

## **Bijdrage PAO – Beheer en Onderhoud in de Watersector 2006**

### **Blok 3: Inbedding van assetmanagement in organisaties en relaties met externe**

**Assetmanagement – ir. Martine van den Boomen MBA**

- 1) Inleiding Assetmanagement**
- 2) Praktijkvoorbeeld implementatie van assetmanagement**
- 3) Voorbeelden van risicoanalyse- en risicobeheersmethoden**
- 4) Vereenvoudigd voorbeeld van Life Cycle Costing**

# 1) Wat is Assetmanagement?

*Martine van den Boomen (Colibri-Advies)*

## Definitie

*Assetmanagement toepassen betekent dat een afgesproken prestatie tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten over de levensduur van bedrijfsmiddelen (assets) wordt gerealiseerd.*

Bij het toepassen van assetmanagement wordt een verantwoorde afweging gemaakt tussen het te leveren serviceniveau en kosten hiervan in een continue bedrijfsvoering (en dus over de levensduur van de assets). Deze afweging moet transparant en verdedigbaar zijn naar klanten, overige stakeholders en moet vergelijking tussen waterbedrijven onderling mogelijk maken. Assetmanagement kent bedrijfsmatige en onderzoeksaspecten gericht op dienstverlening, doelmatigheid en risicomanagement.

Er is geen tool waarmee assetmanagement geïmplementeerd kan worden. Er zijn wel vele tools die samen ingezet kunnen worden. Assetmanagement is vooral een methodiek, een manier van denken. Assetmanagement vraagt om inzicht en creativiteit om op verschillende organisatieniveaus vragen op te pakken en deze met elkaar te verbinden

## Hoe pas je assetmanagement toe?

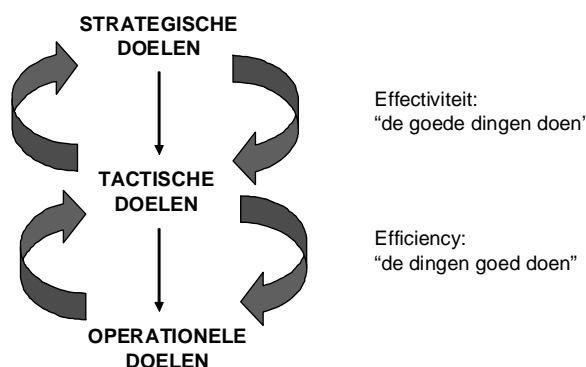
Het toepassen van assetmanagement leidt tot een continu verbeteringsproces voor zowel de effectiviteit als de efficiency. (Figuur 1). De vraag is echter, hoe we ervoor zorgen dat een afgesproken prestatie tegen de laagst mogelijke kosten over de levensduur van assets wordt gerealiseerd.

Om deze vraag te beantwoorden dienen verschillende assetmanagementrollen te worden onderscheiden binnen een organisatie. Die van asseteigenaar, assetmanager en die van dienstverlener<sup>1</sup>. Deze rollen zijn direct te koppelen aan de drie organisatieniveaus van een waterleidingbedrijf: strategisch, tactisch en operationeel. In de praktijk blijkt vaak dat het tactische niveau nog zwak is ontwikkeld. Bij het bespreken van de organisatorische rollen in de volgende paragrafen is het expliciet niet de bedoeling deze in een hiërarchische context te plaatsen. Noch is het de bedoeling met de inrichting van een tactisch niveau een extra managementlaag te creëren tussen de directie en de uitvoering.

---

<sup>1</sup> BTO 2004.022: Werkconferentie Asset management (Reader), Rik Mars (WLB Amsterdam), Jenne van der Velde (Vitens), Loet Rosenthal (PWN), Mirjam Blokker, Martine van den Boomen (Kiwa WR)

**Asset management toepassen**  
*een continu verbeteringsproces*



*Figuur 1: Assetmanagement toepassen is een continu verbeteringsproces*

## **Strategisch niveau (wie, waarom, waarheen?)**

De asseteigenaar is de directie, en deze opereert op strategisch niveau. De directie stelt een missie en visie op en leidt hier strategische doelen vanaf. De directie geeft de richting aan waar het bedrijf naar toe gaat. Op dit niveau worden de vragen beantwoord: "wie zijn we, wat is ons bestaansrecht en waar gaan we naar toe?" Strategische doelen zijn lange-termijndoelen die als kapstok fungeren voor de tactische en operationele doelen. Er zijn kansen en bedreigingen die de lange-termijndoelen beïnvloeden. Om deze kansen en bedreigingen (= risico's) in beeld te brengen wordt vaak gewerkt met verschillende toekomstscenario's over markt-, vraag en maatschappijontwikkeling. Strategische acties worden uitgezet om de ingeslagen lange-termijnrichting te bestendigen of bij te sturen.

## **Tactisch niveau (wat?)**

De assetmanager opereert op tactisch niveau. Vaak wordt de rol van assetmanager ingevuld door een assetmanagementteam dat vanuit een staffunctie insteekt op de lijn tussen directie en uitvoering. De taak van een assetmanager is om strategische doelen van de directie te vertalen naar tactische doelen die worden uitgedrukt in Kritische Prestatie-Indicatoren (KPI's) en Proces Prestatie-Indicatoren. Deze doelen zijn specifiek, meetbaar en tijdgebonden. Hier wordt antwoord gegeven op de vraag: "Wat moeten we doen om de strategische doelen van de directie te realiseren?" Wanneer de vertaling van strategische doelen naar tactische doelen goed gebeurt en regelmatig wordt geëvalueerd dan wordt de effectiviteitsverbetering geborgd. Met andere woorden: de primaire verantwoordelijkheid van het tactische niveau is ervoor te zorgen dat 'de goede dingen gedaan worden'. Ook op tactisch niveau is risicomanagement nodig om de vertaalslag tussen strategische en tactische doelen te realiseren en de juiste tactische acties uit te zetten. Om te kunnen bepalen 'wat er moet gebeuren' moeten de bedrijfsbrede interne en externe risico's in beeld zijn, gekwantificeerd en geprioriteerd worden. Op basis hiervan worden overkoepelende risicobeheersmaatregelen geformuleerd. Omdat één risico meerdere risicobeheersmaatregelen kent (zowel aan de kans- als aan de effectkant) zullen ook de risicobeheersmaatregelen onderling afgewogen moeten worden waarbij kostenoptimalisatie een belangrijk criterium is.

