en strategisch niveau invulling geven aan nieuwe doelen voor assetmanagement, zoals circulariteit, duurzaamheid en klimaatadaptatie

Deze onderwerpen zijn vervolgens verder besproken in de interviews met medewerkers van waterbedrijven:

- Bart Jacobs, Vitens
- Bernard Enthoven, Waterbedrijf Groningen
- Dirk van der Woerdt, WLN
- Geert Linssen, WML
- Arne Bosch, Waternet
- Roel Diemel, Brabant Water
- Gisele Peleman, De Watergroep
- Wim Corthouts, De Watergroep

In de volgende paragrafen worden per thema de inzichten uit de interviews besproken.

## 5.2 Doelgroep

Bij het bepalen van de doelgroep gaat het in eerste instantie om de vraag wie de toekomstige gebruikers van de tool gaan zijn. Aangezien de eerste doelstelling van het project is om richting een tool te gaan die 'geschikt is voor integrale tactisch-strategische besluitvorming', ligt het voor de hand om in ieder geval medewerkers in een tactische en strategische rol in het assetmanagement met de tool te laten werken. In een aantal gevallen werd de driedeling *asset owner*, *assetmanager*, *asset user* voorgesteld. Sommigen stelden verbreding binnen het waterbedrijf voor, bijvoorbeeld om ook managers van andere afdelingen en het managementteam de tool te laten gebruiken. Dit heeft dan vooral als doel hebben om inzicht te krijgen in de afwegingen die gemaakt worden bij het nemen van besluiten over assets. Ten slotte werd geopperd om ook externe stakeholders als gebruiker te betrekken om begrip te kweken voor het soort afwegingen waar een drinkwaterbedrijf voor staat.

Voor tools die zijn gericht op onderhandeling of simulatie van een besluitvormingsproces is onder de noemer 'doelgroep' ook gesproken welke rollen in de tool vertegenwoordigd zouden moeten worden. De gebruiker van de tool kruipt in zo'n geval in de huid van een bepaalde rol en maakt in die hoedanigheid keuzes, of een rol wordt door de tool zelf ingevuld. Hier werd een breed scala aan mogelijke rollen genoemd, waarbij het erom gaat de belangen, perspectief of keuzes van deze groepen op één of andere manier in de tool worden verwerkt. Genoemde rollen zijn:

- aandeelhouders;
- industriële klanten;
- waterschappen;
- natuurbeheerders;
- klanten;
- vergunningsverlener;
- belangverenigingen;
- medewerkers waterbedrijf;
- omgevingsmanagers;
- planvormers;
- gemeenten;
- raad van commissarissen.

Er is in de interviews nadere aandacht besteed aan de invulling van de strategische en de tactische rol. De strategische rol (*asset owner*) bevindt zich op het niveau van directie/MT en aandeelhouders en raad van commissarissen. Deze rol heeft een beeld van de omgeving en de ontwikkelingen op provinciaal, landelijk en Europees niveau. Het centrale doel dat altijd voor ogen moet blijven op dit niveau is het zekerstellen van de drinkwaterwinning, -zuivering en de distributie op de lange termijn.

Voor de strategische rol is de startsituatie erg belangrijk: wat is de huidige dekkingsgraad en hoe wordt die beïnvloed door mogelijke toekomstscenario's. Maar op dit niveau moeten ook andere strategische doelen in ogenschouw worden genomen, zoals het verlagen van de CO<sub>2</sub> voetafdruk. De *asset owner* moet een weging maken tussen deze doelen. De strategische rol is goed in bestuurlijke zaken en heeft minder oog voor de technische details. De strategische rol heeft de beschikking over een gelimiteerd budget om de doelen te realiseren, tenzij de drinkwatervoorziening in gevaar komt, dan mag verwacht worden dat het budget verruimd wordt.

De tactische rol heeft als taak het vertalen van doelen en beleid naar oplossingen op het niveau van bijvoorbeeld winningen, zuiveringsstations of het leidingnet. Dat gaat in nauwe afstemming met het operationele niveau dat de opgedragen activiteiten daadwerkelijk zal uitvoeren en ook het meest bekend is met de actuele staat van de assets. O.b.v. de doelen die gesteld zijn op strategisch niveau gaat de tactische rol op zoek naar mogelijke oplossingen.

Daarbij heeft zij te maken met de weerbarstige praktijk. De tactische rol geeft de voor- en nadelen aan van verschillende opties t.a.v. bepaalde randvoorwaarden. Dit voedt de uiteindelijke strategische beslissing.

Dit is een van de manieren waarop de rolverdeling ingevuld kan worden. Uit de interviews blijkt dat er verschillen zijn in hoe de rollen precies zijn ingevuld en hoe de interactie is tussen de rollen. In sommige gevallen is er bijvoorbeeld geen formeel onderscheid tussen de rollen aangebracht of geen formeel proces van interactie tussen de rollen. Ook blijkt dat er in de praktijk wel communicatie is tussen de rollen, maar dat die niet altijd duidelijk is. Er kan ook frustratie ontstaan als men op tactisch niveau met een goede oplossing komt die dan op strategisch niveau wordt afgewezen om redenen die op tactische niveau niet bekend zijn.

Gekozen wordt om het spel in te richten voor de strategische en tactische laag binnen een drinkwaterbedrijf, waarbij ook de perspectieven van eerder genoemde rollen zo veel mogelijk meegenomen worden.

### 5.3 Aard en functionele eisen

In Hoofdstuk 2 en 3 is e.e.a. uitgewerkt over de aard van een integrale besluitvormingstool. Hier zijn twee soorten tools vergeleken:

- simulatietools, die vooral tot doel hebben om voor een specifiek vraagstuk een deelsysteem zo nauwkeurig mogelijk te beschrijven en daarmee een zo nauwkeurig mogelijk voorspelling te maken van het systeemgedrag;
- meer abstracte strategische besluitvorming ondersteunende tools (ook serious games genoemd), die vooral tot doel hebben om het systeem in een abstracte vorm te laten onderwerpen aan verschillende contexten of scenario's.

Gezien de focus van IAM op integrale besluitvorming, past een abstracte strategische besluitvormingstool het best binnen de scope van dit project. Ook uit de interviews komt naar voren dat er behoefte is aan een tool die de interactie tussen verschillende niveaus van assetmanagement (i.e., owners, managers, users) verbetert en die de communicatie tussen die niveaus structureert. De tool moet daarin niet beperkt zijn tot de huidige situatie, maar ook het toekomstperspectief in ogenschouw nemen, bijvoorbeeld door de integratie van toekomstscenario's. Ook wordt genoemd dat het mogelijk moet zijn om eigen analytische instrumenten aan de tool te koppelen, zoals een bedrijfsspecifieke risicomatrix.

In de tool moeten doelen zichtbaar gemaakt worden. Die doelen moeten volgens de geïnterviewden breder zijn dan de kerndoelen van assetmanagement. Dus er moeten ook doelen meegenomen worden die te maken hebben met toekomstige opgaven zoals klimaatverandering en de energietransitie. Voor het behalen van die doelen moeten de gebruikers beschikken over een brede toolbox. Als voorbeeld wordt genoemd dat een drinkwaterbedrijf gewend is om in alle gevallen de volledige drinkwatervraag te leveren, maar wellicht zijn er ook interventies mogelijk aan de vraagzijde bij klanten (zoals waterbesparing). Het verbreden van oplossingen is interessant voor het strategische niveau en geeft het tactische niveau de kans om een breder pallet aan interventies te gebruiken.

### 5.4 Leerdoelen

Het meest genoemde doel door de respondenten is het bij elkaar brengen van asset owners, assetmanagers en asset users. Er wordt genoemd dat assetmanagers en asset owners in 'andere werelden leven' en dat je die werelden bij elkaar moet brengen. Wat bijvoorbeeld soms mist is een koppeling tussen de prestaties van het systeem op strategisch niveau en de vertaling daarvan in keuzes op het gebied van assets. Ook herkent men een gebrek aan communicatie tussen het strategische en het tactische niveau. Een doel van de tool kan zijn om die communicatie



tot stand te brengen of te versterken en inzicht te krijgen in elkaars standpunten en behoeften. Dit alles moet tot doel hebben om de strategische planvorming eenvoudiger en effectiever te maken.

Een tweede doel dat wordt genoemd, is dat de tool mogelijkheden moet bieden om knelpunten en risico's af te wegen en door te rekenen. Het moet discussies structureren over hoe je met een bepaald risico omgaat. Dat kan bestaan uit de duiding van het probleem, hoe het probleem aangepakt kan worden en welke criteria gebruikt kunnen worden om het resultaat te beoordelen. De tool moet het proces om dat probleem op te lossen structureren. In dit verband wordt ook de behoefte genoemd om tot een objectieve prioritering van acties te komen.

Een derde doel is het afwegen van beslissingen voor het hele systeem. Wat betekent een beslissing op het gebied van zuivering voor winning en distributie? Hoe kunnen de afwegingen vervolgens worden gekoppeld aan autonome ontwikkelingen zoals klimaatverandering, bevolkingsgroei en veranderingen in watergebruik? Het moet mogelijk zijn de afwegingen te toetsen aan een uniforme set criteria.

## 6 Sleutelonderdelen en spelontwerp

### 6.1 Algemene beschrijving tool

De tool is in beginsel gericht op medewerkers van drinkwaterbedrijven die betrokken zijn bij assetmanagement, zoals asset owner, assetmanager en asset user. In de opzet van de tool wordt ook rekening gehouden met een mogelijke verbreding van gebruikers naar andere medewerkers van het drinkwaterbedrijf of stakeholders van buiten de organisatie.

De tool heeft als doel om interactie te faciliteren tussen het strategische en tactische niveau van assetmanagement en zo die werelden dichterbij elkaar te brengen. Dat gebeurt o.a. door de gebruikers knelpunten, risico's en doelen tegen elkaar te laten afwegen, zowel op strategisch als op tactisch niveau. Dit stimuleert de interne discussie en maakt dilemma's zichtbaar vanuit de verschillende rollen.

In de tool worden kosten, risico's en prestaties weergegeven en integraal benaderd. Dat betekent dat beslissingen die de gebruikers nemen om bijvoorbeeld kosten te besparen effect hebben op prestaties en risico's en vice versa. De tool neemt daarbij ook de tijdshorizon in beschouwing. Keuzes kunnen een direct effect hebben, maar ook effecten die pas op langere termijn merkbaar zijn. Ook de omgeving waarbinnen de gebruikers interacteren verandert, wat anticipatie en adaptatie door de gebruikers vereist.

Toekomstscenario's spelen een belangrijke rol in het spel. Zij beschrijven de veranderende context waarin de gebruikers opereren en genereren uitdagingen die de gebruikers het hoofd moeten bieden. Toekomstscenario's kunnen gericht zijn op klimaatverandering, energietransitie, toenemende drukte in de ondergrond en veranderingen in watergebruik.

### 6.2 Elementen van de tool

In deze paragraaf beschrijven we de verschillende elementen van de tool. Deze bestaan uit de volgende onderdelen:

- 1 Rollen
- 2 Assets
- 3 Risicomatrix
- 4 Stakeholdermatrix
- 5 Stakeholderkaarten
- 6 Gebeurteniskaarten

#### 6.2.1 Rollen

In de tool worden verschillende rollen onderscheiden, in lijn met de inzichten uit de interviews. Twee rollen kunnen worden ingevuld door de gebruikers, de andere rollen worden ingevuld door de tool. De gebruikers kunnen kiezen uit de rollen:

- Asset owner (strategisch)
- Assetmanager (tactisch)

#### Asset owner (strategisch)

De asset owner opereert op het strategische niveau. Dat betekent dat de asset owner zicht heeft op de basissituatie (dekkingsgraad) en op de doelen en belangen van de verschillende stakeholders. De asset owner heeft als

belangrijkste strategisch doel om de drinkwatervoorziening op de lange termijn zeker te stellen. Daarnaast moet de asset owner de belangen van de verschillende stakeholders in acht nemen en desgewenst vertalen in strategische doelen. De asset owner kan ook geconfronteerd worden met doelen die voortkomen uit een bepaald toekomstscenario, zoals het verlagen van de CO<sub>2</sub> voetafdruk, het realiseren van circulariteit of het stimuleren van waterbesparing bij afnemers. De asset owner beheert het budget en kan dat toewijzen aan de verschillende assetmanagers. In principe is er één asset owner, maar deze rol kan wel door meerdere gebruikers (in overleg) worden ingevuld.

### Assetmanager (tactisch)

De assetmanager opereert op het tactische niveau. Dat betekent dat de assetmanager zicht heeft op de staat van de assets en de directe gevolgen van bepaalde keuzes op het gebied van kosten, risico's en prestaties. De assetmanager heeft als doel om oplossingen te bedenken om de door de asset owner gestelde doelen te realiseren. Daarbij moet de assetmanager rekening houden met de staat van de assets en de eventuele randvoorwaarden gesteld door de asset owner. De assetmanager krijgt o.b.v. haar plannen budget toegekend door de asset owner.

