

# Methodiek ProRail versus RCM-methodiek

Enkele jaren geleden is ProRail gestart met de ontwikkeling van instandhoudingsmanagement. Hierover zijn publicaties verschenen in bladen zoals *Industrial Maintenance* (februari 2003) en *Maintenance Management* (april 2003).

Daarnaast heeft Ted Luiten, manager Instandhoudingsmanagement bij ProRail een presentatie gehouden op het congres Maintendens 2003. Een presentatie waarbij Jos ter Brake, docent/mentor RCM2 van het opleidings- en adviesbureau Operational Excellence Transfer, een aantal kanttekeningen plaatste. De kanttekeningen hadden betrekking op de, door ProRail toegepaste, methodiek om onderhoudsconcepten op te stellen. Dit artikel is een gezamenlijke reactie van ProRail en Operational Excellence Transfer op de publicatie en de presentatie.

Jan van den Heuvel en Jos ter Brake\*



\* Jos ter Brake werkt bij Operational Excellence Transfer en Jan van den Heuvel werkt bij ProRail op de afdeling Instandhoudingsmanagement

**A**n de orde komen een aantal specifieke onderwerpen van de bij ProRail toegepaste, methodiek in relatie tot de methodiek Reliability-Centred Maintenance (RCM). Dit met als doel om de verschillende eigenschappen van beide methodieken scherp te krijgen en om van beide methodieken te leren.

## ProRail

Onderhoudsconcepten worden bij ProRail, de door de overheid aangestelde beheerder van de railinfrastructuur, opgesteld op basis van een risicoanalyse volgens de FMECA-methodiek. Bij het uitvoeren van een risicoanalyse wordt uitgegaan van de functie(s) van een installatie. Een risicoanalyse beschrijft voor de verschillen-



de functies van de installatie de mogelijke faalvormen, faaloorzaken & condities/ontstaansmechanismen en tevens het risico van falen, uitgedrukt in de ernst van falen en de kans op falen. De ernst van falen wordt gerelateerd aan aspecten van de bedrijfsdoelstellingen, zoals veiligheid, effect op het treinverkeer en kosten. Op basis van de resultaten van de risicoanalyse wordt vervolgens vastgesteld in hoeverre de bedrijfsdoelstellingen worden aangetast in geval van falen van de installatie. Op grond daarvan kan het noodzakelijk zijn maatregelen te nemen, zoals het uitvoeren van preventief onderhoud of modificaties. Dit alles met als doel de grootte van het risico te verminderen.

## RCM

De RCM-methodiek biedt een routekaart waarmee de aanwezige kennis en ervaring gestructureerd en systematisch kan worden ingebracht. Dit alles om te komen tot weloverwogen en verdedigbare strategieën voor het beheersen van storingen. Voor criteria om te beoordelen of een methodiek RCM mag worden genoemd, wordt

verwezen naar de standaarden van de Society of Automotive Engineers (SAE), namelijk SAE JA1011: Evaluation Criteria for Reliability-Centred Maintenance Processes en SAE JA1012: *A Guide to the Reliability-Centred Maintenance (RCM) Standard*. RCM houdt in dat er zeven fundamentele vragen over de te onderzoeken installatie worden gesteld. Deze vragen zijn:

- Wat zijn de functies en de bijbehorende prestatienormen van de installatie bij zijn huidige gebruiksprofiel?
- Op welke manieren kan de installatie, bij het vervullen van zijn functies, falen (functionele storingen)?
- Wat is de oorzaak van een functionele storing (storingvormen)?
- Wat gebeurt er wanneer er een storing plaatsvindt (storingseffecten)?
- In welk opzicht is een storing nadelig (storingseffecten)?
- Wat kan er worden gedaan om een storing te voorspellen of te voorkomen (proactieve taken)?
- Wat dient er te worden gedaan wanneer er geen geschikte proactieve taak kan worden gevonden (terugvalacties)?