## **Operationeel niveau (hoe?)**

De dienstverlener werkt op operationeel niveau en is verantwoordelijk voor de realisering en levering van het product aan de klanten en overige stakeholders. Op dit niveau vindt de vertaalslag plaats van tactische doelen naar operationele doelen. Het tactisch niveau geeft aan 'wat er moet gebeuren', het operationele niveau geeft aan 'hoe dit moet gebeuren'. Het operationele niveau is hiermee verantwoordelijk voor de efficiencyverbetering. Want, "de goede dingen moeten zo goed mogelijk worden uitgevoerd". En ook hiervoor is risicomanagement nodig, maar dan op operationeel niveau. Hier worden vooral de risico's op installatie/systeem- en onderhoudsprocesniveau in beschouwing genomen. Hoe betrouwbaar is een element? Hoe betrouwbaar is een bedrijfsmiddelensysteem? Wat betekent dit voor het onderhoudsmanagement van dit systeem?

Tabel 1: Overzicht van assetmanagementrollen en bijbehorende verantwoordelijkheden

	<b>Strategisch</b>	<b>Tactisch</b>	<b>Operationeel</b>
Rollen	- Asseteigenaar	- Assetmanager	- Dienstverlener
Kernvragen	- Wie zijn we? - Wat is ons bestaansrecht? - Waar gaan we heen?	- Wat moeten we doen?	- Hoe doen we dat?
Primaire verantwoordelijkheid	- "De goede richting aangeven" - Voldoen aan belangen stakeholders	- "De goede dingen doen" - Effectiviteitverbetering	- "De dingen goed doen" - Efficiencyverbetering
Doelen	- Strategische doelen, afgeleid van visie & missie	- KPI's (Kritische Prestatie Indicatoren) - PPI's (Kritische Proces Indicatoren)	- Operationele doelen - bedrijfsmiddelen - Operationele procesdoelen
Uitvoering	- Risicomanagement t.b.v. markt-, vraag-, en maatschappijontwikkeling	- Risicomanagement t.b.v. onderhouds- en/of investeringsbeslissingen	- Risicogestuurd onderhoudsmanagement (RCM)

## 2) Praktijkvoorbeeld ontwikkeltraject Assetmanagement Houtrust en Harnaspolder

*Marcel van den Berg, Leo Helvensteijn (Delfluent Services BV)  
Joyce Rombouts, Huub Glas (Hoogheemraadschap van Delfland)  
Martine van den Boomen (Colibri Advies BV)*



*Harnaspolder 2005 – Foto Joyce Rombouts, Hoogheemraadschap van Delfland*

*Delfluent BV, Delfluent Services BV en het Hoogheemraadschap van Delfland zijn samen een assetmanagement-ontwikkeltraject gestart voor het onderhoud en beheer van de afvalwaterzuiveringsinstallaties Houtrust en Harnaspolder. Uniek aan dit traject is dat verschillende assetmanagementtaken die normaal binnen één organisatie worden vormgegeven nu over twee organisaties liggen, een publieke en een private. Dit vraagt om een samenwerking tussen de partijen die contractuele verplichtingen overstijgt.*

### **Publiek Private Samenwerking**

Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft in 2003 de renovatie van afvalwaterzuiveringsinstallatie (AWZI) Houtrust, de bouw van de afvalwaterzuiveringsinstallatie Harnaspolder en het onderhoud en beheer van beide installaties en het bijbehorende transportstelsel voor 30 jaar uitbesteed aan Delfluent BV. Delfluent BV is een bedrijf dat is gevormd door een vijftal bedrijven: Evides, Veolia Water, Rabobank, Heijmans Beton- en Waterbouw en Strukton Finance. Dochter Delfluent Services BV is verantwoordelijk voor het onderhoud en beheer van de afvalwaterzuiveringsinstallaties en het transportstelsel en zal in 2033 de installaties in een goede staat opleveren aan de eigenaar, het Hoogheemraadschap van Delfland. De directie van Delfluent Services bestaat uit Evides en Veolia. Verplichtingen tussen het Hoogheemraadschap van Delfland, Delfluent BV en Delfluent Services BV ten aanzien van het ontwerp, de bouw, de financiering en de exploitatie van de AWZI's zijn bij het aangaan van de uitbesteding vastgelegd in een contract.

### **Toezicht of samenwerking?**

Binnen de contractuele verplichtingen die voor alle partijen vaststaan, bestaat een bepaalde speelruimte tussen opdrachtgever en opdrachtnemer. Hier zijn verschillende scenario's denkbaar. In het ene uiterste opereert het Hoogheemraadschap als controleur. Er ontstaat dan een situatie waarbij Delfluent op vastgestelde termijnen gegevens aanlevert aan het Hoogheemraadschap van Delfland. Het Hoogheemraadschap beoordeelt vervolgens of Delfluent aan haar prestatieverplichting voldoet zonder de lange-termijn investeringsbehoefte in gevaar te brengen. In dit model is er sprake van sturing door input en output te controleren.

Het andere scenario is 'toezien' dat is gericht op het begrijpen van interne processen, de zogenoemde 'throughput'. Als de wetenschap bestaat dat de bedrijfsinterne processen om input (geld) om te zetten in output (resultaat), effectief en efficiënt zijn en verbetermechanismen in deze methoden besloten liggen, dan volgt hieruit dat de verhouding tussen investeringen en resultaat altijd naar het beste niveau zal convergeren. De rol van de toezichthouder verschuift als het ware van die van een traditionele hiërarchische input-output controleur naar die van een meewerkend voorman. Alle samenwerkende partijen zijn verantwoordelijk voor het resultaat. In het INK-managementmodelperspectief zouden we deze vorm van samenwerken plaatsen bij ontwikkelfasen IV en V, de keten- en transformatiegeoriënteerde organisaties.

