A network diagram consisting of various sized circles (nodes) connected by thin lines (edges). The nodes are arranged in a non-uniform, interconnected pattern across the page. The circles are light blue with a white outline, and the lines are white. The background is a solid blue color.

Bedrijfstakonderzoek  
BTO 2022.006 | Mei 2022

# Asset Health: een verkenning

Bedrijfstakonderzoek

**KWR**

Bridging Science to Practice



# Rapport

## Asset Health: een verkenning

BTO 2022.006 | Mei 2022

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

### Opdrachtnummer

402045.234

### Projectmanager

Stef Koop

### Opdrachtgever

BTO - Thematisch onderzoek - Integraal assetmanagement

### Auteur

Ralph Beuken

### Kwaliteitsborger(s)

Mirjam Blokker

### Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar.

### Keywords

assetmanagement, winning en zuivering, prestatie, strategie

Jaar van publicatie  
2022

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



Mei 2022 ©

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

*Asset Health: een middel om de staat van gelijksoortige en verschillende assets te vergelijken als onderbouwing voor het plannen van vervanging en onderhoud*

**Auteur Ralph Beuken**

Plannen voor het vervangen en onderhouden van assets worden steeds professioneler, maar de onderliggende kennis is vaak gebaseerd op inschattingen en beperkt onderbouwde kennisregels. Door te werken met het begrip asset health kunnen drinkwaterbedrijven assets eenduidiger beoordelen en gericht kennis opbouwen. Asset health is een objectieve maat voor de mate waarin een asset in staat is de toegewezen functie uit te oefenen (nu en in de nabije toekomst). In dit rapport is dit vertaald naar een score op basis van conditie, waterkwantiteit, waterkwaliteit en mate van redundantie die het bedrijven mogelijk maakt zowel vergelijkingen te maken tussen gelijksoortige assets (zoals meerdere reinwaterkelders) als tussen verschillende assets (zoals winputten versus snelfilters). Hiermee kan een drinkwaterbedrijf plannen voor het vervangen en onderhouden van assets voor winning en zuivering beter onderbouwen. Ook komen zo kennishiaten in beeld en krijgen drinkwaterbedrijven handvatten om kennis over de conditie en falen verder uit te werken in de Praktijkcodes Drinkwater en in nationale kaders zoals de NEN 2767 (Conditiebepaling).



*Met asset health is de mate van functie-uitoefening van een hogedrukpompinstallatie uit te drukken in één getal.*

	Effectklasse 1	Effectklasse 2	Effectklasse 3
Kansklasse 1	Put 1,3,4,6,7,8,9 Filter 1,2,3,4 RWR 1,3	Pompsectie 1	
Kansklasse 2	Put 2,5	Pompsectie 2	
Kansklasse 3			
Kansklasse 4	RWR 2		

*Voorbeeld van een dashboard voor asset health voor een productielocatie bestaande uit putten, zandfilters, reinwaterreservoirs en HD-pompsecties.*

## **Belang: vervangen en onderhouden van de assets voor winning en zuivering beter onderbouwen**

Op tactisch niveau stellen assetmanagers plannen op voor het vervangen en onderhouden van assets. Deze planvorming wordt steeds professioneler, maar de onderliggende kennis is vaak gebaseerd op inschattingen en beperkt onderbouwde kennisregels. De afgelopen jaren is op het gebied van distributie veel gedaan om gericht kennis te verzamelen over de staat van assets. Er is behoefte om dit ook voor de

assets voor winning en zuivering verder uit te werken.

## **Aanpak: op zoek naar duiding en toepassing**

In literatuur over assetmanagement duikt steeds vaker het begrip asset health op als methodiek voor het eenduidig en uniform beoordelen van assets. Op basis van een literatuuronderzoek en interviews met verschillende assetbeheerders is nagegaan hoe het begrip asset health op verschillende plaatsen wordt ingevuld en welke lessen drinkwaterbedrijven hieruit

kunnen leren. Het begrip asset wordt hier gehanteerd voor de verschillende onderdelen voor de winning of zuivering, zoals een pompinstallatie, een reservoir of een winput. Health staat in grote lijnen voor de mate waarin een asset in staat is de gewenste functie uit te oefenen.

### **Resultaten: definitie asset health en stappen om tot een asset health systeem te komen**

Asset health wordt op veel verschillende manieren toegepast, afhankelijk van onder meer de beschikbare data, het type assets, het bijbehorende faalgedrag en het belang dat wordt gehecht aan de kans op falen versus het effect van functieverlies. Voor de drinkwaterwinning en -zuivering is niet een methodiek beschikbaar die direct kan worden overgenomen. Wel is er een aantal lessen te trekken die de basis voor een methodiek kunnen vormen. Dit heeft geleid tot de volgende definitie voor asset health: een objectieve maat voor de mate waarin een asset in staat is de toegewezen functie uit te oefenen (nu en in de nabije toekomst). Hiermee kunnen assets op tactisch niveau worden vergeleken ter ondersteuning van besluitvorming voor onderhoud, aanpassing of vervanging.

De belangrijkste stappen om te komen tot een systeem van asset health zijn:

- 1 Start met het stellen van een doel waarvoor asset health dient en stel categorieën op die dienen om asset health vast te stellen;
- 2 Stel randvoorwaarden, definities en afbakeningen vast, bepaal op welke punten voor een bedrijfstakbrede aanpak kan worden gekozen;
- 3 Onderzoek hoe de bepaalde categorieën worden ingevuld en hoe dit zich verhoudt tot de bestaande data;
- 4 Onderzoek op welke wijze de invulling van asset health mogelijk is met bestaande kennis en gegevens en waar kennisopbouw of aanvullende gegevens noodzakelijk zijn. Heb hierbij ook aandacht voor verborgen gebreken en veroudering;
- 5 Werk een systeem uit dat criticaliteit weergeeft als afspiegeling van het bestaande assetmanagementbeleid.

Het uitwerken van een systeem van asset health helpt drinkwaterbedrijven bij het gericht verzamelen van gegevens en het onderhouden van een voldoende kennisniveau om assets duurzaam te beheren. Daarbij sluit het aan op lopende initiatieven van drinkwaterbedrijven voor het professionaliseren van hun informatiesystemen voor bedrijfsvoering. Door te kiezen voor sectorspecifieke decomposities en definities, ontstaat de mogelijkheid om beter kennis op te bouwen over faalmechanismen en levensduren. Verder is kennis over veroudering een belangrijk leerpunt. In het rapport wordt het voorbeeld gegeven van de Crow-AMSAA methode om voor dit doel faalgegevens te vergelijken.

### **Toepassing: asset health score geeft aan hoe goed een asset voldoet aan de gestelde functie**

De asset health-score zoals die is uitgewerkt geeft aan in hoeverre een asset voldoet aan de gestelde functie. Hiervoor is in dit rapport een score gemaakt op basis van enerzijds een conditie-inschatting, waterkwantiteit, waterkwaliteit en anderzijds de mate van redundantie. Hiermee is het mogelijk vergelijkingen te maken tussen gelijksoortige assets (meerdere reinwaterkelders) en tussen verschillende assets (winputten versus snelfilters). Zo kan een drinkwaterbedrijf zijn plannen voor het vervangen en onderhouden van assets beter onderbouwen. Toepassing van de methodiek maakt ook duidelijk waar kennisontwikkeling noodzakelijk is.

Voor deze kennisontwikkeling is van elkaar leren belangrijk. Een concrete stap is het verder ontwikkelen van kennis over de conditie en falen in de Praktijkcodes Drinkwater. Door aan te sluiten bij de NEN 2767 (Conditiebepaling) krijgt de kennis een breder methodisch kader en wordt ook een verbinding gelegd met al ontwikkelde kennis van bijvoorbeeld Rijkswaterstaat en waterschappen.

### **Rapport**

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Asset Health: een verkenning* (BTO 2022.006).

# Inhoud

<b>Rapport</b>	<b>2</b>
<b><i>Managementsamenvatting</i></b>	<b>3</b>
<b>Inhoud</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
1.1 Aanleiding, doel en toepassing	7
1.2 Afbakening en gehanteerde begrippen	7
1.3 Leeswijzer	8
<b>2 Verkenning van het begrip en de definitie van asset health</b>	<b>9</b>
2.1 ISO 55000	9
2.2 Institute of Asset Management	9
2.3 Voorbeeld elektriciteitssector: UK National Grid	11
2.4 Voorbeeld elektriciteitssector: Tennet	12
2.5 Voorbeeld UK: Ofwat/Rapport CH2M over asset health	13
2.6 Lessen	15
<b>3 Voorbeelden van toepassing van asset health</b>	<b>17</b>
3.1 Office for National Statistics : The Health Index for England	17
3.2 Hughes: The use of health indices to determine end of life and estimate remnant life for distribution assets	18
3.3 Heywood en McGrail: Generating Asset Health Indices Which Are Useful and Auditable	18
3.4 Hashim et al.: Determining Health Index of Transmission Line Asset using Condition-Based Method	19
3.5 NEN 2767 Condiitiemeting gebouwde omgeving	21
3.6 Royal Haskoning DHV: Risk Based Inspections	23
3.7 Rijkswaterstaat	24
3.8 Lessen	25
<b>4 Informatie voor onderbouwing asset health</b>	<b>27</b>
4.1 Praktijkcodes drinkwater	27
4.2 Onderzoek naar onderhoudsbeheer en risicomanagement productielocaties	27
4.3 Faaldatabases	28
4.4 Faalregistraties voor leidingen en afsluiters	29
4.5 Vaststellen of er sprake is van verouderende assets	29
4.6 Standaardisatie en woordenboeken	31

<b>5</b>	<b>Naar een invulling van asset health</b>	<b>33</b>
5.1	Inleiding	33
5.2	Doelen van en eisen voor een systeem van asset health	33
5.3	Voorbeeld voor het meten van asset health	35
5.4	Hoe te komen tot een systeem van asset health?	38
5.4.1	Keuze voor assettypen	38
5.4.2	Relatie tot onderhoudsmanagement	38
5.4.3	Definities, decomposities, afbakening en assetsubtypen	38
5.4.4	Verouderende assets	39
5.4.5	RAMSSHEEP	39
5.4.6	Vaststellen van criticaliteit	40
5.4.7	Aanpassing NEN 2767 voor de watersector	40
5.4.8	Opzetten van expertgroepen conditiebepaling en asset health	40
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>42</b>
6.1	Conclusies	42
6.2	Aanbevelingen	43
	<b>Literatuur</b>	<b>44</b>
I	Conditiemeting volgens NEN 2767	47
II	Uitwerking PRA-methodiek Rijkswaterstaat	49

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding, doel en toepassing

Assetmanagement stelt een organisatie in staat waarde te realiseren uit assets bij het bereiken van haar organisatiedoelstellingen (ISO 55000). Een belangrijk onderdeel hierbij is besluitvorming over onderhoud en vervanging. Deze besluitvorming heeft impact op de prestaties, risico's en kosten van de organisatie en het is belangrijk dat deze besluitvorming plaatsvindt op grond van betrouwbare informatie over de staat van assets en streefwaarden die zijn vastgesteld binnen de organisatie. Een belangrijke uitdaging hierbij is om een eenduidige vergelijking te maken tussen gelijksoortige assets (meerdere reinwaterkelders) en tussen verschillende assets (winputten versus snelfilters), waarbij elke asset vaak een eigen aanpak heeft om de conditie, de prestaties en risico's vast te stellen. Om op tactisch niveau een overzicht te krijgen van de gezondheid (de health) van verschillende assets, willen drinkwaterbedrijven deze assets eenduidig kunnen vergelijken. Idealiter is dit onder te brengen in één overzicht (een 'dashboard') dat de status aangeeft van verschillende assets. Het begrip asset health dat zijn oorsprong heeft in de elektriciteitssector, wordt steeds vaker genoemd voor het opzetten van een dergelijke vergelijking. Drinkwaterbedrijven willen daarom weten wat het begrip asset health en de toepassing hiervan in andere sectoren voor meerwaarde kan hebben voor het eenduidig vergelijken van verschillende assets.

Het doel van dit project is:

1. het begrip asset health nader te duiden;
2. na te gaan andere sectoren voor drinkwaterbedrijven zinvolle voorbeelden hebben;
3. te onderzoeken hoe asset health zich verhoudt tot bestaande methodieken voor prestatiemeting en risicoanalyse bij drinkwaterbedrijven die deelnemen aan het BTO;
4. te onderzoeken of het mogelijk is om met behulp van het concept asset health te komen tot een verbeterde vergelijking tussen assets.

Het kunnen vergelijken van assets op tactisch niveau moet de assetmanager helpen om een snel overzicht te krijgen van de overall prestatie (de health) van assets, om richting te geven aan investeringen en onderhoudsbudgetten en ook te signaleren welke type assets minder presteren en wat daarvan de oorzaak is. Een slechte asset health dient daarmee vooral als een signalering voor nader onderzoek.

## 1.2 Afbakening en gehanteerde begrippen

Drinkwaterbedrijven hebben op het gebied van distributie al veel onderzoek uitgevoerd naar conditie en restlevensduur. Ook bestaat een leidingnet vooral uit gelijksoortige assets (leidingen). Om die reden ligt de focus van dit onderzoek bij assets voor winning en productie, meer specifiek van winputten tot en met HD-pompen.

Voor het beheer van assets voor winning en productie is informatie noodzakelijk over het functioneren en het onderhoud. Deze informatie is vaak beschikbaar in onderhoudsmanagementsystemen en wordt gebruikt om op operationeel niveau onderhouds- en vervangingswerkzaamheden te plannen. Deze informatie wordt ook veel gebruikt om kennis te verzamelen over veel voorkomende gebreken en over faalgedrag (de frequentie van falen, de duur van een reparatie, etc). Om dit proces te structureren en te verbeteren is de NEN 2767-1 (Conditiemeting gebouwde omgeving, 2019) behulpzaam. De nadruk hierbij ligt op het systematisch beoordelen van gebreken. Ook op het gebied van risicomanagement zijn op operationeel niveau methodieken beschikbaar, zoals FMECA's of reliability centered maintenance (RCM). Deze informatie die hiermee op operationeel niveau wordt gegenereerd



kan belangrijke input leveren voor vergelijkingen van assets op tactisch niveau. Het begrip asset health, zoals gebruikt in dit rapport, heeft daarom vooral betrekking op een globale beoordeling.

Drinkwaterbedrijven hanteren geen eenduidige termen. Ook binnen drinkwaterbedrijven is dit niet altijd het geval, zo kan het zijn dat de procesautomatisering iets een object noemt en de onderhoudsmanager hetzelfde een component. Voor dit project wordt daarom uitgegaan van de term asset, waarbij zo dicht mogelijk wordt gebleven bij het begrip asset health. Hierbij worden de volgende begrippen aangehouden:

- element: een eenheid met een eenduidige functie en waarvan de conditie in het algemeen met één bepaling is te beschrijven (een afsluiter, een pomp, een ventilator, etc);
- asset: een samenstel van elementen met eenzelfde functie (een pompinstallatie, een reservoir, een winput, etc);
- productielocatie: een samenstel van assets op een geografische eenheid (productielocatie X of winveld Y).

Het begrip assettype wordt aangehouden als verwezen wordt naar een groep van assets met dezelfde kenmerken, zoals reservoirs. Het begrip assetsubtype wordt aangehouden als verwezen wordt naar specifieke onderverdelingen van assets, zoals neerwaartse of opwaartse snelfilters.

### 1.3 Leeswijzer

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 een nadere duiding gegeven van het begrip asset health. Voorbeelden uit vooral de elektriciteitssector worden besproken, alsmede een inventarisatie van asset health in opdracht van de Engelse drinkwaterregulator Ofwat. Het hoofdstuk besluit met lessen, waarbij ook een definitie voor asset health wordt voorgesteld. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op toepassingen van asset health of vergelijkbare benaderingen. Ook dit hoofdstuk besluit met lessen. In hoofdstuk 4 worden verschillende informatiebronnen besproken die gebruikt kunnen worden om te komen tot een onderbouwing van asset health. In hoofdstuk 5 wordt op basis van de voorgaande hoofdstukken een mogelijke invulling gegeven voor asset health. Conclusies en aanbevelingen worden weergegeven in hoofdstuk 6.

## 2 Verkenning van het begrip en de definitie van asset health

### 2.1 ISO 55000

De internationale norm ISO 55000 (2014) geeft definities en omschrijft de belangrijkste begrippen van assetmanagement. De ISO 55000 hanteert het begrip asset health niet. Het begrip asset is gedefinieerd als “een zaak, ding of entiteit met potentiële of daadwerkelijke waarde voor een organisatie”. Verder deelt de ISO 55000 assets als volgt in:

- assettype: verzameling assets met gemeenschappelijke kenmerken waardoor die assets zich als groep of klasse onderscheiden (bijvoorbeeld ruwwaterleidingen, reinwaterreservoirs of afsluiters);
- assetsysteem: stelsel van assets waartussen interacties of onderlinge verbanden bestaan (bijvoorbeeld een winsysteem, een productiestation of een distributienet);
- assetportfolio: alle assets die vallen binnen het toepassingsgebied van het assetmanagementsysteem (alle assets).

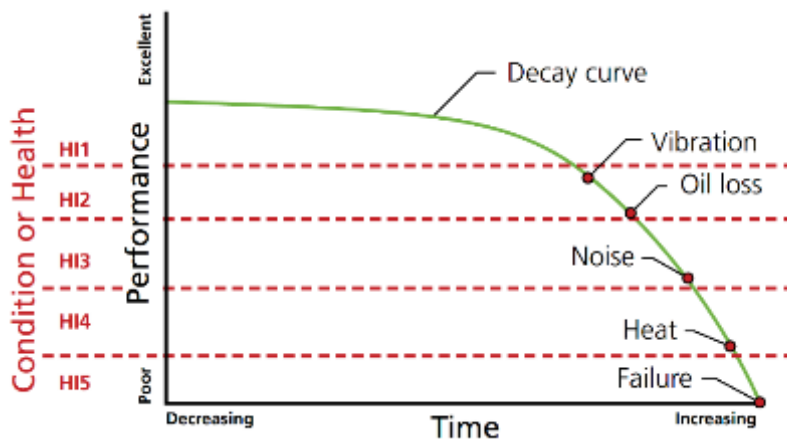
Het in Hoofdstuk 1 gedefinieerde begrip asset sluit het beste aan bij het begrip assettype dat word gehanteerd in de ISO 55000. Overigens wordt het begrip assettype in de praktijk nauwelijks gebruikt.

### 2.2 Institute of Asset Management

Het BTO-thema Integraal Assetmanagement hanteert het conceptuele kader van het Institute of Asset Management (IofAM). In de Anatomy of Asset Management (IofAM, 2015a) maakt het IofAM onderscheid tussen de prestatie en de health van assets. Onder asset health wordt hier verstaan het monitoren van huidige of voorspelde conditie of capaciteit van een asset in relatie tot de gestelde functie en de potentiële faalwijzen in ogeschouw nemend.

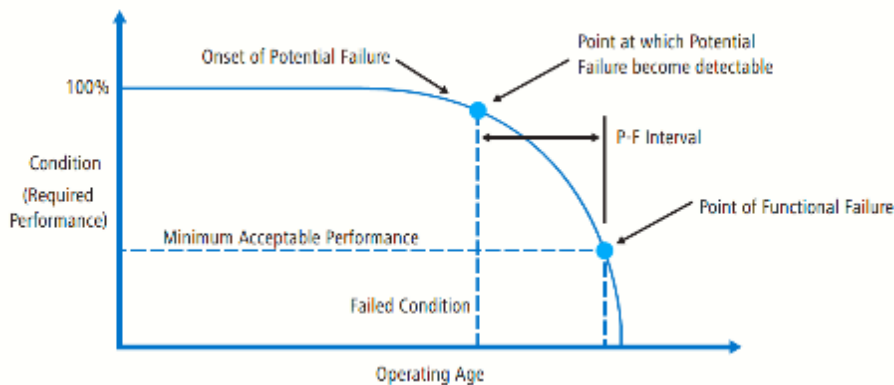
Het IofAM brengt ook de zogenaamde Subject Specific Guidelines uit. In diverse guidelines wordt een verwijzing gemaakt naar asset health. Opvallend is dat daar weer andere definities worden gehanteerd. In Guideline 8 genaamd Life Cycle Value Realisation (IofAM, 2015b) worden casestudies besproken. In een casestudy geeft National Grid, het Engelse elektriciteitstransportbedrijf, aan dat zij asset health indices hebben ontwikkeld voor de belangrijkste assettypen. Deze indeling is gebaseerd op de conditie en de verwachte restlevensduur.

In Guideline 31 genaamd Risk assessment and management (IofAM, 2016a) wordt de term asset health geïntroduceerd om de conditie van een asset aan te geven in relatie tot de daar aan toegeschreven functie. Asset health wordt in dit geval gebruikt als een globale beschrijving en is gebaseerd op een indeling in klassen. Asset health is daarbij meer een subjectieve inschatting gebaseerd op waarneembare fenomenen, waar begrippen als conditie, restlevensduur of faalkans verwijzen naar meetbare eenheden. In IofAM (2016a) is dit geïllustreerd door middel van de prestatiecurve, zie Figuur 1. In deze curve is de prestatie van een pomp aangegeven als functie van de tijd. De prestatie zal naar verloop van tijd afnemen, wat zich zal manifesteren door toenemende trilling, olieverlies, geluid, warmteontwikkelingen en uiteindelijk falen. In dit voorbeeld zijn vijf asset health klassen toegekend aan de afnemende prestatie van dit asset (HI1 tot en met HI5). Waarneembare signalen van prestatieverlies geven de overgang weer tussen asset health klassen.



