



System model voor onderhoudsstrategie optimalisatie

Siebe Rooijackers

Senior development engineer - Damen Shipyards Gorinchem

FHI webinar 'Predictive maintenance' – 24/09/2020



Siebe Rooijackers
Senior Development Engineer
Research & Development departement
siebe.rooijackers@damen.com

<https://www.damen.com/about>



INHOUD PRESENTATIE

- Onderhoud van schepen
- Onderhoudsstrategieën
- Casus: ASD Tug 3212 met brandblus monitoren
- Model *
 - Schip schematisch weergeven
 - Schip opdelen per KPI (Key Performance Indicator)
 - Opstellen formule voor faalkans
 - Opstellen formule voor onderhoudskosten
 - Volgorde belangrijkheid van componenten
 - Onderhoudsstrategie optimaliseren
- Resultaten casus
- Conclusies

* Scriptie Dorinda van den Dool (De Haagse Hogeschool, toegepaste wiskunde, 2020)

INZETBAARHEID EN BETROUWBAARHEID

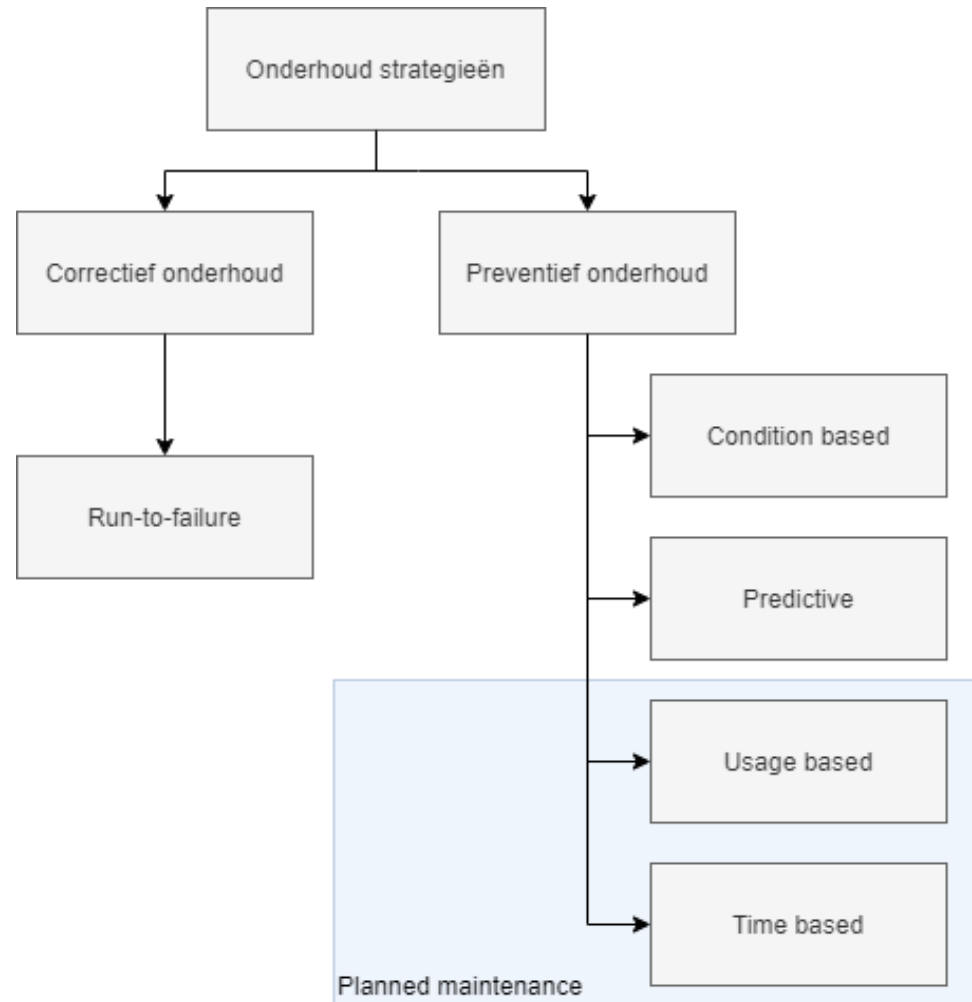
■ Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA)

- Wat zijn de functies en bijbehorende prestatienormen?
- Op welke manier kunnen componenten falen?
- Wat is de oorzaak?
- Wat gebeurt er wanneer een storing plaatsvindt?
- In welk opzicht is de storing van belang?