De ambitie van Delfluent en Delfland is om de 'S' van de Publiek Private Samenwerking ook echt waar te maken, in het belang van consumenten, betrokken organisaties en aandeelhouders. Beide partijen zijn ervan overtuigd dat een samenwerkingsmodel te verkiezen is boven een controlemodel bij het maximaliseren van de belangen van de betrokkenen. Dit betekent dat beide partijen investeren om samen methoden te ontwikkelen om de effectiviteit en efficiëntie te borgen. Concreet betekent dit dat het contractmanagement team van het Hoogheemraadschap van Delfland en Delfluent Services BV een gezamenlijk ontwikkeltraject voor het assetmanagement zijn gestart. Een randvoorwaarde is dat het assetmanagement wordt ingebed in het kwaliteitssysteem zodat de assetmanagementmethoden auditeerbaar zijn.

#### **Wat is assetmanagement?**

Assetmanagement betekent het managen van bedrijfsmiddelen en mensen met als doel dat een afgesproken prestatie duurzaam tegen de laagst mogelijke kosten wordt gerealiseerd.

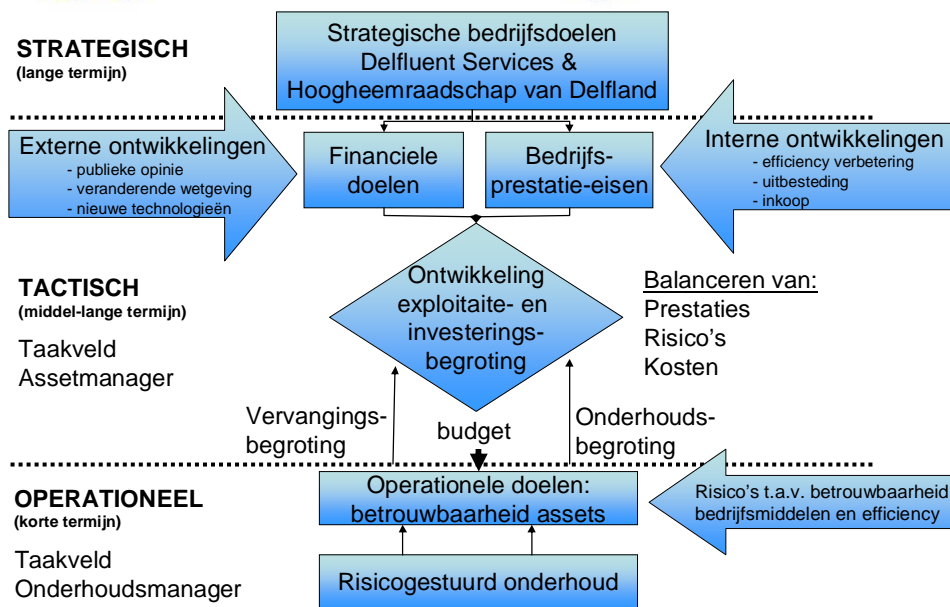
Bij het toepassen van assetmanagement worden normaal drie rollen onderscheiden, namelijk die van asseteigenaar, assetmanager en onderhoudsmanager.

De asseteigenaar is veelal de directie van een bedrijf en stelt de strategische doelen en de koers vast. Het bestaansrecht van een onderneming wordt op dit niveau geformuleerd. De assetmanager vertaalt strategische bedrijfsdoelen naar tactische doelen die meetbaar zijn. De onderhoudsmanager vertaalt de tactische doelen naar meetbare operationele doelen. Als de asseteigenaar zegt 'we willen betrouwbaar zijn' dan zal de assetmanager dit bijvoorbeeld vertalen naar een concreet leveringsdoel aan klanten. De onderhoudsmanager zal dit leveringsdoel vertalen naar een beschikbaarheidsdoel voor verschillende bedrijfsmiddelen. De assetmanager zegt als het ware 'wat er moet gebeuren' om de strategische doelen te realiseren, terwijl de onderhoudsmanager aangeeft 'hoe dit moet gebeuren'. De assetmanager is verantwoordelijk voor de effectiviteit (de juiste dingen doen), de onderhoudsmanager voor de efficiency (de dingen goed doen).

#### **Assetmanagement binnen de PPS**

In de PPS-constructie is het Hoogheemraadschap van Delfland de asseteigenaar, die tevens contract manager is. Delfluent Services BV is assetmanager en onderhoudsmanager (zie kader). Het totale assetmanagement strekt zich in deze situatie uit over twee organisaties. Dit maakt ook dat een ontwikkeltraject voor het assetmanagement door beide organisaties gedragen moet worden.

Delfland en Delfluent Services hebben een kader opgesteld (figuur 1) waarin de primaire assetmanagement-verantwoordelijkheden op strategisch, tactisch en operationeel niveau zijn benoemd. Aan deze verantwoordelijkheden liggen methoden ten grondslag die deels reeds geïmplementeerd zijn en deels nog ontwikkeld worden.



Figuur 1: Het assetmanagementperspectief dat stapsgewijs wordt ingevuld

### Inbedding in het kwaliteitssysteem

Bij het beschouwen van het totale assetmanagement is een onderscheid gemaakt in een assetmanagement-kwaliteitsysteem en een assetmanagementplan. Het assetmanagement-kwaliteitsysteem maakt onderdeel uit van het totale kwaliteitssysteem. In het assetmanagement-kwaliteitsysteem worden op strategisch, tactisch en operationeel niveau assetmanagementmethoden beschreven, vertaald in procedures. Het assetmanagementplan daarentegen beschrijft op strategisch, tactisch en operationeel niveau het resultaat en doelen voor de komende periode. Naast resultaten en doelen wordt in het assetmanagementplan ook besluitvorming gemotiveerd. Deze besluitvorming kan leiden tot aanpassing van het assetmanagement-kwaliteitssysteem. Op deze wijze wordt niet alleen een horizontale verbetercyclus bereikt maar wordt de toepassing van assetmanagement ook auditeerbaar.