Figuur 1 Prestatiecurve met asset health Klassen (Health Index 1 tot en met 5), bron IofAM (2016a)

De in Figuur 1 aangegeven prestatiecurve, heeft de vorm van een 'P-F-curve'. Deze curve speelt een grote rol bij het denken over betrouwbaarheid van assets. Het tijdstip 'P' geeft aan wanneer een potentiële faaloorzaak detecteerbaar is en het tijdstip 'F' wanneer het falen optreedt (zie ook Figuur 2). De tijdsduur tussen 'P' en 'F' wordt het P-F interval genoemd. Dit betreft de periode dat een organisatie kan handelen om falen te voorkomen, door het uitvoeren van een reparatie of het vervangen van een asset. De vaststelling van het tijdstip 'F' is afhankelijk van de verschijningsvorm van het falen en de wijze (methode en intensiteit) van monitoring. Door het faalgedrag van asset te bestuderen kan inzicht worden gekregen over de duur van het P-F interval is en op welke wijze het moment 'P' optimaal kan worden vastgesteld.



Figuur 2 Voorbeeld van een P-F curve, bron IofAM (2016b)

Idealiter zijn er voor een asset vastgestelde criteria die de basis kunnen vormen voor een indeling in asset health klassen. Dit kan bijvoorbeeld door het vaststellen van drempelwaarden voor storingsfrequenties of door inspectiegegevens. Indien deze gegevens niet voorhanden zijn, kan een indeling worden gemaakt op basis van expertinschattingen. Een belangrijk aandachtspunt bij het hanteren van expertinschattingen is het hebben van eenduidige en goed waarneembare criteria en het voorkomen van subjectiviteit. Het IofAM (2016a) geeft een voorbeeld met een indeling in vijf klassen voor asset health.

Tabel 1 Voorbeeld van een indeling in asset health klassen, gebaseerd op IofAM (2016a)

Asset Health Index	Staat	Omschrijving
1	Als nieuw	In excellente conditie en volledig in staat om alle vereiste functies uit te oefenen.
2	Goede conditie	Niet meer nieuw maar nog in een goede conditie en zonder operationele beperkingen.
3	Beperkte degradatie	Enkele tekenen van degradatie zijn zichtbaar, maar in staat om de functie naar behoren uit te oefenen met inbegrip van minimale operationele beperkingen.
4	Aantoonbare degradatie	De degradatie is aantoonbaar wat resulteert in operationele beperkingen. Einde levensduur is te verwachten binnen de planningshorizon of interventieperiode.
5	Einde levensduur	Aanzienlijke degradatie die niet verholpen kan worden vanwege verstrijken levensduur, slijtage en/of geschiktheid. Er dient op korte termijn een interventie plaats te vinden.

In Tabel 1 is in de vierde klasse de interventieperiode genoemd. Dit is de periode die noodzakelijk is om een nieuwe asset in functie te krijgen of de asset te repareren of renoveren. Afhankelijk van de beschikbaarheid van onderdelen, de duur van het ontwerpproces, de periode om vergunningen te krijgen en dergelijke, kan de interventieperiode variëren van uren tot meerdere jaren. Om die reden zal een indeling voor bijvoorbeeld een brandkraan er anders uitzien dan voor een winning.

IofAM (2016a) merkt verder op dat bij het hanteren van een indeling in asset health klassen er aandacht nodig is voor veranderende omstandigheden. De functie van een asset kan veranderen, maar het is ook mogelijk dat nieuwe standaarden of eisen worden ingevoerd.

### 2.3 Voorbeeld elektriciteitssector: UK National Grid

Het Engelse National Grid ziet asset health als een maat voor de conditie van een asset en de restlevensduur (IofAM, 2016a). Op basis van een gestandaardiseerde methodiek met observeerbare en meetbare factoren wordt de asset health bepaald. De restlevensduur wordt bepaald op basis van aannamen over de degradatie. De National Grid hanteert een Asset Health Index (AHI) met vier klassen, zie Tabel 2.

Tabel 2 Indeling in asset health klassen van de National Grid (IofAM, 2016a).

Asset health klasse	Staat	Omschrijving
1	Goede conditie	Assets met een restlevensduur van minimaal 10 jaar.
2	Te monitoren	Asset met mogelijke conditieproblemen en die gemonitord dienen te worden, de verwachte restlevensduur is in het algemeen minimaal 10 jaar.
3	Verouderend	Assets waarbij op middellange termijn aanpassing noodzakelijk zal zijn, de verwachte restlevensduur is minder dan 10 jaar.
4	Slechte conditie	Assets die nu of op korte termijn niet voldoen aan functie-eisen, de verwachte restlevensduur is minder dan 5 jaar.

National Grid geeft aan dat inzicht in faalmechanismen de bepalende factor is om te komen tot verbeterde besluitvorming. Hiervoor neemt zij onderdelen uit en onderzoekt deze (vergelijkbaar met de exitbeoordeling bij drinkwaterbedrijven). National grid verzamelt informatie over het verouderen van assets en daarmee het verloop in de index om zo toekomstige vervangingsactiviteiten beter te plannen. National Grid geeft aan dat informatie over de asset health, gecombineerd met informatie over de effecten van falen, bepalend is voor het opstellen van vervangingsprioriteiten.

## 2.4 Voorbeeld elektriciteitssector: TenneT

TenneT, de netbeheerder van het Nederlandse hoogspanningsnet, heeft in 2017 het Kwaliteits- en Capaciteits Document (KCD) uitgegeven. In het KCD geeft TenneT voor een periode van 10 jaar aan wat de verwachte investeringen zijn om de kwaliteit, veiligheid en capaciteit van de elektriciteitstransporten in Nederland te waarborgen. Voor het analyseren van de onderhoudsbehoefte maakt TenneT gebruik van uitgebreide storingsanalyses en de Health Index (TenneT, 2017). De health index beschrijft de status van de componenten en componenten met matige of onvoldoende conditie worden als knelpunt aangemerkt. Elk knelpunt wordt vervolgens beoordeeld met een risicoanalyse.

Met behulp van de Health Index krijgt TenneT een inschatting in de mate waarin de componenten binnen de inspectieperioden voldoen aan de technische uitgangspunten (TenneT, 2017). Hiervoor zijn vier niveaus gedefinieerd, zie Tabel 3 en Figuur 3:

Tabel 3 Indeling in asset health klassen bij TenneT (TenneT, 2017).

Asset health klasse	Staat	Omschrijving
1	Goed (groen)	De verwachte technische conditie blijft binnen zes jaar voldoen aan de technische uitgangspunten, mits het normale reguliere onderhoud gepleegd wordt.
2	Voldoende (oranje)	De verwachte technische conditie voldoet binnen zes jaar niet aan de technische uitgangspunten, maar kan met aanvullend onderhoud weer Goed (groen) scoren.
3	Matig (rood)	De verwachte technische conditie voldoet binnen zes jaar niet meer aan de technische uitgangspunten. Afhankelijk van de risico's worden acties vastgesteld om de component weer terug te brengen naar een groene Health Index.
4	Onvoldoende (paars)	De verwachte technische conditie voldoet binnen drie jaar niet meer aan de technische uitgangspunten. Door uitvoering van revisies of vervangingen, opgenomen in de portfolio, worden deze risico's gemitigeerd.

TenneT heeft de Health Index ontwikkeld om de conditie van haar componenten te bewaken (TenneT, 2021). De conditie ('health') van de componenten wordt vastgesteld aan de hand van de verwachte rest-levensduur, gebaseerd op faalstatistieken van een populatie, het bouwjaar en de door inspecties vastgestelde staat van componenten. Componenten krijgen op grond van conditie-indicatoren een gewogen score (Health Index). De kennisregels worden op basis van ervaring continu verbeterd. TenneT maakt geen onderscheid tussen asset health en conditie. De Health Index maakt inzichtelijk of falen van componenten een populatieprobleem betreft of slechts een probleem met een individuele component. Voor componenten met een rode en paarse score wordt een risicobeoordeling gemaakt, wat ook wil zeggen dat de effecten van falen worden beschouwd. Op basis daarvan wordt vastgesteld welke van de componenten met welke prioriteit vervangen moeten worden. De risico's op falen

van de componenten worden gecombineerd op stationniveau, waarbij stations met een gesommeerd hoog risico een hogere prioritering krijgen in het vervangingsprogramma. Na een meer diepgaande inspectie van de geselecteerde assets wordt de definitieve scope van de problematiek vastgesteld. TenneT gebruikt de NEN 2767 voor onderhoud van gebouwen en bijbehorende conditiemeting. Voor meer elektrospecifieke componenten ontwikkelt men in Cigré verband beoordelingssystematieken en een systeem van kentallen voor veroudering (zie: <https://www.cigre.nl/>).



Figuur 3 De asset health score (TenneT, 2017)

## 2.5 Voorbeeld UK: Ofwat/Rapport CH2M over asset health

De Engelse regulator Ofwat heeft het consultancybureau CH2M gevraagd om in kaart te brengen hoe waterbedrijven in Engeland en Wales omgaan met het begrip asset health (CH2M, 2017). CH2M concludeert dat er geen algemeen geaccepteerde definitie is van asset health bij de geïnterviewde waterbedrijven. Aangegeven is dat er een brede consensus bestaat dat asset health een omvattender en completer begrip is dan asset conditie, en dat het naast de fysieke staat van assets ook prestaties, functies en het effect van falen omvat.

CH2M geeft aan dat alle Engelse drinkwaterbedrijven besluitvormingsondersteunende tools gebruiken die een verbinding leggen tussen asset health, de door Ofwat vastgestelde serviceprestatie-indicatoren en investeringen. Alle bedrijven gaven aan dat dit een proces betreft dat nog in ontwikkeling is. CH2M geeft aan dat dashboards zijn ontwikkeld voor ondersteuning bij communicatie en beheer van prestaties en resultaten met de volgende tijdshorizonten:

- voor direct gebruik: om snel te reageren op storingen, bijvoorbeeld door de te verwachten prestatie te vergelijken met de optredende prestatie;
- voor korte termijn monitoring: om snel in te springen op opkomende ontwikkelingen, bij te sturen in geval van ondermaatse prestaties of om onderhoudsbeleid in te richten;
- voor middellange termijn: voor het plannen en prioriteren van investeringen en voor het opstellen van onderhoudsbeleid;
- voor langetermijnprognoses: om trends vast te stellen en om verouderingsmodellen te verifiëren.

In Figuur 4 is de relatie gegeven zoals geschetst door CH2M (2017) tussen asset health en waardecreatie door investeringen. Asset health levert in dit perspectief informatie op om een kans op falen te bepalen. Deze informatie kan worden afgeleid uit analyses van faal- en prestatiegegevens, modellering en extrapolatie, afgeleid door deskundigenpanels of op basis van conditieregistraties. De kans op falen kan worden doorvertaald naar de kans op en omvang van een leveringsonderbreking, bijvoorbeeld uitgedrukt in ondermaatse leveringsminuten. Deze

onderbreking kan worden gerelateerd aan een prioritering naar de ernst van de onderbreking, wat input is voor investeringsbeslissingen.



*Figuur 4 Elementen die de vertaling geven van asset health naar waarde van een investering, bron CH2M (2017)*

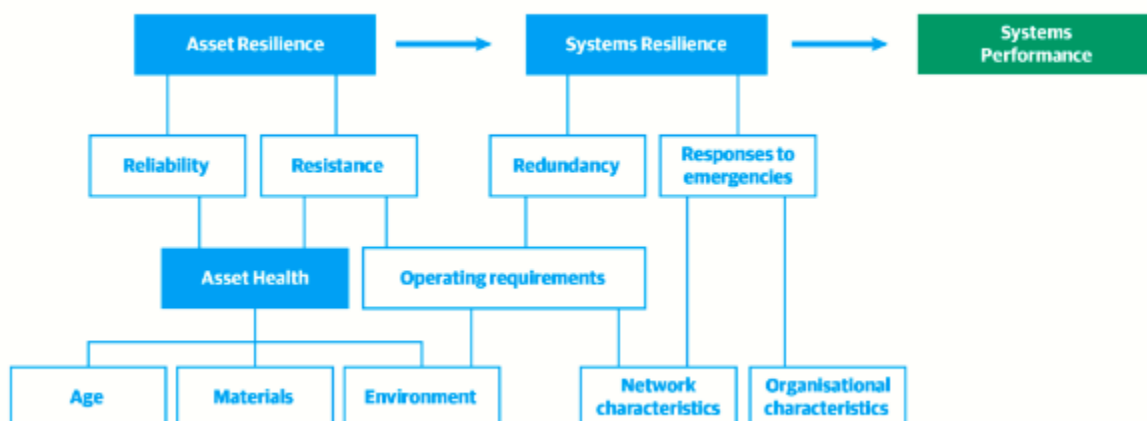
Het rapport van CH2M beschrijft naast asset health ook het begrip resilience (veerkracht<sup>1</sup>). Engelse drinkwaterbedrijven hanteren hierbij het begrip resilience zoals dat is gedefinieerd door The Cabinet Office (2011): resilience is het vermogen van assets, netwerken en systemen om te anticiperen op een versturende gebeurtenis, deze te absorberen, zich eraan aan te passen en/of er snel van te herstellen. The Cabinet Office geeft aan dat resilience van infrastructuur wordt verkregen door een combinatie van de 'vier R's':

- resistance (weerstand): het voorkomen van nadelige gevolgen door sterkte of bescherming te bieden om de primaire impact te weerstaan;
- reliability (betrouwbaarheid): het verzekeren dat onderdelen worden ontworpen en beheerd om te functioneren onder een groot aantal omstandigheden waarbij schade wordt voorkomen;
- redundancy (redundantie): heeft betrekking op het ontwerp van een system dat moet bestaan uit backupvoorzieningen en extra capaciteit om de functie van het onderdeel dat uitvalt op te vangen en daarmee de functie van het gehele systeem veilig te stellen;
- response and recovery (reactie en herstel): betreft de mogelijkheid om snel en effectief te reageren op ongewenste gebeurtenissen en om in staat te zijn om hiervan te herstellen.

CH2M geeft aan dat diverse bedrijven aangeven behoefte te hebben aan een beter begrip over de relatie tussen asset health en resilience op assetniveau en op systeemniveau. Bij gebrek aan een betere maatstaf stellen zij voor dat asset health een vertaling is van informatie over de leeftijd, het materiaalgebruik en de omgeving en dat het bijdraagt aan de onderdelen reliability en resistance, zie ook Figuur 5. De gekozen onderdelen die asset health bepalen, lijken vooral van toepassing te zijn op het distributienet. Dit blijkt ook uit de keuze voor de items leeftijd en materiaalgebruik, typische indicatoren voor leidingen en de omgeving, die wel van invloed is op leidingen maar niet of nauwelijks voor productieassets. Ook is het opvallend dat er geen storings- of onderhoudsgegevens als grondslag worden aanbevolen.

<sup>1</sup> Omdat ook in Nederlandse literatuur vaak de Engelse termen worden gebruikt, wordt dit hier ook aangehouden.

Figure 2-2: A conceptual relationship between asset health and the 'four R's' of resilience



Figuur 5 Conceptuele relatie tussen asset health en resilience, voorstel volgens CH2M (2017)

Gezien de focus op distributie en de vertaling van asset health als maat voor de conditie, lijken de constatering van CH2M minder geschikt voor de in dit rapport onderzochte toepassing van asset health als ondersteuning voor tactische besluitvorming over assets voor winning en productie. Verder is de conceptuele relatie zoals geschetst in Figuur 5 in tegenspraak met de eerder geuite constatering dat asset health wordt gezien als meer omvattend dan conditie.

Recent heeft Ofwat de 'Asset management maturity assessment lexicon of Ofwat' (Ofwat, 2021) uitgebracht. Hier is asset health omschreven als systeemindicator en geen indicator van een individuele asset: "Asset health is een indicator van het vermogen van een bedrijf om haar functies ten behoeve van de klanten, de directe omgeving en de samenleving te vervullen, nu en in de toekomst. Er is sprake van slechte asset health als assets zodanig kunnen verslechteren dat het risico op storingen (met gevolgen voor klanten, de omgeving en de samenleving) groter is dan de risicotolerantie van het bedrijf."

Opvallend is dat deze definitie van asset health zich veel meer richt op het niveau van bedrijven en daarmee een algemene maat is voor de staat van alle assets. Ofwat geeft geen nadere duiding hoe dit abstracte begrip te vertalen naar concrete toepassingen.

## 2.6 Lessen

In dit hoofdstuk is gekeken hoe andere organisaties het begrip asset health duiden en wat voor toepassingen zij hiervoor zien. De leidt tot de volgende leerpunten.

- 1 Er lijkt geen eenduidige definitie te zijn voor asset health. Het wordt gerelateerd aan conditie, mate van functie-uitoefening, restlevensduur of periode waarna een aanpassing nodig is.
- 2 Asset health lijkt vooral toegepast te worden voor assets, die bestaan uit meerdere elementen en waarbij informatie uit meerdere bronnen moeten worden gecombineerd.
- 3 Asset health wordt toegepast om meerdere en verschillende assets beter te kunnen vergelijken.
- 4 Asset health maakt deel uit van een geformaliseerd afwegingskader met uniforme afspraken, gericht op verbetering van besluitvorming.
- 5 Bij de indeling in assetklassen speelt soms de reactietijd een rol, dat wil zeggen de tijd tussen constatering van een gebrek en ingebruikneming van een nieuwe asset.
- 6 Binnen de elektriciteitssector lijkt het werken met het concept asset health het meest ontwikkeld. Er zijn nationale en internationale samenwerkingsverbanden om te komen tot kennisopbouw over het functioneren en degraderen van assets.



Voor deze studie wordt voor het begrip asset health de volgende definitie voorgesteld: een objectieve maat voor de mate waarin een asset in staat is de toegewezen functie uit te oefenen (nu en in de nabije toekomst) en waarmee op tactisch niveau assets kunnen worden vergeleken ter ondersteuning van besluitvorming voor onderhoud, aanpassing of vervanging.

## 3 Voorbeelden van toepassing van asset health

### 3.1 Office for National Statistics : The Health Index for England

Het Engelse Office for National Statistics (2020) heeft een methodiek opgesteld om te komen tot een (population) health index voor de bevolking gebaseerd op een groot aantal indicatoren. Het doel van deze zogenaamde composiet health index is om: een afgewogen beeld te krijgen van de gezondheid van de bevolking, ontwikkelingen te volgen en te kunnen sturen op een langetermijn gezondheidsbevordering. Vanuit deze doelen bezien, kan deze health index als voorbeeld dienen voor een (asset) health index voor drinkwaterbedrijven. Er wordt gebruik gemaakt van statistische data over de jaren 2015 tot en met 2018. De resultaten van de meting zijn zichtbaar gemaakt in een webportal (<https://healthindex.lcp.uk.com/>). Voor een voorbeeld van resultaten, zie Figuur 6.



*Figuur 6 Twee voorbeelden uit het dashboard van de Health Index for England. Links: de geografische verspreiding van de gecombineerde health index. Rechts: De ontwikkeling van 2015 tot en met 2018 van de indicator 'laag geboorte gewicht' voor negen regio's.*

De health index is opgebouwd uit meerdere sub-indices die zijn gericht op uitkomsten van gezondheidsmaatregelen, beïnvloedbare risicofactoren en sociale factoren die bepalend zijn voor de gezondheid. Deze sub-indices zijn ingedeeld in drie hoofdcategorieën:

- Healthy people: parameters die representatief zijn voor de gehele bevolking met een focus op mortaliteit en gezonde levensverwachting;
- Healthy lives: parameters over gezondheidgerelateerd gedrag en persoonlijke omstandigheden van invloed op de individuele gezondheid; deze parameters zijn door individuen te beïnvloeden, voorbeelden zijn: overgewicht, roken, tienerzwangerschappen of deelname aan kankeronderzoek;
- Healthy places: parameters die de gezondheid beïnvloeden maar die niet op individueel niveau zijn te beïnvloeden, voorbeelden zijn: luchtkwaliteit, geluidsoverlast en afstand tot sportfaciliteiten.

De methodiek die is gebruikt voor het opstellen van een composiet health index bestaat uit de volgende tien stappen. Deze stappen kunnen dienen als lessen bij het opstellen van een health index voor drinkwaterbedrijven.

- 1 Stel een theoretisch framework op dat aangeeft welke doelen worden nagestreefd, wat de doelgroep is en op welke manier die bereikt gaat worden. Draag hierbij zorg voor goede definities.
- 2 Selecteer de juiste data selectie die een goede afspiegeling is van het te beschrijven doel. In deze stap zijn bovengenoemde hoofdcategorieën vastgesteld en is ook nagedacht over het aggregatieniveau voor het verzamelen van de data.
- 3 Denk na hoe om te gaan met ontbrekende data, dit kan bijvoorbeeld door het interpoleren van ontbrekende 'tussenwaarden' of door gebruik te maken van vergelijkbare data (proxy-data). Stel criteria op voor de omgang met categorieën met een tekort aan data.
- 4 Controleer parameters op afhankelijkheid door het uitvoeren van een multivariabele analyse.