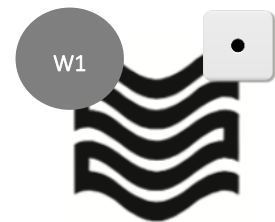
#### 6.2.2 Assets

In de tool wordt onderscheid gemaakt tussen vier typen assets:

- 1 Winning;
- 2 Zuivering;
- 3 Transportleiding;
- 4 Distributienet.

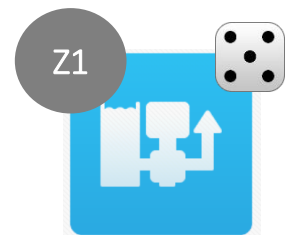
#### Winning (W)

Winningen hebben een capaciteit en een energieverbruik. Er zijn verschillende niveaus van winningen beschikbaar met een hogere capaciteit of een lager energieverbruik of o.b.v. volledig duurzame energie. Het kost geld om een winning aan te passen, te verplaatsen of een nieuwe winning te bouwen. De figuur rechts laat zien hoe een winning wordt weergegeven in de tool. Het rondje linksboven geeft aan welke winning het is en de dobbelsteen rechtsboven laat de huidige staat van de winning zien. Door onderhoud kan de staat worden verbeterd. De capaciteit van een winning kan worden overschreden, maar dat levert puntverlies op bij de vergunningverlener (wordt later toegelicht).



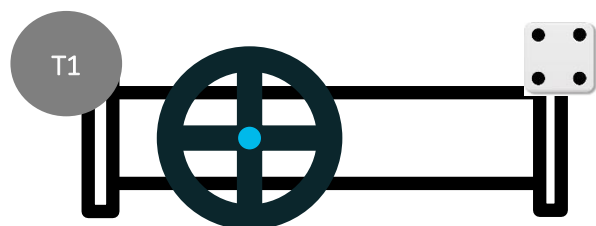
#### Zuivering (Z)

Ook zuiveringen hebben een capaciteit en een energieverbruik, maar daarnaast ook een chemicaliënverbruik. Zuiveringen kunnen aangepast worden om een van deze parameters te veranderen. Er kunnen bijvoorbeeld nieuwe zuiveringstechnieken worden toegepast die het chemicaliënverbruik reduceren. De capaciteit van een zuivering kan niet worden overschreden, maar een zuivering kan wel worden uitgebreid, tegen kosten uiteraard. Ook de zuivering heeft een indicator voor de staat.



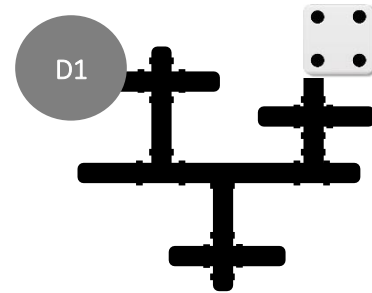
#### Transportleiding (T)

Deze asset vertegenwoordigt de grote leidingen van een drinkwaterbedrijf (transportleidingen). Deze leidingen hebben een maximumcapaciteit. Die capaciteit kan wel worden overschreden, maar dat leidt dan tot verslechtering van de staat van de transportleiding (grotere kans op lekkage) en hoger energiegebruik. Transportleidingen kunnen worden bijgebouwd of vervangen.



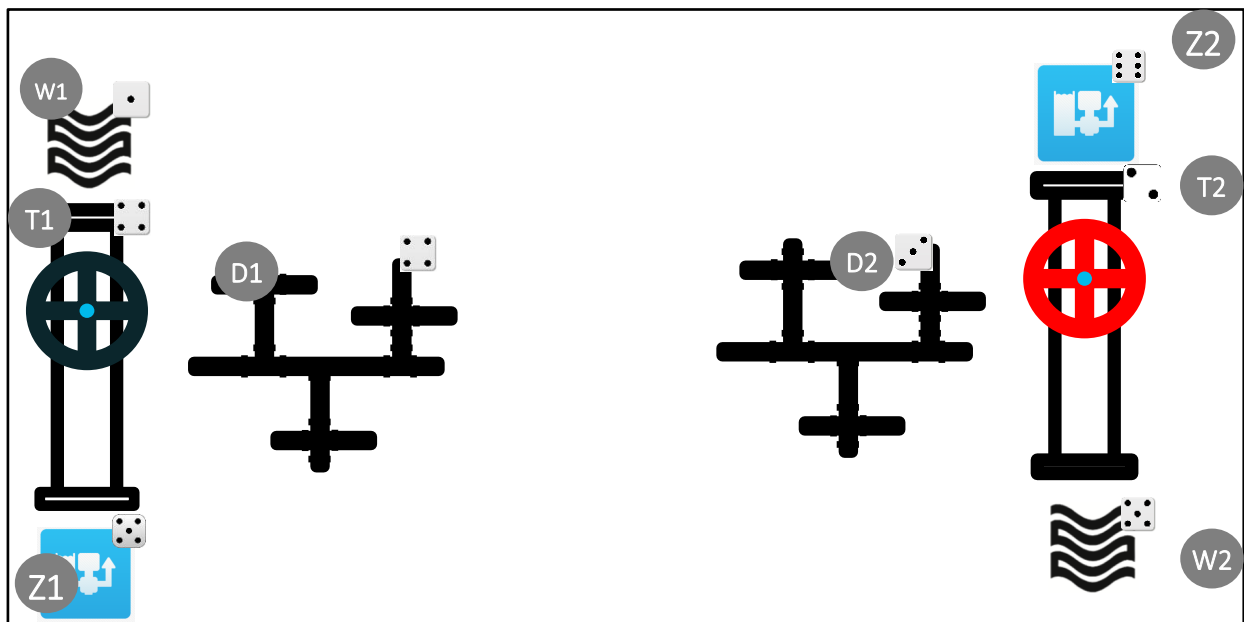
### Distributienet (D)

Ook het distributienet heeft een bepaalde capaciteit. Als de capaciteit lager is dan de watervraag, levert dat drukverlies (i.e., hoger energiegebruik) en een verslechtering van de staat van de assets op. Als de capaciteit veel hoger is dan de watervraag, leidt dat tot kwaliteitsverlies (zowel biologische als chemische waterkwaliteit). Ook het distributienet heeft een staat die kan worden verhoogd door onderhoud of vervanging.



### Combinatie van assets

De uitgangspositie van een denkbeeldig drinkwaterbedrijf kan dan worden weergegeven als een combinatie van assets, elk met een andere staat. Zo kan een drinkwaterbedrijf bijvoorbeeld gerepresenteerd worden door de combinatie in Figuur 9.

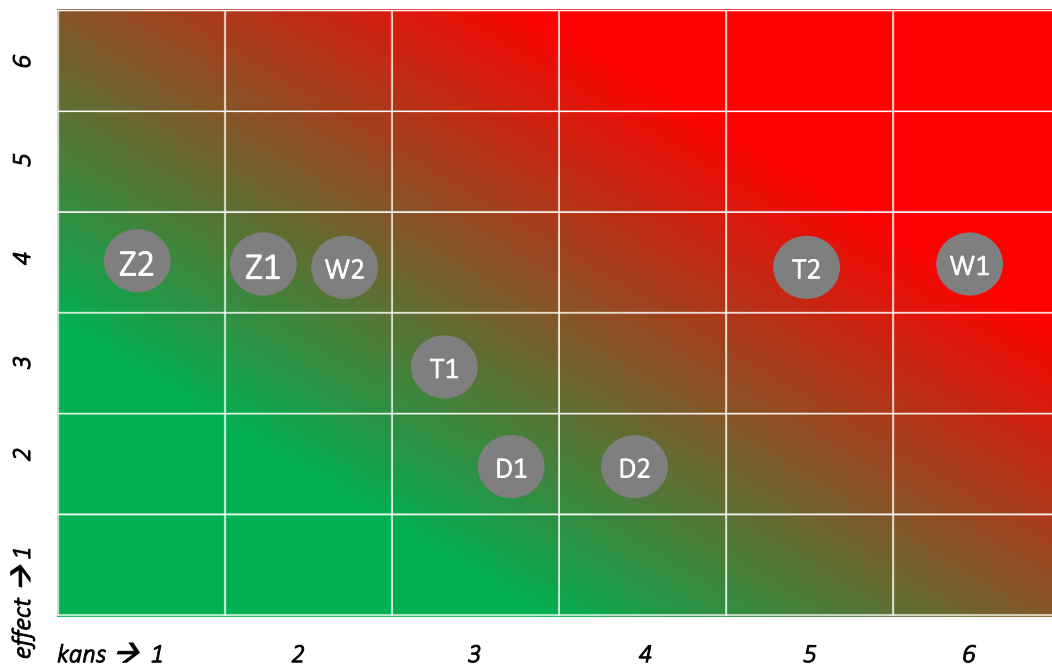


Figuur 9 Combinatie van de assets van een drinkwaterbedrijf.

### 6.2.3 Risicomatrix

De risicomatrix is een veelgebruikt instrument om de risico's voor ongewenste gebeurtenissen grafisch uit te drukken. In Figuur 10 is de matrix weergegeven die bestaat uit rijen die de impact van een ongewenste gebeurtenis weergeven (verticale as) en kolommen die de kans daarop weergeven (horizontale as). De grootte van het risico wordt dan uitgedrukt als *kans x effect*. De achtergrondkleur van de matrix geeft een indicatie van de grootte van het risico, waarbij groen een klein risico betreft en rood een groot risico. Een risico kan dus groot zijn omdat de kans dat het optreedt groot is, of dat het effect groot is, of beide. In deze tool is de kans component van het risico weergegeven als de kans dat één van de assets faalt. Die kans is gerelateerd aan de staat van de asset (1-6). Bij een lage staat van de asset (1) is de kans groot dat het risico optreedt, bij een hoge staat van de asset (6) is de kans klein dat het risico optreedt.

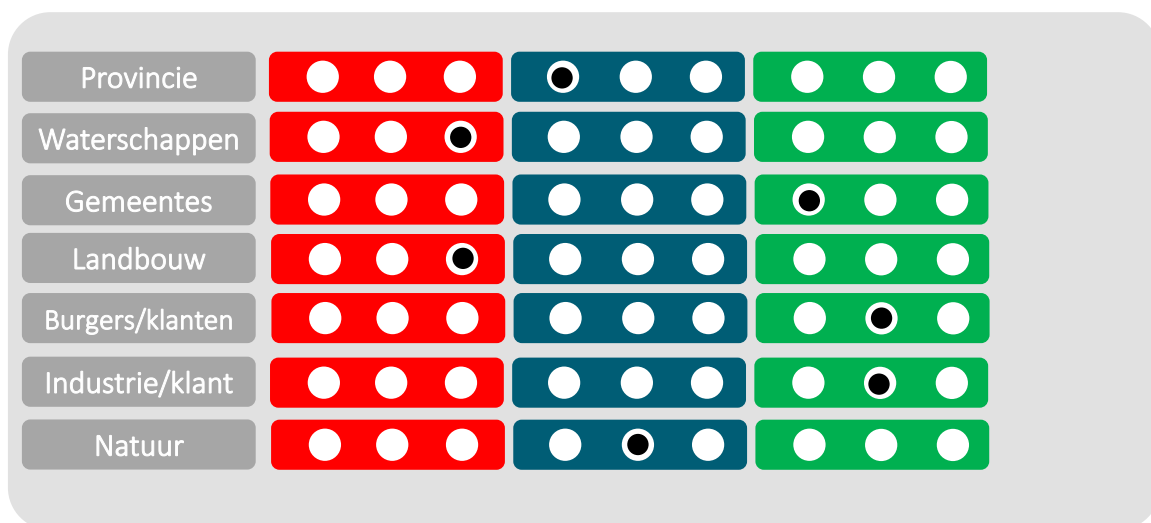
Voor de omvang van de impact is nog geen parameter gekozen. Voor dit voorbeeld wordt ervanuit gegaan dat een falende winning of zuivering een grotere impact heeft dan een falend distributienet, maar dat is arbitrair en afhankelijk van allerlei omstandigheden die in deze fase van ontwikkeling nog niet zijn uitgewerkt.



Figuur 10 De gehanteerde risicomatrix, met diverse assets op denkbeeldige risicoposities.

### 6.2.4 Stakeholdermatrix

De externe rollen worden weergegeven door de stakeholdermatrix. In deze matrix zijn verschillende stakeholders vertegenwoordigd, met voor elke stakeholder een score (Figuur 11). De score geeft weer hoe ‘goed’ de gebruikers het doen bij iedere stakeholder. De score kan verhoogd worden door in de behoefte van stakeholders te voorzien. Daarentegen, als het belang van een stakeholder wordt geschaad, gaat de score omlaag. De scores bestaan uit drie categorieën rood (1-3) betekent een lage score en geeft een nadeel bij deze stakeholder. Blauw (4-6) betekent neutraal en heeft geen effect. Groen (7-9) betekent een hoge score en geeft een voordeel bij deze stakeholder.