### Stand van zaken

Het assetmanagementplan en het assetmanagement-kwaliteitsysteem zijn in ontwikkeling. Hiervoor wordt het kader van figuur 1 gevolgd. Strategische, tactische en operationele doelen zijn benoemd. Deze doelen liggen in elkaars verlengde. De volgende stap is om op de drie niveaus de assetmanagementmethoden uit te zetten om de geformuleerde doelen te realiseren en risico's en kansen te beheersen. Op operationeel niveau is dit vrijwel gereed en wordt risicogestuurd onderhoud en beheer toegepast. Van ieder bedrijfsmiddel is de impact van falen bepaald. Tevens is van ieder bedrijfsmiddel de huidige conditie in kaart gebracht. Deze twee samen bepalen het risico van een bedrijfsmiddel. Op basis van de impact van falen en de huidige conditie van een bedrijfsmiddel is vervolgens een onderhoudsregime toegekend. Voor een bedrijfsmiddel met een laag risico is dit storingsafhankelijk onderhoud, voor een bedrijfsmiddel met een hoog risico is dit preventief onderhoud. De norm voor 2006 is gesteld op 75% preventief onderhoud en 25% curatief onderhoud. Jaarlijks wordt geëvalueerd of de doelen zijn gehaald en de risico's zijn beheerst door het toegepaste onderhoud. Dit kan tot bijstelling leiden van onderhoudsregimes of van toegekende risico's. Op basis van de onderhoudsregimes volgt tevens een begroting voor het reguliere onderhoud en de vervangingen voor het komende jaar.

De onderhoudsmanager voorziet de assetmanager van deze onderhoudsbegroting. De assetmanager zal op tactisch niveau de systeemprestaties, de bedrijfskosten en de bedrijfsrisico's balanceren en de uiteindelijke exploitatie- en investeringsbegroting vaststellen. De toegevoegde waarde van de

assetmanager is dat deze niet uitgaat van de betrouwbaarheid van de bestaande bedrijfsmiddelen, maar uitgaat van de systeemprestatie die deze bedrijfsmiddelen in een dynamische omgeving moeten leveren. Waar een onderhoudsmanager erop gericht is om met de bestaande bedrijfsmiddelen een maximale prestatie te leveren zal een assetmanager zichzelf de vraag stellen of bepaalde bedrijfsmiddelen nog wel nodig zijn. Zo kan bijvoorbeeld technologieontwikkeling er toe leiden dat het goedkoper is een bestaand en goed functionerend bedrijfsmiddel te vervangen. Ook zal een assetmanager anticiperen op veranderende klantwensen, veranderende regelgeving, veranderende bedrijfsdoelstellingen en ervoor zorgen dat deze veranderingen vertaald worden naar aanpassing van de criteria die de onderhoudsmanager gebruikt om de impact van falen van zijn bedrijfsmiddelen vast te stellen. Een assetmanager kijkt van buiten naar binnen, een onderhoudsmanager van binnen naar buiten. Beide gezichtspunten zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden om tot een goede systeemprestatie te komen.

Delfluent Services en Delfland zijn het taakveld van de assetmanager samen aan het ontwikkelen. Het doel is te komen tot een methodische aanpak waarbij operationele resultaten, de strategische bedrijfsdoelen, en ontwikkelingen van buiten leiden tot een gefundeerde beslissing voor het vaststellen van exploitatie en investeringsbudgetten. De methoden zullen hun weg vinden naar het assetmanagement-kwaliteitssysteem, de resultaten naar het assetmanagementplan.

### 3) Voorbeelden van risicoanalyse en -risicobeheersmethoden

*Martine van den Boomen (Colibri Advies), Ralph Beuken (Kiwa Water Research)*

Onderhoudsmanagement is een onderdeel van het totale assetmanagement. Twee veel voorkomende onderhoudsconcepten zijn Reliability Centred Maintenance (RCM) en Total Productivity Maintenance (TPM). RCM is ontwikkeld vanuit de Verenigde Staten, TPM vanuit Japan. Voor beide onderhoudsconcepten geldt dat focus ligt op het verbeteren van de prestatie van bedrijfsmiddelen door het wegnemen van de oorzaken van falen en door het verbeteren van de onderhoudsprocessen (mensen, middelen, systemen). Binnen het onderhoudsmanagement worden verschillende risicoanalyse- en beheersmethoden toegepast om:

- o Het juiste onderhoudstype te bepalen;
- o Onderhouds- en inspectie-intervallen vast te stellen;
- o Andere risicobeheersmaatregelen dan onderhoud te identificeren;
- o Risico's te identificeren en te beheersen voordat deze zijn opgetreden;
- o Risico's te analyseren nadat ze zijn opgetreden om herhaling te voorkomen.

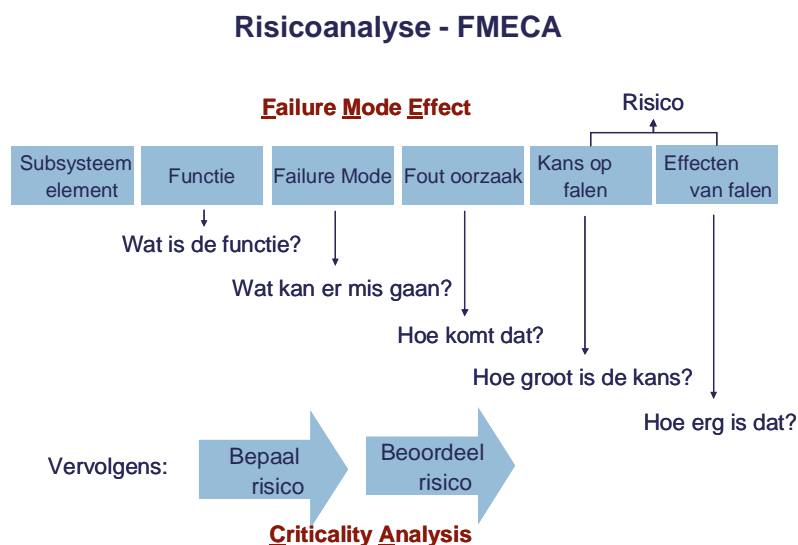
Een aantal veel voorkomende risicoanalyse- en beheersmethoden worden hieronder kort toegelicht.