■ Reliability Centered Maintenance (RCM)

- Wat kan er worden gedaan om de storing te voorspellen of voorkomen?
- Wat doen als er geen geschikte proactieve taak gevonden kan worden?

ONDERHOUDSSTRATEGIEËN



UITVOERING VAN HET ONDERHOUD

- Welke werkzaamheden moeten uitgevoerd worden?
 - Taakbeschrijving
 - Analyses
 - Engineering
 - Logistiek
 - Onderhoud en reparatie

- Waar en door wie wordt het onderhoud uitgevoerd?
 - Aan boord tijdens de vaart
 - Aan de kade
 - Bij de reparatiewerf

LOGISTIEK EN VOORRAAD BEHEER

■ Verbruikscomponenten

- Voldoende op voorraad om de onderhoudsactiviteiten te ondersteunen
- Voorraad op basis van schema

■ Correctieve componenten

- Alleen bestellen indien strikt nodig
- Voorraad op basis van RCM analyse
- Risico op veroudering

■ Strategische componenten

- Gebaseerd op RAMS analyse (Reliability Availability Maintainability Safety)
- Ondersteunende business case is gewenst
- Risico op veroudering

AZIMUTHING STERN DRIVE TUG 3212

■ Trekkracht	85 t
■ Lengte	32.7 m
■ Breedte	12.8 m
■ Geïnstalleerd vermogen	2 x 2525 kW
■ Snelheid	13.5 kn
■ Brandblusmonitors	