ProRail - FMECA	RCM - Nederlands	RCM - Engels
Correctief onderhoud	Geen planmatig onderhoud	No scheduled maintenance
Effect van falen/Risico van falen	Storingseffect/Storingsgevolg	Failure effect/Failure consequence
Faaloorzaak/Conditie van de fout	Storingsvorm/Storingsoorzaak	Failure mode/Cause of failure
Faaltempo	Voorwaardelijke storingskans	Conditional probability of failure
Faalvorm	Functionele storing	Functional failure
Functienorm	Prestatienorm	Performance standard
Functietest	Storingsopsporing	Failure finding
Gebruiksafhankelijk onderhoud	Periodieke revisie/vervanging	Scheduled restoration/discard
Gebruiksafhankelijk onderhoud	Preventief onderhoud	Preventive maintenance
MTBF	Gemiddelde tijd tussen storingen (als er onderhoud wordt verricht)	Mean time between failures
Onderhoudsactiviteit	Onderhoudstaak	Maintenance task
Onderhoudsregel	Onderhoudsvorm	Type of maintenance
Preventief onderhoud	Proactief onderhoud	Proactive maintenance
Standtijd	Gemiddelde tijd tussen storingen (zonder onderhoud te verrichten)	Mean time between failures
Toestandsafhankelijk onderhoud	Toestandsbeoordeling	Scheduled on-condition
Toestandsafhankelijk onderhoud	Predictief onderhoud	Predictive maintenance
Verborgen storing	Heimelijke storing	Hidden failure

Tabel 1: ProRail-begrippen en overeenkomstige termen in RCM

Wanneer de beide methodieken worden vergeleken dan komen de volgende punten naar voren: terminologie, indeling van de installatie, niveau van de analyse, falen door menselijke fouten, kwantificering van de risico's, verborgen storingen, aantal onderhoudsregels/-vormen, aantal storingspatronen, keuze van de juiste onderhoudsregel/-vorm, interval voor toestandsafhankelijk onderhoud en inzicht in de verwachte performance en kosten.

**1. Terminologie**

In tabel 1 wordt in alfabetische volgorde een overzicht gegeven van de bij ProRail gehanteerde begrippen met daarnaast de overeenkomstige termen in RCM.

**2. Indeling installatie**

Een van de eerste punten bij het opstellen van een risicoanalyse en een onderhoudsconcept betreft de inde-

ling van de te beschouwen installatie. Bij ProRail worden onderhoudsconcepten opgesteld op het niveau van trajecten. Voor het opstellen van onderhoudsconcepten wordt uitgegaan van een fysieke indeling van trajecten in infra-installaties (zie figuur 1). Voor belangrijke infra-installaties zoals wissel, overweg en spoorconstructie worden zogenaamde bouwstenen opgesteld. De bouwstenen bevatten de risicoanalyse en het onderhoudsconcept voor een generieke situatie. Bij toepassing in een traject worden ze voor dat traject specifiek gemaakt.

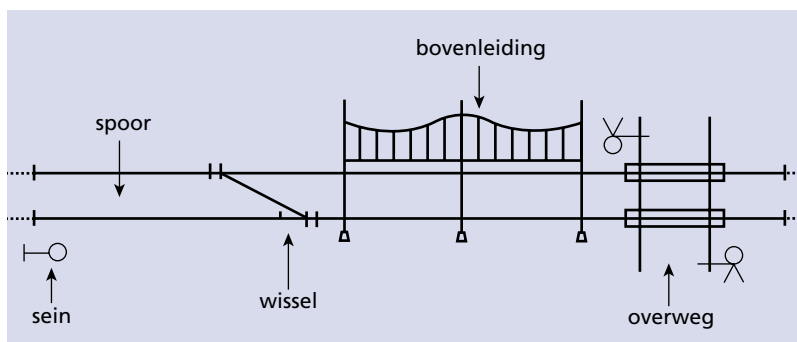
Gekozen is voor een fysieke indeling om de onderhoudsactiviteiten en -kosten direct aan de uniek voorkomende onderdelen te kunnen toerekenen. In het geval van een functionele indeling (een indeling in systemen) zouden immers dezelfde faaloorza-

ken op meer plaatsen vanuit de risicoanalyse naar voren kunnen komen. Zo zou bij een functionele indeling bijvoorbeeld de faaloorzaak *Spoorstaaf gebroken* meermalen naar voren kunnen komen, aangezien de spoorconstructie een functie vervult bij het dragen en geleiden van de treinen en ook bij het geleiden van de retourstromen en beveiligingssignalen. Door nu bij de risicoanalyse uit te gaan van de spoorconstructie met de verschillende functies, wordt bereikt dat de onderhoudsactiviteiten en onderhoudskosten daaraan eenduidig kunnen worden toegekend.