#### Ishikawa-diagram

Het Ishikawa-diagram of het visgraatdiagram wordt toegepast om de oorzaken van bepaalde ongewenste gebeurtenissen te inventariseren en te structureren. Het Ishikawa-diagram is een methodiek die veel wordt toegepast binnen Total Productivity Maintenance (TPM, beiden van Japanse oorsprong).

#### Failure Mode Effect & Criticality Analysis (FMECA)

De Failure Mode Effect & Criticality Analysis (FMECA) wordt toegepast voor het analyseren en beoordelen van risico's van bedrijfsmiddelen of bedrijfssystemen. FMECA is een methodiek die veel binnen Reliability Centred Maintenance (RCM) wordt gebruikt (en vanuit RCM is ontwikkeld). Hierbij worden systematisch vragen gesteld om de kans op falen, de effecten van falen en de risico's te kunnen bepalen en beoordelen (Figuur 1).



*Figuur 1 Failure Mode Effect & Criticality Analysis*

## Fault Tree Analysis (FTA) of Failure Root Cause Analysis (FRCA)

De *Fault Tree Analysis* (Foutenboomanalyse) of de *Failure Root Cause Analysis* is een methodiek waarbij een faalgebeurtenis wordt ontleed tot alle mogelijke oorzaken.

De methode werkt als volgt: Men begint met het vaststellen van de faalgebeurtenis (een antwoord op de vraag: Wat kan er mis gaan?). Deze faalgebeurtenis wordt bovenaan gezet in een rechthoekig blok. Vervolgens wordt geanalyseerd wat nodig is aan voorafgaande gebeurtenissen om deze eerste faalgebeurtenis te laten optreden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van 'EN' en 'OF' statements. Soms zijn twee gebeurtenissen allebei nodig om tot een faalgebeurtenis te leiden (EN), soms maar één van drie (OF). Wanneer er sprake is van een 'OF' statement wordt dit voorgesteld met het symbool van een halve ovaal waarbij de onderkant naar binnen gebogen is. Wanneer er sprake is van een 'EN' statement wordt dit voorgesteld door een halve ovaal met een rechte onderkant. Onder beide symbolen hangen de oorzaken van de oorspronkelijke faalgebeurtenis. Wanneer een oorzaak is gevonden die nog verder gedifferentieerd kan worden in oorzaken die hier weer aan vooraf gaan, dan wordt een rechthoek gebruikt om de oorzaak mee aan te geven. Daarna volgt weer een 'EN' of 'OF' statement en nieuwe oorzaken. Een eindoorzaak, ook wel een basisoorzaak (een oorzaak die niet verder in oorzaken opgesplitst kan worden of waarvan het niet zinvol is) wordt weergegeven met een cirkel.

De volgende stap is vast te stellen hoe groot de kans is dat de eerste faalgebeurtenis ook daadwerkelijk optreedt. Hiervoor is het nodig om de kansen van de basisoorzaken (de cirkels) te weten of in te kunnen schatten. Hierna is het een kwestie van rekenen, te beginnen onderaan bij de cirkels en naar boven toe terug te rekenen. De algemene regels zijn:

Voor een 'OF' statement:

$$P = 1 - [(1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n)]$$

Voor een 'EN' statement:

$$P = P_1 * P_2 * \dots * P_n$$

Waarbij P de kans is op een gebeurtenis voorafgaand aan (of boven) de 'EN' of 'OF' statement; P<sub>1</sub> de kans is van gebeurtenis 1 en P<sub>n</sub> de kans is van gebeurtenis n

In het gegeven voorbeeld (Figuur 2) wordt de faalkansberekening van faalgebeurtenis F (leiding X breekt) als volgt uitgevoerd:

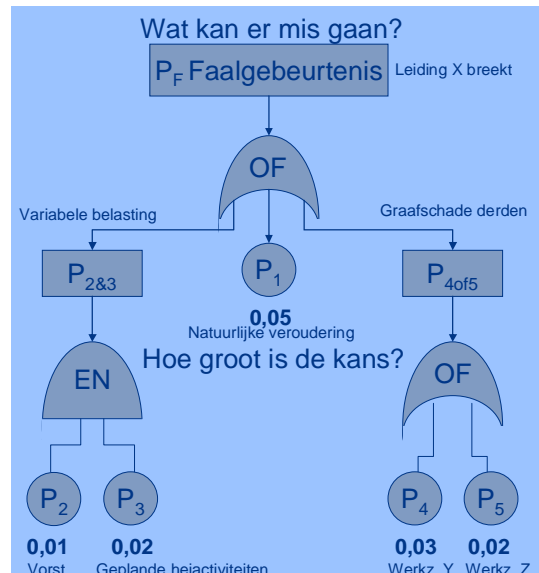
Wanneer de uitgangspunten zijn dat: P<sub>1</sub> = 0,05; P<sub>2</sub> = 0,01; P<sub>3</sub> = 0,02; P<sub>4</sub> = 0,03; P<sub>5</sub> = 0,02 dan volgt

hieruit dat: P<sub>2&3</sub> = P<sub>2</sub>\*P<sub>3</sub> = 0,01\*0,02 = 0,0002

En dat P<sub>4 of 5</sub> = [1-(1-P<sub>4</sub>)(1-P<sub>5</sub>)] = [1-(1-0,03)(1-0,02)] = 0,0494

En dat P<sub>F</sub> = [1-(1- P<sub>2&3</sub>)(1-P<sub>1</sub>)(1- P<sub>4 of 5</sub>)] = [1-(1-0,0002)(1-0,05)(1-0,0494)] = 0,097 = 10%

De kans dat met de gedefinieerde basisoorzaken en de vastgestelde basisfaalkansen, leiding X breekt is in dit rekenvoorbeeld 10%.



Figuur 1 Foutenboomanalyse

## Event Tree Analysis (ETA)

De *Event Tree Analysis* (ETA) is het omgekeerde van de FTA of de FRCA. De *Event Tree Analysis* kijkt wat de gevolgen zijn van de faalgebeurtenis, en wat de gevolgen zijn van de gevolgen zodat ook hier uiteindelijk een aantal kerngevolgen uitrollen.