Impact analyse voor voorstuwing en brandbestrijding

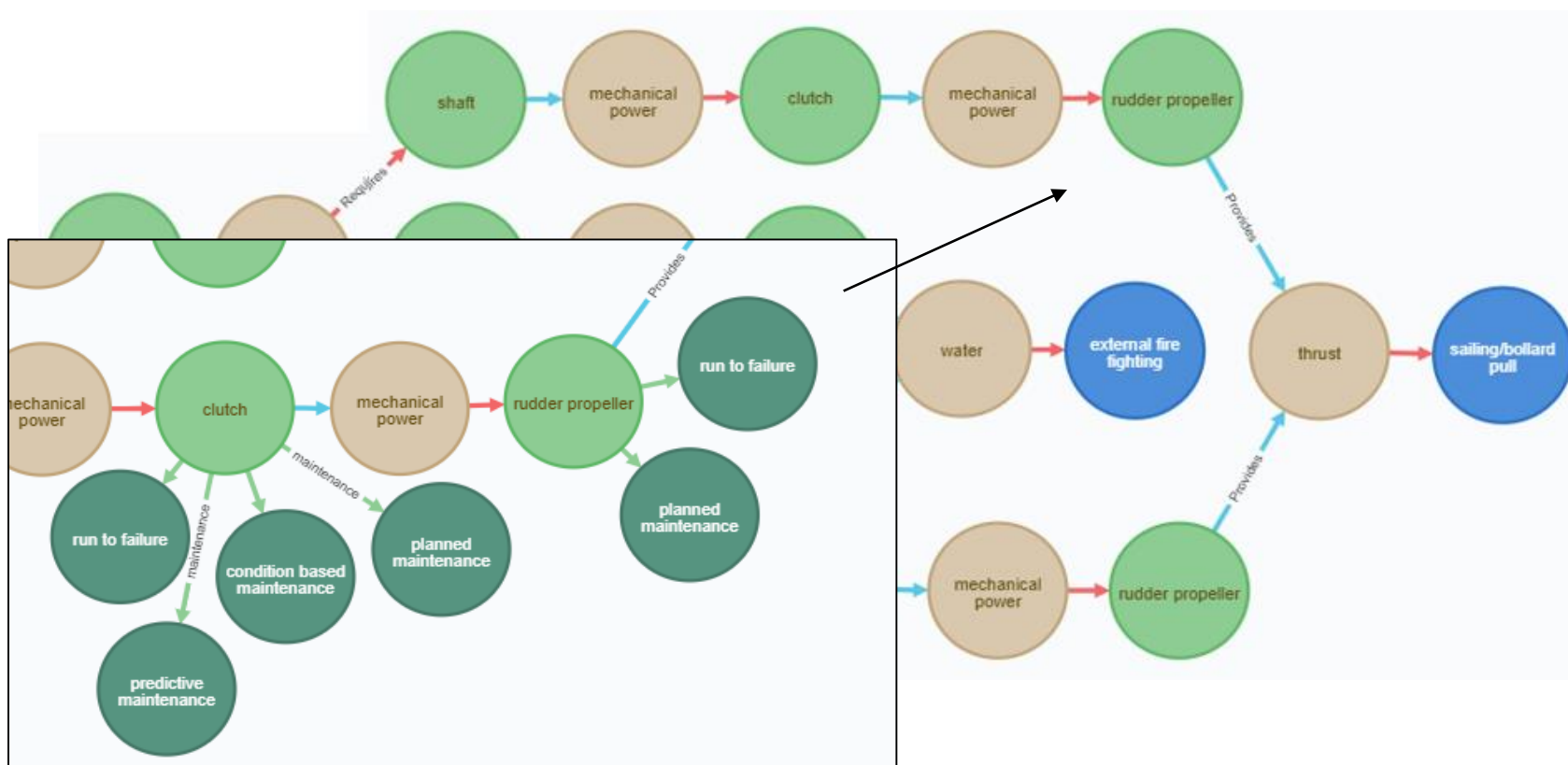


HOOFDLIJNEN VAN HET MODEL

- Schip schematisch weergeven
- Schip opdelen per KPI (Key Performance Indicator)
- Opstellen formule voor faalkans
- Opstellen formule voor onderhoudskosten
- Volgorde belangrijkheid van componenten
- Onderhoudsstrategie optimaliseren