- 5 Homogeniseer data door alle data terug te brengen naar een vergelijkbare schaal, bijvoorbeeld van 0 tot 1.
- 6 Waardeer parameters en bepaal wegingsprincipes.
- 7 Aggregeer parameters.
- 8 Voer een gevoeligheidsanalyse uit.
- 9 Vertaal uitkomsten naar mogelijke maatregelen.
- 10 Visualiseer de resultaten.

### 3.2 Hughes: The use of health indices to determine end of life and estimate remnant life for distribution assets

In zijn artikel beschrijft Hughes (2003) dat elektriciteitsbedrijven steeds meer over gaan tot conditiegebaseerde onderhouds- en vervangingsprogramma's. Beschreven wordt hoe health indices kunnen worden opgesteld die elektriciteitsbedrijven hierbij helpen. Opgemerkt wordt dat in dit artikel de indices alleen zijn gericht op de conditie van assets, in het bijzonder het elektriciteitsnetwerk. Opmerkingen die Hughes (2003) maakt en die relevant zijn voor voorliggend onderzoek zijn hieronder weergegeven.

- 1 Een health-index is een manier om complexe conditie-informatie te combineren tot een numerieke waarde. Het is hierbij belangrijk het doel te definiëren. De health-index die is beschreven dient om een indicatie te geven van het aantal assets die zich aan het einde van hun levensduur bevinden. Hughes beoogt dat door met health-indices komen tot een consistente en globale beoordeling van de conditie van assets. Naast deze informatie geeft hij aan dat er ook andere factoren zijn die van invloed zijn op de restlevensduur, zoals criticaliteit, veroudering, veiligheidskwesties, milieu-impact, enz. Deze dienen op consistente wijze meegenomen te worden in de besluitvorming.
- 2 Het is van belang onderscheid te maken tussen degradatie die door onderhoud kan worden verholpen en degradatie die wijst op het naderende einde van de levensduur.
- 3 Kijk vanuit praktisch oogpunt eerst naar informatie die beschikbaar en relevant is en beoordeel of daarmee een zinvolle prioritering mogelijk is. Hughes geeft aan dat vaak al uit bestaande gegevens veel informatie beschikbaar kan komen voor een eerste prioriteitsbepaling. De vervolgstap is dan het bepalen welke aanvullende informatie minimaal vereist is om te komen tot een acceptabele health-index. Het vaststellen van de minimale hoeveelheid conditie-informatie voor acceptabele besluitvorming is van groot belang, omdat dit een (kosten-) intensieve gegevensverzameling en -verwerking kan voorkomen, die vaak leidt tot complexe besluitvorming.
- 4 Nadat health-indices, inclusief normwaarden zijn vastgesteld, dient bepaald te worden op welke wijze conditie-informatie verzameld kan worden. Vaak is het onmogelijk en oneconomisch om gedetailleerde conditie-informatie te verzamelen over alle assets. Door gebruik te maken van onderhoudsgegevens, exitbeoordelingen of door gerichte conditiebepaling, kunnen goede resultaten worden verkregen tegen beperkte kosten.
- 5 De ontwikkeling en toepassing van health-indices bieden een:
  - consistente manier om beschikbare conditie-informatie (en risicofactoren) te gebruiken om de restlevensduur vast te stellen en daarmee te komen tot consistente besluitvorming;
  - gestructureerd proces om te komen tot verbeterde methoden voor conditiebepaling;
  - middel om data en technische kennis en ervaring te combineren;
  - basis voor het plannen en rechtvaardigen van toekomstige vervangings-/renovatieplannen.

### 3.3 Heywood en McGrail: Generating Asset Health Indices Which Are Useful and Auditable

Heywood en McGrail (2016) omschrijven een Asset Health Index (AHI) als een asset score die als doel heeft om op een of andere manier de conditie en dus de waarschijnlijke prestatie van de assets te beschrijven. Zij geven aan dat de AHI bruikbare informatie geeft voor te plannen activiteiten zoals: welke assets hebben onderhoud of renovatie nodig en op welk moment. Om waarde uit een AHI te halen, zijn duidelijke afspraken nodig over:

- 1 het na te streven doel, welk probleem wordt opgelost;
- 2 de realisatietermijn voor acties die verband houden met individuele en geaggregeerde scores;
- 3 de mogelijkheid om beslissingen en bijbehorende acties te evalueren, bijvoorbeeld door een faalanalyse.

Heywood en McGrail geven aan niet te streven naar ‘volledige’ informatie van assets. Zij adviseren om te beginnen met een kleine en goed te bevatten deelverzameling van gegevens, te leren van de resultaten van analyses en prioriteringen en daarna het systeem uit te breiden. Hiervoor is het van belang blijvend te controleren: of bij het opzetten van een AHI het oorspronkelijke probleem voldoende wordt aanpakt, of de juiste tijdschaal wordt gehanteerd en of de resultaten zijn te rechtvaardigen en te controleren. Verder geven zij het belang aan van een opzet die makkelijk is te begrijpen en over te dragen en voldoende flexibel is om te reageren op de vele veranderingen die er vaak plaatsvinden in datasystemen.

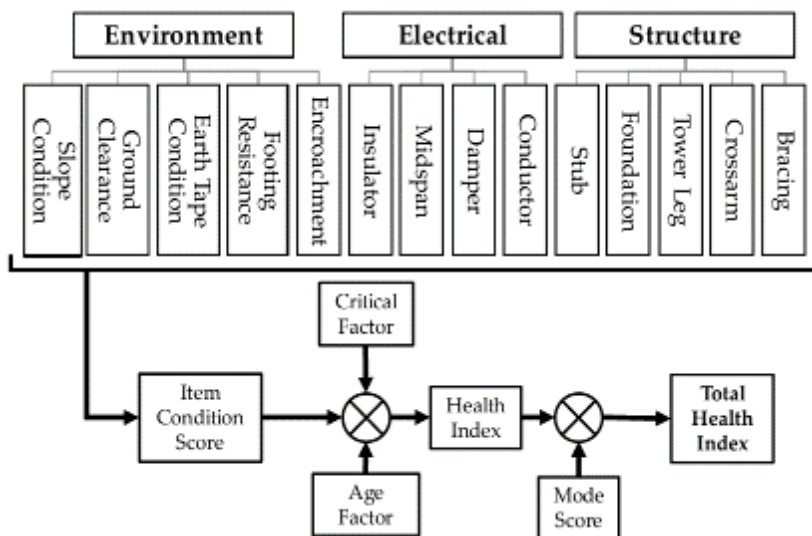
Om te komen tot een systeem van asset health stellen Heywood en McGrail de volgende stappen voor:

- 1 Begin met analyse van bestaande data. Gebruik hiervoor data waarvan bekend is dat deze kwalitatief goed is en maak gebruik van een makkelijk te begrijpen analysemethode.
- 2 Zet conditiescores op en probeer zo veel mogelijk aan te sluiten bij bestaande richtlijnen. Het is mogelijk om de score te baseren op expertgegevens die voorzien is van een tijdsschaal en een activiteit, bijvoorbeeld:
  - Score 1: onderdeel zal waarschijnlijk minimaal 15 jaar functioneren;
  - Score 2: onderdeel zal waarschijnlijk meer dan 15 jaar blijven functioneren, echter het is ook mogelijk dat vervanging tussen 5 en 15 jaar moet plaatsvinden;
  - Score 3: onderdeel zal waarschijnlijk meer dan 5 jaar blijven functioneren, echter het is ook mogelijk dat vervanging tussen 2 en 5 jaar moet plaatsvinden;
  - Score 4: onderdeel zal binnen 2 jaar vervangen dienen te worden.
- 3 Hoe meer klassen worden aangehouden hoe moeilijker het is om onderdelen te scoren en te evalueren.
- 4 Denk na hoe de vertaalslag te maken van observeerbare gebreken naar scores met actie en tijdschaal.
- 5 Als data gecombineerd moet worden, bijvoorbeeld in een risicomatrix of in een assenstelsel, denk dan na of:
  - een score ‘6’ twee keer zo erg is als een score ‘3’;
  - uitval van een onderdeel schadelijk is voor het functioneren van het geheel;
  - scores lineair of logaritmisch zijn;
  - de gepresenteerde scores overeenkomen met de ervaringen van experts;
  - onderscheid nodig is tussen geleidelijk falen (waarbij de conditie langzaam achteruitgaat en er vaak meer reactietijd is) en abrupt falen (waarbij er direct sprake is van uitval).

### 3.4 Hashim et al.: Determining Health Index of Transmission Line Asset using Condition-Based Method

Hashim et al. (2019) beschrijven een methode om de resultaten van meerdere conditiebepalingen van hoogspanningssystemen om te zetten naar een gecombineerde health index. De health index wordt hier gezien als een indicator om de continuïteit van levering te garanderen. De methode heeft als doel om te komen tot een objectieve planning en uitvoering van activiteiten voor onderhoud, renovatie en vervanging.

De health index is opgebouwd uit drie clusters van indicatoren, namelijk structurele, elektrische en omgevingsindicatoren. Deze clusters en indicatoren hebben betrekking op de belangrijkste onderdelen (veertien in totaal, die elk weer kunnen bestaan uit verschillende subonderdelen) van hoogspanningsmasten, zie ook Figuur 7. De health index wordt volgens Hashim et al. berekend met behulp van de formules (1) en (2). Gegevens over de conditie van subonderdelen zijn de basis van deze methode.



Figuur 7 Voorgesteld proces voor het bepalen van een gecombineerde health index van hoogspanningsmasten, volgens Hashim et al. (2019)..

$$HI = \sum_{i=1}^m c_i \cdot I_i \cdot CF_i \cdot AF_i \quad (1)$$

$$THI = \frac{\sum_{j=1}^n HI_j \cdot M_j}{100} \quad (2)$$

In formule (1) worden de Health Indices bepaald van veertien onderdelen van een hoogspanningsinstallatie. Per onderdeel worden daarvoor de volgende factoren bepaald:

- de conditie score ( $C_i$ ) van een subonderdeel, die het resultaat is van de in het veld vastgestelde conditie en een score is tussen 0 en 1, waarbij 1 staat voor een goede conditie en 0 voor een slechte conditie;
- het aandeel ( $I_i$ ) dat een wegingsfactor is op basis van de impact bij falen op het gehele systeem en waarbij per onderdeel de som van de verschillende subonderdelen de waarde 100 bedraagt;
- de kritische factor ( $CF_i$ ) die per subonderdeel wordt bepaald door het aantal onderbrekingen en de toegankelijkheid bij reparatie, waarbij 1 staat voor een beperkt aantal onderbrekingen en een goede toegankelijkheid;
- de leeftijdsfactor ( $AF_i$ ) varieert van 0 tot 1, waarbij 1 staat voor het begin van de levensduur van het subonderdeel en 0 voor einde levensduur.

In formule (2) worden de Health indices per onderdeel vertaald naar een totale health index (THI) per cluster (structurele, elektrische en omgevingsindicatoren). Hiervoor wordt gebruik gemaakt van:

- de mode score ( $M_j$ ), die wordt toegepast om verschillende onderdelen van een cluster te combineren, die wordt vastgesteld op basis van de impact bij falen op het gehele systeem en waarbij de som van de verschillende onderdelen per cluster de waarde 100 bedraagt.

Opvallend aan de door Hashim et al. gepresenteerde aanpak is het groot aantal inschattingen, waarbij het niet duidelijk is of er objectieve richtlijnen zijn voor het invullen van de verschillende parameters en gewichten. Tevens is deze aanpak specifiek gericht op een bepaald soort asset, namelijk hoogspanningsmasten, die allemaal een vergelijkbare opbouw, faalmechanismen, conditieverloop en levensduur hebben. Het is niet duidelijk op welke wijze deze assets vergeleken kunnen worden met andersoortige assets.

### 3.5 NEN 2767 Conditiemeting gebouwde omgeving

De normenserie NEN 2767 heeft als doel het scheppen van een transparant, herleidbaar en objectief kader voor de registratie van gebreken aan de gebouwde omgeving. Deze normenserie komt voort uit diverse initiatieven van de Rijksoverheid, waaronder de Rijksgewebouwendienst, Rijkswaterstaat en het Ministerie van Defensie. Toepassing van de norm beoogt een eenduidige bepaling van de conditie van de technisch toestand op het moment van inspectie. Het idee is dat deze registratie samen met andere informatie als input dient voor besluitvorming over investeringen, onderhoud, onderhoudscontracten, etc. De conditiemeting richt zich nadrukkelijk op technische aspecten en niet op aspecten als de effecten van falen, het voldoen aan wet- en regelgeving of gebruiksgemak. De geconstateerde gebreken worden beoordeeld op ernst, omvang en intensiteit.

NEN 2767 heeft de volgende doelen (zie ook: <https://www.nen.nl/bouw/beheer-en-onderhoud/conditiemeting>):

- scheppen van uniformiteit in de conditiescore;
- brengen van inzicht en eenheid in de soorten gebreken op basis van de gebrekenparameters ernst, omvang en intensiteit;
- classificeren van aangetroffen gebreken en ondersteunen van prioriteitsstelling, oftewel een rangorde aanbrengen in de noodzaak van herstel van de aangetroffen gebreken;
- bieden van een hulpmiddel voor toetsing, sturing en uitvoering bij beheer en onderhoud.

De serie bestaat uit vier delen:

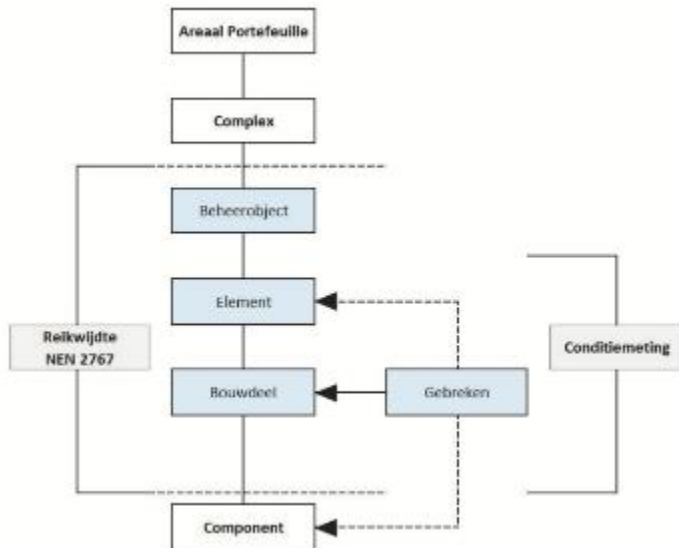
- NEN 2767-1: geeft de methode om de technische staat van bouwdelen op objectieve wijze te bepalen en eenduidig vast te leggen;
- NEN 2767-2, Conditiemeting van bouw- en installatiedelen – Gebrekenlijsten: geeft gebrekenlijsten voor bouwkundige en gebouwgebonden installatietechnische elementen;
- NEN 2767-4, Conditiemeting van bouw- en installatiedelen – Gebrekenlijsten infra: is een webapplicatie voor conditiemeting van infrastructuur ontwikkeld door o.a. Rijkswaterstaat, Dienst Vastgoed Defensie en grote gemeenten;
- NPR 4768: Conditiemeting – Definities en foto's van decompositie en gebreken infra: is een aanvulling op de NEN 2767-4 met definities en foto's van de beheerobjecten, elementen, bouwdelen en de intensiteit van gebreken.

De NEN 2767 maakt gebruik van een decompositie die is weergegeven in Figuur 8. De NEN 2767 richt zich op de niveaus beheerobject, element en bouwdeel. Gebreken zijn uitgewerkt per bouwdeel. Bij deze decompositie worden de volgende definities gehanteerd:

- complex: verzameling van bij elkaar behorende beheerobjecten, waarbij deze verzameling een specifieke functie vervult, bijvoorbeeld luchthaven, snelweg, hoogspanningsnet of winkelcentrum;
- beheerobject: afgebakende eenheid van een bovenliggend netwerk, een objectenportefeuille, een complex of een areaal die bestaat uit een samenhangend geheel van elementen met een of meer autonome gebruiksfuncties, bijvoorbeeld gebouw, viaduct of spoorweg;
- element: aanwijsbaar deel van een beheerobject dat uitsluitend op basis van de verlangde functie wordt onderscheiden en bestaat uit één of meerdere bouwdelen, bijvoorbeeld installaties, constructies of afscheiding; aanwijsbaar deel van een beheerobject dat uitsluitend op basis van de verlangde functie wordt onderscheiden en bestaat uit één of meerdere bouwdelen, bijvoorbeeld installaties, constructies of afscheiding;
- bouwdeel: zelfstandig en aanwijsbaar deel van een element, onderscheiden naar samenstelling of constructiewijze, bestaande uit één of meer componenten waaraan technische eigenschappen en een onderhoudshistorie kunnen worden gerelateerd, bijvoorbeeld wandafwerking, pijler of afsluitboom;

- component: zelfstandig onderdeel van een bouwdeel dat rechtstreeks het resultaat is van productie, bijvoorbeeld een daktrim, ondersabeling van een leuning, radiatorknop of een brander van een verwarmingsketel.

Hierbij komt een beheerobject het meeste overeen met de in voorliggend rapport gehanteerde term productielocatie. Element komt overeen met asset en bouwdeel met element.



Figuur 8 Gehanteerde decompositie in de NEN 2767-reeks

Voor de conditiebeoordeling maakt de NEN 2767 gebruik van een conditiescoresysteem met zes klassen dat geïnterpreteerd kan worden als een health index, zie Tabel 4.

Tabel 4 Conditiecores volgens NEN 2767

Conditie-score	Omschrijving	Toelichting
1	Uitstekend	Geen of zeer beperkte veroudering. Gebreken aan bouwdelen als gevolg van veroudering komen niet of zeer incidenteel voor. Installaties functioneren storingsvrij zonder bedrijfsonderbrekingen als gevolg van uitval. Gebreken, meestal in de vorm van lichte beschadigingen of van esthetische aard, kunnen incidenteel worden aangetroffen. Reparaties kunnen het gebrek direct volledig herstellen en brengen het bouwdeel terug naar de beoogde basiskwaliteit.
2	Goed	Beginnende veroudering. Gebreken aan bouwdelen in de vorm van materiaal aantasting, veroudering van afwerkklagen en componenten komen incidenteel voor. Installaties functioneren, op een enkele uitzondering na, storingsvrij. Gebreken, zoals verweringsverschijnselen, worden slechts plaatselijk gesignaleerd. Bouwdelen kunnen zichtbare vuilaantasting vertonen.
3	Redelijk	Het verouderingsproces is plaatselijk op gang gekomen. Bouwdelen vertonen plaatselijk gebreken aan afwerkklagen, materialen en componenten. Het functioneren van de installaties kan een enkele keer worden verstoord zonder dat het bedrijfsproces wordt geschaad. Gebreken, in de vorm van verwerking enz., kunnen plaatselijk tot regelmatig voorkomen. Regelmatig kunnen goed uitgevoerde en duurzame reparaties worden vastgesteld. Ook kunnen plaatselijk reparaties met minder geschikte middelen zijn uitgevoerd. Een bouwdeel kan in zijn geheel een zichtbare veroudering vertonen.
4	Matig	Het verouderingsproces wordt met regelmaat geconstateerd. Bouwdelen vertonen regelmatig gebreken aan afwerkklagen, materialen en componenten. Plaatselijk kunnen storingen in het functioneren van het bouwdeel optreden. Er kunnen regelmatig (ernstige) gebreken voorkomen die kunnen leiden tot functieverlies. De bedrijfszekerheid van installaties is matig gewaarborgd. Er kunnen bedrijfsonderbrekingen voorkomen.
5	Slecht	Het verouderingsproces is min of meer onomkeerbaar geworden. Bouwdelen vertonen in aanzienlijke mate gebreken aan afwerkklagen, materialen en componenten. De primaire functies van onderdelen die het functioneren van bouwdelen beïnvloeden, zijn dan niet meer gewaarborgd. Het functioneren van de installaties is niet meer gewaarborgd. Er kunnen veel (ernstige) gebreken voorkomen die leiden tot functieverlies. Regelmatig kunnen bedrijfsonderbrekingen plaatsvinden.
6	Zeer slecht	Maximaal gebrekenbeeld. De conditie van bouwdelen is zo slecht dat het niet meer te classificeren is onder conditie 5. Er is sprake van een maximaal gebrekenbeeld en voortdurend treden storingen op in de functie vervulling van bouwdelen. Het bouwdeel is onbruikbaar en technisch rijp voor sloop.

Op Europees niveau houdt CEN werkgroep CEN/TC319/WG11 'Condition assessment methodologies' zich bezig met dit onderwerp. Het initiatief hiervoor lag bij de Nederlandse normcommissie Conditie meting en dient om de NEN 2767 tot een Europese standaard te verheffen. Nederland (NEN) voert het secretariaat en het voorzitterschap van deze werkgroep. In 2019 is CEN/TS 17385:2019 'Method for condition assessment of immobile constructed assets' gepubliceerd.

Stowa heeft een handreiking opgesteld over de achtergrond en het gebruik van NEN 2767 voor waterkeringbeheerders (Stowa, 2021) waarbij de overeenkomsten en verschillen met de door waterkeringbeheerders gebruikte methode (de Digigids) worden toegelicht.