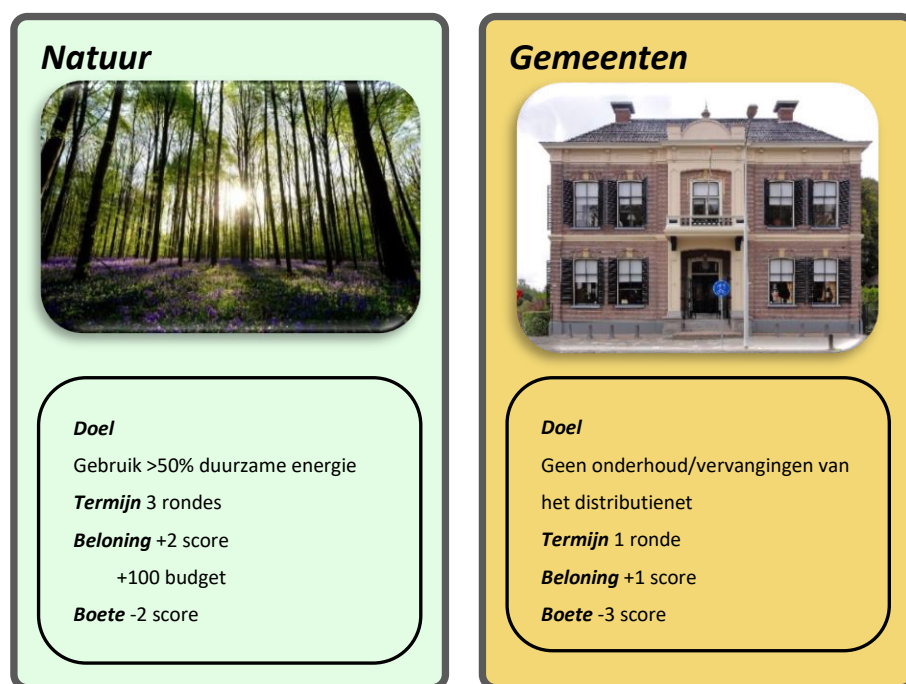


Figuur 11 Stakeholdermatrix.

### 6.2.5 Stakeholderkaarten

Interactie met de stakeholders vindt plaats via stakeholderkaarten (zie *Figuur 12*). Deze kaarten geven de behoeften van de stakeholders weer. De asset owner kan deze kaarten gebruiken en kiezen om het doel wel of niet te halen. De asset owner vertaalt de doelen naar concrete opdrachten voor de assetmanager.

De stakeholderkaart geeft linksboven weer welke stakeholder het betreft. Dan wordt er een doel gegeven met daaraan gekoppeld een termijn waarop het doel gehaald moet worden, uitgedrukt in rondes. Dan volgt een beloning wanneer het doel gehaald wordt. Dat kan een verhoging van de stakeholderscore zijn of een verhoging van het beschikbare budget. Daaronder staat een eventuele boete. Die krijgt effect wanneer het doel niet, of niet binnen de juiste termijn, wordt gehaald.

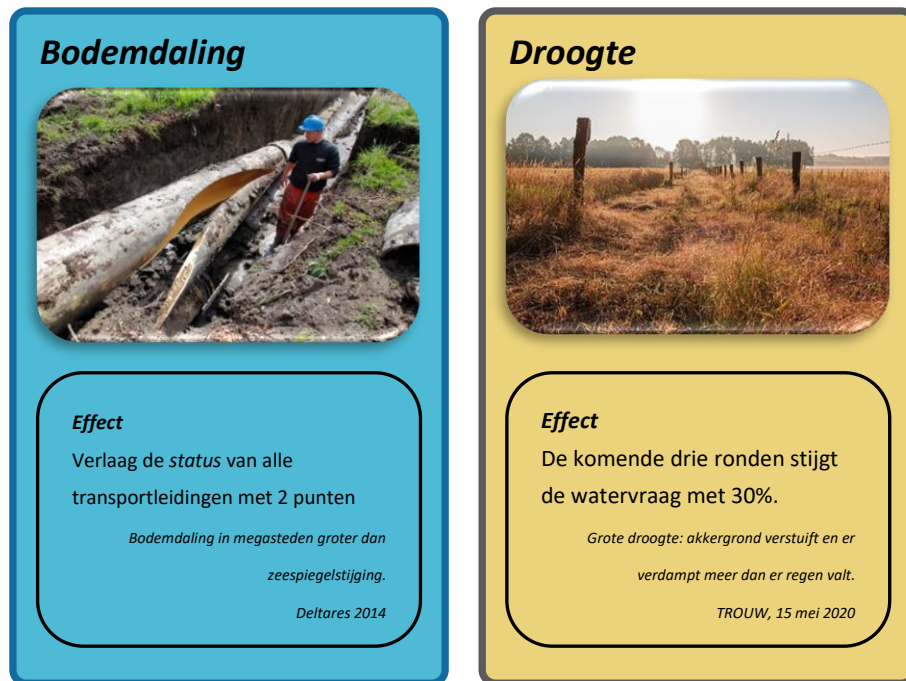


*Figuur 12* Voorbeelden van stakeholderkaarten.

### 6.2.6 Gebeurteniskaarten

De gebeurteniskaarten (*Figuur 13*) geven invulling aan scenario's of specifieke ontwikkelingen die het drinkwaterbedrijf het hoofd moet bieden. De kaarten beïnvloeden belangrijke parameters in de tool, zoals:

- 1 verandering van de staat van de assets;
- 2 verandering van de watervraag;
- 3 verandering van de score bij de stakeholders;
- 4 verandering van de beschikbare budgetten.



Figuur 13 Voorbeelden van gebeurteniskaarten.

### 6.3 Verloop van de interactie

De interactie tussen de rollen en de tool verloopt in rondes. Iedere ronde bestaat uit drie fasen:

- 1 stakeholderfase;
- 2 budgetfase;
- 3 uitvoeringsfase.

#### 6.3.1 Stakeholderfase

De interactie begint in de stakeholderfase. Hier is de asset owner aan zet en heeft de keuze om één of meer stakeholderkaarten te trekken. Op ieder stakeholderkaart staat:

- 1 een doel (bijvoorbeeld: zorg voor minimaal 50% duurzame energiegebruik);
- 2 de termijn waarop het doel moet worden gehaald (in aantal rondes);
- 3 beloning als het doel wordt gehaald (score, budget);
- 4 boete als het doel niet wordt gehaald (score, budget).

De asset owner trekt een gewenst aantal kaarten en legt deze voor zich neer. Hiermee heeft hij zicht op de doelen die in de komende rondes moeten worden behaald. Het algemene doel dat altijd geldt is: voorzie in de watervraag. De asset owner heeft zicht op welke assets er zijn, inclusief de totale capaciteit en de totale watervraag. Ook heeft de asset owner beschikking over een budget. De asset owner heeft in het spel beperkt zicht op de staat van de assets en de bijbehorende risicomatrix. Deze informatie ontvangt hij/zij op hoofdlijnen periodiek van de assetmanager.

#### 6.3.2 Budgetfase

De asset owner communiceert de gestelde doelen en de daaraan verbonden termijnen aan de assetmanagers. De assetmanagers gaan met elkaar in overleg om de doelen om te zetten in concrete acties met betrekking tot hun assets. Die acties kunnen bijvoorbeeld bestaan uit:

- 1 onderhoud plegen aan assets (daarmee wordt staat van de assets verbeterd);
- 2 vervangen van assets (bijvoorbeeld voor een duurzame variant);
- 3 aanleg van nieuwe assets of uitbreiding van bestaande assets (bijvoorbeeld om de capaciteit te verhogen);
- 4 andere acties (zoals een waterbesparingscampagne).

De assetmanagers proberen met elkaar overeenstemming te krijgen over de te kiezen acties en leggen het pakket voor aan de asset owner. Daarbij geven ze aan welke acties ze willen uitvoeren, hoe die acties bijdragen aan de doelen, wat het verwachte effect van de acties is en welk budget ze nodig hebben. Als de asset owner akkoord is kan men het beschikbare budget tussen de assetmanagers verdelen. De assetmanagers kunnen vervolgens, o.b.v. het beschikbare budget, de acties uitvoeren.

### 6.3.3 Uitvoeringsfase

De assetmanagers brengen de benodigde wijzigingen aan in de tool (aantal assets, status van assets et cetera) en passen ook de risicomatrix daarop aan. Vervolgens gooien ze voor elk van hun assets een dobbelsteen. Wanneer de worp **hoger** is dan de staat van de assets, vindt er een ongewenste gebeurtenis plaats, bijvoorbeeld het uitvallen van een zuivering, een breuk in een transportleiding of drukverlies in het distributienet. De risicomatrix laat zien hoe groot het effect van het incident is. Als er sprake is van een incident heeft de asset owner de keuze: betalen om de effecten te verkleinen (gaat ten koste van budget volgende ronde) of scoreverlies ter grootte van het effect (zie risicomatrix). Hoe dit precies wordt verrekend moet in de verdere ontwikkeling worden bepaald.

Als dit is afgehandeld checkt de asset owner de lopende doelen. Als er beloningen kunnen worden geïnd of boetes moeten worden betaald, past de asset owner de budgetten en scores aan. Vervolgens checkt de asset owner of aan de watervraag wordt voldaan en ontvangt nieuw budget voor de geleverde hoeveelheid. Ten slotte trekken de gebruikers gezamenlijk een gebeurteniskaart en lezen wat de kaart vermeldt. Eventuele effecten kunnen worden verwerkt. Daarna begint een nieuwe ronde.

## 6.4 Bespreking met de projectgroep

Het eerste ontwerp van de tool is besproken in een online meeting met de projectgroep. Men was enthousiast over het eerste ontwerp. Er is vooral besproken hoe de toepasbaarheid voor de drinkwaterbedrijven te waarborgen in de verdere ontwikkeling van de tool.

Het advies is om in eerste instantie een generieke tool te ontwikkelen die dan kan worden aangepast aan de situatie van verschillende drinkwaterbedrijven. Overeenkomsten tussen twee of meer bedrijven in uitgangspositie of specifieke problematiek kunnen daarbij leidend zijn. Daartoe zijn de drinkwaterbedrijven gevraagd om hun grootste strategische uitdagingen te delen, zodat die in het spelontwerp kunnen worden meegenomen, zie hiervoor Bijlage II.

Qua tijdsduur is het advies om te zorgen dat het hele spel (inclusief uitleg vooraf en evaluatie achteraf) kan worden gespeeld in maximaal een dagdeel. Op deze manier is het mogelijk om ook medewerkers met een volle agenda te kunnen laten deelnemen. Het is aan te raden om meerdere teams parallel te laten spelen. Een team kan bestaan uit een asset owner en drie of vier assetmanagers.

De basislijst van stakeholders is herkenbaar voor de leden van de projectgroep, maar het zou goed zijn om de weging van de stakeholders te variëren per drinkwaterbedrijf. Voor een bedrijf met een groot landelijk gebied geldt een andere weging dan de meer stedelijke georiënteerde bedrijven. Het wordt afgeraden om stakeholders zelf mee te laten doen, maar ze wel te laten spelen door medewerkers van het drinkwaterbedrijf. Naast de stakeholders kunnen ook bepaalde maatregelen specifiek worden ingevuld. Het is ook interessant om na te gaan of bepaalde bedrijfsculturen kunnen worden verwerkt in de (mate van en soort) interactie.

Het spel moet leuk zijn om te spelen en het is belangrijk dat het spel enige emotie oproept, in de vorm van pijn bij een verkeerde beslissing, spanning over uitkomsten en de mogelijkheid om te winnen. Er kan spanning ontstaan tussen asset owner en assetmanagers en tussen assetmanagers onderling. Het algemene doel van het spel moet helder zijn (creëren van awareness), maar het moet ook duidelijk zijn wat het speldoel is (hoe kun je winnen) en hoe je er gedurende het spel voor staat.



Ten slotte werden er nog een tweetal valkuilen benoemd:

- 1 Maak het spel niet té concreet: een te grote herkenbaarheid of een te grote technische invulling kan leiden tot een detaildiscussie die het algemene doel niet te goede komt. Zorg daarom ook dat de vormgeving van het spel abstract is.
- 2 Blijf niet te lang sleutelen aan een perfecte opzet, maar ga zo snel mogelijk spelen: al doende leren!