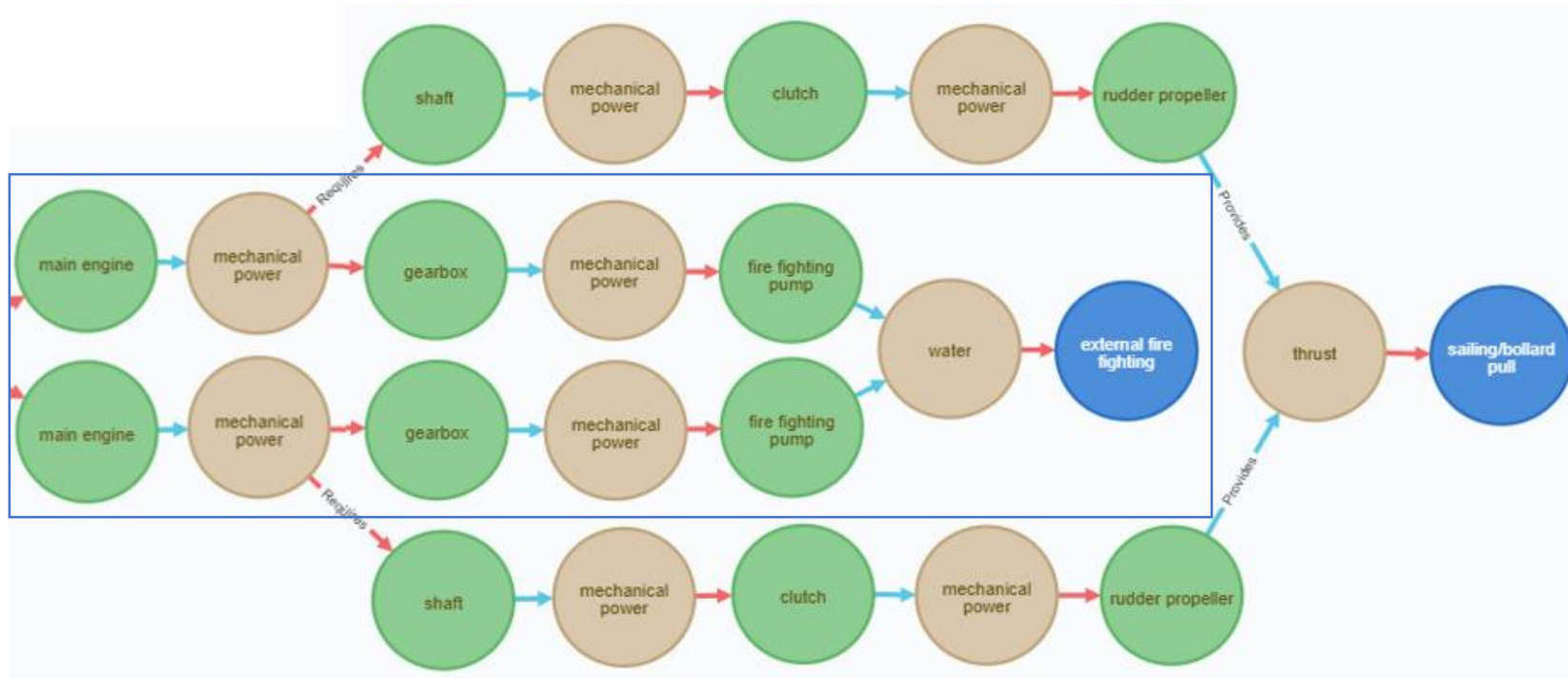
SCHIP SCHEMATISCH WEERGEVEN

- Een schip wordt weergegeven in een graaf



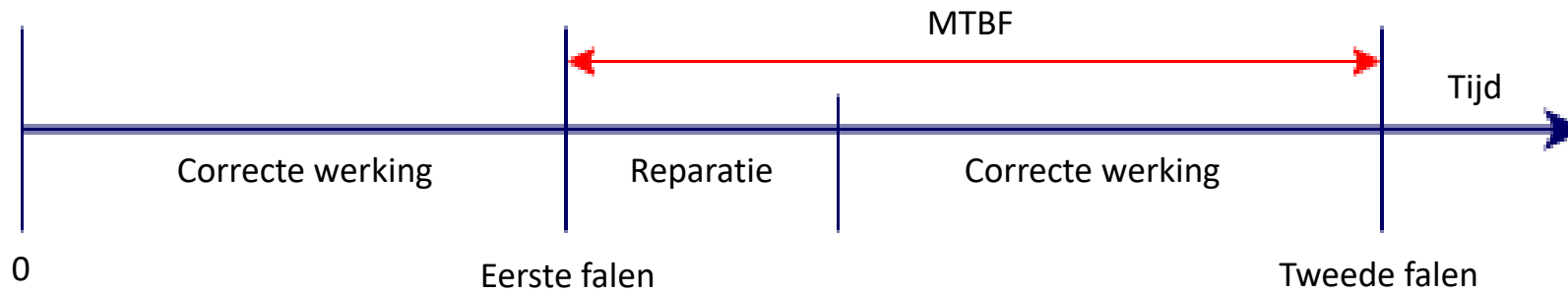
SCHIP OPDELEN PER KPI

- Iedere KPI vormt een systeem van componenten
- Componenten kunnen bij meerdere KPI's horen