### 3.6 Royal Haskoning DHV: Risk Based Inspections

Royal Haskoning DHV heeft een vertaling gemaakt van de NEN2767 voor het ondersteunen van drinkwaterbedrijven bij besluitvorming over investeringen en onderhoud van productielocaties, Risk Based Inspections (RBI) genaamd. De belangrijkste aanpassingen zijn dat er een relatie wordt gelegd naar het belang (criticaliteit) van het component voor de drinkwaterlevering en dat er gebruik wordt gemaakt van een extra conditiescore. Een Score 7 wordt toegekend als er een besmettingsgevaar wordt geconstateerd. De methodiek van



RBI wordt uitgevoerd voor de disciplines werktuigbouw, elektrotechniek en bouwkunde. Deze methodiek is onder andere toegepast op productiestation Grubbenvorst van WML (Royal Haskoning DHV, 2017). In Tabel 5 zijn voor deze disciplines de onderdelen op productiestation Grubbenvorst aangegeven waarop de inspectie heeft plaatsgevonden. Deze onderdelen zijn visueel geïnspecteerd en voorzien van een score. De rapportage geeft een overzicht van de gebreken en de bijbehorende herstelkosten.

Opgemerkt wordt dat de methodiek van Royal Haskoning DHV, die is gebaseerd op de NEN 2767, zich richt op visueel waarneembare gebreken en een weergave zijn van de actuele toestand. Er wordt geen inzicht verkregen degradatieprocessen die zich niet visueel manifesteren. Dit kan zijn omdat het zich buiten het zicht afspeelt, bijvoorbeeld een ondersteuning onder een snelfilter of de wapening in een betonnen wand.

*Tabel 5 De onderdelen waarbij Royal Haskoning DHV een Risk Based Inspection heeft uitgevoerd op Productiestation Grubbenvorst.*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werktuigbouw:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pompputten</li> <li>○ Voorfilterinstallatie</li> <li>○ Nafilterinstallatie</li> <li>○ UV-installatie</li> <li>○ Drinkwaterkelderinstallatie</li> <li>○ Vuilspolwaterinstallatie</li> <li>○ Hogedrukgroep</li> <li>○ Spoelluchtinstallatie</li> <li>○ Spoelwaterinstallatie</li> <li>○ Gebouwinstallatie</li> <li>○ Lenswaterinstallatie</li> <li>○ Persluchtinstallatie</li> <li>○ Noodstroominstallatie</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrotechniek:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Laagspanningsschakel- en verdeelinrichting</li> <li>○ Besturingskast</li> <li>○ Transformator</li> <li>○ Meetapparatuur</li> <li>○ Generatorinstallatie</li> <li>○ Stuurstroom voedingspaneel</li> <li>○ Kabelwegen</li> <li>○ Aarding/potentiaalvereffening</li> <li>○ Beveiligingsinstallaties</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bouwkunde:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Buitenwanden</li> <li>○ Binnenwanden</li> <li>○ Vloeren</li> <li>○ Trappen en hellingen</li> <li>○ Daken</li> <li>○ Hoofddraagconstructie</li> <li>○ Buitenwandopeningen</li> <li>○ Binnenwandopeningen</li> <li>○ Balustrades en leuningen</li> <li>○ Dakopeningen</li> <li>○ Buitenwandafwerkingen</li> <li>○ Binnenwandafwerkingen</li> <li>○ Vloerafwerkingen</li> <li>○ Schilderwerk</li> <li>○ Dakafwerkingen</li> <li>○ Afvoeren</li> <li>○ Vaste keukenvoorzieningen</li> <li>○ Vaste sanitairvoorzieningen</li> <li>○ Grondvoorzieningen</li> </ul> </li> </ul>
---	--	---

### 3.7 Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat (Rijkswaterstaat, 2018) ontwikkelt, beheert en onderhoudt het Nederlandse hoofdwegennetwerk, hoofdvaarwegennetwerk en hoofdwatersysteem. Hoewel het begrip asset health niet wordt gehanteerd, heeft Rijkswaterstaat een risicogebaseerde methode ontwikkeld, de zogenaamde prestatiegestuurde risicoanalyse (PRA), waarmee beslissingen voor het onderhoud en de vervanging van verschillende soorten assets wordt ondersteund.

Rijkswaterstaat is een grote organisatie die een groot aantal verschillende objecten beheert. Zij hanteert een strikte indeling van assets die bestaan uit de aggregatieniveaus:

- hoofdsystemen, de drie bovengenoemde netwerken die Rijkswaterstaat onderhoudt;
- systemen, componenten waaruit de hoofdsystemen zijn opgebouwd, zoals Rijksweg 1;
- systeemdelen, onderdelen waaruit systemen zijn opgebouwd uit, zoals een verbinding tussen A en B;
- beheerobjecten, onderdelen waaruit systeemdelen zijn opgebouwd uit, zoals een brug;
- elementen, onderdelen waaruit beheerobjecten zijn opgebouwd uit, zoals een elektromotor;
- bouwdelen, onderdelen waaruit elementen zijn opgebouwd uit, zoals een aandrijf-as.

Rijkswaterstaat hanteert drie soorten eisen die op elk aggregatieniveau worden geformuleerd.

- Functionele eisen: de primaire eis aan de functie die aangeeft wat het onderdeel moet kunnen. Vaak heeft een functionele eis betrekking op de capaciteit die een systeem moet leveren.
- Aspecteisen: beschrijven de randvoorwaarde(n) waaronder het systeem zijn functies moet vervullen.

- Raakvlakeis: eisen aan een systeem op basis van een zogenaamde raakvlakkenanalyse waarin men inventariseert welke de eisen de omgeving aan het systeem stelt.

Voor aspecteisen hanteert Rijkswaterstaat het RAMSSHEEP principe. Dit begrip is een acroniem voor de volgende Engelstalige termen, waarvoor Rijkswaterstaat en Nederlandstalige vertaling hanteert (ontleend aan Rijkswaterstaat, 2018).

- Reliability (betrouwbaarheid): de duur dat een asset zonder gebreken kan functioneren.
- Availability (beschikbaarheid): de totale tijd dat een asset gebruikt kan worden.
- Maintainability (onderhoudbaarheid): de kans dat een onderdeel binnen een specifiek tijdsinterval en onder gegeven omstandigheden, kan worden geïnspecteerd, gerepareerd en preventief onderhouden. Hierbij speelt ook de beschikbaarheid van reserveonderdelen en gereedschap een rol.
- Safety (veiligheid): de kans dat een systeem gedurende een bepaalde periode, en onder gegeven omstandigheden, geen menselijk letsel (gewonden, doden) veroorzaakt aan personeel en omwonenden.
- Security (beveiliging): de veiligheid van een systeem met betrekking tot bewust onveilig menselijk handelen, zoals vandalisme, terrorisme en cybercrime.
- Health (gezondheid/arbeidsomstandigheden): lichamenlijk, geestelijk en/of maatschappelijk welzijn, zonder dat sprake is van falen of van acute veiligheidsrisico's. Hierbij valt te denken aan arbo-aspecten als ergonomie of omgang met gevaarlijke stoffen.
- Environment (omgeving en milieu): dit kan gaan over de inpassing in en de (mogelijke) beïnvloeding van de omgeving, zoals gevolgen voor de milieukwaliteit en de doorwerking op flora, fauna, en hinder (geluid, fijnstof) voor mensen.<sup>2</sup>
- Economics (€, kosten): het geheel van de financiële gevolgen, zoals kosten van aanleg, kosten van onderhoud, claims en boetes.
- Politics (imago): politiek-bestuurlijke en maatschappelijke gevolgen, die bijvoorbeeld kunnen leiden tot effecten op het imago van de beheerorganisatie of gevolgen voor de reputatie van de politiek/bestuurlijk verantwoordelijken.

De betrouwbaarheid en beschikbaarheid zijn indicatoren voor de verwachte prestatie van het systeem. De overige factoren richten zich op de randvoorwaarden (aspecteisen). Rijkswaterstaat voert voor alle objecten een objectrisicoanalyse uit. Deze analyse onderzoekt de risico's in de gebruiksfase en niet in de projectfase. Deze risicoanalyse vangt aan met een kwalitatieve analyse en wordt waar nodig uitgebreid met een kwantitatieve analyse. De kwantitatieve analyse vindt plaats op basis van expertmeningen en kent een indeling in klassen.

Bij de risicoanalyse wordt de kans op falen van een object ingedeeld in vijf klassen.

1. Verwaarloosbaar ( $20 \text{ jr} < t$ ): het falen wordt niet in de komende 20 jaar verwacht.
2. Klein ( $6 \text{ jr} < t \leq 20 \text{ jr}$ ): het falen wordt tussen 6 en 20 jaar na nu verwacht.
3. Middelmatig ( $2 \text{ jr} < t \leq 6 \text{ jr}$ ): het falen wordt tussen 2 en 6 jaar na nu verwacht.
4. Groot ( $\frac{1}{2} \text{ jr} < t \leq 2 \text{ jr}$ ): het falen wordt tussen 6 maanden en 2 jaar na nu verwacht.
5. Zeker ( $t \leq \frac{1}{2} \text{ jr}$ ): het falen is al gebeurd of wordt in de komende 6 maanden verwacht.

In Bijlage II is een voorbeeld gegeven van een risicoanalyse voor een reinwaterkelder op basis van de PRA-systematiek van Rijkswaterstaat.

### 3.8 Lessen

In dit hoofdstuk is gekeken naar voorbeelden die als inspiratie gebruikt kunnen worden voor de invulling van asset health door drinkwaterbedrijven. De leidt tot de volgende leerpunten:

---

<sup>2</sup> Rijkswaterstaat merkt opdat het onderscheid tussen health, safety en environment soms arbitrair is.

- 1 Alle voorbeelden geven het belang aan van het formuleren van heldere doelen waarvoor een systeem van asset health moet dienen.
- 2 Het systeem van beslissingsondersteuning via health scores is vooral een middel om te komen tot objectieve en eenduidige besluitvorming. Daarnaast biedt deze methodische werkwijze een kans gericht kennis te verzamelen over de meest cruciale assets.
- 3 Een belangrijke uitdaging bij deze systematiek is de juiste (representatieve) informatie te verkrijgen en door te vertalen naar een generieke maat waardoor het mogelijk is verschillende assets met elkaar te kunnen vergelijken.
- 4 Het opstellen van een systeem voor asset health is mogelijk vanuit twee perspectieven:
  - 1 top-down: vanuit de vraag wat de health betekent voor een specifieke asset en van daaruit te redeneren wat nodig is om dit in te vullen;
  - 2 bottom-up: vanuit de beschikbare data en van daaruit te redeneren hoe dit het beste vertaald kan worden naar asset health.
    - Ad 1: Redenerend vanuit de mogelijke toepassing, kiest men bij de methodiek van de Health Index for England om te starten vanuit een theoretisch kader en de toepassing daarvan (zie ook het voorbeeld van de Health Index). Hiermee wordt voorkomen dat bestaande data leidend wordt en daarmee de motivatie tot verbeteren verdwijnt. Daarbij is het belangrijk expliciet te maken welke data ontbreekt en wat daarvan de consequenties zijn. Het aandachtspunt hierbij is dat er te veel vanuit een theoretisch kader wordt gedacht en dat het uiteindelijk lastig is om goede data te vinden bij de gekozen categorieën.
    - Ad 2: Hughes en ook Heywood en McGrail kiezen voor een meer pragmatische aanpak en starten met bestaande data. Zij pleiten voor een aanpak 'van klein naar groot', waarbij vooral aandacht is voor de herkenbaarheid en acceptatie van de gekozen methodiek. Het aandachtspunt hierbij is dat te weinig oog is voor de vertaling naar systeemniveau en dat het bestaande te veel als uitgangspunt wordt genomen.
- 5 Het voorbeeld van de Health Index for England geeft stappen hoe te komen een objectieve indicator. Hierbij is aandacht voor de representativiteit van data, het benodigde aggregatieniveau, de omgang met ontbrekende data, de onafhankelijkheid van parameters en de wijze van aggregatie.
- 6 De aanpak van Hashim et al. leidt tot een op conditie gebaseerde waarde, waarbij een overall-conditiegetal wordt verkregen. Dit kan goed toepasbaar zijn om soortgelijke assets te waarderen, maar lijkt minder goed toepasbaar om verschillende assets te waarderen. In dat geval lijkt het beter te kiezen voor meer generieke parameters, zoals de mogelijke bijdrage aan waterkwaliteits-of waterkwantiteitsproblemen, of een conditieschaal zoals is voorgesteld in de NEN 2767.
- 7 De voorbeelden van de NEN 2767 en Rijkwaterstaat die vooral zijn gericht op het vergelijken van verschillende assets laten het belang zien van een eenduidige methodiek, definitievorming en decompositie.
- 8 Het aspect van veroudering of verborgen gebreken verdient nadere aandacht. De meeste conditiebepalingen zijn visueel van aard of baseren zich op actuele storingsinformatie. Er dient daarom aandacht te zijn voor de vraag welke verborgen gebreken kunnen optreden die kunnen leiden tot functieverlies. Als er sprake is van veroudering zal de storingsfrequentie toenemen en kan grootschalig falen zich in korte tijd voordoen. In dat kader geeft Hughes de noodzaak aan onderscheid te maken tussen degradatie die door onderhoud kan worden verholpen en degradatie die leidt tot vervanging.

## 4 Informatie voor onderbouwing asset health

### 4.1 Praktijkcodes drinkwater

Drinkwaterbedrijven hebben praktijkcodes voor het bevorderen van het (hoge) kwaliteitsniveau van de levering en de bedrijfsvoering. Praktijkcodes zijn richtlijnen met het karakter van een ‘aanbeveling van een te volgen gedrag of handelwijze’ en dragen bij aan verspreiden van kennis en uniformeren van werkwijzen. KWR stelt de praktijkcodes op in nauwe samenwerking met experts van alle Nederlandse drinkwaterbedrijven en het Vlaamse bedrijf Pidpa. Voor een overzicht van de bestaande praktijkcodes, zie: <https://www.praktijkcodesdrinkwater.nl/wp-content/uploads/2017/08/overzicht-praktijkcodes-2021-12-01.pdf>

Met oog op het opstellen van een indicator voor asset health die informatie geeft over de staat van de belangrijkste assets voor winning en productie zijn de volgende praktijkcodes van belang:

- PCD 4, 2020: Richtlijn voor systemen voor de opslag van drinkwater; ontwerp, aanleg en beheer;
- PCD 10, 2018: Snelfiltratie in open filters; snelfilters onder atmosferische druk in gesloten gebouwen;
- PCD 13, 2019: Putten en puttenvelden ten behoeve van drinkwater, deel 1 Algemeen.

In deze praktijkcodes wordt de nadruk gelegd op aspecten van ontwerp, aanleg en beheer. Met oog op asset health zijn ze interessant omdat ze een algemene omschrijving geven van de functie, de belangrijkste onderdelen en de wijze van onderhoud. Er wordt niet ingegaan op functiefalen, onderliggende faalmechanismen, registratie van falen en risicobeheermaatregelen.

### 4.2 Onderzoek naar onderhoudsbeheer en risicomanagement productielocaties

Vanuit het perspectief van onderhoudsbeheer en risicomanagement analyseren drinkwaterbedrijven het functioneren van drinkwaterassets, waarbij meer formele registratieprocedures zijn opgezet en storingsdata wordt bijgehouden. De laatste jaren gebeurt dit steeds professioneler, met name onder invloed van bedrijfsautomatisering. In het BTO is een aantal onderzoeken uitgevoerd dat in dit verband vermeldenswaardig is.

De Vries et al. (2014) hebben de mogelijkheden onderzocht van een integrale en kwantitatieve aanpak ter ondersteuning van een brede toepassing van assetmanagement in de drinkwatersector. Zij concluderen dat een effectieve risicoanalyse pas mogelijk is als faalgegevens van assets van bron tot tap en over een lange periode worden bijgehouden. Zij concluderen dat faalgegevens voor assets vaak beperkt aanwezig zijn, onder meer vanwege de beperkte faalfrequentie van assets. Zij kunnen echter aangevuld worden met gegevens van andere bedrijven, fabrikanten en leveranciers. Zij bevelen aan om ten behoeve van een kwantitatieve risicomanagementstrategie een goed beeld te verkrijgen van mogelijke toepassing van bestaande gegevens, inclusief aandacht voor de kwaliteit daarvan. Tevens bevelen zij aan te onderzoeken hoe expertkennis en specifieke en generieke faalgegevens zich tot elkaar verhouden en hoe expertkennis kwantitatieve methoden verder kunnen aanvullen.

Huiting en Palmen (2015) zijn voor generieke en cruciale componenten van de zuivering nagegaan welke onderhoudsgerelateerde kennis aanwezig was en wat de behoefte was aan verdere ontwikkeling hiervan. Tevens zijn zij nagegaan of er behoefte bestond aan een uniforme registratietechniek. Naast het vastleggen van onderhoudskennis, zijn er drie workshops voor kennisuitwisseling georganiseerd. Deze betroffen beluchtings-/ontgassingstorens, UV-desinfectie en microzeven. Huiting en Palmen concluderen dat er in 2015 nog geen behoefte was aan een uniforme database voor faalgedrag van apparaten, componenten en vervangingseenheden. Dit mede omdat er tegelijkertijd een initiatief was van Royal Haskoning DHV voor het registreren hiervan (genaamd Adaquata). Wat de status hiervan is, is op het moment van schrijven niet duidelijk. Wel bleek er een duidelijke

behoefte om kennis op het gebied van assetmanagement van zuiveringsinstallaties met elkaar te delen, met name op het gebied van het onderhouden van procesinstallaties. Aangegeven is dat voor het vastleggen en delen van die kennis op een formele wijze dient plaats te vinden, waarbij ervaringen goed en gestandaardiseerd worden vastgelegd. De gerealiseerde workshops en de vastgelegde procesbeschrijvingen (zie Huiting en Palmen, 2015) kunnen hiervoor een vertrekpunt zijn. Opgemerkt wordt dat deze werkzaamheden niet het karakter hebben van onderzoek en beter passen onder het Platform Bedrijfsvoering.

Wols et al. (2017) hebben onderzocht welke risicobeoordelingsmethodieken drinkwaterbedrijven gebruiken en voor welke situaties een bepaalde risicomethodiek het meest geschikt is. Zij lieten onder andere zien dat met een foutenboom de beschikbaarheid van de gehele productielocatie kan worden bepaald. Als belangrijkste verbeterpunten zien zij een verbeterde samenhang tussen analyses die op verschillende abstractieniveaus (element, asset, productielocatie) worden gemaakt en het objectiveren van de aangeleverde data, zoals inschattingen van faalfrequenties, faaloorzaken, faaleffecten en kosten. Zij bevelen onder andere aan om gegevens uniform te registreren en afstemming te zoeken met andere bedrijven. Hiermee worden risicoanalyses nauwkeuriger gekwantificeerd en kan subjectiviteit worden verkleind. Daarnaast bevelen zij aan een catalogus op te stellen met gegevens van generieke assets (winputten, reservoirs, pompinstallaties), met daarin informatie over faaloorzaken, faalfrequenties, gevolgen van falen, reparatietijden en levensduur. Gedurende de uitvoering van het project bleek verder dat drinkwaterbedrijven behoefte hebben aan een 'community of practice' op het gebied van risicobeoordelingen van zuiveringsinstallaties.

### 4.3 Faaldatabases

Drinkwaterbedrijven maken gebruik van diverse ondersteunende pakketten voor onderhoudsmanagement. De basis voor deze pakketten zijn registraties van faalgebeurtenissen. Omdat de besluitvormingsondersteuning gebaat is bij een database met veel faalgegevens, zijn betere kennis te verkrijgen door gegevens van verschillende bedrijven te combineren. Om dit goed te kunnen doen is het echter van belang om te werken met eenduidige en uniforme definities. Van Oasen is een database ontvangen met faaldata van vijf organisaties, vier waterschappen en één drinkwaterbedrijf (de aanbieder van de database is bekend bij de auteur). Analyse van deze database laat het belang zien van eenduidige en uniforme definities.

Met oog op uniformiteit: De aanbieders van faaldata zijn vrij in het kiezen van categorieën. Dit betekent dat de database zowel drukmeters en manometers bevat en zowel schroefcompressors, spoelluchtcompressors en persluchtcompressors. Voor het uitwisselen van data zijn uniforme en vooraf vastgestelde categorieën noodzakelijk, waarvan een gebruiker niet mag afwijken. Dit kun je afdwingen door met keuzemenu's te werken geen vrije invulvelden te hanteren. Dit betekent dan ook dat drinkwaterbedrijven bereid moeten zijn om eigen definities los te laten en gebruik te maken van een generieke definitie.

Met oog op eenduidigheid: Er zijn drie registraties van de duur van een storing van defect leidingwerk in een beluchtingsunit met een duur van respectievelijk 1 uur, 169 uur en 169 uur. Hier doet zich de vraag voor of dezelfde interpretatie wordt gegeven aan het begrip storingsduur. Opvallend is dat tweemaal de waarde 169 wordt gegeven, zijnde één week en één uur. De achtergrond van de verschillen is wellicht te verklaren omdat in het geval van een duur van 1 uur er een reparatieset beschikbaar was en dat in het tweede en derde geval er externen zijn ingeschakeld die pas na een week arriveerden. Ook kan het zijn dat de eerste reparatie snel werd uitgevoerd omdat de beluchtingsunit slechts kort uit bedrijf kon en dat er bij de tweede en derde reparatie geen tijdsdruk was en de unit zonder probleem uit bedrijf kon. Dit laat zien dat voor het juist kunnen analyseren van dergelijke data afspraken nodig zijn wat te registreren en hoe een bedrijf daarmee omgaat. Overigens is het tweemaal invoeren van de waarde 169 uur ook reden om te twifelen aan de juistheid.