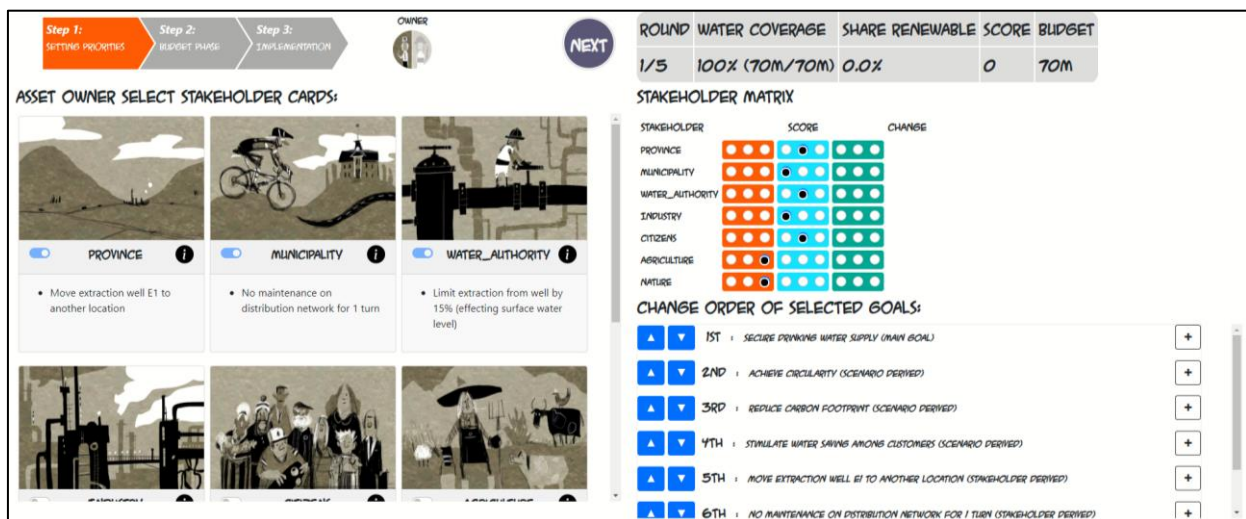
## 7 Schets van de ontwikkelings- en testfase

### 7.1 Beschrijving van de demonstratieversie (alfaversie)

De spelopzet, zoals beschreven in Hoofdstuk 6, is door Mehdi Khoury van de Universiteit van Exeter vertaald in een eerste opzet van een digitale spelvorm. Deze versie is door onderzoekers van KWR geëvalueerd, waarna een verbeterde versie is opgesteld, de alfaversie. Deze alfaversie is geëvalueerd door de projectgroep. Voor het verslag van deze evaluatie wordt verwezen naar Bijlage III. Omdat de huidige spelversie is opgesteld door de Universiteit van Exeter is deze in het Engels. Een omzetting naar de Nederlandse taal zal in een latere fase plaatsvinden.

In de huidige versie bestaat de serious game uit vijf rondes, waarbij iedere ronde uit drie fasen bestaan, te weten de stakeholderfase, de budgetfase en de uitvoeringsfase (paragraaf 6.3). Een visuele representatie van deze drie fasen is weergegeven in Figuur 14, Figuur 15 en Figuur 16.

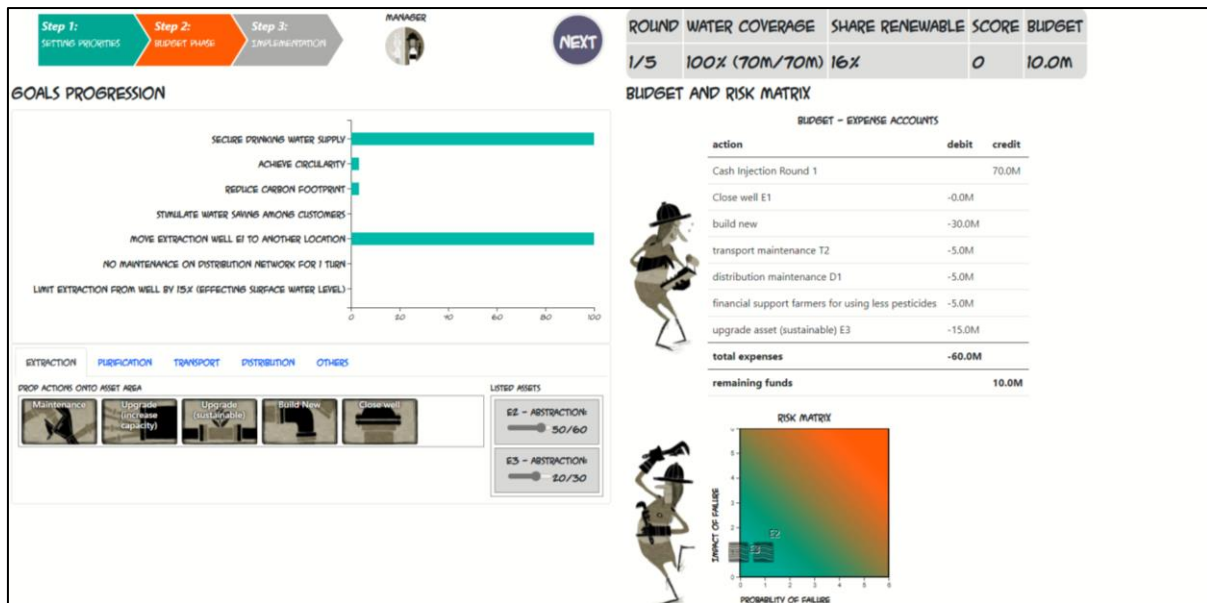
Elke ronde start met de stakeholderfase, waarin de asset owner een bepaald bedrag tot zijn beschikking heeft. Tevens is er een overzicht van de relevante stakeholders en zijn hun wensen in kaart gebracht. Een scoreboord geeft aan in welke mate de stakeholders tevreden zijn. Er is een aantal doelen, waarvan het leveren van voldoende drinkwater te allen tijde het hoofddoel is. Verder kan de asset owner aangeven welke stakeholderwensen hij/zij gerealiseerd wil zien, wat betekent dat er meerdere en vaak conflicterende doelen zijn waarop gestuurd moet worden. De asset owner kan een prioriteitstelling aanbrengen in de doelen. Een dashboard geeft de beschikbare capaciteit, het aandeel duurzame energie, een spelscore en het beschikbare budget weer. Het speldoel is om een zo hoog mogelijke score te halen.



Figuur 14 Visuele representatie van de stakeholderfase (fase 1) in de alfaversie.

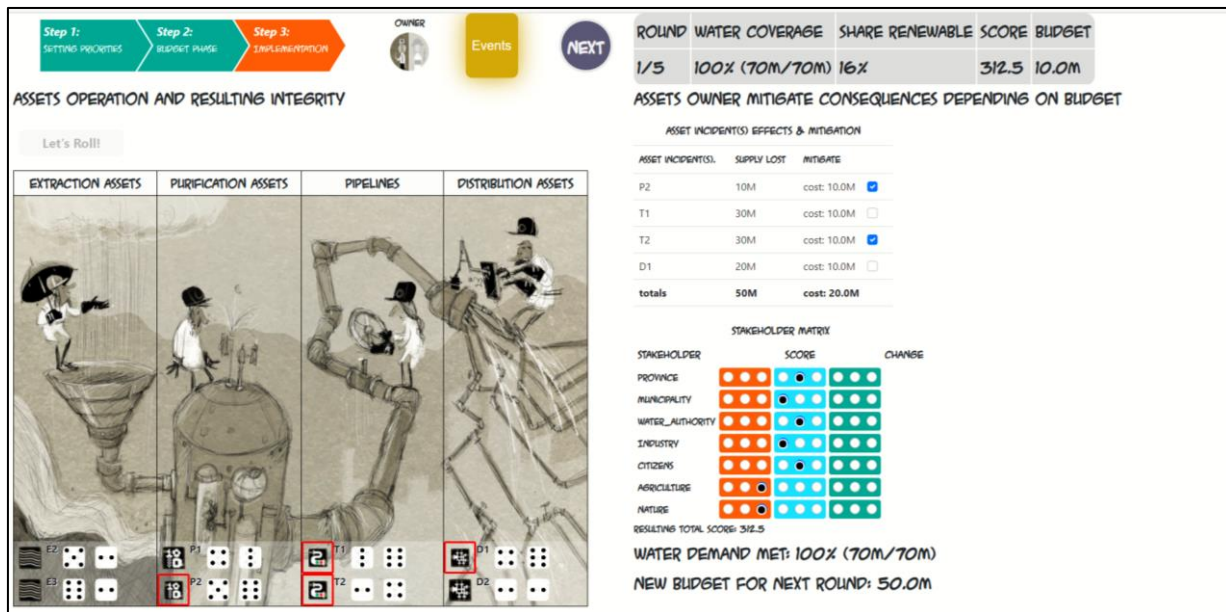
In de budgetfase (fase 2) komt de assetmanager in beeld en worden activiteiten gepland die de komende periode worden uitgevoerd. Hij/zij kan diverse activiteiten uitvoeren aan de winning, de zuivering, de transportleidingen en het distributienet. In deze opzet is er sprake van twee winningen, twee zuiveringen, twee transportleidingen en twee distributiegebieden. Een risicomatrix geeft aan hoe groot de kans op falen is en het effect daarvan. Verschillende acties kunnen worden uitgevoerd zoals onderhoud, capaciteitsverhoging, verduurzaming, nieuwbouw of sluiting.

Deze gaan ten koste van het beschikbare budget maar dragen ook bij aan het verwezenlijken van doelen. Er is ook een aparte categorie activiteiten die geen betrekking heeft op specifieke assetgroepen. Dit betreft bijvoorbeeld het organiseren van een waterbesparingscampagne of het reduceren van bestrijdingsmiddelengebruik in het wingebied. Aangezien elke ronde een tijdsperiode representeert, zal de kans op falen toenemen in het geval er geen activiteiten worden uitgevoerd.



Figuur 15 Visuele representatie van de budgetfase (fase 2) in de alfaversie.

De uitvoeringsfase (fase 3) stelt de periode voor waarin de assets in bedrijf zijn, denk hierbij aan een periode van vijf jaar. Per assetgroep zijn er twee dobbelstenen, een linker dobbelsteen die de conditie van de asset voorstelt en een rechter dobbelsteen die een random waarde aangeeft. Hoe beter de conditie, hoe minder groot de kans op falen en dus hoe hoger de waarde van de linker dobbelsteen. Falen laat zich zien door een rood kader en treedt op als de rechter dobbelsteen een hogere waarde heeft dan de linker dobbelsteen. In geval van falen kan een leveringsprobleem ontstaan en zal de stakeholdertevredenheid afnemen. Corrigerende activiteiten zijn mogelijk binnen het beschikbare budget. Hoe slechter er wordt gescoord, hoe minder budget er beschikbaar is voor de volgende ronde.



Figuur 16 Visuele representatie van de uitvoeringsfase (fase 3) in de alfaversie.

## 7.2 Bespreking game met projectgroep

Op 14 april 2021 is er een demonstratie geweest van de game aan de projectgroep. Voor een verslag hiervan, zie Bijlage III. Als algemene opmerking werd gemaakt dat de gepresenteerde game mooi van opzet is en dat het de projectgroep leuk en nuttig lijkt de game binnen hun bedrijven te spelen. Het algemene idee is dat er veel aspecten in zijn verwerkt die de communicatie tussen asset owner en assetmanager karakteriseren. Daarnaast zijn diverse verbeterpunten geformuleerd, vooral over de introductie en uitleg, de stakeholders en hun doelen en de speldynamiek.

Naast de bespreking in de projectgroep is de game ook gepresenteerd in de themaverzamelingen Integraal Assetmanagement en Hydroinformatica.

## 7.3 Vervolgstappen

In overleg met het thema Integraal Assetmanagement is een projectplan opgesteld voor vervolg, zie ook Bijlage IV. Dit vervolg bestaat uit twee fasen:

- Fase 2: het verder en stapsgewijs ontwikkelen van de bestaande alfaversie tot een speelbare serious game (bèta-versie).
- Fase 3: het spelen van de serious game bij drinkwaterbedrijven met als doel het vergroten van het inzicht in assetmanagementprocessen.

Voor de verdere bespreking wordt verwezen naar het projectplan. Dit projectplan is op 19 mei 2021 goedgekeurd door het Coördinerend Overleg van het BTO.

## 8 Conclusie

In dit onderzoek is nagegaan op welke wijze modellen drinkwaterbedrijven kunnen ondersteunen bij het verbeteren van begripsvorming en communicatie tussen strategisch en tactisch niveau bij assetmanagementbesluitvorming. Op basis van een literatuuronderzoek is gebleken dat hiervoor serious games een goede en proportionele toepassing kunnen zijn. Vervolgens is er nagegaan welke soorten serious games beschikbaar zijn en welke als goede voorbeelden kunnen dienen. Hierbij is het architectuurmodel volgens het backend-frontend principe nader toegelicht.

Om de vraagstellingen vanuit de bedrijven beter in kaart te brengen zijn interviews gehouden met diverse medewerkers van bedrijven. Dit heeft geleid tot een omschrijving van de doelgroep en leerdoelen. Vervolgens is dit in afstemming met de projectgroep vertaald in een algemene beschrijving van een game, de bijbehorende spelelementen en de wijze van interactie. Dit is in eerste instantie uitgewerkt als opzet voor een bordspel. Vervolgens is dit in overleg met een programmeur vertaald in een alfa-versie van een digitale game.

Voor het vervolg op dit project is een projectplan ingediend dat door het Coördinerende Overleg van het BTO is goedgekeurd en waarin zowel een verbetering van de huidige versie wordt voorzien (fase 2) als een speelronde met de bedrijven (fase 3).