FAALKANS VAN COMPONENT

- Faalkans = $1 / \text{MTBF}$



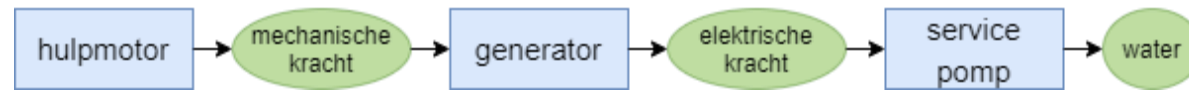
MTBF - Mean Time Between Failure

- Gemiddelde van een verdeling

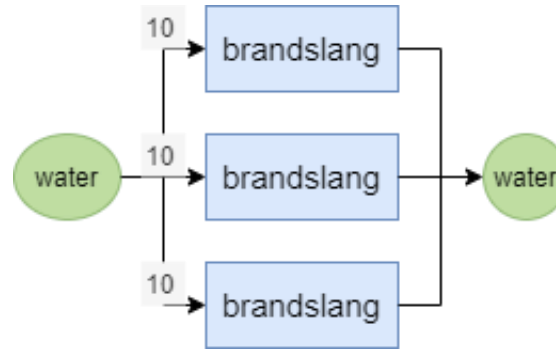
FORMULE OPSTELLEN VOOR FAALKANS

■ 3 basissystemen:

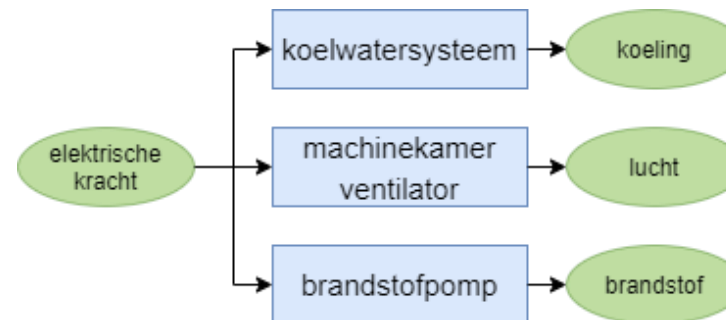
■ Seriesysteem:

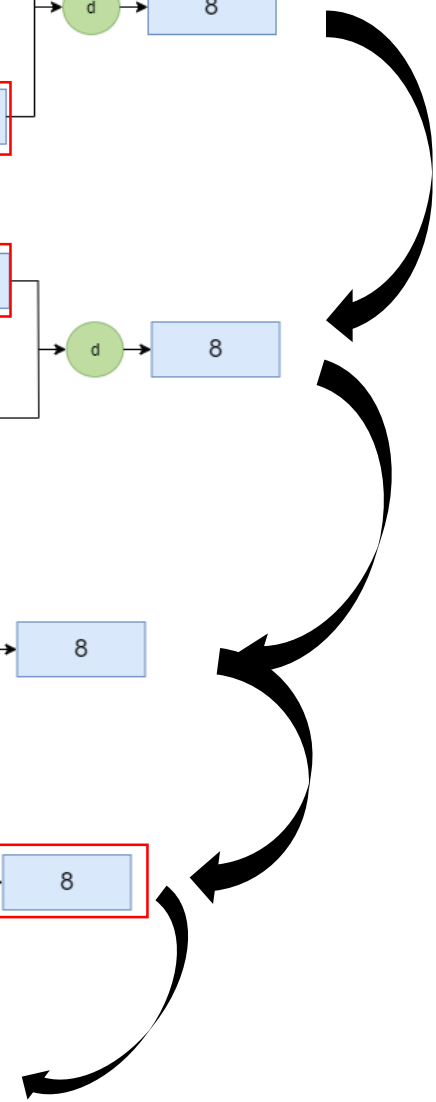
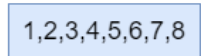
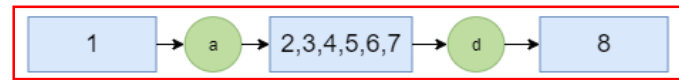
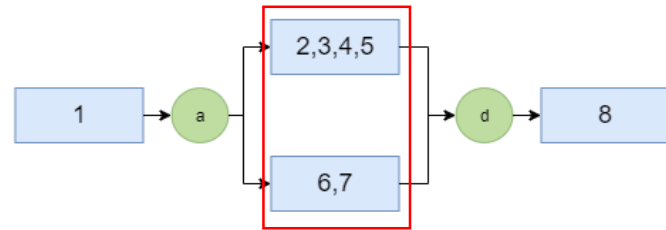
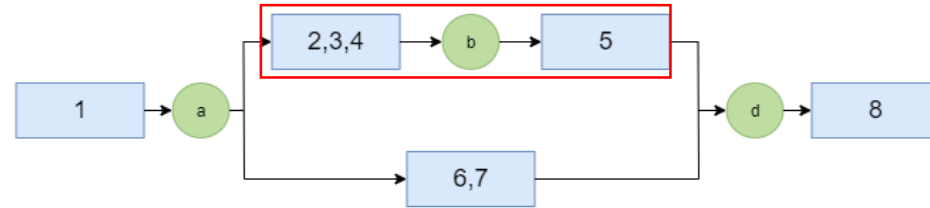
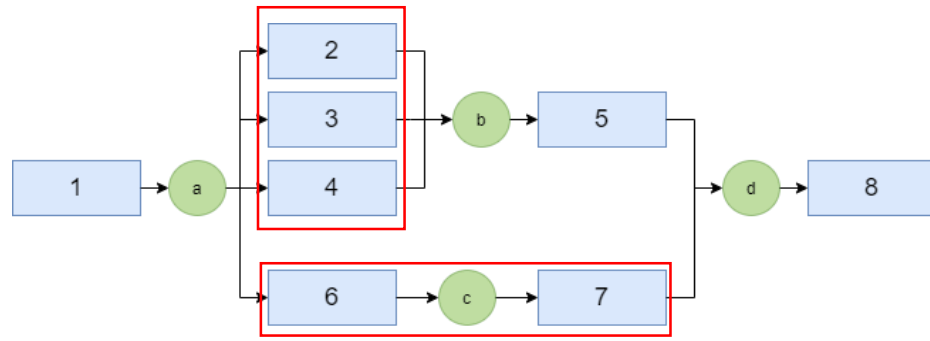