#### 4.4 Faalregistraties voor leidingen en afsluiters

Op productielocaties bevinden zich een groot aantal leidingen (terreinleidingen) die vaak cruciale verbindingen zijn tussen de verschillende assets. Daarnaast zijn er ruwwaterleidingen die winningen (putten of innamestations) verbinden met de productielocatie. In de USTORE database (Beuken en Moerman, 2017) is aangegeven hoe deze database is opgebouwd en welke data wordt geregistreerd, waarbij ook aandacht is voor uniformering van registratie en datakwaliteit. Overigens zijn er met oog op het delen van data veel lessen te trekken uit de ervaringen met USTORE. De informatie over leidingen, zoals storingskennallen, kan worden toegepast op leidingen op productielocaties of ruwwaterleidingen. Hierbij dienen de volgende kanttekeningen te worden geplaatst:

- Het overgrote deel van de leidingen in USTORE zijn distributieleidingen met een diameter kleiner dan 200 mm. Ook is het aandeel kunststof (PVC en PE) aanzienlijk groter dan bij terreinleidingen of ruwwaterleidingen.
- Leidingen in USTORE liggen in openbare grond wat betekent dat er zich vaker storingen zullen voordoen als gevolg van activiteiten van derden.
- Terreinleidingen hebben in vergelijking tot transport- en distributieleidingen vaker bijzondere constructies, zoals muurdoorvoeren, bochten, ontluchters, pendelstukken en trekvaste verbindingen.

Informatie over faalgedrag van leidingen is ook te ontleen uit internationale databases zoals CONCAWE (2021) en EGIS (2020). Deze databases zijn opgezet door Europese bedrijven die werkzaam zijn in respectievelijk de olieraffinage en het grootschalig transport van gas. Hoewel de media verschillen van die van (ruw of halffabricaat) drinkwater, zijn de leidingmaterialen en het beheerregime wellicht wel vergelijkbaar. Deze databases kunnen daarom als referentie worden aangehouden. Hiervoor kan ook gebruik worden gemaakt van de openbare registratie van incidenten van de Vereniging van Leidingeigenaren in Nederland (VELIN). Het nadeel van deze database is dat de storingen niet per km leiding worden weergegeven.

Terrein- en ruwwaterleidingen, maar ook leidingen in gebouwen, kennen een groot aantal afsluiters. Ook hier kan voor het verkrijgen van storingskennallen aansluiting worden gezocht met onderhoudsdata die drinkwaterbedrijven steeds meer verzamelen van afsluiters in transport- en distributieleidingnet. Ook hierbij zal aandacht dienen te zijn voor de aard en de ligging van de verschillende typen afsluiters. Er zijn echter lessen te trekken over de faalmechanismen en de wijze van registreren. Voor verdere informatie wordt verwezen naar Moerman en Beuken (2020).

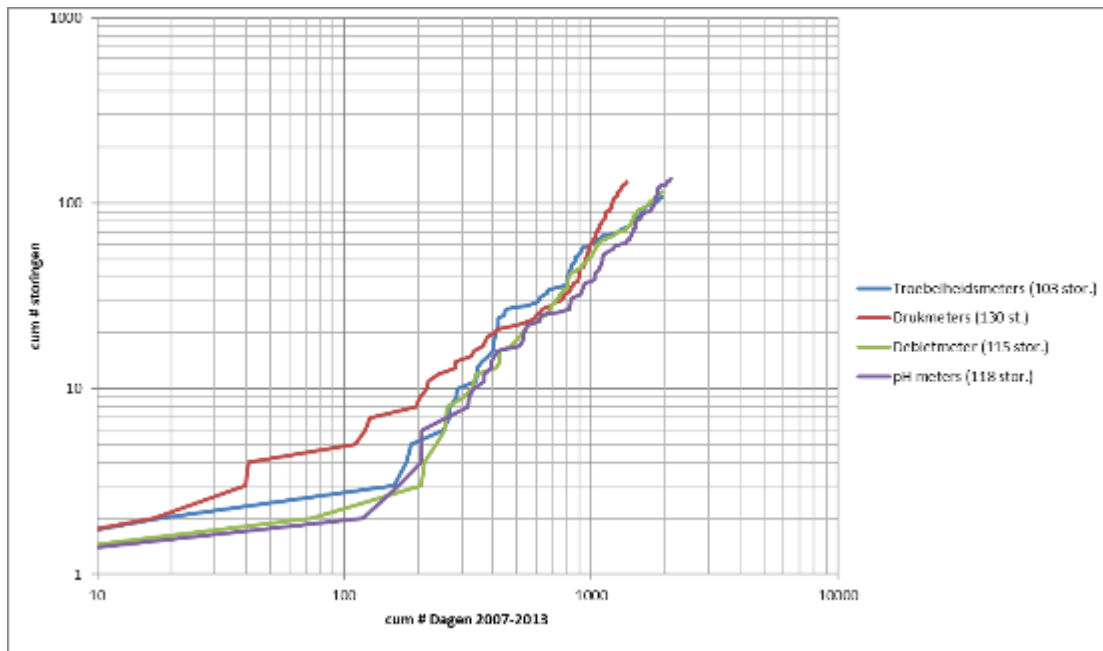
#### 4.5 Vaststellen of er sprake is van verouderende assets

Een noodzakelijke vraag bij het vaststellen van de asset health, is of er sprake is van (te grote/sterke) veroudering van assets. In het geval veroudering leidt tot een duidelijke toename van falen en dit effect heeft op de functie-uitoefening, dan heeft dit impact op de restlevensduur en dus ook op de asset health. Het is daarom belangrijk om van cruciale elementen van assets vast te stellen of er sprake is van veroudering. Vanuit het werkveld van reliability engineering bestaan hiervoor diverse technieken. Een veel gebruikte techniek is de Crow-AMSAA methode. Deze techniek wordt toegepast voor het beschrijven en voorspellen van faalgebeurtenissen in complexe en repareerbare systemen. De Crow-AMSAA analyse heeft als voordeel ten opzichte van de Weibull-analyse, een andere veel gebruikte methode, dat faalgebeurtenissen in elke tijdschaal kunnen worden weergegeven. Voor een Weibull-analyse moeten faalgebeurtenissen worden gerelateerd aan de leeftijd (Barringer, 2004). Met name voor zuiveringsinstallaties met een groot aantal componenten, waarvan de leeftijd niet altijd is te achterhalen en waar soms gehele of gedeeltelijke revisies hebben plaatsgevonden, is het relateren aan leeftijd niet eenvoudig. Het enige dat nodig is een goede registratie van faalgebeurtenissen. Analyses zijn mogelijk vanaf circa 20 gebeurtenissen. De waarde van de analyse zal toenemen bij meer gebeurtenissen en een betere onderverdeling (denk hierbij aan soorten assetsubtypen, faaloorzaken en faalvormen).

In een Crow-AMSAA analyse worden de cumulatieve tijdstappen tussen faalgebeurtenissen en de cumulatieve storingen tegen elkaar uitgezet in een log-log plot. Dit is in Figuur 9 weergegeven voor faalgebeurtenissen van diverse meetinstrumenten bij Waterbedrijf Groningen. Hier zijn vier plots weergegeven op basis van de faalgebeurtenissen. Elk van deze plots kunnen worden beschreven als Poisson-verdelingen, waarbij voor een bepaalde periode een constante cumulatieve faalfrequentie wordt verondersteld. Deze punten worden benaderd door de volgende functie:

$$C(t) = \lambda t^{\beta-1} \quad (3)$$

waarbij geldt: C(t): cumulatieve faalfrequentie op tijdstip t  
 $\lambda$ : schaalfactor, die het snijpunt met de y-as weergeeft op tijdstip t=1  
 $\beta$ : hellingshoek van de grafiek  
 t: de tijds waarde



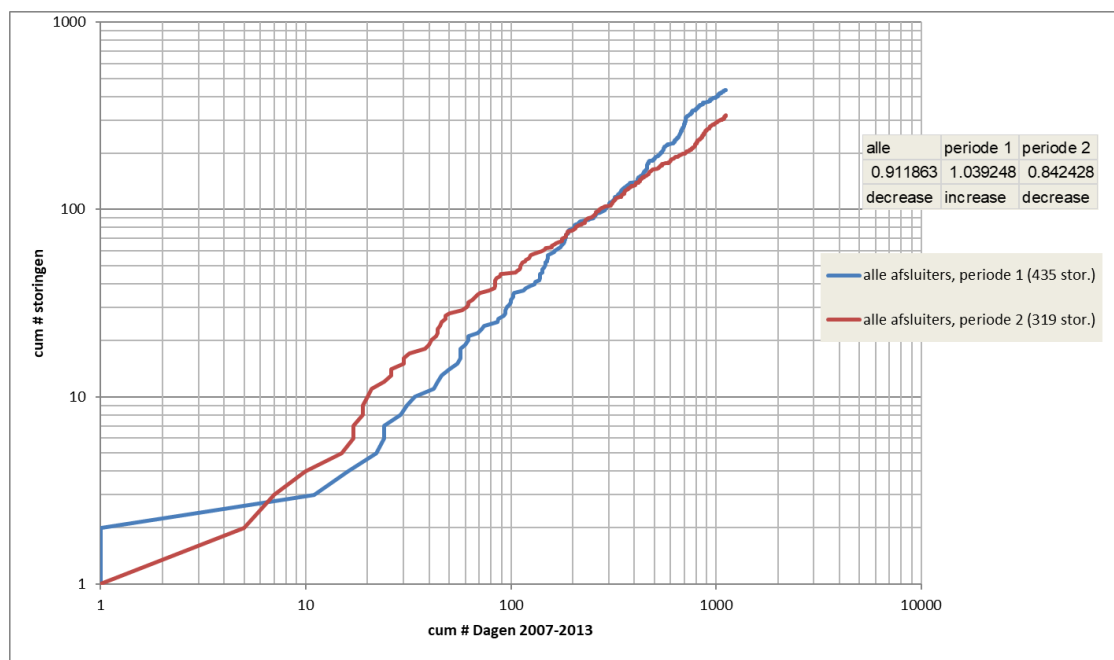
Figuur 9 Crow-AMSAA plot voor faalgebeurtenissen in diverse meetinstrumenten, data verkregen van Waterbedrijf Groningen.

In Figuur 9 is te zien dat de het faalverloop van troebelheidsmeters, debietmeters en pH-meters redelijk overeenkomt. Drukmeters hebben een afwijkend verloop. Zo valt op dat vanaf dag 800 de hellingshoek van de drukmeters aanzienlijk hoger is. Dit lijkt te duiden op een toenemend aantal storingen. Opgemerkt wordt dat de linker-onderzijde van deze grafiek een minder goede beschrijvende waarde heeft omdat het hier relatief weinig dagen en storingen betreft. Verder geldt dat  $\beta$  informatie verschaft over het faalgedrag:

- een  $\beta > 1$  representeert een toename van het aantal storingen;
- een  $\beta = 1$  representeert een stabiel aantal storingen;
- een  $\beta < 1$  representeert een afname van het aantal storingen.

Assets, of elementen daarvan, met een hoge  $\beta$ -waarde kennen een toenemend aantal storingen, wat zou kunnen duiden op veroudering. Dit wordt verder geïllustreerd in Figuur 10, waarbij voor afsluiters in productielocaties van Waterbedrijf Groningen een vergelijking is gemaakt van Crow-AMSAA plots voor twee perioden. Deze plots duiden erop dat in de eerste periode er sprake is van een toename ( $\beta = 1,039$ ) en in de tweede periode er een afname van het aantal storingen ( $\beta = 0,842$ ). Nadere statistische analyse én inspecties zullen moeten uitwijzen of dit

daadwerkelijk het geval is. Voor verdere informatie over de Crow-AMSAA analyse wordt naast Barringer (2004), verwezen naar Comerford (2005) en Dawson (2012).



Figuur 10 Crow-AMSAA plot voor faalgebeurtenissen van afsluiters op productielocaties, over twee perioden (periode 1: okt 2007-okt 2010; periode 2: nov 2010- nov 2013), data verkregen van Waterbedrijf Groningen.

## 4.6 Standaardisatie en woordenboeken

Door het vergelijken van assettypen kan kennis worden verkregen over het functioneren en het verouderen van deze componenten. Hiervoor is het noodzakelijk om te komen tot een zekere mate van standaardisatie, immers je kan alleen vergelijken als je dezelfde begrippen en uitgangspunten hanteert. Standaardisatie heeft diverse voordelen, zoals de eerder beschreven mogelijkheid om beter kennis te genereren, maar ook eenduidig te ontwerpen en beheren, aannemers en onderhoudsmonteurs beter aan te sturen en informatieprocessen beter te kunnen stroomlijnen. Standaardisatie past in de transitie van drinkwaterbedrijven naar meer formeel aangestuurde en op kennis gebaseerde assetmanagementorganisaties. Er zijn ook nadelen aan standaardisatie, het vraagt om inspanningen om te veranderen en het ondervindt vaak weerstand binnen de organisatie. Er kan ook een breuk optreden met historische data, waardoor de eigen historische data niet meer eenvoudig gebruikt kunnen worden.

De drinkwaterbedrijven hanteren, afgezien van begrippen die wettelijk zijn vastgelegd, geen algemeen aanvaarde definities. Begrippen die zijn vastgelegd in de diverse PCD's zijn verzameld op de website Praktijkcodes, zie: <https://www.praktijkcodesdrinkwater.nl/begrippenlijst/>. Deze lijst dient echter nog verder uitgewerkt te worden, met name met technische termen over assets voor winning en zuivering.

Rijkswaterstaat heeft het ontwerp en beheer van al haar assets gestandaardiseerd. Als voorbeeld, in de Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (Rijkswaterstaat, 2017) geeft Rijkswaterstaat eenduidige richtlijnen voor het ontwerpen van nieuw te bouwen kunstwerken. Hiervoor hanteert Rijkswaterstaat zes categorieën, namelijk: bruggen, tunnels, natte kunstwerken, beweegbare bruggen, geluidsschermen en verkeerskundige draagconstructies. De Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken (Rijkswaterstaat, 2013) bevat richtlijnen en aanvullende eisen voor de beoordeling van bestaande kunstwerken in en over hoofdwegen en hoofdvaarwegen.



Drinkwaterbedrijven kunnen een eigen woordenboek aanleggen of kunnen gebruik maken van reeds bestaande woordenboeken, waarin in sommige gevallen al voor de drinkwaterbedrijven relevante assets zijn opgenomen.

- Rijkswaterstaat heeft een object type library (OTL) ontwikkeld waarin al haar beheerobjecten zijn opgenomen, zie: <https://otl.rws.nl/publicatieomgeving/#/>. Deze begrippen worden toegelicht voor wat betreft de definitie, functie, onderdelen waaruit het bestaat en waartoe het behoort, eigenschappen, etc.
- STOWA heeft de Digigids opgesteld, zie <http://digigids.hetwaterschapshuis.nl/index.php?p=gallery>. Dit is een catalogus om schade aan waterkeringen vast te stellen. De gids biedt een referentiekader voor de kwaliteit van de onderdelen waaruit waterkeringen kunnen zijn opgebouwd, zie ook Figuur 11. Voor de duiding van de kwaliteit worden vier classificaties onderscheiden: goed, redelijk, matig en slecht.
- Stichting RIONED heeft ter ondersteuning van het stedelijk waterbeheer het Gegevenswoordenboek Stedelijk Water (GWSW) ontwikkeld, zie <https://data.gsw.nl/>.
- Aquo is de Nederlandse standaard voor het uitwisselen van gegevens binnen de watersector, zie: <https://www.aquo.nl/index.php/Hoofdpagina>. Het wordt beheerd door het Informatiehuis Water, een samenwerkingsprogramma van de provincies, Rijkswaterstaat en de waterschappen.
- The Drinking Water Dictionary, een uitgave uit 2010 van de American Water Works Association (AWWA, 2010), die circa 15.000 Engelstalige drinkwatergerelateerde begrippen bevat.

Bij Waternet is ook een OTL in ontwikkeling voor drinkwater, riolering en waterschaptaken, zie Vossebeld et al. (2021). Deze OTL kan ook nuttig zijn voor andere drinkwaterbedrijven.

Het GWSW en Aquo zijn datastandaarden die systemen en processen en hun onderlinge relaties en regels omschrijven en zijn vrij toegankelijk en gratis te downloaden. Het GWSW en Aquo maken deel uit van het Forum Standaardisatie, een adviescommissie vallend onder het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties met deskundigen uit diverse overheidsorganisaties, het bedrijfsleven en de wetenschap. Daarmee is ook de gegevensuitwisseling geborgd met andere instanties, zoals het kadaster. Beide systemen hanteren het 'Pas toe of leg uit'-principe, wat wil zeggen dat gemeenten, provincies, rijk, waterschappen en alle uitvoeringsorganisaties deze standaard moeten hanteren, tenzij zij er gemotiveerd van afwijken. Voor alle andere organisaties in de publieke sector geldt het gebruik van de 'Pas toe of leg uit'-principe als een dringend advies.



*Figuur 11 Voorbeeld van de STOWA Digigids voor waterkeringen, waarbij illustratieve foto's zijn opgenomen voor asfaltbekledingen, van asfaltbeton, het schade beeld 'gaten', met de classificatie 'redelijk'.*

## 5 Naar een invulling van asset health

### 5.1 Inleiding

In dit onderzoek willen we nagaan of het mogelijk is te komen tot een verbeterde vergelijking tussen assettypen van bron tot tap, hoe een dergelijke aanpak er uit kan zien en hoe asset health zich verhoudt tot bestaande methodieken voor prestatiemeting en risicoanalyse bij drinkwaterbedrijven. In voorgaande hoofdstukken is het begrip asset health omschreven, zijn voorbeelden gegeven van toepassingen en zijn verschillende informatiebronnen en onderzoeken beschreven. Op basis hiervan wordt in dit hoofdstuk een voorbeeld uitgewerkt hoe de meting van asset health kan worden vormgegeven en welke stappen daarbij genomen moeten worden. Dit voorbeeld dient als toelichting van de toepassing van asset health.

Met oog op het begrip asset health, uit de voorgaande hoofdstukken blijkt dat dit op verschillende manieren wordt ingevuld. Er is binnen de wereld van assetmanagement geen eenduidige definitie en een geaccepteerd begrippenkader. Dit roept de vraag op of er behoefte is aan een alternatieve term. De term conditie (of conditiegetal, conditiewaardering, etc.) zou een alternatief kunnen zijn. Deze verwijst echter naar een gemeten waarde, wat niet overeen komt met de meer globale schatting die we hier beogen. Om die reden wordt voorgesteld de term asset health te blijven gebruiken.

Drinkwaterbedrijven voeren analyses uit voor het planmatig opzetten van onderhouds- en investeringsplanningen voor productielocaties. Deze analyses zijn traditioneel gebaseerd op globale aannamen (“wij plegen elke 30 jaar grootschalig onderhoud aan productielocatie X”) of op basis van registratie van gebreken al dan niet aangevuld met ervaringen van experts. Vooral op het gebied van onderhoudsplanning worden stappen gezet, vaak samenhangend met het gebruik van systemen voor Enterprise Resource Planning (ERP) die voor de planning van activiteiten, voorraadbeheer en kosten afhankelijk zijn van een bedrijfsbrede inzet en het vastleggen van gegevens. De hieruit verkregen en vooral operationele informatie kan, aangevuld met andere informatie, dienen als invulling van asset health, een beschouwing die meer op tactisch niveau plaatsvindt. De oorsprong van veel gegevens voor asset health zijn faal- en onderhoudsgegevens, die echter op een abstractere wijze en met minder detail worden bekeken. Hierbij gaat het vooral om onderscheid te maken, trends te herkennen en uiteindelijk de prioritering beter te onderbouwen.

### 5.2 Doelen van en eisen voor een systeem van asset health

De eerste stap bij het uitwerken van een methodiek voor asset health, is vast te stellen welk doel het moet dienen en aan welke eisen dit moet voldoen. Op basis van eerder beschreven literatuur wordt het volgende doel voor asset health voor drinkwaterproductielocaties gegeven.

Asset health heeft als doel op heldere wijze overzicht te verschaffen van de mate waarin assets voor de winning en productie hun functie vervullen, nu en in de nabije toekomst. Dit overzicht helpt tactisch assetmanagers assets van gelijke aard en van verschillende aard te vergelijken. Als de asset health als onvoldoende wordt beoordeeld, is het raadzaam nader onderzoek te verrichten. Asset health heeft dus vooral een signalerende werking. Het uiteindelijke doel is dat drinkwaterbedrijven beter onderbouwde besluiten nemen over onderhoud, ontwerp en investeringen van de belangrijkste assets.

Om dit doel te kunnen verwezenlijken zal aan de volgende eisen voldaan dienen te worden, doe ook gezien kunnen worden als een stappenplan.