## Condition Grading & Criticality Assessment

*Condition Grading* wordt toegepast om de faalkans van bedrijfsmiddelen in te schatten en is een halve risicoanalyse (risico = kans x effect; *Condition Grading* zegt iets over kans).

Er zijn drie manieren waarop de conditie van bedrijfsmiddelen in beeld kan worden gebracht:

- Meten, bijvoorbeeld materiaalonderzoek;
- Analyse van storingen uit het verleden; deze zijn vaak niet beschikbaar;
- Aan de hand van een aantal kwalitatieve criteria. Een voorbeeld van een set criteria is opgenomen in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Voorbeeld van kwalitatieve criteria voor *Condition Grading*

Grade	Beschrijving
1.	Bedrijfsmiddel is bijna als nieuw. Geen storingen. Bedrijfsmiddel levert volledige prestatie.
2.	De eerste tekenen van veroudering worden zichtbaar. Incidenteel zijn er storingen. Met weinig onderhoud is de prestatie van het bedrijfsmiddel geborgd.
3.	Bedrijfsmiddel is aan het verouderen. Bedrijfsmiddel is operationeel maar de efficiency neemt zichtbaar af. Regelmatig onderhoud is nodig om de prestatie van het bedrijfsmiddel te waarborgen.
4.	Bedrijfsmiddel is zichtbaar verouderd en levert geen optimale prestatie als gevolg van verschillende storingen. Groot onderhoud of revisie is noodzakelijk.
5.	Bedrijfsmiddel is bijna aan het einde van zijn levensduur en stoort frequent. Het bedrijfsmiddel levert niet de prestatie die het zou moeten leveren. Vervanging van het bedrijfsmiddel binnen 12 maanden is noodzakelijk.

Een *Criticality Assessment* wordt toegepast om assets te prioriteren op basis van de ernst van hun effecten bij falen. De *Criticality Assessment* zoals hier bedoeld mag niet worden verward met de *Criticality Analysis* die onderdeel is van de FMECA. Bij toepassen van de FMECA bepaalt het risico (kans x effect) de *Criticality*. Bij de standaard *Criticality Assessment* bepaalt de ernst van het effect de *Criticality*. De *Criticality Assessment* en de *Condition Grading* samen zeggen iets over het risico van een bedrijfsmiddel. Een voorbeeld van een *Criticality Assessment* is gegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2a Voorbeeld van een *Criticality Assessment*

Criteria	Ernst van falen	Subscore	Weegfactor	Totale score
Impact op milieu	geen	0	5	0
	beperkt	4	5	20
	aanwezig	6	5	30
	extreem	10	5	50
Type klant	geen effect	0	4	0
	landelijke	2	4	8
	stedelijk	3	4	12
	industrieel	5	4	20
	commercieel	7	4	28
Onderbroken klanten	geen	0	4	0
	< 20	2	4	8
	20 - 100	5	4	20
	100 - 1000	8	4	32
	> 1000	10	4	40
Risico's voor publieke gezondheid en veiligheid	geen	0	3	0
	klein	4	3	12
	gemiddeld	6	3	18
	groot	10	3	30
Reparatietijd	< ½ dag	4	2	8
	< 1 dag	6	2	12
	1-3 dagen	8	2	16
	> 3 dagen	10	2	20
Reparatiekosten	< €1000	4	2	8
	k€ 1 to k€5	6	2	12
	k€ 5 to k€ 25	8	2	16
	> k€ 25	10	2	20

Tabel 3.2b Voorbeeld van een Criticality Assessment

Criticality	Score	Niveau	Beschrijving
A	> 120 punten	Hoog	Bedrijfsmiddel is zeer kritisch. Bij falen is er sprake van een calamiteit. Naast preventieve onderhoudsplannen zijn er ook calamiteitenplannen beschikbaar.
B	101 – 120 punten	Middel	Bedrijfsmiddel is belangrijk voor de dagelijkse bedrijfsvoering. Preventieve onderhoudsplannen zijn beschikbaar. Ook zijn er maatregelen geformuleerd om bij onverhoopt falen de dienstverlening zo snel mogelijk te herstellen.
C	< 100 punten	Laag	Bedrijfsmiddel is niet kritisch. Er wordt uitsluitend correctief onderhoud toegepast. Wel worden faalgebeurtenissen systematisch bijgehouden om ook het correctieve onderhoud te kunnen begroten.

## HACCP

HACCP is een methodiek voor het identificeren, evalueren en beheersen van voedselveiligheidsgevaaren (biologisch, chemisch en fysisch). HACCP is een internationaal erkende norm die in de levensmiddelenindustrie wordt toegepast.

De 7 stappen zijn:

1. identificeer de gevaren per procesonderdeel;
2. identificeer de kritische punten in het proces (*Control Points*);
3. stel kritieke limieten vast;
4. implementeer monitoringsprocedures;
5. stel correctieve maatregelen vast;
6. implementeer een evaluatie- en bijstellingsprogramma;
7. stel een documentatiesysteem op (inclusief documentatieprocedures).

HACCP vertoont veel overeenkomsten met RCM en TPM. Het verschil is echter dat HACCP begint bij de risico t.a.v. de kwaliteit van het product en kijkt waaraan de bedrijfsmiddelen moeten voldoen om deze kwaliteit te realiseren. RCM en TPM stellen de risico's van de bedrijfsmiddelen centraal en onderzoeken hoe deze bedrijfsmiddelen onderhouden moeten worden om bij te dragen aan een goed product.

## HAZOP-study

*Hazard and Operability study* is een methodiek uit de procesindustrie voor het preventief analyseren mogelijke gevaar- en faalgebeurtenissen en het identificeren van acties om deze gebeurtenissen te voorkomen. De HAZOP-study heeft het karakter van een interdisciplinaire brainstorm die meestal geleid wordt aan de hand van processtroombigrammen, gidswoorden (zoals geen, meer, minder, etc.) en procesparameters (zoals druk, flow, temperatuur, etc.)