■ Parallelsysteem:



■ Half serie-/parallelsysteem:



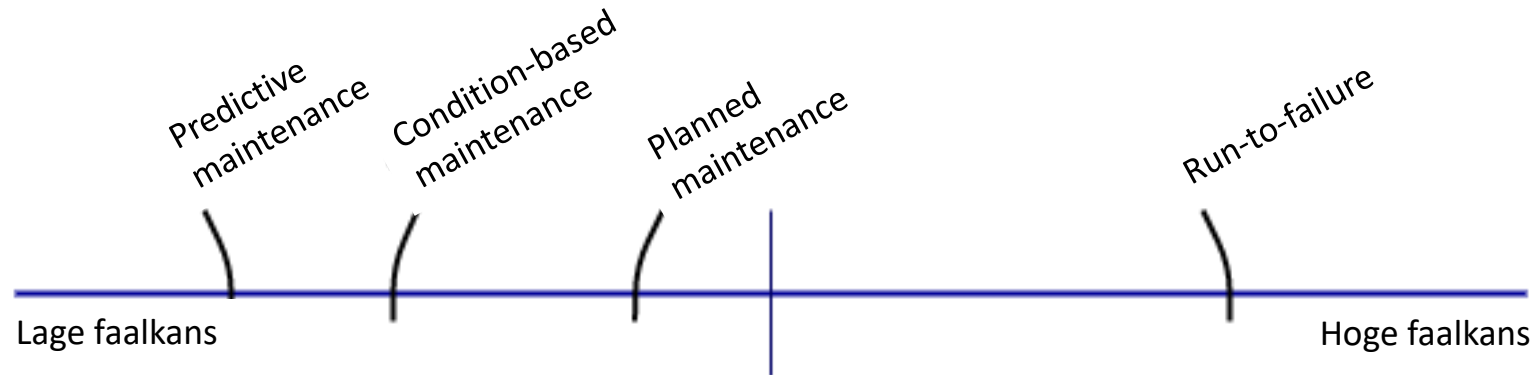


FORMULE VOOR ONDERHOUDSKOSTEN

- Vier soorten jaarlijkse kosten:
 - Ongeplande downtime
 - Geplande downtime
 - Onverwachte reparatie
 - Verwachte reparatie