- 1 Omdat de functie van assets centraal staat, zal er voor de betrokken assets een eenduidige en kwantificeerbare functie beschreven dienen te worden. Hierbij dient ook de onderlinge samenhang tot uitdrukking te komen, zoals de bijdrage aan de systeemprestatie.
- 2 Onderdeel van de functietoekenning is de waardering, waarmee duidelijk wordt in welke gevallen de geleverde prestatie voldoet aan de gestelde functie en in welke gevallen dit niet het geval is. Dit criterium zal eenduidig omschreven moeten zijn en afgestemd zijn op het geldende assetmanagementbeleid.
- 3 Voor de vergelijking van assets van verschillende aard op basis van de bijdrage aan de functie, moeten algemeen geaccepteerde vertalingen gemaakt worden van de specifieke kentallen, zoals de conditie van een snelfilter, naar een generieke waardering.
- 4 Omdat de asset health index een globale indicator is, dient deze te zijn opgebouwd uit een beperkt aantal categorieën, zo veel mogelijk gebaseerd op reeds bestaande data.
- 5 Deze categorieën dienen een representatieve weergave te geven van de mate van functievervulling, gebaseerd op betrouwbare en complete data.
- 6 Omdat er sprak zal zijn van een systeem in opbouw, zal er ruimte moeten zijn voor evaluatie en verbeteringen, en zal het duidelijk moeten zijn op welke punten aannamen worden gedaan die nog nadere onderbouwing vergen.
- 7 Om te komen tot een eenduidige vergelijking van assets, is een generiek handelingskader noodzakelijk, bestaande uit aan asset health klassen gekoppelde vervolgactiviteiten en handelingstermijnen.
- 8 De health kan worden uitgesplitst naar kans en effect bij falen. Hierbij heeft de kans een relatie tot het kunnen vervullen van de toegekende functie aan het asset. Het effect van falen wordt in dit kader beperkt tot de mate van redundantie. Overige effecten, zoals leveringsonderbrekingen of het optreden van droogte vallen buiten de scope van de tactische beoordeling met behulp van het begrip asset health.
- 9 Het kunnen vergelijken van verschillende assets vraagt om eenduidig en helder omschreven definities en werkwijzen.
- 10 Bij het opstellen van een systeem voor asset health is aandacht nodig voor de representativiteit van data, het benodigde aggregatieniveau, de omgang met ontbrekende data, de onafhankelijkheid van parameters en de wijze van aggregatie.
- 11 Bij de beoordeling van asset health dient ook ruimte te zijn voor andere eisen dan het vervullen van de primaire functie. Denk daarbij aan het RAMSSHEEP-principe (zie paragraaf 3.7).
- 12 Vanuit oogpunt van efficiency en mogelijkheden tot samenwerking is het van belang zo veel mogelijk aan te sluiten op bestaande initiatieven en systematieken. In het bijzonder wordt hierbij gedacht aan de conditiebepaling volgens NEN 2767 en bestaande woordenboeken en datastandaarden.

Het opzetten van een systeem voor het meten van asset health kan ook een tweede doel dienen, namelijk het integraal beschouwen van de assets voor winning en zuivering, zodat er een afgewogen oordeel kan ontstaan over het vereiste kennisniveau of registratieniveau over het functioneren van specifieke assets (waar moeten we meer van weten/meten?). Belangrijke kennisvragen vanuit dit oogpunt zijn:

- hoe vertaal je de observeerbare gebreken in een conditiegetal en hoe verhoudt zich dat tot een normconditie?
- hoe kunnen gebreken juist en eenduidig worden vastgesteld?
- wat is het benodigde (meest effectieve) inspectie-interval?
- speelt veroudering een rol, met name als dat kan resulteren in functieverlies in korte tijd?
- zijn er generieke levensduren vast te stellen?

Vanuit het doel om met asset health vast te stellen in hoeverre assets de hun toegewezen functie vervullen, kunnen voor assets van belang voor het primaire proces de volgende hoofdcategorieën voor een asset health index worden gehanteerd: voldoen aan eisen waterkwantiteit, voldoen aan eisen waterkwaliteit, voldoen aan eisen beschikbaarheid, c.q. integriteit.

### 5.3 Voorbeeld voor het meten van asset health

Op basis van de doelen en eisen zoals geformuleerd in paragraaf 5.2 wordt in deze paragraaf een mogelijke invulling gegeven van een systeem voor asset health. Opgemerkt wordt dat dit voorbeeld dient ter illustratie van de toepassing van asset health en dat het geenszins de intentie is om een generiek voorstel te doen. Het is aan de drinkwaterbedrijven om dit desgewenst verder te ontwikkelen en de toepasbaarheid te toetsen in een pilot.

In dit voorbeeld is een indicator op tactisch niveau ontwikkeld die een zo representatief mogelijk inzicht geeft in de conditie van assets, de mate waarin deze voldoet aan de eisen vanuit waterkwantiteit en waterkwaliteit, én die rekening houdt met de mate van redundantie. Om zo nauw mogelijk aan te sluiten bij de werkwijze van NEN 2767, zijn de hier gebruikte conditiescores meegenomen. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen bouwkundige aspecten en aspecten gerelateerd aan elektro, ICT en werktuigbouwkunde. De gedachtegang hierbij is dat een slechte conditie van bouwkundige aard in veel gevallen zal leiden tot een grootschalige revisie of herbouw. Een slechte conditie van de andere categorieën zal in veel gevallen leiden tot kleinschalige revisie of vervanging of maatregelen die vallen onder onderhoud.

In lijn met de wijze waarop TenneT asset health vormgeven wordt de uiteindelijke score voor asset health in dit voorbeeld ingedeeld in vier klassen, die gericht zijn op vervolgactiviteiten.

- Goed (groen): de verwachte prestatie blijft binnen zes jaar<sup>3</sup> voldoen aan de gestelde functie-eisen, mits het normale reguliere onderhoud wordt gepleegd.
- Voldoende (oranje): de verwachte prestatie voldoet binnen zes jaar niet aan de gestelde functie-eisen, maar kan met aanvullend onderhoud weer Goed (groen) scoren.
- Matig (rood): de verwachte prestatie voldoet binnen zes jaar niet meer aan de gestelde functie-eisen. Afhankelijk van de risico's worden acties vastgesteld om de component weer terug te brengen naar Goed (groen).
- Onvoldoende (paars): de verwachte prestatie voldoet binnen drie jaar niet meer aan de gestelde functie-eisen. Door uitvoering van revisies of vervangingen worden deze risico's gemitigeerd.

In dit rapport worden de volgende categorieën en classificaties aangehouden voor de invulling van asset health. Er is hierbij sprake van zogenaamde verzwaringsregels. Dit zijn minimumwaarden die worden toegekend bij specifieke gevallen. Zie Figuur 12 voor een flowchart.

1. Kans: Conditie bouwkundig: de geaggregeerde conditiescores van onderliggende elementen, bepaald volgens NEN 2767. Verder spelen de volgende verzwaringsregels in het geval de verwachting is dat:
  1. de asset door veroudering de komende zes jaar minder goed zal functioneren;
  2. er omstandigheden spelen die de onderhoudbaarheid, veiligheid, (cyber-) security van de asset in aanzienlijke mate negatief beïnvloeden.
2. Kans: Conditie elektro, ICT en werktuigbouwkundig: de geaggregeerde conditiescores van onderliggende elementen, bepaald volgens NEN 2767. Verder spelen de volgende verzwaringsregels in het geval de verwachting is dat:
  1. de asset door veroudering de komende zes jaar minder goed zal functioneren;
  2. er omstandigheden spelen die de onderhoudbaarheid, veiligheid, (cyber-) security van de asset in aanzienlijke mate negatief beïnvloeden.
3. Kans: Capaciteit (situaties als gevolg van uitval van andere assets uitgezonderd), met daarbij de volgende indeling:
  1. de huidige capaciteit is in alle gevallen voldoende, er is sprake van overcapaciteit;
  2. de huidige capaciteit is in situaties van maximum vraag net voldoende;

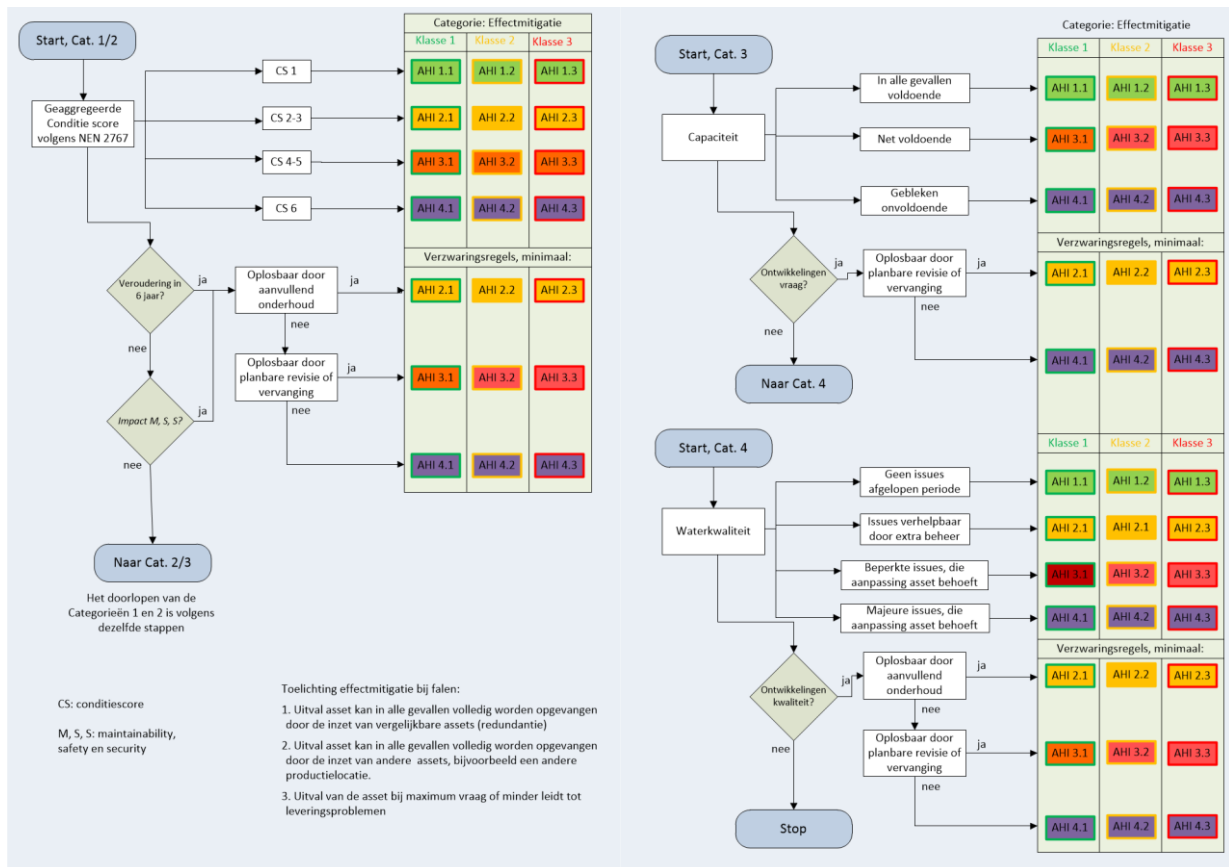
---

<sup>3</sup> De periode van zes jaar is hier gekozen als gemiddelde termijn om te komen van probleemonderkenning tot vernieuwing. Dit kan echter ook een andere termijn zijn.

3. de huidige capaciteit is gebleken onvoldoende;
  4. verzwarening kan plaats vinden als er vraagontwikkelingen spelen die aanpassing noodzakelijk maken.
4. Kans: Kwaliteit (situaties als gevolg van kwaliteitsissues van andere assets uitgezonderd), met daarbij de volgende indeling:
1. er hebben zich de afgelopen zes jaar geen waterkwaliteitsissues voorgedaan;
  2. er hebben zich waterkwaliteitsissues voorgedaan die door extra beheerinspanningen zijn verholpen;
  3. er hebben zich beperkte waterkwaliteitsissues voorgedaan die aanpassingen aan de asset vereisen;
  4. er hebben zich majeure waterkwaliteitsissues voorgedaan die directe aanpassing aan de asset vereisen;
  5. verzwarening kan plaats vinden als er kwaliteitsontwikkelingen spelen die aanpassing noodzakelijk maken.
5. Effectmitigatie bij falen (mate van redundantie):
1. uitval van de asset zal in alle gevallen volledig worden opgevangen door de inzet van vergelijkbare assets (interne redundantie);
  2. uitval van een asset zal in alle gevallen volledig worden opgevangen door de inzet van andere assets, bijvoorbeeld door een andere productielocatie extra te laten leveren (externe redundantie);
  3. uitval van de asset leidt op een maatgevende dag tot leveringsproblemen.

De conditiescore op basis van NEN 2767 betreft een geaggregeerde score van de conditie van de cruciale elementen waaruit het asset bestaat. Voor de wijze waarop aggregatie volgens de NEN 2767 plaatsvindt wordt verwezen naar bijlage I.II.

In bovenstaande methodiek zijn indelingen zijn gehanteerd die nadere definiëring vergen. Vastgesteld dient te worden in welke situatie er sprake is van een capaciteit die 'net voldoende' is of 'gebleken onvoldoende' en welke parameters men hanteert voor waterkwaliteitsissues (inclusief het onderscheid beperkt en majeur). Eveneens is een oordeel nodig wat men verstaat onder de maatgevende dag. Dit kan bijvoorbeeld een maximum dag zijn uit een bepaald jaar of een 95% percentiel uit een reeks van jaren. De verzwaringsregels zijn in Figuur 12 vertaald naar een minimale asset health index die past bij die specifieke regel en de bijbehorende klassen voor effectmitigatie.



Figuur 12 Flowchart van het voorbeeld voor het bepalen van de asset health, uitgedrukt in vier klassen (AHI 1 tot en met 4).

De resultaten kunnen voor alle assets worden uitgedrukt in een dashboard, waarmee een overzicht wordt verkregen van de health van de voornaamste assets voor de winning en productie ten behoeve van drinkwater. In Figuur 13 is dit weergegeven voor twee productielocaties en vier assettypen.

	Effectklasse 1	Effectklasse 2	Effectklasse 3
Kansklasse 1	Put 1,3,4,6,7,8,9 Filter 1,2,3,4 RWR 1,3	Pompsectie 1	
Kansklasse 2	Put 2,5	Pompsectie 2	
Kansklasse 3			
Kansklasse 4	RWR 2		

	Effectklasse 1	Effectklasse 2	Effectklasse 3
Kansklasse 1	Put 1,2,3,6 RWR 1,2	Filter 2 Pompsectie 1,2	
Kansklasse 2			
Kansklasse 3	Put 4	Filter 1	
Kansklasse 4	Put 5		

Figuur 13 Voorbeeld van een dashboard voor asset health voor twee productielocaties bestaande uit putten, zandfilters, reinwaterreservoirs en HD-pompsecties. In het dashboard zijn de kans en effecten uitgesplitst en is een arbitraire kleur toegevoegd die een risicowaarde uitdrukt.

## 5.4 Hoe te komen tot een systeem van asset health?

### 5.4.1 Keuze voor assettypen

Om een systeem op te zetten van asset health dat een overzicht verschaft van de mate waarin assets voor de winning en productie van drinkwater in staat zijn hun functie te vervullen, is het in eerste instantie van belang na te denken voor welke assettypen dit interessant is. Hierbij moet in eerste instantie gedacht worden aan de mate van abstractie, de schaalgrootte. Omdat asset health gaat over het ondersteunen van tactisch beleid, dient het vooral gericht te zijn op het niveau van assets, waarbij het vanuit het oogpunt van vergelijking vooral zinvol is te kiezen voor assets die veelvuldig voorkomen. Hierbij kan gedacht worden aan winputten, snelfilters, reservoirs, HD-pompen, noodstroomvoorzieningen, etc.. Centrale gedachtegang bij het selecteren van een assettype voor asset health, is de vraag of er een gezamenlijke functie op tactisch niveau is te onderscheiden.

Een andere overweging bij het selecteren van assettypen is de mate van vergelijkbaarheid. Vergelijking heeft immers pas zin als de assets op eenduidige manier kunnen worden beschreven en gewaardeerd. Het is in eerste instantie minder zinvol om asset health uit te werken voor assettypen die minder veelvuldig worden toegepast en een specifiek onderhoudsregime kennen. Hierbij valt te denken aan bijvoorbeeld aerobe winningen, ruwwaterbuffers, lamellenseparatoren en membraaninstallaties.

### 5.4.2 Relatie tot onderhoudsmanagement

Om te komen tot beter onderbouwde besluitvorming over investeringen en onderhoud van productielocaties, is het van belang dat drinkwaterbedrijven zich zo veel mogelijk baseren op representatieve en goed onderbouwde data. Dit betreft data over levensduur, faalgebeurtenissen, onderhoud, etc. Veel bedrijven hebben of werken met ERP-systemen<sup>4</sup> waarin dergelijke gegevens kunnen worden verzameld. Uit de praktijk blijkt dat het aanpassen van deze systemen geen eenvoudige zaak is. Het is daarom belangrijk om bij de inrichting van dergelijke systemen na te gaan welke onderhoudsgegevens op langere termijn noodzakelijk zijn en wat de te registreren items zijn. Zoals het voorbeeld in paragraaf 4.2 aangeeft zijn de kwaliteitsaspecten eenduidigheid en uniformiteit van groot belang.

De vastlegging van onderhoudsdata vindt over het algemeen plaats op een lager abstractieniveau dan assets, veelal vindt op het niveau van elementen (denk aan afsluiters, pompinstallaties, drukmeters, etc). Dit betekent dat er een aggregatie van data, met name faaldata, moet plaatsvinden. De NEN 2767 (2019) geeft hiervoor een methodiek, zie ook Bijlage I.II. Hierbij is het noodzakelijk goed inzicht te hebben in wat de bijdrage is van het falen van een element aan een asset. Opgemerkt wordt dat veel elementen in verschillende assets voorkomen. Hierdoor is het mogelijk om sneller informatie te verzamelen over het faalgedrag. Als voorbeeld, afsluiters en drukopnemers worden in verschillende assettypen toegepast. Standardisatie van elementen zal verder bijdragen aan het vereenvoudigen van registraties.

### 5.4.3 Definities, decomposities, afbakening en assetsubtypen

Het invoeren van een systeem van asset health vraagt om een eenduidig begrippenkader. Hierbij is het van belang om dezelfde termen te gebruiken en daaraan dezelfde betekenis te geven. Spreken we bijvoorbeeld over een drukmeter of een manometer, en bevat de drukmeter alleen het meetinstrument of ook de bijbehorende componenten voor stroomtoevoer en signaalverwerking? Ook dient rekening gehouden te worden met verschillen in functies. Een reinwaterreservoir heeft als primaire functie het bufferen van water en voorraadvorming in geval van een kortdurende onderbreking van de zuivering. Er kan ook een functie aan worden toegevoegd, in het geval het reservoir ook moet voorzien in de spoelwatervoorraad. Een ander voorbeeld, een snelfilter kan als functie hebben het verwijderen van metalen, maar kan ook dienen voor ontzuring.

---

<sup>4</sup> ERP staat voor Enterprise Resource Planning, het pakket SAP is hiervan een bekend voorbeeld.

De eenduidige afbakening van assets dient ook nader beschouwd te worden. Wat is de begrenzing van bijvoorbeeld een reinwaterreservoir, is dat de buitenzijde van de betonnen constructie, nemen we de deklaag mee en ook het direct aansluitende leidingwerk en afsluiters? Voor snelfilters moet bedacht worden of dit inclusief of exclusief de spoelinstallatie is.

Een ander aspect dat in dit verband aandacht verdient is dat van subtypen assets. De achterliggende vraag is of het noodzakelijk is om verschillende typologieën te onderscheiden om tot een zinvolle vergelijking over te gaan. De beantwoording hiervan ligt buiten het perspectief van dit onderzoek. Het lijkt te verwachten dat reinwaterreservoirs geen verdere onderverdeling nodig hebben. De asset health zal voor bijvoorbeeld ondergrondse of bovengrondse reservoirs niet wezenlijk anders zijn. Het lijkt echter te verwachten dat snelfilters, waaraan verschillende functies worden toegewezen, maar die ook bestaan uit verschillende soorten (met of zonder beluchting, enkellaags of dubbellaags, neerwaarts of opwaarts, etc.), worden onderscheiden in subtypen.

#### 5.4.4 Verouderende assets

Een noodzakelijke vraag bij het vaststellen van de asset health, is of er sprake is van (te grote/sterke) veroudering van assets. In het geval veroudering leidt tot een duidelijke toename van falen en dit effect heeft op de functie-uitoefening, dan heeft dit impact op de restlevensduur en dus ook op de asset health. Het is daarom belangrijk om van cruciale elementen van assets vast te stellen of er sprake is van veroudering. Hiervoor kan de Crow-AMSAA methode worden gebruikt die besproken is in paragraaf 4.5.

#### 5.4.5 RAMSSHEEP

Rijkswaterstaat hanteert bij het prioriteren van werkzaamheden het RAMSSHEEP-principe, zie ook paragraaf 3.7. Hierbij worden de RAMSSHEEP-componenten gehanteerd voor de identificatie van aspecteisen. Vanuit het perspectief van asset health is voor drinkwaterwinning en -zuivering in Tabel 6 een uitwerking gegeven van de onderdelen van RAMSSHEEP.