# Literatuur

Agudelo-Vera CM, Moerman A en Vogelaar AJ (2016) Kwantitatieve risicoanalyse van leidingnetten. Stand van zaken sinds 2008. BTO rapport 2016.040

Alegre H, Baptista JM, Cavrera E, CubilloF, Duarte P, Hirner W, Merkel W en Parena R (2006) Performance indicators for water supply services – second edition. Manual of best practice series, IWA Publishing, London, ISBN: 9781843390510

Barr M (2019) The Games Industry Perspective. Graduate Skills and Game-Based Learning, Springer, 181–204

Beuken RHS, Hummelen AM en Koop SHA (2019) Assetmanagement: volwassenheid en kennisbehoefte. BTO rapport 2019.208 (s)

Beuken RHS en Hummelen AM (2018) Zesjarenonderzoeksplan BTO-thema Integraal Assetmanagement. BTO rapport 2018.057

Beuken RHS en Vossen J (2017) Kwantitatieve vergelijking van beslissingsondersteunende software voor leidingsanering. BTO rapport 2017.066

Beuken RHS en Mesman GAM (2015) Actualisatie driehoeksverdelingen voor onderbouwing investeringsprognoses leidingen. BTO rapport 2015.223

Beuken RHS (2015) Prestatie-indicatoren en stuurparameters voor het distributienet. BTO rapport 2015.027

Blokker EJ en Geudens P (2005) OLM in de VEWIN Benchmark. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein. KWR 05.081

Bonczek RH, Holsapple CW en Whinston AB (1980) The evolving roles of models in decision support systems. Decision Sciences, Wiley Online Library, 11:337–356

Bouziotas D, Rozos V en Makropoulos C (2014) Water and the City: Exploring links between urban growth and water demand management. Journal of Hydroinformatics

Boyle EA, Hainey T, Connolly TM, Gray G, Earp J, Ott M, Lim T, Ninaus M, Ribeiro C en Pereira J (2016) An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. Computers and Education, 94:178–192

Buchanan R (1992) Wicked problems in design thinking. Design issues, JSTOR, 8:5–21

Büscher C, Brouwer S en Pieron M (2015) Strategische positionering in gebiedsprocessen. H<sub>2</sub>O

Carvalho MB, Bellotti F, Berta R, De Gloria A, Sedano CI, Hauge JB, Hu J en Rauterberg M (2015) An activity theory-based model for serious games analysis and conceptual design. Computers & Education, 87:166–181

Chew C, Lloyd GJ en Knudsen E (2015) Capacity Building in Water with Serious Games. In: Subconscious Learning via Games and Social Media, Gaming Media and Social Effects, O. Sourina et al. (eds.). Springer Science+Business Media, Singapore, 27-43

Doukas H en Nikas A (2020) Decision support models in climate policy. *European Journal of Operational Research*, Elsevier B.V., 280:1–24

Duke RD (1974) *gaming: the future's language*. Sage Publications; [distributed by] Halsted Press, New York; First Edition edition

Feng M, Liu P, Li Z, Zhang J, Liu D en Xiong L (2016) Modelling the nexus across water supply, power generation and environment systems using the system dynamics approach: Hehuang Region, China. *Journal of Hydrology*, 543:344-359

Flood S, Cradock-Henry NA, Blackett P en Edwards P (2018) Adaptive and interactive climate futures: systematic review of 'serious games' for engagement and decision-making. *Environmental Research Letters*, IOP Publishing, 13:63005

Ford A en Ford FA (1999) *Modelling the environment: an introduction to system dynamics models of environmental systems*. Island press

Head BW (2008) *Wicked problems in public policy*. Public policy, John Curtin Institute of Public Policy, Curtin University of Technology, 3:101

Hisschemöller M (1992) *De democratie van problemen. De relatie tussen de inhoud van beleidsproblemen en methoden van politieke besluitvorming*. VU, Amsterdam

Hockaday S, Jarvis T en Taha F (2017) Serious Gaming in Water. <https://www.mediate.com/articles/HockadayS1.cfm> [16-04-2020]

Hoekstra AY (2012) Computer-supported games and role plays in teaching water management, *Hydrology and Earth System Sciences* 16:2985–2994

Holling CS (2001) Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4:390-405

Isaak MT (2012) Tragedy of the Commons Game. Arizona Water Resource Newsletter. Winter 2012. <https://wrrc.arizona.edu/awr/w12/commonsgame> [16-04-2020]

Islam S en Susskind LE (2012) *Water Diplomacy: A Negotiated Approach to Managing Complex Water Networks*. RFF Press, Abingdon, Oxon, UK

Jarvis WT (2014) *Contesting Hidden Waters: Conflict Resolution for Groundwater and Aquifers*. Earthscan, Abingdon, Oxon, UK

Kato PM en de Klerk S (2017) Serious games for assessment: welcome to the jungle. *Journal of Applied Testing Technology*, 18:1–6

Khoury M (2020) Serious Games: Transforming customer engagement and professional training in the water sector. Beschikbaar online: <https://www.qgdigitalpublishing.com/publication/?m=53657&i=645246&p=12> [Geraadpleegd op 5-03-2020]

Kitchin R (2014) Big Data, new epistemologies and paradigm shifts. *Big Data & Society*, 1:205395171452848

Koop SHA (2019) BTO Verkennend Onderzoek. Digitale tweelingen.

Koop SHA, Bouziotas D en Beuken RHS (2020) Besluitvormingsprocessen voor integraal assetmanagement. BTO rapport 2020.005

Lankford B, Sokile C, Yawson D, Levite H en Sally H (2004) The River Basin Game: A role-playing board game for initiating discussions on visions and strategies of water allocation. Paper for Water Resource Management For Local Development Workshop: Aventura, Loskopdam. South Africa

Macchi M, Roda I, Negri E en Fumagalli L (2018) Exploring the role of Digital Twin for Asset Lifecycle Management. IFAC-PapersOnLine, 51:790–795

Makropoulos C, Liu S en Butler D (2008) Decision support for sustainable option selection in integrated urban water management. Environmental Modelling and Software, 23:1448-1460

Makropoulos C, Nikolopoulos D, Palmen L, Kools S, Segrave A, Vries D, Koop S, van Alphen HJ, Vonk E, van Thienen P, Rozos E en Medema G (2018) A resilience assessment method for urban water systems. Urban Water Journal, 15:316–328

Martinetti A, Parada Puig JE, Oude Alink C, Thalen J en van Dongen LAM (2017) Gamification in teaching Maintenance Engineering: A Dutch experience in the rolling stock management learning. 3rd International Conference on Higher Education Advance. HEAd

McAfee A, Brynjolfsson E, Davenport TH, Patil DJ en Barton D (2012) Big data: the management revolution. Harvard business review, 90:60–68

Meerkerk MA en Beuken RHS (2017) Richtlijn drinkwaterleidingen buiten gebouwen. Ontwerp, aanleg en beheer (gebaseerd op NEN-EN 805:2000). KWR PCD 3:2017

Mutchek M en Williams E (2014) Moving Towards Sustainable and Resilient Smart Water Grids. Challenges, 5:123–137

MVJ (2009) Ministerie van Veiligheid en Justitie: Werken met scenario's, risicobeoordeling en capaciteiten in de Strategie Nationale Veiligheid. <https://www.ifv.nl/kennisplein/Documents/20130327-venj-werken-met-scenarios-strategie-nationale-veiligheid.pdf>

Nikolopoulos D, van Alphen HJ, Vries D, Palmen L, Koop S, van Thienen P, Medema G en Makropoulos C (2019) Tackling the 'New Normal': A Resilience Assessment Method Applied to Real-World Urban Water Systems. Water, 11:330

Olson DL, Courtney JF en Courtney JF (1992) Decision support models and expert systems. Macmillan New York

Power DJ en Sharda R (2007) Model-driven decision support systems: Concepts and research directions. Decision Support Systems, 43:1044–1061

Rozos E, Butler D en Makropoulos C (2016) An integrated system dynamics – cellular automata model for distributed water-infrastructure planning. Water Science and Technology: Water Supply, 16:1519–1527

Ruth M en Coelho D (2007) Understanding and managing the complexity of urban systems under climate change. Climate Policy, 7:317–336

Salen K en Zimmerman E (2004) Rules of play: Game design fundamentals. Cambridge, MA: MIT Press.



- Savic DA, Morley MS, Khoury M (2016) Serious gaming for water systems planning and management. *Water*, 8, 456
- Schultz W, Javey S en Sorokina A (2018) Smart Water Meters and Data Analytics Decrease Wasted Water Due to Leaks. *Journal-American Water Works Association*, Wiley Online Library, 110:E24–E30
- Sim4Nexus (2020) D5.5: Outcome of task 5.2 supporting decision making in 12 case studies.
- Smeets P (2017) Protocol referentiedocument AMVD, PCD 8:2017
- Sušnik J, Chew C, Domingo X, Mereu S, Trabucco A, Evans B, Vamvakieridou L, Savić D, Laspidou C en Brouwer F (2018) Multi-Stakeholder Development of a Serious Game to Explore the Water-Energy-Food-Land-Climate Nexus: The SIM4NEXUS Approach. *Water*, 10:139
- Van Aalderen N, Bouziotas D, Makropoulos C, Tsavdaridou E en Smith H (2019) AquaNES D5.5: Gaming approach for stakeholder engagement
- Van Aalderen N en Alphen HJ (2020) Assets, doorkijk naar 2030 en 2050.
- Van der Wal M, De Kraker J, Kroeze C, Kirschner PA en Valkering P (2016) Can computer models be used for social learning? A serious game in water management. *Environmental Modelling & Software* 75:119-132
- Van den Boomen M, Portengen JP en Beuken RHS (2010) Management game asset management. Colibri Advies, Waternet, KWR Watercycle Research Institute. The Netherlands
- Van Eijk B, Van der Sluys Veer L en Gielens S (2015) Harmonisatie verstoringsrisicoanalyse drinkwaterbedrijven. H2O <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/harmonisatie-verstoringsrisicoanalyse-drinkwaterbedrijven>
- Van Loon AH, Bergsma EJ, Van Alphen HJ, Segrav, AJ en Hartog N (2017) 4D Bronbescherming in een veranderende wereld: casus grondwaterwinning Helmond. BTO Rapport - BTO 2017.059
- Van Riel W, Post J, Langeveld J, Herder P en Clemens F (2017) A gaming approach to networked infrastructure management. *Structure and Infrastructure Engineering*, Taylor & Francis, 13:855–868
- Vayanou M, Ioannidis Y, Loumos G en Kargas A (2019) How to play storytelling games with masterpieces: From art galleries to hybrid board games. *Journal of Computers in Education*, Springer, 6:79–116
- VEWIN (2012) Vereniging van waterbedrijven in Nederland: Water in zicht 2012. Bedrijfsvergelijking drinkwatersector. Den Haag. Vewin nr. 2013 / 119 / 6281
- VEWIN (2019) Vereniging van waterbedrijven in Nederland: Continu betrouwbaar drinkwater leveren. Hoe doen we dat?
- WaterNet CCR, ISRI, Catalie, UNESCO-IHE Delft en UZ for UNESCO (2003) Conflict Prevention and Cooperation in International Water Resource Handouts. Potential Conflict to Cooperation Potential Publication Series. No. 27
- Watson JE (2015) Beyond Cooperation: Environmental Justice in Transboundary Water Management. Dissertation, Oregon State University, Corvallis, Oregon
- Wijnia Y (2012) Asset risk management: issues in the design and use of the risk matrix. *Engineering Asset Management and Infrastructure Sustainability*. 1043-1059
- Wilkinson P (2016) A brief history of serious games. *Entertainment computing and serious games*, Springer, 17–41

Winz I, Brierley G en Trowsdale S (2008) The use of system dynamics simulation in water resources management. *Water Resources Management*, 23:1301-1323

Wolf AT (2010) *Sharing Water, Sharing Benefits: Working Towards Effective Transboundary Water Resources Management - A Graduate/Professional Skills-Building Workbook*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris, France

Wols BA, Bertelkamp C en Beuken R (2017) *Risico's en risicobeoordelingsmethodieken voor zuiveringsinstallaties*. BTO rapport 2017.032

Zagal JP, Rick J en Hsi I (2006) *Collaborative games: Lessons learned from board games*. *Simulation & Gaming*, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, 37:24-40

Zhang C, Chen X, Li Y, Ding W en Fu G (2018) *Water-Energy-Food Nexus Concepts, Questions and Methodologies*. *Journal of Cleaner Production*, 195:625-639

# I Technische basis voor serious games

Het creëren van een technische basis gaat verder door op de analyse bestaande serious games (zie Tabel 3 in hoofdstuk 3). De focus is in dit hoofdstuk niet gericht op zaken die in de meeste studies aan bod komen zoals het centrale vraagstuk, speleigenschappen en manier waarop het gespeeld wordt (Savic et al. 2016). In plaats daarvan worden serious games nu in de eerste plaats beschouwd als stukjes software, waarbij gekeken wordt hoe de serious game technisch gestructureerd is. De frontend-backend-architectuur die in paragraaf 5.3 werd beschreven is hierbij het fundamentele vertrekpunt. Zoals eerder uitgelegd, vallen niet-digitale bordspellen buiten deze analyse, die zich in de eerste plaats richt op digitale (online en offline) serious games.