Bij RCM start de risicoanalyse bij een functionele indeling van het te beschouwen traject, waarmee wordt bedoeld een indeling in functionele systemen. Voor een traject zou dit een indeling betekenen in het 'draag- en geleidingssysteem' en het 'energievoorzieningssysteem'. Indien blijkt dat dezelfde storingsvormen naar voren komen, dan worden deze vervolgens met elkaar gecombineerd.

**3. Niveau analyse**

ProRail is bij het opstellen van risicoanalyses in eerste instantie gestart op het niveau van onderdelen van de verschillende bouwstenen. Voor de bouwsteen 'bovenleiding' bijvoorbeeld werd de risicoanalyse gestart op het niveau van de rijdraad, de hangdraden en de draagkabel (zie figuur



Figuur 1. Indeling van een traject in bouwstenen

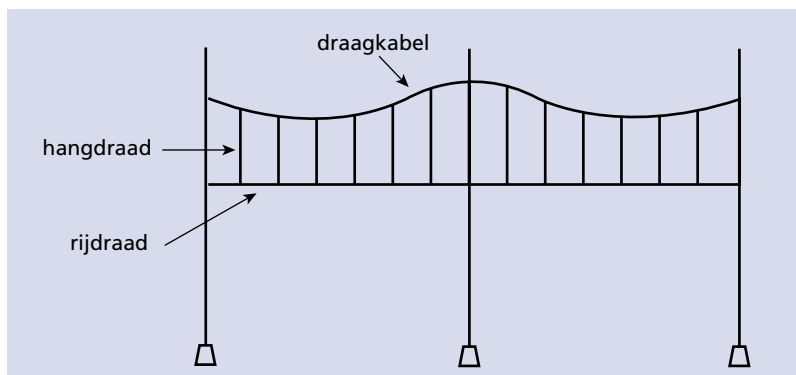
2). Dit leidt tot nogal wat details en weinig overzicht. Immers, van alle onderdelen moeten de faalvormen en -oorzaken worden bepaald en de daarbij behorende risico's worden gekwantificeerd. Bovendien bestaat de kans dat er wordt voorbijgegaan aan de functies van de bovenleiding met de daarbij behorende eisen als geheel, zoals de vereiste hoogte van de bovenleiding ten opzichte van de spoorconstructie.

Een RCM-analyse begint op het niveau van de installatie als geheel. De relevante (sub-)systemen komen naar voren bij het beantwoorden van de eerste van de zeven RCM-vragen, namelijk: wat zijn de functies en de bijbehorende prestatienormen? De relevante componenten en onderdelen komen naar voren bij het beantwoorden van de derde RCM-vraag, namelijk wat is de oorzaak van een functionele storing? Met andere woorden, wat zijn de storingsvormen? Bij een RCM-analyse is het niet nodig en zelfs ongewenst een installatie onder te verdelen in (sub-)systemen, componenten en onderdelen. Dit leidt tot een goed overzicht en maakt RCM tot een snelle en efficiënte methodiek.

Onlangs is ook ProRail gestart met een risicoanalyse op het niveau van de installatie als geheel, in dit geval de bovenleiding. De eerste resultaten zijn veelbelovend.

#### 4. Menselijke fouten

Een regelmatig terugkerend punt bij de methodiek van ProRail blijft de vraag of bij de bepaling van de risico's ook het falen van installaties moet worden meegenomen. Dit wordt namelijk veroorzaakt door menselijke



Figuur 2. Onderdelen van de bovenleiding

fouten, bijvoorbeeld in het ontwerp of de fabricage, bij het uitvoeren van onderhoud of bij de bediening. Immers, met onderhoudsmaatregelen valt hier niets aan te doen. In sommige gevallen zouden ze zelfs negatief uitwerken. Goede procedures zijn hier op zijn plaats. Toch bepalen deze faalvormen voor een groot deel het uiteindelijke resultaat in de praktijk. RCM beschouwt daarom alle aannemelijke storingsvormen, dus ook storingen die worden veroorzaakt door menselijke fouten.