Faalgebeurtenissen vallen onder categorieën zoals: spontaan falen van bedrijfsmiddelen, menselijk falen en falen als gevolg van externe gebeurtenissen. HAZOP lijkt erg op FMECA. Het zijn beide methoden om risico's preventief te inventariseren en beheersmaatregelen te identificeren.

## 4) Vereenvoudigd voorbeeld van Life Cycle Costing

Martine van den Boomen (Colibri Advies)

### Onderhoudsoptimalisatie

Onderhoudsoptimalisatie betreft het steeds beter aanscherpen van de onderhoudsintervallen, maar ook het tijdig onderkennen van factoren die maken dat modificeren of vervangen van een complete installatie of leidingtraject de voorkeur verdient boven het aanscherpen van onderhoudintervallen (wat kan leiden tot suboptimalisatie). Ook bij onderhoudsoptimalisatie dient een onderscheid gemaakt te worden in korte-termijnoptimalisatie en lange-termijnoptimalisatie.

### Korte-termijnonderhoudsoptimalisatie

Op de korte termijn worden onderhoudsintervallen geleidelijk steeds scherper afgesteld op basis van de resultaten van de afgelopen paar jaar. Het is een soort 'trial & error' methode. Wel bouwen bedrijven op deze wijze steeds meer specifieke gegevens op over de bedrijfsmiddelen die in gebruik zijn. Op basis van deze historie kan steeds betrouwbaarder een scherper onderhoudsinterval worden afgesteld.

### Lange-termijnonderhoudsoptimalisatie

Om op lange termijn onderhoud-, vervangings-, en investeringsbeslissingen te kunnen optimaliseren is life cycle costing nodig. Life cycle costing betekent dat over een oneindige horizon alle kosten van aanleg, onderhoud & beheer, verwijderen, nieuwe aanleg, etc uit worden gezet op een tijdsas. Voor een bedrijfsmiddel zijn er vele kostenscenario's denkbaar. De meest maatgevende moeten in beschouwing worden genomen.

Voor infrastructuurmiddelen blijkt in de praktijk dat een tijdas van 150 – 300 jaar voldoende lang is om een oneindige tijdas na te bootsen.

Het meest optimale scenario is dat scenario waarbij de huidige waarde van alle kosten die in de tijd optreden, minimaal is. Dus wanneer van 300 scenario's, scenario 217 de laagste netto contante waarde heeft dan is scenario 217 het meest optimaal.

#### Netto contante waarde

Kosten die op verschillende momenten in de tijd worden gemaakt (life cycle kosten) mogen niet zonder meer met elkaar worden vergeleken of bij elkaar worden opgeteld. Dit komt omdat er sprake is van rente en inflatie waardoor de waarde van geld in de tijd verandert. €100 vandaag heeft meer waarde dan bijvoorbeeld €101 over 1 jaar. Dat komt omdat we de €100 van vandaag op de bank kunnen zetten en deze met een rentevoet van 3% over 1 jaar €103 waard zou zijn.

Om geldbedragen die in de toekomst gemaakt worden met elkaar te kunnen vergelijken wordt van deze toekomstige bedragen de netto contante waarde bepaald. De netto contante waarde vertegenwoordigt dat bedrag dat vandaag gereserveerd moet worden om dat toekomstige bedrag te kunnen betalen. Of het bedrag ook daadwerkelijk gereserveerd wordt is een heel ander verhaal. Bij life cycle costing wordt de netto contante waarde van toekomstige kosten (en/of baten) alleen bepaald om bedragen met elkaar te kunnen vergelijken.

In formulevorm wordt de netto contante waarde van een onderhouds- of vervangingsscenario met een reeks kosten in de tijd als volgt weergegeven:

$$NCW_{scenario a} = K_{jaar 1} \cdot \frac{(1+i)^1}{(1+r)^1} + K_{jaar 2} \cdot \frac{(1+i)^2}{(1+r)^2} + \dots + K_{jaar n} \cdot \frac{(1+i)^n}{(1+r)^n}$$

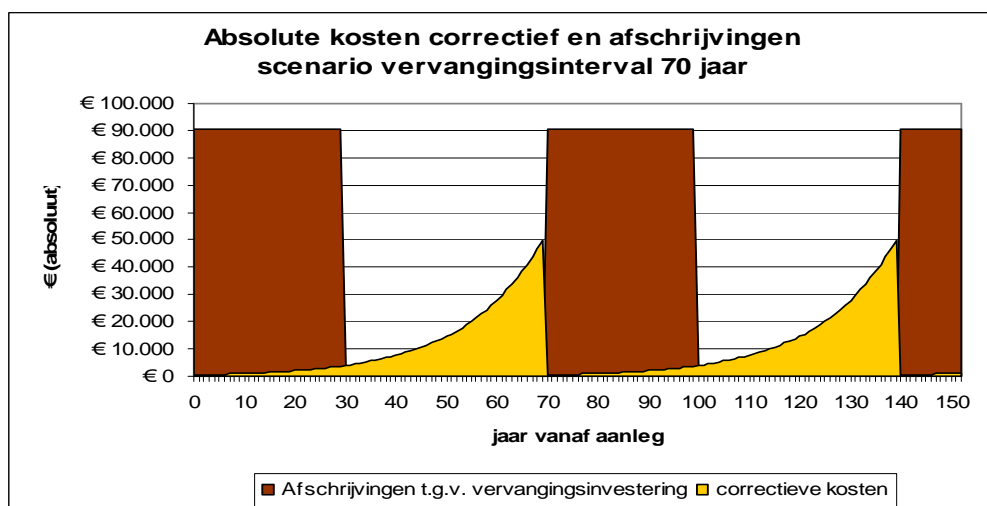
Waarbij  $i$  de inflatie is in %, en  $r$  de rente in %.  $K_{jaar 1}$  stelt de som van alle kosten voor in jaar 1. In Excel zijn formules beschikbaar waarmee snel de netto contante waarden van kosten die in de tijd optreden kunnen worden bepaald.