De analyse verloopt als volgt: (i) de serious games uit tabel 3 in hoofdstuk 4 worden opnieuw geëvalueerd, (ii) de technologieën die worden gebruikt om de backend en frontend van de game te ontwerpen, worden voor elk van deze games zo gedetailleerd mogelijk uiteengezet. Deze tweede stap is niet onbelangrijk. De beschikbare informatie over eerdere serious games zijn voornamelijk gericht op de spelervaring, functionele aspecten en leerresultaten. Er is echter veel minder bekend over de technische aspecten en ontwerpspecificaties. Ook de meer algemene kennisopbouw rondom serious games lijkt zich in de eerste plaats te richten op het conceptueel ontwerp en de pedagogische aspecten en veel minder aandacht te besteden aan het softwareontwerp. In sommige gevallen is er een aparte publicatie die (backend) details behandelt. Dat betreft meestal het gebruikte simulatiemodel. Echter dit wordt enkel gepubliceerd als het simulatiemodel vernieuwend genoeg is.

Laspidou et al. (2020) beschrijven bijvoorbeeld de ontwikkeling van een system dynamic model voor Sim4Nexus (zie figuur 14) in een aparte publicatie, terwijl het meer gebruikelijke overzicht van spelelementen, leerdoelen en spelersserveringen wordt gegeven in Sušnik et al. (2018). In een klein aantal gepubliceerde serious games wordt echter helemaal geen informatie aangekondigd over de gebruikte frontend- of backend-technologie. In dat geval is simpelweg een lege cel in de overzichtstabellen. De database behandelt de volgende aspecten systematisch voor elke serious game:

- Basiskenmerken van de serious games zoals de naam, het bijbehorende project (waarin het ontwikkeld is), de hoofdontwikkelaar en het jaar waarin het ontwikkeld is.
- Het belangrijkste toepassingsdomein, m.a.w. welk type watersysteem het betreft. Multidisciplinaire serious games die water beschouwen i.r.t. energie of kijken naar de interactie tussen voedsel-water-energie, worden aangeduid met 'Nexus'.
- Of het spel wordt gespeeld door één of meerdere spelers wordt op drie verschillende vormen vermeld: (i) of de serious game door meerdere spelers gespeeld kan worden; (ii) het minimum aantal benodigde spelers aanduid en (iii) het maximale aantal spelers<sup>4</sup>.
- Een aantal trefwoorden dat betrekking heeft op het thema van de serious game. Hiermee wordt het thema van de game verder uitgewerkt, in combinatie met de algemenere vermelding over het speldomein. Een serious game kan bijvoorbeeld het domein 'stedelijk waterbeheer' hebben, maar specifiek van toepassing zijn op het thema ontwerp van waterdistributienetwerken en dimensionering van leidingen. In deze beschrijving zouden 'ontwerp waterdistributienetwerken' en 'leiding dimensionering' de twee relevante tags zijn.

---

<sup>4</sup> There are examples that can be played both as a single-player and a multi-player setting.

Deze criteria worden toegevoegd aan de geïdentificeerde backend- en frontend-technologieën.

Naast de beschouwde velden, wordt de technische basis formeel gestandaardiseerd. Dit betekent dat de formele regels van een relationele database worden gevolgd (Codd 1970). Ten eerste is de database relationeel opgebouwd, d.w.z. het bestaat uit onderling verbonden tabellen. Deze verbindingen worden relaties genoemd en worden aangeduid met unieke *identifiers* tussen de tabellen. Deze database bestaat uit drie tabellen:

- i. De hoofdtabel (*table\_main*) die de voornaamste eigenschappen van de serious games beschrijft.
- ii. De backend-technologie tabel (*tech\_backend*) die gegevens bevat over de backend-technologieën die voor elke serious game zijn gebruikt.
- iii. De frontend-technologie tabel (*tech\_frontend*) die gegevens bevat over de frontend-technologieën die voor elke serious game zijn gebruikt.

Tabellen ii en iii zijn verbonden met de hoofdtabel via een unieke identificatie (nummer), namelijk de *tech\_backend\_id* en *tech\_frontend\_id*. Met het gebruik van deze *identifier* kan dezelfde technologie (bijv. Unity voor frontend-ontwerp) vaak worden geïdentificeerd in de verschillende serious games waar deze is toegepast. Elk van deze twee tabellen bevat velden die relevant zijn voor de beoordeelde technologieën, zoals het type technologie (d.w.z. een bestandsdatabase, hydraulisch model of andere methodologieën), de ontwikkelaar, de beschikbaarheid van de technologie (open-source of tegen betaling) en de website waar de technologie te vinden is.

name	project	developer	year	domain	hasMultiplayer	tag_1	tag_2	tech_backend_id	tech_frontend_id	url
SHANEUS	HOOZ SHANEUS	UNEXE	2018	water distribution network	FALSE			1		<a href="http://www.unex.com/area/area.php?app=shaneus">http://www.unex.com/area/area.php?app=shaneus</a>
WEDRADE		UNEXE	2018	water distribution network	TRUE	water management	pipe duplication	7		<a href="http://www.unex.com/area/area.php?app=wedrade">http://www.unex.com/area/area.php?app=wedrade</a>
UNICITY		maxis	2012	city building	TRUE	urban planning	city building	2		<a href="http://www.unex.com/area/area.php?app=unicity">http://www.unex.com/area/area.php?app=unicity</a>
MIKE BASIN		DHI	2014	water distribution network	FALSE	regional water management	river management			<a href="http://www.unex.com/area/area.php?app=mikebasin">http://www.unex.com/area/area.php?app=mikebasin</a>
CONFLICT		SABOT and VIG	2012	conflict management	TRUE	conflict management				
WIS	WIS2012	Universiteit di Keel	2012	water distribution network	FALSE	water management	pipe sizing			
WATERSTORY		University of Stellenbosch	2018	conflict management	TRUE	conflict management	policy implementation			
MIKE BASIN		TU Delft	2013	water distribution network	FALSE	regional water management	river management			
SQL										
UNITY										
ASP.NET										
EXCEL										
PLANNING KIT										
WEBGL										

technology_id	name	type	developer	availability	website
1	system dynamics	methodology	MIT	commercial	<a href="http://vensim.com/vensim-software">http://vensim.com/vensim-software</a> <a href="https://www.iseesystems.com/store/products/">https://www.iseesystems.com/store/products/</a>
2	GlassBox	agent-based simulation engine	Maxis	commercial	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=sy50qURlJIY">https://www.youtube.com/watch?v=sy50qURlJIY</a>
3	MIKE Hydro Basin	hydraulic model	DHI	commercial	<a href="https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-hydro-basin">https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-hydro-basin</a>
	Microsoft SQL		Microsoft	commercial	<a href="https://www.microsoft.com/en-us/sql-server?rtc=1">https://www.microsoft.com/en-us/sql-server?rtc=1</a>
1	Unity Game Engine	graphics engine	Unity Technologies	commercial	<a href="https://unity.com/">https://unity.com/</a>
2	ASP.NET 4.0	web development framework	Microsoft	open-source	<a href="https://dotnet.microsoft.com/apps/aspnet">https://dotnet.microsoft.com/apps/aspnet</a>
3	Microsoft Excel	spreadsheet software	Microsoft	commercial	<a href="https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/excel">https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/excel</a>
4	Planning Kit Blokkendoos	GUI	Deltares	closed-source	<a href="http://former.iemss.org/sites/iemss2010/papers/S05/S05_05_07_Gaming%20in%20the%20method%20of%20integrated%20modeling%20and%20participatory%20approaches%20in%20interactive%20water%20management%20-%20QIQ%20HOU.pdf">http://former.iemss.org/sites/iemss2010/papers/S05/S05_05_07_Gaming%20in%20the%20method%20of%20integrated%20modeling%20and%20participatory%20approaches%20in%20interactive%20water%20management%20-%20QIQ%20HOU.pdf</a>
5	WebGL	web development framework	Khronos	open-source	<a href="https://www.khronos.org/webgl/">https://www.khronos.org/webgl/</a>

Figuur 17 De technische basis is geproduceerd als een reeks onderling verbonden tabellen, waarbij de hoofdtabel wordt gekoppeld aan de frontend- en backend-technologie tabellen.

Naast de tabelrelaties is de database zo gestructureerd dat alle vermeldingen behoren tot fundamentele gegevenstypen die ook voorkomen in "Relational Database Management" (RDBM) systemen. Te weten *string* (d.w.z. reeksen van tekens), *integer* (getal zonder cijfers), *float32* (32-bit drijvende-kommagetal, getal met cijfers) en *boolean* (geheel getal met waarden 0 of 1).

De dataordening is zoveel mogelijk toegespitst op dit RDBM systemen. De eigenschap of de serious game door meerdere spelers gespeeld kan worden, wordt niet aangeduid met tekst maar door een eenvoudig booleaans getal. Daarbij is 0 (false; kan door slechts één speler gespeeld worden) of 1 (true; kan door meerdere spelers gespeeld worden). Het hanteren van deze gegevenstypen voor elk veld zorgt ervoor dat de database, zelfs als deze in een spreadsheetbestand wordt aangeleverd, gemakkelijk kan worden aangepast aan meer formele (relationele) omgevingen, bijvoorbeeld in databasesystemen zoals MySQL, SQLite of MongoDB. Het eindresultaat is een gestandaardiseerde technische basis in tabelvorm met de daarbij behorende frontend / backend-technologieëntabellen. Deze technische basis bevat de gegevens van 14 bestaande serious games die betrekking hebben tot watervraagstukken. Door de standaardisatie van deze technische basis kan deze op elk moment worden aanvullend met nieuw ontwikkelde serious games. Ook kan er eenvoudig en snel een inventarisatie worden gemaakt van de software en technologische mogelijkheden bij de ontwikkeling van een serious game.

Tabel 6: Main table of the technical base, showing basic serious game attributes, as well as links to the backend and frontend technology.

Name	Project	Developer	Year	Domain	hasMulti layer	players Min	players Max	tag_1	tag_2	tag_3	tech_bac kend_id	tech_fron tend_id	url
SIM4NEXUS	H2020 SIM4NEX US	UNEXE	2018	Nexus	FALSE	1	1				1		<a href="https://www.sim4nexus.eu/page.php?wert=SeriousGame">https://www.sim4nexus.eu/page.php?wert=SeriousGame</a>
SeGWADE		UNEXE	2016	Water distribution network management	TRUE	1		WDN management	Pipe duplication		7	5	<a href="http://waterseriousgames.org/">http://waterseriousgames.org/</a>
SimCity		maxis	2013	City building	TRUE	1	4	urban planning	City building		2		<a href="https://www.ea.com/games/simcity">https://www.ea.com/games/simcity</a>
Aqua Republica		DHI	2014	River basin management	FALSE	1	1	integrated water resources management	River management		3	1	<a href="https://games4sustainability.org/gamepedia/aqua-republica/">https://games4sustainability.org/gamepedia/aqua-republica/</a>
Irrigania		Salbert and Vis	2012	Conflict management	TRUE			Conflict management			4	2	<a href="https://irrigania.ch/">https://irrigania.ch/</a>
NPS	PRIN- 2012	Politecnico di Bari	2018	Water distribution network management	FALSE	1	1	WDN management	Pipe sizing	Freshwater supply	5	3	
WATERSTO RY		University of Stellenbosch	2015	Nexus	TRUE			Conflict management	Policy implementati on		1		

SimDelta		TU Delft	2013	River basin management	FALSE	1	1	Policy implementation	Flood protection	Freshwater supply	6	4	<a href="http://www.simdelta.nl/">http://www.simdelta.nl/</a>
IDT		Agriculture and Agri-food Canada	2014	River basin management	TRUE			Drought management	Freshwater supply		1		<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479715301006?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479715301006?via%3Dihub</a>
Millbrook		UNEXE	2018	River basin management	FALSE	1	1					1	
Ravilla		UNESCO-IHE	2012	River basin management	TRUE			Integrated water resources management					
FloodPlain Management Game		Centre for System Solutions	2011	River basin management	TRUE			Floodplain management	Agriculture		1		<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eet.586">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eet.586</a>
Energetika		Takomat GmbH	2012	Energy policy management	FALSE	1	1	Policy implementation	Energy sources management			6	<a href="http://www.wir-ernten-was-wir-saeen.de/energiespiel/">http://www.wir-ernten-was-wir-saeen.de/energiespiel/</a>
IAMM serious game		Open Universiteit	2015	River basin management	TRUE			Policy implementation	River management		7		

Tabel 7: backend technology table.

Technology_id	Name	Type	Developer	Availability	Website
---------------	------	------	-----------	--------------	---------

1	System dynamics	Methodology	MIT	Commercial	<a href="http://vensim.com/vensim-software">http://vensim.com/vensim-software</a> <a href="https://www.iseesystems.com/store/products/">https://www.iseesystems.com/store/products/</a>
2	GlassBox	Agent-based simulation engine	Maxis	Commercial	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=vS0qURI_JJY">https://www.youtube.com/watch?v=vS0qURI_JJY</a>
3	MIKE Hydro Basin	Hydraulic model	DHI	Commercial	<a href="https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-hydro-basin">https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-hydro-basin</a>
4	Microsoft SQL Server	database	Microsoft	Commercial	<a href="https://www.microsoft.com/en-us/sql-server?rtc=1">https://www.microsoft.com/en-us/sql-server?rtc=1</a>
5	WNetXL	Hydraulic model	Laucelli 2015	Open-source	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815025904">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815025904</a>
6	Delta Model	Hydraulic model	Deltares	Closed-source	
7	EPANET	Hydraulic model	EPA	Open-source	<a href="https://github.com/OpenWaterAnalytics/EPANET">https://github.com/OpenWaterAnalytics/EPANET</a>
8	CADDIES	Hydraulic model	EXETER	Open-source	<a href="http://emps.exeter.ac.uk/engineering/research/cws/resources/caddies-framework/">http://emps.exeter.ac.uk/engineering/research/cws/resources/caddies-framework/</a>
9	IAMM	Flood model	Hasnoot et al. 2013	Commercial	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sd.438">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sd.438</a>



Tabel 8: frontend technology table.