#### 5. Kwantificering risico's

In de methodiek van ProRail worden in de risicoanalyse de risico's naar ernst en kans gekwantificeerd. Dat wil zeggen dat aan de ernst en de kans van alle geïnventariseerde risico's een bepaald gewicht in de vorm van een risicogetal wordt toegekend, zonder inachtneming van de uitvoering van preventief onderhoud. Dit gebeurt aan de hand van een classificatie. De ernst van het falen wordt gerelateerd aan een aantal aspecten, die zijn afgeleid van de bedrijfsdoelstellingen van ProRail. Deze zijn:

- het effect op de veiligheid;

- het effect op het treinverkeer;
- het effect op de kosten van herstellen.

Op deze wijze kan snel een inzicht worden verkregen in de grootte en de aard van de risico's. Tabel 2 geeft een voorbeeld van een deel van een risicoanalyse.

Aan de hand van een, per aspect vastgestelde, risicogrenswaarde wordt vervolgens per faaloorzaak en conditie bepaald of het risico al dan niet aanvaardbaar is. Indien het risicogetal de grenswaarde overschrijdt, dan worden maatregelen overwogen om de grootte van het risico te vermindern. Denk bijvoorbeeld aan preventief onderhoud ofwel modificatie.

Bij RCM komt het effect van falen naar voren bij het beantwoorden van de vierde RCM-vraag, namelijk: Wat gebeurt er wanneer er een storing plaatsvindt? Als storingseffect wordt beschreven:

- of en zo ja, hoe de storing wordt opgemerkt;
- of en zo ja, hoe de veiligheid of het milieu wordt bedreigd;
- of en zo ja, hoe de productie wordt beïnvloed;

Functie	Mogelijke faalvorm	Faaloorzaak	Conditie	Ernst van falen	Kans van falen
geleiden van elektrische energie naar stroomafnemer	geen geleiding van elektrische energie	rijdraad gebroken	slijtage	geen treinverkeer mogelijk	1x per 5 jaar
			kapot getrokken	geen treinverkeer mogelijk	1 x per 40 jaar
		isolator defect	vervuiling	geen treinverkeer mogelijk	1 x per 25 jaar

Tabel 2: Voorbeeld van een deel van de risicoanalyse van de bovenleiding



- of en zo ja, welke fysieke schade de storing veroorzaakt;
- hoe de storing moet worden verholpen.

Het storingseffect wordt alleen gekwantificeerd als dat nodig is om te beoordelen of een taak die technisch gezien haalbaar is, tevens de moeite waard is. Of een taak technisch haalbaar is, hangt af van de kenmerken van die taak enerzijds en van de kenmerken van de storing anderzijds. Of een taak de moeite waard is, hangt in het algemeen af van de mate waarin die taak de gevolgen van de storing weet te verminderen. Het is niet nodig alle storingseffecten te kwantificeren. Dit zou immers alleen maar het tempo van de analyse vertragen.

Vervolgens deelt RCM elke storingsvorm in, op grond van de bijbehorende storingseffecten, in een van de volgende vijf categorieën storingsgevolgen: heimelijke gevolgen, veiligheidsgevolgen, milieugevolgen, bedrijfsmatige gevolgen en niet-bedrijfsmatige gevolgen. Bij RCM is het niet nodig om voor storingen met bedrijfsmatige of met niet-bedrijfsmatige gevolgen risicogrenzen vast te stellen. Ook dat komt het tempo ten goede. Voor storingen met financiële gevolgen hanteert RCM als voorwaarde dat de totale kosten minimaal moeten zijn. RCM hanteert voor storingen met veiligheids- of milieugevolgen de voorwaarde dat de storingskans moet worden verlaagd tot een aanvaardbaar laag niveau.

## 6. Verborgene storingen

Verborgene storingen zijn storingen die niet onmiddellijk gevolgen hebben en onder normale omstandigheden niet waarneembaar worden. Ze treden bijvoorbeeld op bij redundant uitgevoerde systemen en bij systemen die op een andere manier zijn beveiligd. Verborgene storingen krijgen pas gevolgen en worden pas waarneembaar wanneer er nog iets anders gebeurt, namelijk wanneer er nog een storing optreedt. Het beveiligde systeem doet een beroep op die beveiliging. In zo'n geval is sprake van een meervoudige storing. Bijvoorbeeld een dodemansknop in de cabine is in storing en daarom niet in staat de trein tot stilstand te brengen, heeft niet onmiddellijk gevolgen. Die storing heeft pas gevolgen en wordt pas waarneembaar wanneer er nog iets anders gebeurt, namelijk de machinist wordt onwel. Bij de FMECA-methodiek zijn verborgene storingen lastig hanteerbaar, omdat het falen en dus ook de bepaling van de ernst van het falen, afhankelijk zijn van het al dan niet daadwerkelijk beschikbaar en aanwezig zijn van redundantie.