Met behulp van Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 wordt het principe van onderhoudsoptimalisatie geïllustreerd. De afweging is uitsluitend economisch en betreft het vraagstuk repareren of vervangen. Opgemerkt wordt dat in de praktijk reparatiekosten van leidingen meestal niet maatgevend zijn voor een vervangingsbeslissing omdat tegen de tijd dat repareren duurder wordt dan vervangen, de storingsfrequentie dusdanig hoog is dat dit voor klanten al niet meer acceptabel is.

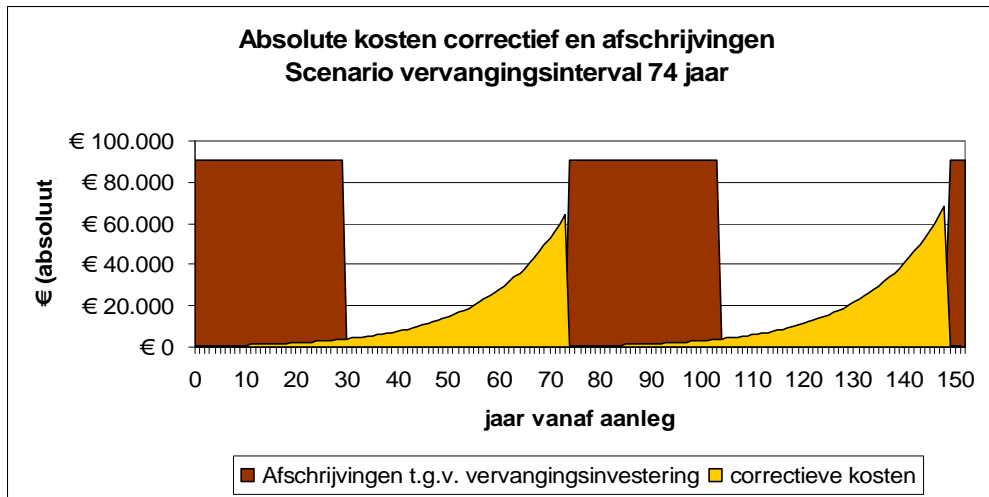
Voor dit voorbeeld is een situatie gezocht waar dat anders ligt. Het betreft hier een nieuwe 6 km Ø 315 mm leiding in stedelijk gebied waarbij de reparatiekosten €10.000 per storing bedragen en de vervangingskosten €1.326.000 (€221 per meter). Het storingsverloop van de leiding is vrij hoog ten gevolge van de vele variabele belastingen. Er wordt een exponentieel verloop verondersteld waarbij de leiding 6 storingen per km per jaar kent bij een leeftijd van 100 jaar.

Verder is een rentevoet aangenomen van 6% en geen inflatie. Ook wordt aangenomen dat de initiële investeringskosten over 30 jaar worden afgeschreven. Opgemerkt wordt dat bij het principe van life cycle costing de gekozen afschrijvingstermijn niet van invloed is op het resultaat. Deze had ook 0, 50 jaar, of 100 jaar kunnen zijn omdat de NCW van een afschrijving over n jaar gelijk is aan de NCW van de initiële investering. Toch is ervoor gekozen om te rekenen met een afschrijvingstermijn van 30 jaar omdat dit beter aansluit bij de huidige praktijk.

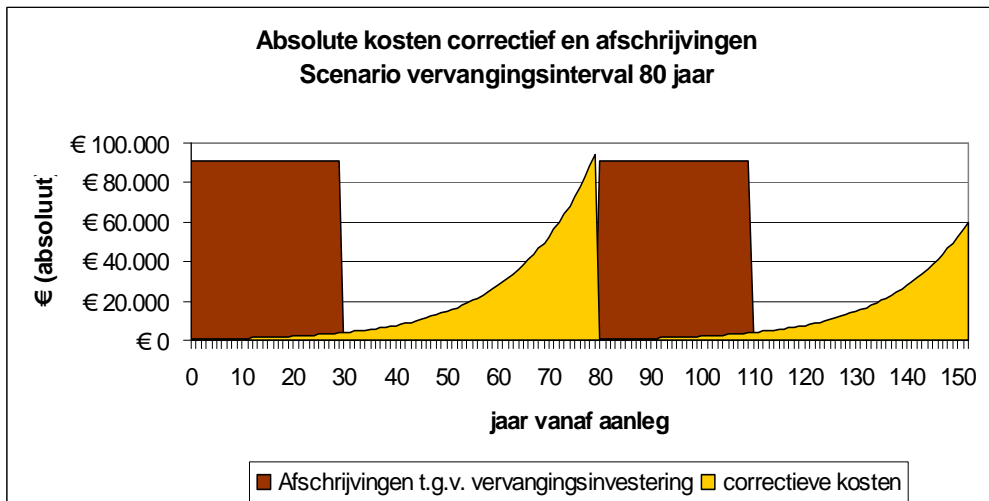
Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 laten drie scenario's zien. In het eerste scenario wordt een leiding aangelegd, correctief onderhouden en vervangen na 70 jaar. In het tweede scenario wordt de leiding vervangen na 74 jaar en in het derde scenario na 80 jaar.



*Figuur 2 Scenario correctief onderhoud en vervangen na 70 jaar*



Figuur 3 Scenario correctief onderhoud en vervangen na 74 jaar



Figuur 4 Scenario correctief onderhoud en vervangen na 80 jaar

De netto contante waarde van een scenario wordt berekend door de kosten van jaar 1, 2, 3, etc allemaal terug te rekenen naar hun huidige netto contante waarden en deze bij elkaar op te tellen. De huidige waarden (NCW) van de correctieve kosten en vervangingskosten voor de drie scenario's zijn als volgt:

Tabel: NCW waarden voor scenario 1, 2 en 3

Scenario vervangen	NCW	Storingsfrequentie voor vervangen Storingen/km/jaar
na 70 jaar	€ 1.397.980	0,88
na 74 jaar	€ 1.396.622	1,14
na 80 jaar	€ 1.396.661	1,67

Uit deze tabel kunnen we concluderen dat bij de gehanteerde uitgangspunten het economische optimum van de vervangingsbeslissing ligt tussen 70 en 80 jaar en waarschijnlijk erg dicht bij 74 jaar zal liggen.