Technology_id	Name	Type	Developer	Availability	Website
1	Unity Game Engine	Graphics engine	Unity Technologies	Commercial	<a href="https://unity.com/">https://unity.com/</a>
2	ASP.NET 4.0	Web development framework	Microsoft	Open-source	<a href="https://dotnet.microsoft.com/apps/aspnet">https://dotnet.microsoft.com/apps/aspnet</a>
3	Microsoft Excel	Spreadsheet software	Microsoft	Commercial	<a href="https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/excel">https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/excel</a>
4	Planning Blokkendoos Kit	GUI	Deltares	Closed-source	<a href="http://former.iemss.org/sites/iemss2010//papers/S05/S.05.07.Gaming%20as%20the%20method%20to%20integrate%20modelling%20and%20participatory%20approaches%20in%20Interactive%20Water%20Management%20-%20QIQI%20ZHOU.pdf">http://former.iemss.org/sites/iemss2010//papers/S05/S.05.07.Gaming%20as%20the%20method%20to%20integrate%20modelling%20and%20participatory%20approaches%20in%20Interactive%20Water%20Management%20-%20QIQI%20ZHOU.pdf</a>
5	WebGL	Web development framework	Khronos	Open-source	<a href="https://www.khronos.org/webgl/">https://www.khronos.org/webgl/</a>
6	Epigene	Web development framework	Takomat GmbH	Proprietary	<a href="http://www.takomat-games.com/downloads/180316eOpenSpace/2018.07.20_0948_TAO_eOpenSpace_EN.pdf">http://www.takomat-games.com/downloads/180316eOpenSpace/2018.07.20_0948_TAO_eOpenSpace_EN.pdf</a>

## II Overzicht van strategische uitdagingen

Voor de toepassing van de hier beschreven serious game is in overleg met de themagroep onderstaand overzicht opgesteld met de grootste strategische uitdagingen.

Issue	Uitwerking
1. Watervraag	Stijgende watervraag Veranderende waterconsumptiepatronen Langdurige perioden van piekverbruik Verandering bronnen in huishoudens (bijv. Vlaanderen regenwaterputten)
2. Nieuwe bronnen	Noodzaak van nieuwe bronnen, door toenemende watervraag en beperkingen huidige bronnen Risicospreiding / leveringszekerheid /reservestelling met oog op vervuiling/verdroging bronnen en/of onzekere watervraag De inzet van alternatieve (onconventionele) waterbronnen
3. Waterkwaliteit en -kwantiteit bestaande bronnen	(Nieuwe) verontreinigingen in oppervlakte- en grondwater, ook als gevolg van nieuwe functies in ondergrond Verdroging Beheer zoetwatervoorraad (buffering en overbruggingsvermogen)
4. Renovatieopgave productie	Verouderde assets, inzicht in benodigde investeringen Ombouwen zuivering van traditionele naar nieuwe zuiveringsconcepten Hoe kunnen bestaande zuiveringen gemodificeerd worden Aanpassingen/uitbreidingen van zuiveringen als gevolg van veranderende drinkwaterbronnen en vergroten capaciteit
5. Renovatieopgave Distributie	Uitbreiding/capaciteitsverzwaring transport en distributienet vanwege stedelijke uitbreiding (inclusief reservoirs) Vervangen leidingen (mn AC) (transport/distributie/aansluitleidingen) Versnellen vergunningsverlening (Vlaanderen)
6. Klant	HH klant bewegen tot minder/gespreid watergebruik Overzetten industrie naar proceswater Wat accepteert een klant aan onderbrekingen en overlast Wat is de mogelijke inzet van slimme watermeters
7. Samenwerken ondergrond	Samenwerking energietransitie en klimaatmaatregelen, regievormen voor multi-utility aanpak Gecombineerde liggingsconcepten in de ondergrond Gezamenlijke risicoafweging en kostenverdeling
8. Duurzaamheid	Beoordelen/wegen van duurzaamheidsstrategieën en investeringsbeslissingen Toepassing/hergebruik van brein uit RO Hoe te komen tot een duurzame bedrijfsvoering?
9. Datamanagement-innovatie	Datavraag: Welke data hebben we nodig (eigendata versus externe (open) data) Data-aanbod: hoe organiseren we data efficiënt en effectief? Hoe vertalen we data (historie) naar besluitvorming (toekomst) Hoe zetten we nieuwe technologie in (use/business case) - van pilot naar toepassing
10. Ruimte voor investeringen	Beperkingen vanwege de WACC/leverage problematiek Beperkingen van benodigde investeringen door huidige tariefstelling

### III Verslag evaluatie alfaversie in projectgroep

Op 14 april 2021 is de alfaversie van de serious game gepresenteerd aan de projectgroep die dit project begeleidt. Aanwezig waren: Geert Linssen (WML), Bernard Enthoven (Waterbedrijf Groningen), Peter Drolenga (Vitens) en Dirk van der Woerd (WLN – linking pin vertegenwoordiger van de themagroep Hydroinformatica).

De algemene feedback van de projectgroep was dat de gepresenteerde game mooi van opzet is en dat het hen leuk en nuttig lijkt deze binnen hun bedrijven te spelen. Het algemene idee is ook dat er veel aspecten in zitten verwerkt die de communicatie tussen asset owner en assetmanager karakteriseren.

Naast deze algemene feedback zijn er ook opmerkingen/verbeterpunten genoemd, waarvan hieronder de voornaamste zijn weergegeven.

1. De introductie:
  - a. Advies om te starten met een beginsheet waarin het fictieve drinkwaterbedrijf wordt uitgelegd. Welke bedrijfsgebieden, welke assets etc.. Ook het advies om op dit moment duidelijk te maken wat het doel is van het spel, en wat de individuele doelen van respectievelijk de asset owner en assetmanager zijn. Of de spelers in de rol van asset owner of assetmanager het spel gezamenlijk of in aparte groepen spelen.
2. Het hoofddoel van 100% dekkinggraad van waterlevering:
  - a. Het is goed om de relatie tussen de wettelijke leveringsplicht en de overige doelen nog eens goed te doordenken.
  - b. Het is niet realistisch om de dekkinggraad van waterlevering zo ver terug te laten lopen. Voorstel is om dit te gaan laten variëren tussen 95% en 100%.
  - c. Is er ook een optie om meer dan 100% water coverage te creëren en zo buffers aan te leggen? Wat kan dit betekenen voor de spelopzet?
  - d. Kan er in de dekkinggraad van waterlevering ook waterkwaliteitsaspecten worden meegenomen?
3. Stakeholders:
  - a. Wat impliceert een stakeholderscore voor het bedrijf? Is dat een soort maat van tevredenheid en wat levert een hoge stakeholderscore het bedrijf op?
  - b. Koppel de default doelen 2 t/m 4 aan stakeholders (voor doelen, zie Figuur 14).
  - c. Als je een stakeholder niet selecteert (negeert), wordt dan wel de penalty toegekend die is gekoppeld aan de geuite wens?
  - d. Kun je ook een stakeholderwens deels halen en hoe komt dat tot uitdrukking in de score? Is een doel dat over meerdere ronden gaat, pas gehaald als het volledig is vervuld? Of kun je tussentijds ook scoren?
  - e. Zijn doelen ook te combineren? (bijvoorbeeld duurzame energie en verminderen CO<sub>2</sub>-voetafdruk)
  - f. Het is handig om tussen de tweede en derde fase de impact van de investeringen te plotten op de stakeholders en de dekkinggraad van waterlevering.
4. Speldynamiek:
  - a. In ronde twee onderneemt de speler acties zonder daarvan echt de consequenties te kunnen inschatten. Is hier meer uitleg nodig van bijvoorbeeld een spelleider of dienen de implicaties nog meer duidelijk te worden gemaakt in het spel zelf?
  - b. Onderhoud betekent toestand -1. Nieuwbouw betekent toestand op 0. Vijf keer onderhoud is goedkoper dan een keer nieuwbouw. Stem dit af.
  - c. De dynamiek van de schuifjes bij productie was lastig uit te leggen. Het was ook niet duidelijk wat de implicaties zijn voor het spelverloop.

- d. De waarde van de dobbelsteen en de kans in de risicomatrix zijn omgekeerd. Pas dit aan.
  - e. Als de speler maatregelen neemt in de risicomatrix verschuift het de kans, maar gebeurt er ook iets met de effecten? Maak inzichtelijk hoe dit werkt.
  - f. Je kan met mitigerende maatregelen veel invloed uitoefenen. Mitigerende maatregelen, lijken relatief veel invloed te hebben.
  - g. Wellicht kunnen de kosten voor mitigatie afhankelijk worden gemaakt van de mate van tekorten in de dekkingsgraad van waterlevering?
  - h. Denk na of in fase 3 de asset owner of de assetmanager aan zet is.
  - i. Het zou handig zijn wanneer er een prognose qua budget zichtbaar wordt gedurende alle spelrondes. Op deze manier kan de invloed van rewards en penalty's over de tijd inzichtelijk worden gemaakt. (zie ook opmerking 3.e).
  - j. In een eerdere opzet was er sprake van events zoals waterschaarste, bronvervuiling en breuk in transportleiding. Denk s.v.p. na of het zinvol is dit nog terug te laten komen.
  - k. Hoe kun je monitoren dat je in een verbeter- of in een verslechtertraject zit? Zou je na fase 3 een dashboard kunnen laten zien met budget, dekkingsgraad en toegekende punten (zie ook opmerking 3.f)?
5. Het tijdsaspect:
- a. Hoe verloopt de tijd over de rondes. Staat een ronde gelijk aan 1 jaar, 2 jaar, etc. ?
  - b. Is een assetgroep altijd direct gebouwd, of is het zinvol om een tijd voor de bouw van assets te rekenen in het spelverloop?
6. De lay-out:
- a. De plaatjes zijn niet zo geënt op de Nederlandse situatie, dat beperkt de herkenning.
  - b. De fonts zijn niet in alle gevallen goed leesbaar, vooral op een kleiner scherm.
7. Aanvullende opmerkingen:
- a. Check of het budget (boven in het scherm) altijd meteen wordt aangepast.
  - b. Als een speler een succesvolle waterbesparingsactie doorvoert, zal de speler ook minder inkomsten genereren.
  - c. Hoe ga je dit spelen, competitie binnen een bedrijf, of tussen bedrijven?

## IV BTO-projectplan vervolgfases 2 en 3

Het volgende projectvoorstel is afgestemd met de themagroep integraal assetmanagement en goedgekeurd door in het Coördinerend Overleg van het BTO op 19 mei 2021.

<b>Projectnaam</b> Serious game integraal assetmanagement; fase 2 en fase 3	<b>Looptijd</b> 1 juni 2021 – 31 december 2022	<b>Datum projectplan</b> 4 mei 2021
<b>Projectnummer</b> xxx	<b>Budget (k€)</b> 160	<b>Status projectplan</b> Definitief
<b>Opdrachtgever</b> BTO Directeurenoverleg	<b>Projectmanager KWR</b> Stef Koop	<b>Programma en onderdeel</b> BTO Thematisch Onderzoek – Integraal assetmanagement
<b>Contactpersoon opdrachtgever</b> Themagroepleden IAM	<b>Contactpersoon KWR</b> Henk-Jan van Alphen, Ralph Beuken	<b>Pagina</b> 68/8

### Projectomschrijving

- Fase 2: het verder ontwikkelen van de bestaande alfaversie tot een speelbare serious game (bèta-versie).
- Fase 3: het spelen van de serious game bij drinkwaterbedrijven met als doel het vergroten van het inzicht in assetmanagementprocessen.