In de RCM-methodiek is een manier beschreven voor de wijze waarop het onderhoud in geval van heimelijke storingen, kan worden bepaald. RCM ondersteunt het omgaan met heimelijke storingen. De strikte aanpak binnen RCM gaat uit van de aanvaarde kans op de meervoudige storing. Met andere woorden, van de vraag hoe vaak het ten hoogste mag

voorkomen dat een beveiligd systeem faalt terwijl de beveiliging in storing is. Het interval van storingsopsporingstaken wordt bepaald door de aanvaarde kans op de meervoudige storing in combinatie met de MTBF van het beveiligde systeem en de MTBF van de beveiliging.

## 7. Aantal onderhoudsregels/-vormen

Voor de keuze van de juiste onderhoudsacties worden bij ProRail de volgende onderhoudsregels onderscheiden:

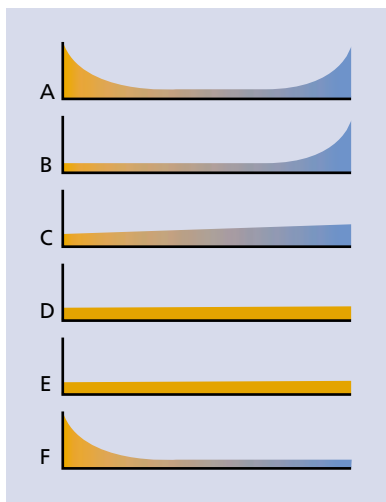
- SAO (Storingsafhankelijk Onderhoud), waarbij slechts correctief onderhoud plaatsvindt;
- GAO (Gebruiksafhankelijk Onderhoud), waarbij preventief onderhoud op basis van de gebruikstijd plaatsvindt;
- TAO (Toestandsafhankelijk Onderhoud), waarbij preventief onderhoud op basis van de waargenomen conditie of toestand plaatsvindt.

RCM ondersteunt ook de vierde onderhoudsvorm, namelijk storingsopsporing ofwel detectief onderhoud. Onder storingsopsporing wordt verstaan het periodiek controleren of een heimelijke functie nog werkt. Storingsopsporing wordt in de praktijk ook wel functietest genoemd. Opgemerkt moet worden dat het uitvoeren van een functietest geen preventief onderhoud is. Het gaat hier immers om het vaststellen of er een storing heeft plaatsgevonden.

## 8. Aantal storingspatronen

Bij de ontwikkeling van het falen in de tijd worden er bij ProRail drie gevallen onderscheiden:

- constant faaltempo: het falen is in de tijd constant. Bij faalvormen met een constant faaltempo heeft het in het algemeen geen zin om preventief onderhoud uit te voeren.
- stijgend faaltempo: het falen neemt toe. Bij faalvormen met een stijgend faaltempo heeft het juist wel zin om preventief onderhoud uit te voeren, aangezien de kans op falen dan afneemt.
- dalend faaltempo: het falen daalt. Bij faalvormen met een dalend faaltempo heeft het geen zin om preventief onderhoud uit te voeren, aangezien het faaltempo vanzelf al daalt.



Figuur 3. Zes storingspatronen van RCM

RCM onderscheidt zes storingspatronen. De patronen A, B en C vertonen een stijgend faalt tempo, de patronen D en E een constant faalt tempo en patroon F een dalend faalt tempo (zie figuur 3).