Tabel 6 Uitwerking van de RAMSSHEEP-aspecten

	Begrip	Mogelijke toepassing	Uitwerking in voorbeeld paragraaf 5.3
R	Reliability	De kans op falen	Conditiecores volgens NEN 2767
A	Availability	Beschikbaarheid van een productielocatie	Capaciteit en effectmitigatie
M	Maintainability	Onderhoudbaarheid, beschikbaarheid van personeel, toegankelijkheid	Ingebracht als verzwaringsregel
S	Safety	Veiligheid voor personeel	Ingebracht als verzwaringsregel
S	Security	Bewust onveilig menselijk handelen, zoals vandalisme, terrorisme en cybercrime.	Ingebracht als verzwaringsregel
H	Health	Lichamelijk, geestelijk en/of maatschappelijk welzijn	Waterkwaliteit
E	Environment	Gevolgen voor flora, fauna of droogte	Voor putten kan dit geïntegreerd worden bij capaciteit, wellicht op termijn uit te breiden in geval van meewegen van duurzaamheidsaspecten
€	Economics	Kosten	Niet uitgewerkt
P	Poilitics	Imagoaspecten	Niet uitgewerkt



#### 5.4.6 Vaststellen van criticaliteit

Met de vaststelling van de asset health wordt gepoogd een uniforme beoordeling te krijgen van het functioneren van assets op tactisch niveau. Voor het kunnen beoordelen van het functioneren van assets is het ook noodzakelijk om criticaliteit te formuleren. In het voorbeeld van paragraaf 5.3 komt dit op drie niveaus tot uitdrukking:

- 1 bij de opzet van een beoordelingsstructuur en de keuze welke criteria bijdragen aan de asset (bijvoorbeeld de keuze voor de systematiek van de NEN 2767);
- 2 bij de toekenning van waarderingen aan criteria (bijvoorbeeld conditiescore 1 en een effectmitigatieklasse 1 leiden tot een Asset Health Index van 1);
- 3 bij de toekenning van vervolgacties aan asset health klassen (bijvoorbeeld asset health klasse 4 betekent het op korte termijn uitvoeren van revisie of vervanging).

Het belang van het onderbouwen van criticaliteit hangt samen met het gebruik van de systematiek. Hoe meer voorspelende waarde er aan wordt gegeven, hoe groter het belang van een goed onderbouwde en geaccepteerde systematiek. Omdat de systematiek nog nadere uitwerking behoeft lijkt het logisch de toepassing te richten op de volgende vragen:

- 1 welke assets zijn in goede staat en behoeven de komende jaren geen bijzondere aandacht (dit zou overeen moeten komen met AH11-groen)?
- 2 welke assets zijn in twijfelachtige staat en behoeven nader onderzoek (dit zou overeen moeten komen met AH2-oranje of AH3-rood)?
- 3 welke assets zijn in slechte staat en komen de komende jaren in aanmerking voor revisie of vervanging (dit zou overeen moeten komen met AH4-paars)?

#### 5.4.7 Aanpassing NEN 2767 voor de watersector

Bij de beoordeling van de conditie van assets staat de systematiek van de NEN 2767 centraal. Deze systematiek is, zoals eerder aangegeven algemeen geaccepteerd en ook uitgewerkt in een Europese norm. In de huidige vorm staan al uitwerkingen die ook van toepassing zijn voor drinkwaterbedrijven. Dit geldt voor gebouwen, maar ook voor (elementen van) assets die ook bij Infra-beheerders voorkomen en die zijn verwerkt in NEN 2767-4. Hierbij kan gedacht worden aan generieke onderdelen als pompen, reservoirs, afsluiters, putten. De NEN 2767-4 is tegen betaling beschikbaar. Er is een nadere oriëntatie noodzakelijk op die onderdelen die relevant zijn voor drinkwaterbedrijven.

NEN (2021) geeft aan dat er een groot aantal verzoeken is voor aanpassing en uitbreiding van beschrijvingen van conditiemeting. De normcommissie wil zich daarom focussen op de ontwikkeling van een beperkt aantal normen, waarbij zij zich bij laat leiden door de behoeften van de deelnemers aan de normcommissie. Om te komen tot conditiemetingen en gebrekenlijsten voor drinkwaterassets zullen drinkwaterbedrijven deel moeten nemen aan de NEN 2767 en zich oriënteren op samenwerking met beheerders van water- of afvalwaterzuiveringen (waterschappen of private bedrijven).

Een belangrijke kanttekening bij de toepassing van de NEN 2767 is dat er geen aandacht is voor niet-direct zichtbare gebreken en de wijze waarop deze gedetecteerd kunnen worden. Hierbij valt te denken aan onderwerpen als putverstopping, toestand van nozzles, toestand van afsluiters en opnemers, etc. Ook de impact van de conditie op de drinkwaterkwaliteit vergt nadere aandacht.

#### 5.4.8 Opzetten van expertgroepen conditiebepaling en asset health

In meerdere onderzoeken die eerder zijn uitgevoerd (zie paragraaf 4.2), maar ook uit gesprekken met werknemers van drinkwaterbedrijven die zijn uitgevoerd in het kader van het BO Beschikbaarheid Productielocaties<sup>5</sup> is

---

<sup>5</sup> Dit project wordt uitgevoerd binnen het BTO-thema Integraal Assetmanagement. Voor medewerkers van drinkwaterbedrijven, zie:

<https://www.btonet.nl/5985/bto-bedrijfsonderzoek-beschikbaarheid-productielocaties-fase-2.html?qvId=8824960&qvCrc=HjdEdllwvLkpbcc>

aangegeven dat er een grote behoefte is aan het delen van praktijkkennis over het onderhouden en inspecteren van assets voor de winning en zuivering. Het opzetten en de nadere uitwerking van een systeem van asset health kan hiervoor een goede aanleiding zijn. Hiervoor zal van de belangrijkste en meest generieke assets kennis worden opgebouwd over conditiebepaling en de doorvertaling daarvan naar besluitvorming. Een ander voordeel is dat door kennisopbouw en oordeelsvorming drinkwaterbedrijven beter regie kunnen nemen in het beheer van assets en minder afhankelijk worden van methodieken die door derden (ingenieursbureaus) worden ontwikkeld.

Op dit moment bestaan er diverse expertgroepen voor de begeleiding van praktijkcodes. Deze praktijkcodes zijn vooral gericht op de meer technologische aspecten (hygiënisch werken, ontwerp en de doorvertaling van BTO). Onderwerpen die minder aan de orde komen zoals conditiebepaling en gebrekenlijsten zouden een welkome aanvulling zijn. Overigens is hier bij de actualisatie van de praktijkcode voor de opslag van drinkwater, PCD 4 (Meerkerk, 2020) al een invulling aan gegeven.

Kennisvragen die aan de orde kunnen komen bij expertgroepen zijn:

- Welke gezamenlijke doelen hanteren we voor conditiebepaling en asset health?
- Is er behoefte aan een gezamenlijke uniforme definities en objectbepalingen?
- Welke assets zijn cruciaal en dienen nadere aandacht?
- Welke generieke functies en randvoorwaarden kunnen aan deze assets worden toegewezen?
- Wat zijn de voornaamste faaloorzaken per asset en tot welke gebreken leidt dat?
- Hoe kunnen deze gebreken gedetecteerd worden en wat zijn verborgen gebreken die kunnen leiden tot functieverlies?
- Hoe vindt de vertaling van functieverlies plaats naar een asset health waarde?
- Wat is de meerwaarde van standaardisatie en voor welke elementen is dit het meest waardevol?
- Wat is de meerwaarde van het gezamenlijk opstellen en delen van storingsinformatie?

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusies

In dit onderzoek is het begrip asset health nader in kaart gebracht en is op basis van literatuur een systematiek is voorgesteld om drinkwaterbedrijven te ondersteunen bij hun tactische besluitvorming over vervanging en onderhoud van assets voor winning en zuivering. Vanuit dit perspectief, is de volgende definitie opgesteld: asset health is een objectieve maat voor de mate waarin een asset in staat is de toegewezen functie uit te oefenen (nu en in de nabije toekomst), waarmee op tactisch niveau assets kunnen worden vergeleken ter ondersteuning van besluitvorming voor onderhoud, aanpassing of vervanging. Het begrip asset is hierbij gehanteerd voor onderdelen voor de winning of zuivering ten behoeve van drinkwater met eenzelfde functie, zoals een pompinstallatie, een reservoir of een winput. Door de nadruk op het voldoen aan de functie wordt aansluiting gezocht bij het inrichten van een assetmanagementorganisatie, die is gericht op het zo goed mogelijk laten voldoen van assets aan gestelde systeemdoelen, die worden vertaald naar functies.

Uit verschillende voorbeelden zijn lessen getrokken over de opzet van een systeem van asset health, zie ook paragraaf 5.2. De belangrijkste stappen om te komen tot een systeem van asset health zijn:

- 1 start met een doel waarvoor asset health moet dienen en leidt vanuit dat doel af welke categorieën van belang zijn om asset health in te vullen;
- 2 stel randvoorwaarden, definities en afbakeningen vast, bepaal op welke punten voor een bedrijfstakbrede aanpak kan worden gekozen;
- 3 onderzoek hoe de bepaalde categorieën worden ingevuld en hoe zich dit verhoudt tot de bestaande data;
- 4 onderzoek op welke wijze de invulling van asset health mogelijk is met bestaande kennis en gegevens en waar kennisopbouw of aanvullende gegevens noodzakelijk zijn, heb hierbij ook aandacht voor verborgen gebreken en veroudering;
- 5 werk een systeem uit dat criticaliteit weergeeft als afspiegeling van het bestaande assetmanagementbeleid.

Het uitwerken van een systeem van asset health sluit goed aan bij het gericht verzamelen van gegevens en het onderhouden van een voldoende kennisniveau om assets duurzaam te kunnen beheren. Eerder uitgevoerd onderzoek, maar ook ervaringen in het lopende BTO Bedrijfsonderzoek Beschikbaarheid Productielocaties, laten zien dat experts meerwaarde zien in het gericht delen van kennis over de conditie en risicobeoordelingen van productielocaties. Naast kennisgerichte activiteiten bij drinkwaterbedrijven, zijn er ook mogelijkheden om gericht kennis op te bouwen door het opzetten van expertgroepen over conditiebepaling en asset health. Dit zou kunnen plaatsvinden in het kader van bestaande of nog nieuw op te stellen praktijkcodes.

Als drinkwaterbedrijven er voor kiezen om gezamenlijk een systeem voor asset health op te zetten, dan is het logisch hiervoor uniforme uitgangspunten te hanteren. Aansluiting bij de NEN 2767 is dan de meest voor de hand liggende optie. Dit vereist echter dat de in de NEN 2767 beschreven gebreken ook voor drinkwaterassets worden uitgewerkt. Voordeel van aansluiting bij deze norm is dat daarmee ook een goed vertrekpunt ontstaat voor verdere gezamenlijke kennisopbouw zoals inzicht in faalgebeurtenissen en veroudering. Bij gezamenlijke kennisopbouw kan aansluiting bij, of oriëntatie op bestaande woordenboeken nuttig zijn.

Om het begrip en de toepassing van asset health verder toe te lichten is een voorbeeld uitgewerkt. Op basis van een doel en bijbehorende eisen is een indeling voor een asset health index in vier kansklassen en drie effectklassen uitgewerkt. Deze is gebaseerd op vijf kenmerken, te weten: de bouwkundige conditie volgens NEN 2767, de conditie op het gebied van elektrotechniek, ICT en werktuigbouwkunde volgens NEN 2767, het voldoen aan waterkwantiteitseisen, het voldoen aan waterkwaliteitseisen en de mate van redundantie. Dit voorbeeld is voorzien

van een flowchart en uitgewerkt in een dashboard. Dit voorbeeld maakt inzichtelijk welke vervolgstappen er nodig zijn om te komen tot invoering van asset health

## 6.2 Aanbevelingen

Om te komen tot een systeem van asset health, waarmee besluitvorming op tactisch niveau kan worden verbeterd en kennisopbouw meer gericht kan plaatsvinden, worden onderstaande aanbevelingen gedaan aan drinkwaterbedrijven.

- 1 Werk bij één of meerdere bedrijven een systeem van asset health uit om daarmee in de praktijk te ervaren of de in dit rapport geschetste aanpak leidt tot verbeterde besluitvorming en kennisopbouw.
- 2 Op basis van de met asset health inzichtelijk gemaakte kennisleemten, kan gericht invulling worden gegeven aan kennisopbouw over het functioneren en falen van veel gebruikte assets voor winning en zuivering (bijvoorbeeld winputten, snelfilters, reinwaterkelders en HD-pompinstallaties). Hierbij kan aan worden gesloten bij bestaande initiatieven voor praktijkcodes drinkwater.
- 3 Onderzoek de mogelijkheid en wenselijkheid voor aansluiting bij de NEN 2767 en de mogelijkheid om te komen tot conditiebepalingen en gebrekenbeschrijvingen van assets voor drinkwater. Onderzoek hierbij de mogelijke samenwerking met waterschappen met oog op assets voor het zuiveren van afvalwater.
- 4 Onderzoek de mogelijkheden om veroudering van assets in kaart te brengen, bijvoorbeeld met de in dit rapport beschreven Crow-AMSAA methode.
- 5 Werk aan uniforme definities en omschrijvingen om kennisdeling en de opbouw van gezamenlijke onderhoudsdatabases te ondersteunen.

# Literatuur

AWWA (2010): The water dictionary: a comprehensive reference of water terminology, American Water Works Association (AWWA), ed. by Nancy E. McTigue and James M. Symons, 2<sup>nd</sup> edition, ISBN 9781583217412.

Barringer, Paul (2004): Predict Failures: Crow-AMSAA 101 and Weibull 101, International Mechanical Engineering Conference (IMECE), Kuwait, December 5-8, 2004.

Beuken, R.H.S. en A. Moerman (2017): Uniforme storingsregistratie (USTORE), praktijkcode voor het beheer van storingsregistratie leidingen, PCD 9: 2017, KWR, Nieuwegein.

Cabinet Office (2011): Keeping the Country Running: Natural Hazards & Infrastructure, A Guide to improving the resilience of critical infrastructure and essential services, Cabinet Office, London,  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/61342/natural-hazards-infrastructure.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61342/natural-hazards-infrastructure.pdf).

CH2M (2017): Targeted Review of Asset Health and Resilience in the Water Industry, prepared for Ofwat, Proc. 01.0546. <https://www.ofwat.gov.uk/publication/targeted-review-asset-health-resilience-water-industry-report-ch2m/>.

Comerford, N. (2005): Crow-AMSAA Reliability Growth Plots, and there use in Interpreting Meridian Energy Ltd's, Main Unit Failure Data, VANZ, 16th Annual Conference 2005- Rotorua, <https://www.plant-maintenance.com/articles/Crow-AMSAA.pdf>.

CONCAWE (2021): Performance of European cross-country oil pipelines, Statistical summary of reported spillages in 2019 and since 1971, CONCAWE, Brussel, [https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt\\_21-4.pdf](https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_21-4.pdf).

Dawson, J.W. (2012): The Use of Crow-AMSAA Plots to Assess Mishap Trends, NASA Safety Center; Cleveland, Ohio, USA, <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20120012589.pdf>.

EGIS (2020): gas pipeline Incidents, 11th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970 – 2019), European Gas Pipeline Incident Data Group (EGIG), Groningen, [https://www.egig.eu/reports/\\$60/\\$61](https://www.egig.eu/reports/$60/$61).

Hashim, Ruqayyah, Fathoni Usman and Intan Nor Zuliana Baharuddin (2019): Determining Health Index of Transmission Line Asset using Condition-Based Method, Researchgate, <https://www.researchgate.net/publication/332632691>.

Heywood, Dr R.J and Dr T. McGrail (2016): Generating Asset Health Indices Which Are Useful and Auditable, In Minnesota Power Systems Conference (MIPSYCON) 2016, [https://scholar.google.nl/scholar?hl=nl&as\\_sdt=0%2C5&q=Generating+Asset+Health+Indices+Which+Are+Useful+and+Auditable&btnG=](https://scholar.google.nl/scholar?hl=nl&as_sdt=0%2C5&q=Generating+Asset+Health+Indices+Which+Are+Useful+and+Auditable&btnG=).

Hughes, D.T. (2003): The use of "health indices" to determine end of life and estimate remnant Life for distribution assets, in 17th International Conference on Electricity Distribution (CIRED), Barcelona, <http://www.cired.net/publications/cired2003/reports/R%205-15.pdf>.

Huiting, H. en L.J. Palmén (2015): Optimaal Onderhoud en Beheer zuiveringsinstallaties, BTO 2015.217(s), KWR, Nieuwegein.

lofAM (2015a): Asset management – An anatomy, The Institute of Asset Management,

<https://theiam.org/knowledge/asset-management-an-anatomy/>.

lofAM (2015b): Life Cycle Value Realisation, The Institute of Asset Management, Subject Specific Guideline #8,

<https://theiam.org/shop/products/20660>.

lofAM (2016a): Risk Assessment and Management, The Institute of Asset Management, Subject Specific Guideline

#31, <https://theiam.org/shop/products/20686>.

lofAM (2016b): Reliability engineering, The Institute of Asset Management, Subject Specific Guideline #16,

<https://theiam.org/shop/products/20684>.

ISO 55000 (2014): Assetmanagement – Overzicht, principes en terminologie, NEN-ISO 55000:2014 (nl), NEN, Delft.

Meerkerk M.A. en W.G. Siegers (2018): Snelfiltratie in open filters; snelfilters onder atmosferische druk in gesloten gebouwen, PCD 10: 2018, KWR, Nieuwegein.

Meerkerk, M.A. (2020): Richtlijn voor systemen voor de opslag van drinkwater; ontwerp, aanleg en beheer, PCD 4: 2020, KWR, Nieuwegein.

Moerman, A. en R.H.S. Beuken (2020): Afsluiterbeheer, PCD 15: 2020, KWR, Nieuwegein.

NEN 2767-1 (2019): Conditiemeting gebouwde omgeving - Deel 1: Methodiek, NEN 2767-1:2016, NEN, Delft,

<https://www.nen.nl/nen-2767-1-c1-2019-nl-256366>.

NEN 2767-4 (2021): Conditiemeting van bouw- en installatiedelen – Gebrekenlijsten infra, NEN, Delft,

<https://www.nen.nl/bouw/beheer-en-onderhoud/conditiemeting/nen-2767-4-webapplicatie>.

NEN (2021): Webinar NEN 2767 Conditiemeting, 4-2-21,

<https://vimeo.com/nenstandards/review/508825529/2d343a8e2d>.

Office for National Statistics (2020): Methods Used to Develop the Health Index for England: 2015 to 2018,

<https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/healthandsocialcare/healthandwellbeing/methodologies/methodsusedtodevelopthehealthindexforengland2015to2018>.

Ofwat (2021): Asset management maturity assessment lexicon, <https://www.ofwat.gov.uk/wp-content/uploads/2021/03/Asset-management-maturity-assessment-lexicon-March-2021.pdf>.

Royal Haskoning DHV (2017): Risk Based Inspection Productielocatie Grubbenvorst, projectnummer BF3095-103-100 in opdracht van WML, Haskoning DHV Nederland B.V., Amersfoort.

Rijkswaterstaat (2018): Handreiking prestatiegestuurde risicoanalyses (PRA), Sturen op prestaties van systemen Publicatienummer 5333, Versie 1.0.1, <https://wiewatwater.nl/act/risicoanalyse/handreiking-prestatiegestuurde-risicoanalyses-pra-sturen-op-prestaties-systemen/attachment/handreiking-pra>.

Rijkswaterstaat. (2013). Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken, Documentnummer RTD 1006:2013, versie : 1.1,

<https://standaarden.rws.nl/link/set/S0005>.

Rijkswaterstaat. (2017). Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken, Bijlagendocument deel A, Documentnummer RTD

1001:2017, versie : 1.4, <https://standaarden.rws.nl/link/standaard/991>.

Schans, M.L. van der en M.A. Meerkerk (2019): Putten en puttenvelden ten behoeve van drinkwater, deel 1 Algemeen, PCD 13: 2019, KWR, Nieuwegein.

STOWA (2021): Handreiking NEN 2767 voor waterkeringen (dijken, dammen en duinen), STOWA-rapporten 2021-22, STOWA, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.

TenneT (2017): Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2017, Deel I Kwaliteitsbeheersingssysteem, TenneT: [https://www.hoogspanningsnet.com/wp-content/uploads/TenneT\\_KCD2017\\_Deel\\_I\\_web.pdf](https://www.hoogspanningsnet.com/wp-content/uploads/TenneT_KCD2017_Deel_I_web.pdf).

TenneT (2021): schriftelijke informatie verkregen van Jos Schlangen, TenneT.

VELIN (2021): Registratie en analyse van buisleidingincidenten 2020, Vereniging van Leidingeigenaren in Nederland (VELIN), Tilburg, <https://www.velin.nl/cms/public/files/2021-06/incidentenrapportage-2020-.pdf?3bfa3947c0>.

Vossebeld, N., N. van der Ploeg, A. Welmer en M. van Boldrik (2021): Bouwinformatiemanagement in de zuiveringspraktijk bij nieuwbouw RWZI Weesp, H2O-Actueel, 19 oktober 2021, <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/bouwinformatiemanagement-in-de-zuiveringspraktijk-bij-nieuwbouw-rwzi-weesp>.

Vries, D., C.M. Agudelo-Vera, J.R.G. van Summeren (2014): Systematiek voor integrale analyse van de drinkwaterketen ten behoeve van assetmanagement, BTO 2014.049, KWR, Nieuwegein.

Wols, B.A., C. Bertelkamp en R.H.S. Beuken (2017): Risico's en risicobeoordelingsmethodieken voor zuiveringsinstallaties, BTO 2017.032, KWR, Nieuwegein.