### Belang en doel

In 2018 is in het BTO Integraal Assetmanagement een volwassenheidsmeting uitgevoerd over de kwaliteit van de assetmanagementprocessen bij drinkwaterbedrijven. Bij de workshop waarin de resultaten van deze volwassenheidsmeting werden besproken, is geconcludeerd dat één van de belangrijkste verbeterpunten waarin dit thema kon bijdragen was het faciliteren van de communicatie tussen het strategisch niveau (asset owner) en tactisch niveau (assetmanager) binnen drinkwaterbedrijven. Als mogelijke oplossingsrichting is toen geformuleerd de ontwikkeling van een serious game. Dit heeft geresulteerd in het BTO-project ‘Strategische besluitvorming IAM; wat kunnen serious games betekenen?’<sup>5</sup>, waarin besluitvormingsprocessen binnen drinkwaterbedrijven nader zijn onderzocht en is nagegaan of de aanpak middels een serious game hiervoor de beste ontwikkelrichting was. Nadat dit in afstemming met de themagroep is vastgesteld, is nader onderzocht wie de doelgroep zou moeten zijn, wat de ontwikkelbehoeften waren en wat het doel en de opzet van een te ontwikkelen serious game zou moeten zijn. Het onderzoek is mede-uitgevoerd met het thema Hydroinformatica. Vanuit dit thema is een analyse uitgevoerd van bestaande ict-toepassingen voor serious games en de wijze waarop die geschikt zijn te maken voor de te ontwikkelen serious game. Op basis van deze bevindingen is door een externe softwareontwikkelaar een alfaversie van een serious game ontwikkeld. Deze versie bevat de structuur van de software en een eerste inzicht van de lay-out, maar verdient nog verdere ontwikkeling voor wat betreft rekenregels, spelverloop en lay-out. Deze alfaversie is globaal gepresenteerd aan de themagroep en in detail doorgenomen met de projectgroep. Op basis van de positieve

<sup>5</sup> Dit wordt verder fase 1 genoemd.

ontvangst van de alfaversie, stelt het thema IAM voor om dit project te vervolgen met twee fasen, die deel uitmaken van voorliggend voorstel.

- Fase 2: het verder ontwikkelen van de bestaande alfaversie tot een speelbare serious game en in een beperkt aantal varianten.
- Fase 3: het spelen van de serious game bij drinkwaterbedrijven met als doel het vergroten van het inzicht in assetmanagement (denk aan: assetmanagement wat en hoe, belang van stakeholders, omgaan met verschillende /conflicterende doelen, rollen en bijbehorende verantwoordelijkheden en bevoegdheden).

**Step 1: SETTING PRIORITIES** → **Step 2: BUDGET PHASE** → **Step 3: IMPLEMENTATION**

OWNER: [Avatar] NEXT: [Avatar]

ROUND	WATER COVERAGE	SHARE RENEWABLE	SCORE	BUDGET
1/5	100%	0.0%	314	70.0M

**ASSETS OPERATION AND RESULTING INTEGRITY**

Let's Roll!

EXTRACTION ASSETS	PURIFICATION ASSETS	PIPELINES	DISTRIBUTION ASSETS
E1, E2	P1, P2	T1, T2	D1, D2

**ASSETS OWNER MITIGATE CONSEQUENCES DEPENDING ON BUDGET**

ASSET INCIDENT(S) EFFECTS & MITIGATION

ASSET INCIDENT(S)	SUPPLY LOST	MITIGATE
totals	0M	cost: 0.0M

**STAKEHOLDER MATRIX**

STAKEHOLDER	SCORE	CHANGE
PROVINCE	●●●●●	●●●●●
MUNICIPALITY	●●●●●	●●●●●
WATER_AUTHORITY	●●●●●	●●●●●
INDUSTRY	●●●●●	●●●●●
CITIZENS	●●●●●	●●●●●
AGRICULTURE	●●●●●	●●●●●
NATURE	●●●●●	●●●●●

RESULTING TOTAL SCORE: 314

**WATER DEMAND MET: 100% (70M/70M)**

**NEW BUDGET FOR NEXT ROUND: 70.0M**

Screenshot van de in fase 1 ontwikkelde serious game

## Opbrengsten en toepassing

Het beoogde onderzoeksresultaat voor fase 2 is een bètaversie van de serious game, alsmede een methodiek voor het spelen van de serious game. Onder een bètaversie wordt verstaan een versie die toepasbaar is voor gebruik, met een goed uitgedachte spelopzet, maar waarin nog niet-essentiële en/of bedrijfsspecifieke verbeterpunten aanwezig zijn. De bètaversie is nog niet zelfstandig door bedrijven te spelen. Binnen deze fase wordt ook een verkenning uitgevoerd naar varianten, bijvoorbeeld een meer stedelijke en een meer landelijke setting. Het beoogde onderzoeksresultaat van fase 3 bestaat uit verzamelde leerervaringen van drinkwaterbedrijven door het spelen van de game. De serious game helpt assetmanagers en asset owners bij strategische assetbeslissingen door de gevolgen van strategische beslissingen inzichtelijk te maken voor verschillende assetgroepen. Deze gevolgen worden vertaald naar de beschikbaarheid van water alsmede naar de conflicterende wensen of eisen die stakeholders stellen. Met een dergelijke tool kan op strategisch niveau worden gesimuleerd wat de impact is van verschillende scenario's op het presteren van assetgroepen en op de relatie/samenwerking met stakeholders. Dit is een belangrijke stap om te komen tot een meer veerkrachtig en toekomstbestendig systeem. Hoewel een serious game per definitie geen gedetailleerde simulatie is (dat zou te veel gegevens vergen), biedt het drinkwaterbedrijven een instrument om zich aan te passen, te anticiperen en te leren hoe ze hun verschillende assetgroepen nu en in de nabije en verre toekomst zo goed mogelijk en op integrale wijze kunnen beheren.

## Doelgroep

De doelgroep van dit project bestaat uit werknemers van drinkwaterbedrijven, werkzaam op strategisch en tactisch niveau. Voorafgaand aan het spelen van de game bij bedrijven zal een doelstelling geformuleerd worden. Voorgesteld wordt de doelgroep af te stemmen op de te bereiken delen. Mogelijke doelen van de game zijn: het verkrijgen van meer begrip over assetmanagement, het belang van stakeholders, de toedeling van verantwoordelijkheden en bevoegdheden aan strategisch en tactisch niveau, besluitvormingsprocessen en bijbehorende complexiteit, werken vanuit een strategisch en lange termijn perspectief, de noodzaak tot het komen tot een resiliënt assetsysteem, training van werknemers, etc.

## Activiteiten

Fase 2: ontwikkelen speelbare serious game

1. Het in drie rondes iteratief verbeteren van de alfaversion van de game (ontwikkeld in fase 1). Deze versie is met de projectgroep geëvalueerd. De projectroepleden waren van mening dat de game goed toepasbaar was bij bedrijven en noemden diverse verbeterpunten (zie bijlage). Deze verbeterpunten leiden tot een aangepaste versie. Daarna zullen nog drie spelronden met de projectgroep worden uitgevoerd, waarbij iedere keer verbeteringen worden doorgevoerd. Het doel is om na de laatste spelronde een speelbare versie te hebben waarmee de game bij bedrijven kan worden gespeeld (fase 3).
2. Het met bedrijven bespreken of er specifieke gamevarianten ontwikkeld dienen te worden en wat de impact hiervan is op de te ontwikkelen game. Het besluit hierover zal in een themavergadering worden genomen. Op basis van de gamevarianten dienen de stakeholderdoelen en acties verder uitgewerkt te worden. De huidige versie bevat nog een klein aantal stakeholder doelen, die moeten worden uitgebreid en verder toegespitst op relevante vraagstukken van drinkwaterbedrijven.
3. Het uitwerken van een introductie van de game. Voor het begrip van de spelers is er een duidelijke en aantrekkelijke introductie noodzakelijk. Hiervoor zal een animatie worden opgesteld voor de spelers in fase 3.
4. Het uitwerken van de werkwijze voor de spelleider. Voor fase 3 zal de game worden gespeeld onder begeleiding van een spelleider van KWR. Het begeleiden van een dergelijk proces vergt specifieke expertise van een spelleider en een gestructureerde werkwijze. Binnen deze activiteit zal in overleg met de projectgroep de werkwijze worden ontwikkeld.
5. Het opstellen van een handleiding. Op basis van bovenstaande punten wordt een aantrekkelijke handleiding opgesteld over de opzet en de te bereiken resultaten van het spelen van de serious game.

De afronding van fase 2 zal vastgesteld worden in de themavergadering Integraal Assetmanagement.

Fase 3: spelen van de serious game bij drinkwaterbedrijven

1. Bij alle bedrijven de game spelen. In deze fase worden sessies georganiseerd met individuele waterbedrijven om de in fase 2 verbeterde en uitgebreide serious game te spelen. Hierbij zal een spelleider van KWR aanwezig zijn. Voorafgaand zullen met het bedrijf de te bereiken doelen worden vastgesteld. Voor en na het spelen vullen de deelnemers een korte vragenlijst in om het leereffect van de game te meten en om verbeteringen van de game te faciliteren.
2. Door ontwikkelen van de game. Op basis van de speelsessies en de vragenlijsten kunnen aanpassingen aan de game worden aangebracht, bijvoorbeeld in de precieze interactie tussen de spelers, de punten die aan bepaalde doelen worden toegekend of een verdere uitwerking van een variant.
3. Workshop met de themaleden en zo veel mogelijk die mensen die de game binnen de bedrijven hebben gespeeld. Het doel van de workshop is om de ervaringen met de game nader te bespreken en een voorstel te

formuleren op welke wijze de opvolging wordt vormgegeven. Ontwikkelmogelijkheden kunnen bijvoorbeeld zijn: (1) geen nadere actie, (2) bedrijven gaan de game in de huidige vorm zelf nogmaals spelen, (3) er worden verdergaande bedrijfsspecifieke versies ontwikkeld van de huidige opzet of (4) er vindt een verdere doorontwikkeling plaats waarin de game wordt gekoppeld aan een meer realistisch model van het drinkwatersysteem.

4. Rapportage. De aanpassingen aan het spel, de verslagen en evaluatie van de spelronden en de uitkomst van de workshop worden vastgelegd in een rapportage. Desgewenst worden aanbevelingen voor vervolgstappen beschreven.

## Dwarsverbanden met andere BTO-onderdelen

Het onderwerp is nauw verbonden met Hydroinformatica. In fase 1 van dit project is een deel financiering gedaan door het thema Hydroinformatica. Een themagroep lid van dit thema neemt deel aan de projectgroep. Daarnaast sluit dit onderzoeksvoorstel goed aan bij het verkennende onderzoeksvoorstel "Serious Game Alpha" dat een serious game ontwikkelt ter ondersteuning van de besluitvorming voor "water-wise" woonwijken. Deze game heeft andere kenmerken dan voorgesteld in voorliggend projectvoorstel. De ervaringen zullen echter worden gebruikt. Voor beide projecten wordt een literatuurstudie uitgevoerd waarvan de resultaten worden gedeeld. De kennis die bij de ontwikkeling van de IAM Serious Game wordt ontwikkeld is ook bruikbaar voor het WiCE-project Serious Game Watertransitie Groningen. Ten slotte is kennis van de thema's 'Bronnen en Omgeving', 'Zuivering' en 'Distributie' essentieel om de basisdynamiek van het serious game te bepalen.

## Projectorganisatie en inzet drinkwaterbedrijven

Verantwoordelijk onderzoeker:	Henk-Jan van Alphen (KWR, resilient management and governance)
Onderzoekers:	Mehdi Khouri (University of Exeter), Nicolien van Aalderen (KWR, resilience management and governance), Ralph Beuken (KWR, water infrastructuur)
Projectmanager:	Stef Koop (KWR, resilience management and governance)
Kwaliteitsborger:	Peter van Thienen (KWR, Hydroinformatica) en Stefania Munaretto (KWR, innovation en valorisation)
Projectbegeleiding:	Geert Linssen (WML), Arne Bosch (Waternet), Bernard Enthoven (Waterbedrijf Groningen), Peter Drolenga (Vitens) en namens het thema Hydroinformatica Dirk van der Woerd (WLN)



## Planning en kosten

Onderdeel	Kosten 2021 (k€)	Kosten 2022 (k€)	Planning 2021				Planning 2022			
			Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
2.1	Verbeteren game	20			x	x				
2.2	Bespreking varianten	2								
2.3	Animatie voor introductie		5					x		
2.4	Methodiek spelleider	3				x				
2.5	Handleiding	3				x				
3.1	Spelen bij 11 bedrijven		55					x	x	x
3.2	Doorontwikkelen game, incl varianten		5					x	x	x
3.3	Workshop		5							x
3.4	Rapportage		7							x
	– Projectmanagement en kwaliteitsborging	5	5							
	– Directe kosten	20	10							
	– Onvoorzien	3	12							
	– Totaal	56	104							

Directe kosten bestaan uit inhuur programmeur en realisatie van animatie.

## Uitgangspunten en randvoorwaarden

Bij de uitvoering van dit project gaan wij uit van de volgende uitgangspunten:

1. In fase 2 van dit voorstel worden mogelijke varianten besproken. Het vaststellen deze varianten, met oog op het aantal en de tijdsbesteding, zal in overeenstemming moeten zijn met het beschikbare budget.
2. De bedrijven zijn verantwoordelijk voor het organiseren van de game-sessies. Hierbij is het noodzakelijk dat zowel de tactische als strategische rol voldoende is ingevuld.
3. Het spelen van het spel kan het beste plaatsvinden in een fysieke vorm. Wij gaan er van uit dat er sessies mogelijk zijn bij bedrijven en dat de deelnemers in één ruimte spelen.
4. Voorafgaand aan het spelen van de game, worden te bereiken leerdoelen vastgesteld. Deze leerdoelen worden vertaald in vragen die vooraf en achteraf aan de deelnemers worden voorgelegd. Op deze wijze wordt gepoogd de inzet van het spel zo veel mogelijk aan te laten sluiten bij relevante vraagstukken van het bedrijf.