Voor storingen met een constant faalt tempo kan er geen periodieke revisie of periodieke vervangingstaak worden gevonden die technisch haalbaar is. Het blijkt daarentegen vaak wel mogelijk een toestandsbeoordelingstaak te vinden die technisch haalbaar is. Die taak moet dan wel de moeite waard zijn. Voor storingen met een stijgend faalt tempo kunnen zowel toestandsbeoordeling, periodieke revisie als periodieke vervanging technisch haalbaar zijn. Ook hier geldt dan weer dat die taken wel de moeite waard moeten zijn. Voor storingen met een dalend faalt tempo daalt het faalt tempo vanzelf, omdat het aantal (resterende) exemplaren met kinderziekten afneemt als er storingen optreden. Preventief onderhoud heeft inderdaad geen zin. Sterker nog, het werkt vaak averechts. Dus vergt het aanpakken van dergelijke storingen een andere strategie. In de regel komt die

strategie neer op een eenmalige wijziging, bijvoorbeeld van het ontwerp, van de wijze van bediening, van een procedure of voorschrift of van kennis en vaardigheden.

### 9. Keuze onderhoudsregel/-vorm

Zoals hiervoor beschreven in *Kwantificering risico's* worden in de methodiek van ProRail na een risico-analyse de risico's in beeld gebracht die een bepaalde grenswaarde overschrijden. Van deze risico's wordt vervolgens aan de hand van een beslissingsboom nagegaan welke preventieve onderhoudsregels mogelijk en effectief zijn. Bij deze onderhoudsregels worden vervolgens de onderhoudsactiviteiten, de frequenties en de kosten van uitvoering bepaald.

RCM maakt voor het bepalen van de optimale strategie voor het aanpakken van een storing(-svorm) gebruik van het RCM-beslissingsdiagram. Het RCM-beslissingsdiagram ondersteunt vier onderhoudsvormen: toestandsbeoordeling, periodieke revisie, periodieke vervanging en storingsopsporing. Voor elk van deze vier onderhoudsvormen worden heldere criteria gegeven om te beoordelen of de desbetreffende periodieke taak al dan niet technisch haalbaar en al dan niet de moeite waard is. Elke maatregel wordt apart beoordeeld op kosten en opbrengsten.

Zoals eerder genoemd hanteert RCM voor storingen met veiligheids- of milieugevolgen de voorwaarde dat de storingskans moet worden verlaagd tot een aanvaardbaar laag niveau. Voor storingen met bedrijfsmatige of niet-bedrijfsmatige gevolgen hanteert RCM als voorwaarde dat de totale kosten minimaal moeten zijn.

### Toestandsafhankelijk

In de methodiek van ProRail wordt voor onderhoudsacties op basis van

toestandsafhankelijk onderhoud een inspectie-interval aangehouden van een vijfde van de standtijd. Dat wil zeggen een vijfde van de gemiddelde tijd tussen twee storingen als er geen onderhoud zou worden verricht.

RCM hanteert als basis voor het interval van toestandsbeoordelingstaken het zogenaamde (P,F)-interval. Het (P,F)-interval is de tijd tussen de potentiële storing, dat is het moment waarop kan worden vastgesteld dat er een functionele storing aan zit te komen, en de functionele storing.

### Performance

De methodiek van ProRail maakt het mogelijk om inzicht te verkrijgen in de verwachte performance van een onderhoudsconcept van een installatie in termen van aantal en duur van storingen en de grootte van de onderhoudskosten. Daartoe beschikt ProRail over het programma Optimizer+. Optimizer+ is een softwareprogramma, waarin het faalgedrag en het onderhoud van een installatie kunnen worden gesimuleerd. Daarmee kunnen de resulterende performance en de kosten van onderhoud over de levensduur worden berekend. Tevens is het mogelijk om scenario's door te rekenen met verschillende onderhoudsregels en -frequenties en is het mogelijk om het effect van modificaties te beoordelen.

### Slot

Dit artikel geeft een beeld van de verschillende methodieken. RCM is een strikte en zeer uitvoerig beschreven methodiek, de methodiek van ProRail is nog in ontwikkeling. Op basis van de opgedane ervaringen wordt de methodiek voortdurend bijgesteld en intern vastgelegd in een handboek met het doel om te komen tot een effectieve en hanteerbare methodiek. ■

Advertentie

**MOL** Rotating Equipment Consultant  
(MOLREC)

MACHINERY VIBRATION ANALYSIS  
ELEC./MECH. ROTATING EQUIPMENT ENGINEERING

**ING. ARIE MOL**  
EUROPA-RING 67  
NL 7641 DJ WIERDEN  
THE NETHERLANDS  
FAX/PHONE +31.(0)546.573643  
MOBILE +31.(0)6.53166719  
E-MAIL molrec@hotmail.com