# I Conditiemeting volgens NEN 2767

## I.1 Conditiemeting van elementen

De NEN 2767 onderscheidt zes conditieklassen, zie Tabel 4. Voor het vaststellen van de conditie noemt de NEN 2767 een basismethode die uitgaat van enkelvoudige gebreken op het niveau van een bouwdeel (in voorliggend rapport element genoemd). Deze gebreken worden vastgesteld door beoordeling op basis van de begrippen ernst, intensiteit en omvang van gebreken, zie Figuur 14. Zie Figuur 15 voor de vertaling van deze begrippen naar de zes conditieklassen.

Tabel 2 — Indeling ernst

Ernst	Toelichting	Voorbeeld
Ernstig gebrek	Veroorzaakt afbreuk aan de functie van het bouwdeel	Bijvoorbeeld: houtrot, barsten in een rookgasafvoer van een ketel
Serius gebrek	Veroorzaakt degradatie van het bouwdeel zonder de functionaliteit direct aan te tasten	Bijvoorbeeld: verweering, erosie, een gebrek dat leidt tot lekkage bij installaties
Gering gebrek	Veroorzaakt geen afbreuk aan de functionaliteit van het bouwdeel	Bijvoorbeeld: verkleuring door veroudering, onduidelijke bevestiging van componenten

Tabel 3 — Indeling omvang

Omvangscore	Percentage	Beschrijving
Omvang 1	< 2 %	Het gebrek komt <u>incidenteel</u> voor
Omvang 2	2 % tot 10 %	Het gebrek komt <u>plaatselijk</u> voor
Omvang 3	10 % tot 30 %	Het gebrek komt <u>regelmatig</u> voor
Omvang 4	30 % tot 70 %	Het gebrek komt <u>aanzienlijk</u> voor
Omvang 5	> 70 %	Het gebrek komt <u>algemeen</u> voor

Tabel 4 — Indeling intensiteit

Intensiteitscore	Benaming	Toelichting
Intensiteit 1	Beginstadium	Het gebrek is doorgaans nauwelijks waarneembaar en oppervlakkig aanwezig
Intensiteit 2	Gevoerd stadium	Het gebrek is duidelijk waarneembaar en in het oppervlak aanwezig
Intensiteit 3	Endstadium	Het gebrek is zeer duidelijk waarneembaar, ontkoorbaar en kan niet of nauwelijks herstellen

Figuur 14 Toelichting bij de begrippen ernst, omvangen intensiteit (uit NEN 2767)

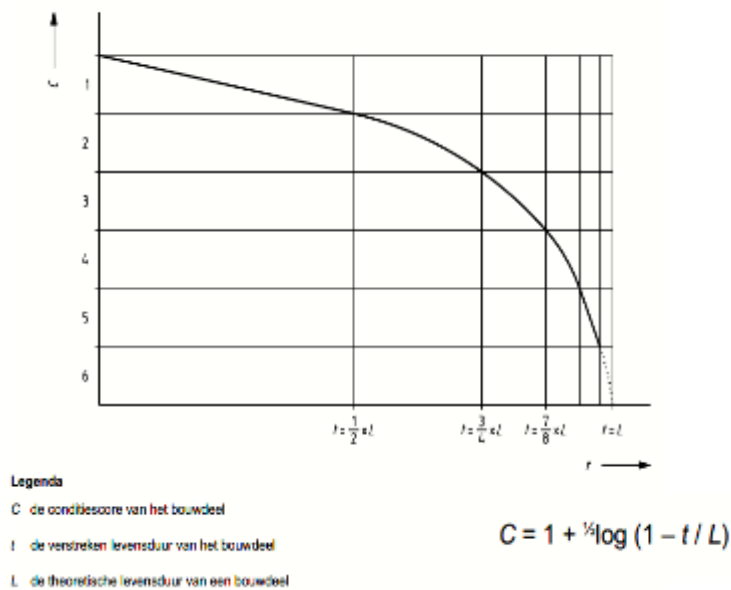
Conditie score NEN 2767-1:2017 (en verder)						
GEBREK	INTENSITEIT	OMVANG				
		< 2% incidenteel	2 - 10% plaatselijk	10 - 30% regelmatig	30 - 70% aanzienlijk	> 70% algemeen
gering	begin	1	1	1	1	2
	gevorderd	1	1	1	2	3
	eind	1	1	2	3	4
serius	begin	1	1	1	2	3
	gevorderd	1	1	2	3	4
	eind	1	2	3	4	5
ernstig	begin	1	1	2	3	4
	gevorderd	1	2	3	4	5
	eind	2	3	4	5	6

Figuur 15 Combinatie van ernst omvang en intensiteit tot conditiescores (Uit Stowa, 2021).

Wanneer de conditie van bouwdelen niet op basis van gebreken of slijtage is te beoordelen, kan onder bepaalde voorwaarden een zogenaamde vangnetconstructie worden toegepast op basis van leeftijd. De conditiescore wordt dan bepaald met behulp van een verouderingskromme, zie .



NEN 2767-1+C1:2019



Figuur 16 theoretisch verloop van de conditie al functie van de levensduur (uit NEN 2767).

## I.II Bepaling van de totale conditiescore

In Bijlage B van NEN 2767 wordt ingegaan op het combineren van verschillende gebreken per element en het aggregeren van conditiescores van verschillende elementen naar een asset. Hierbij draagt men er zorg voor dat de delen met de meeste gebreken zwaarder meewegen. Dit wordt in de NEN 2767 geïllustreerd met het volgende voorbeeld, waarbij men gebruik maakt van twee tabellen, een met een correctiefactor en een met een conditieverleidingsfactor. Bij het toepassen van de correctiefactor gaat men er van uit dat omvang van het gebrek 100% is. Voor de verdere uitwerking wordt verwezen naar de NEN 2767.

## II Uitwerking PRA-methodiek Rijkswaterstaat

Voor het opstellen van de asset health voor de winning en zuivering ten behoeve van drinkwater, wordt de aanpak verkend van de kwalitatieve object risicoanalyse, zoals omschreven door Rijkswaterstaat (zie Rijkswaterstaat, 2018). Deze aanpak wordt toegepast op een reinwaterreservoir. Doel van deze exercitie is om kennis te nemen van de benadering van Rijkswaterstaat en deze te vertalen naar asset health. Deze aanpak heeft veel weg van de FMECA's die drinkwaterbedrijven uitvoeren.

### Stap 1: Systeemanalyse

In dit voorbeeld gaan we uit van reinwaterreservoir van beton, dat is gelegen tussen een snelfilter en een HD-pompinstallatie. Het systeem bestaat uit het betonnen reservoir en de zich daarin bevindende onderdelen, alsmede bijbehorende onderdelen voor meten en regelen (afsluiters, meetapparatuur voor standen). Op basis van een PFD is het te beschrijven systeem te begrenzen door de afsluiter(s) aan de inlaatzijde en de afsluiter(s) aan de uitlaatzijde. De onderdelen van een reinwaterreservoir zijn, met oog op het benodigde abstractieniveau voor asset health onder te verdelen in de componenten:

- Reservoirconstructie, (al dan niet onder te verdelen in vloer, wanden, dak, toegangsconstructies)
- Niveauopnemers
- Flowopnemers
- Ventilatie
- Overstorten en leidingwerk

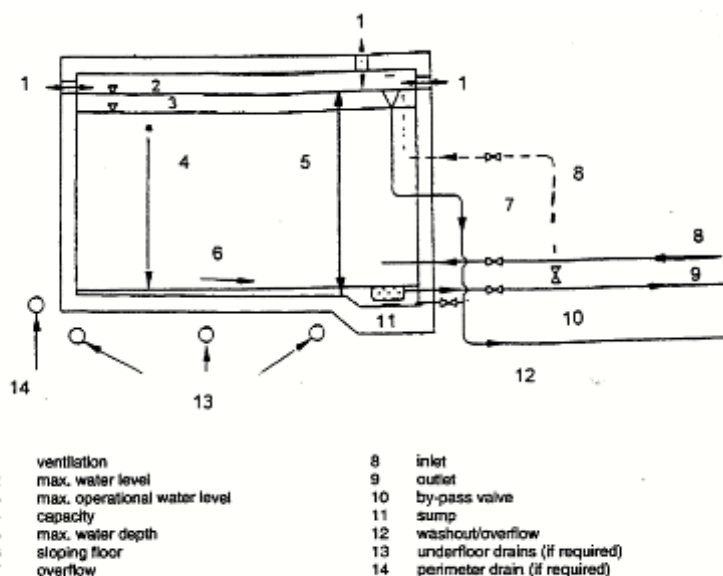


Figure 1 : Simplified section through service reservoir

Figuur 17 Schematisering van een reinwaterreservoir, afkomstig uit NEN-EN 1508:1998.

### Stap 2 functie en eisen

Een Reinwaterreservoir heeft als primaire functie (uit PCD 4.1):

1. Bufferen van de schommelingen in de vraag naar drinkwater teneinde de productiecapaciteit optimaal te kunnen benutten;
2. Voorraadvorming voor bijzondere omstandigheden om een periode van lagere of zelfs geen productie te kunnen opvangen of een situatie met verhoogde vraag als gevolg van bijvoorbeeld een leidingbreuk.

In sommige gevallen kan hier nog een functie aan worden toegevoegd:

### 3. Voorraadvorming voor spoelwater.

Deze drie functies hebben betrekking op alle componenten van een reinwaterreservoir en is daarom te herschrijven tot één primaire functie:

- Voorraadvorming gericht op (1) het bufferen van schommelingen in de vraag naar drinkwater teneinde de productiecapaciteit optimaal te kunnen benutten en (2) om te voorzien in een aanvullende watervraag voor bijzondere omstandigheden en (eventueel) voor spoelwater.

Verder zijn er diverse prestatie-eisen aan toe te voegen. In eerste instantie zijn die gerelateerd aan de wettelijke en bedrijfsspecifieke kwaliteitseisen. Prestatie-eisen die betrekking hebben op de beheerfase kunnen zijn (ontleend aan de PCD 4.1):

- Afgesloten met oog op binnendringen van verontreinigingen (zowel water, lucht en ongedierte), licht en mensen (vandalisme en terrorisme).
- Toegankelijk voor inspectie, onderhoud en monsternamen.
- Goed functionerende be- en ontluchting, inclusief alarmering voor verstoppende luchtfilters.
- Een watertemperatuur van minimaal 2°C en maximaal 25°C.
- Voldoende verversing.
- Goed afsluitbare meet- en regelapparatuur.
- Een regulier schoonmaakprogramma.
- Werkzaamheden volgens de Hygiëncode Drinkwater
- Veiligheidsvoorzieningen voor personeel.
- Werkorders voor kalibratie- en onderhoudsregistratie.

Aanvullend en denkend vanuit het principe van RAMSSHEEP kan hier aan worden toegevoegd:

- Eisen aan betrouwbaarheid, bijvoorbeeld een reservoir mag niet vaker een hygiënisch defect hebben dan eens per 10 jaar
- Eisen aan beschikbaarheid, bijvoorbeeld de niet-beschikbaarheid van een individueel reservoir moet maximaal 1 dag per jaar bedragen.
- Een reservoir moet, voor wat betreft de meet- en regelapparatuur, binnen 24 uur gerepareerd kunnen worden.

#### Processtap 3: falen

Er is sprake van falen wanneer als gevolg van een gebeurtenis (verzameling van gebeurtenissen) een systeem zijn functie niet meer kan vervullen en daarmee niet voldoet aan zijn functionele eisen. De faaldefinitie legt de relatie vast tussen het falen van een deelsysteem en de consequentie daarvan voor het systeem. Hiervoor is het dus noodzakelijk te weten wat de consequentie is van het falen van een reinwaterreservoir voor het gehele systeem. De systeemeis is te beschrijven als 'het betrouwbaar leveren van voldoende drinkwater met voldoende druk en van een kwaliteit die past binnen de gestelde normen'. Voor een specifiek productiestation is deze eis te vertalen naar een capaciteitseis en men dient vast te stellen of en in welke mate het uitvallen van een reinwaterreservoir dit negatief kan beïnvloeden. Hierbij wordt er dus niet vanuit het onderdeel geredeneerd maar vanuit het hele systeem en wordt alleen dat falen in kaart gebracht dat het systeem als geheel negatief kan beïnvloeden.

#### Processtap 4: Faalkans

Rijkswaterstaat schat vervolgens de kans op optreden in gebruik maken van vijf kansklassen en rekening houdend met een instandhoudingsinspecties elke zes jaar. Deze klassen zijn:

1. Verwaarloosbaar ( $20 \text{ jr} < t$ ): falen wordt niet in de komende 20 jaar verwacht.
2. Klein ( $6 \text{ jr} < t \leq 20 \text{ jr}$ ): falen wordt tussen 6 en 20 jaar na nu verwacht.
3. Middelmatig ( $2 \text{ jr} < t \leq 6 \text{ jr}$ ): falen wordt tussen 2 en 6 jaar na nu verwacht.
4. Groot ( $\frac{1}{2} \text{ jr} < t \leq 2 \text{ jr}$ ): falen wordt tussen 6 maanden en 2 jaar na nu verwacht.

5. Zeker ( $t \leq \frac{1}{2}$  jr): falen is al gebeurd of wordt in de komende 6 maanden verwacht.

Voorbeelden van falen voor een reinwaterreservoir die impact kunnen hebben op het systeem (in dit geval het productiestation) met een indeling voor wat betreft de kans op falen (indicatief voorbeeld), zijn weergegeven in Tabel 7. De inschatting kan worden verkregen door het raadplegen van experts of uit analyses van een onderhoudsregistratiesysteem.

Tabel 7 Voorbeelden van faalgebeurtenissen en kans op falen

Voorbeelden van falen	Voorbeeld kans op falen	Toelichting
1. Intrede van verontreinigingen	verwaarloosbaar	Vanwege voorzorgmaatregelen
2. Accumulatie van sediment en/of biologisch materiaal	Middelmatig	Kans op falen (optreden) in geval van niet schoonmaken
3. Defecte niveauopnemer	Middelmatig	Bijv op basis van een registratiesysteem
4. Niet-functionerende afsluiter	Middelmatig	Bijv op basis van een registratiesysteem
5. Defect leidingwerk	Klein	Bijv op basis van een registratiesysteem
6. Bezwijken constructie (dak, muren wand)	verwaarloosbaar	Bijv op basis van expertinschattingen en maatregelen tijdens ontwerp
7. Bezwijken toegang	Groot	Hoger vanwege bewegende delen en kans op corrosie

#### Stap 5: gevolgen falen

Deze faalgebeurtenissen worden vervolgens beoordeeld op de mogelijke gevolgen. Hierbij hanteert Rijkswaterstaat vier gevolgklassen onderverdeeld naar het RAMSSHEEP-principe, waarbij de R niet wordt ingevuld aangezien deze wordt gerepresenteerd door de kans op falen. In Tabel 8 is de opzet overgenomen van Rijkswaterstaat en heeft een vertaling plaatsgevonden naar de productiestations van drinkwaterbedrijven. Per gevolgcategorie wordt een 1 tot en met vier gegeven, of een 0 in geval het onderdeel niet relevant is. De maximale gevolgscore is maatgevend.

Tabel 8 Mogelijke gevolgen, bewerking van Rijkswaterstaat (2018).

		Gevolg			
		1: Verwaarloosbaar	2: Beperkt	3: Groot	4: Ernstig
RAMSSHEEP	A	Object is kort buiten bedrijf, echter vanwege redundantie zonder gevolg voor de levering	Kortdurende leveringsonderbreking of drukverlaging die potentieel slechts door een beperkte groep klanten wordt opgemerkt	Sprake van een verstoring, d.w.z. een door klanten opgemerkte leveringsonderbreking of druk lager dan 50 MPa langer dan 5 minuten	Sprake van een calamiteit, d.w.z. een leveringsonderbreking van meer dan 24 uur
	M	Herstel is eenvoudig en door lokaal personeel te verhelpen	Herstel moet door externe (huisaannemer of gespecialiseerd personeel) worden verholpen	Herstel wordt bemoeilijkt door slechte beschikbaarheid gereedschap of reservemateriaal, of doordat de locatie slecht toegankelijk is, of herstel niet mogelijk is	Herstel is niet/nauwelijks mogelijk, vervanging is gunstiger
	S	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met niet-blijvend letsel zonder verzuim bij één of meer personen	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met niet-blijvend letsel met medische assistentie/ ziekenhuisopname bij één of meer personen	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met blijvend letsel bij één persoon	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met: - blijvend letsel bij meer personen, of - fataal letsel bij één of meer personen
	S	Ongewenst menselijk handelen mogelijk met kleine gevolgen zoals graffiti	Ongewenst menselijk handelen mogelijk met beperkte gevolgen zoals toegang tot een onbelangrijke ruimte	Ongewenst menselijk handelen mogelijk met grote gevolgen zoals digitale/fysieke toegang tot vertrouwelijke informatie	Ongewenst menselijk handelen mogelijk met ernstige gevolgen zoals digitale/fysieke toegang tot de (nood-)besturing van het object

H	Bepaalde waterkwaliteitsproblemen van beperkte duur, zoals bruinwater	Waterkwaliteitsproblemen van beperkte omvang en ernst, die leiden tot het informeren van klanten	Waterkwaliteitsproblemen, met meetbare gezondheidsklachten op beperkte schaal	Grootschalige waterkwaliteitsproblemen, met meetbare gezondheidsklachten
E	Verwaarloosbare gevolgen voor flora, fauna of droogte	Bepaalde gevolgen voor flora, fauna of droogte, die geen herstelmaatregelen vergen	Grote gevolgen voor flora, fauna of droogte, herstelmaatregelen noodzakelijk	Ernstige, langdurige gevolgen voor flora en fauna; grootschalige maatregelen noodzakelijk
€	Gevolggkosten lager dan €10.000	Gevolggkosten tussen €10.000 en €50.000	Gevolggkosten tussen €50.000 en €250.000	Gevolggkosten hoger dan €250.000
P	Klachten van klanten en omwonenden	Imagoverlies lokaal	Imagoverlies regionaal	Imagoverlies landelijk

### Stap 6: Combineren van kans en effect

Voorbeelden van inschattingen van gevolgen van falen van een reinwaterreservoir (indicatief voorbeeld), zijn weergegeven in Tabel 9. Een waarde '0' wil zeggen dat er geen gevolg aannemelijk is. Per kolom zijn cellen met een maatgevende waarde grijs gekleurd.

Tabel 9 Voorbeelden van faalgebeurtenissen en inschattingen van de gevolgen op basis van RAMSSHEEP voor een reinwaterreservoir dat vanwege redundantie op een gemiddelde dag volledig buiten gebruik kan en op een maximum dag maximaal 12 uur.

		Inschatting gevolgen van falen						
		Intrede van verontreinigingen	Accumulatie van sediment en/of biologisch materiaal	Defecte niveauopnemer	Niet-functioneren de afsluiter	Defect leidingwerk	Bezwijken constructie (dak, muren wand)	Bezwijken toegang
RAMSSHEEP	A	3	0	1	2	2	4	0
	M	2	1	1	2	2	4	2
	S	0	0	0	0	0	1	1
	S	0	0	0	0	0	3	3
	H	4	2	0	1	1	4	2
	E	0	0	0	0	0	0	0
	€	3	1	1	1	1	4	1
	P	4	2	1	1	1	4	2

### Stap 7: risicobeoordeling

Rijkswaterstaat heeft voor de risicobeoordeling een risicomatrix opgesteld met 5 kansklassen en 4 gevolggklassen (zie Tabel 10). Hierbij zijn drie risiconiveaus onderscheiden.

- Rood = onacceptabel: Er moet een maatregel worden getroffen om het risico te beheersen. Er kunnen tevens redenen zijn om het vaste onderhoud te herzien of om een onderhoudsmaatregel of zelfs redesign voor te stellen.
- Oranje = ongewenst: Er moet ofwel een maatregel worden getroffen om het risico te beheersen ofwel worden aangetoond waarom dit niet haalbaar/noodzakelijk is. Tevens kan het noodzakelijk zijn het standaard verzorgend onderhoud te herzien of een onderhoudsmaatregel toe te voegen.
- Groen = acceptabel: Er hoeft geen maatregel te worden getroffen om het risico te beheersen. Als de faalwijze zich voordoet, worden de gebruikelijke acties ondernomen voor (functie-)herstel. Merk op dat ook een laag

risico nog steeds reden kan zijn om het standaard verzorgend onderhoud te herzien, maar nu omdat mogelijk minder activiteiten nodig zijn.

In Tabel 10 zijn de voorbeelden van falen voor het reinwaterreservoir weergegeven.

*Tabel 10 Risicomatrix volgens Rijkswaterstaat, met de daarin geplaatste indicatieve faalgebeurtenissen (zie Tabel 7) voor een reinwaterreservoir.*

Risicomatrix		GEVOLG			
		1. verwaarloosbaar	2. Beperkt	3. Groot	4. Ernstig
KANS	1. Verwaarloosbaar				1, 6
	2. Klein		5		
	3. Middelmatic	3	2, 4	7	
	4. Groot				
	5. Zeker				

De risicoanalyse is de basis voor het instandhoudingsplan van Rijkswaterstaat. Bovenstaande risicoanalyse is kwalitatief van aard, maar deze kan ook kwantitatief worden uitgevoerd. In dat geval worden door middel van foutenbomen faalgebeurtenissen gerelateerd aan een ongewenste topgebeurtenis. De risicoanalyse geeft de kwetsbaarheid aan van onderdelen in relatie tot de functie-eisen die aan het asset zijn toegekend.