VOLGORDE BELANGRIJKHEID COMPONENT

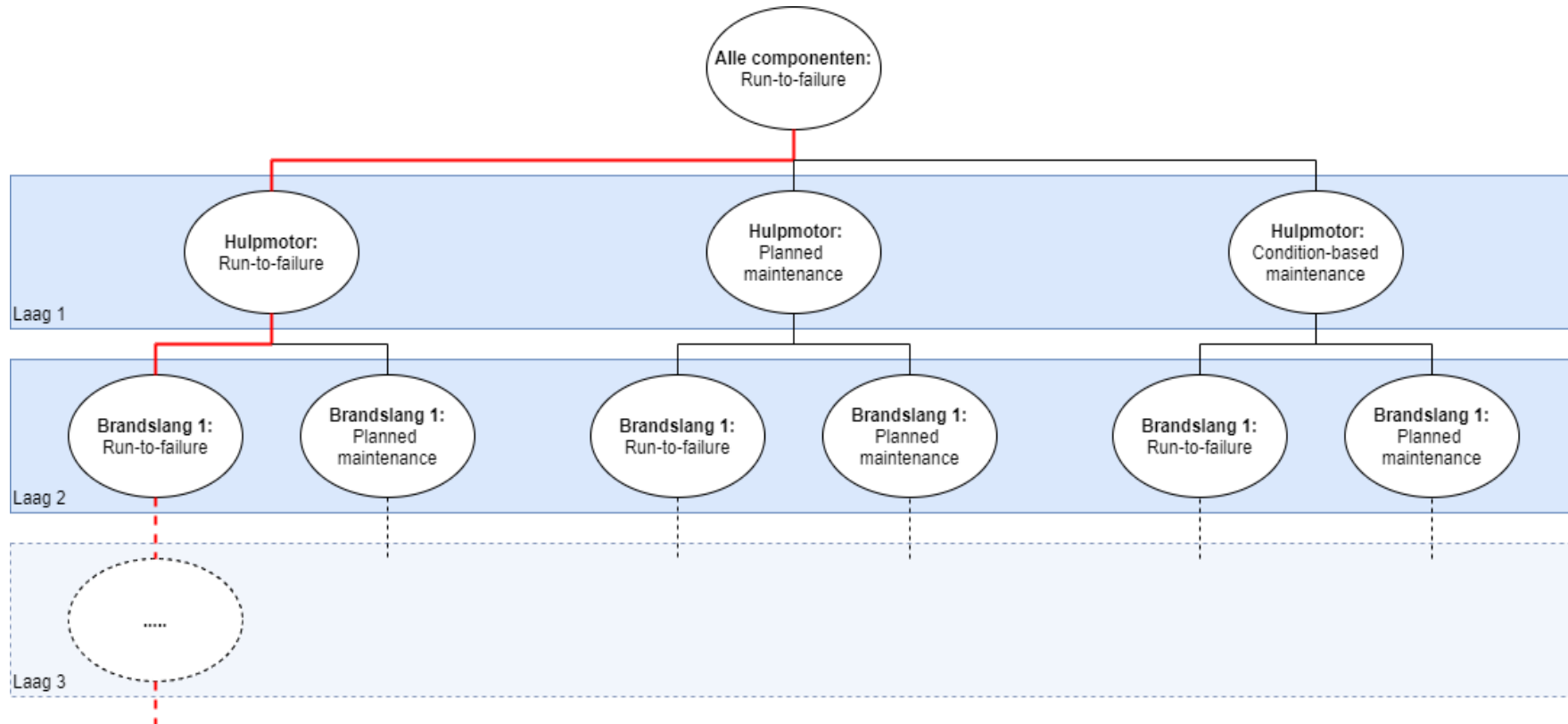
- Hoeveel daalt de faalkans per geïnvesteerde euro



- Belangrijkeidsratio =
$$\frac{faalkans_{run-to-failure} - faalkans_{strategie}}{kosten_{strategie} - kosten_{run-to-failure}}$$
- Sorteren van meest naar minst belangrijk

ZOEKBOOM OPSTELLEN

- Zoekboom met alle mogelijk oplossingen
- Van meest naar minst belangrijke component

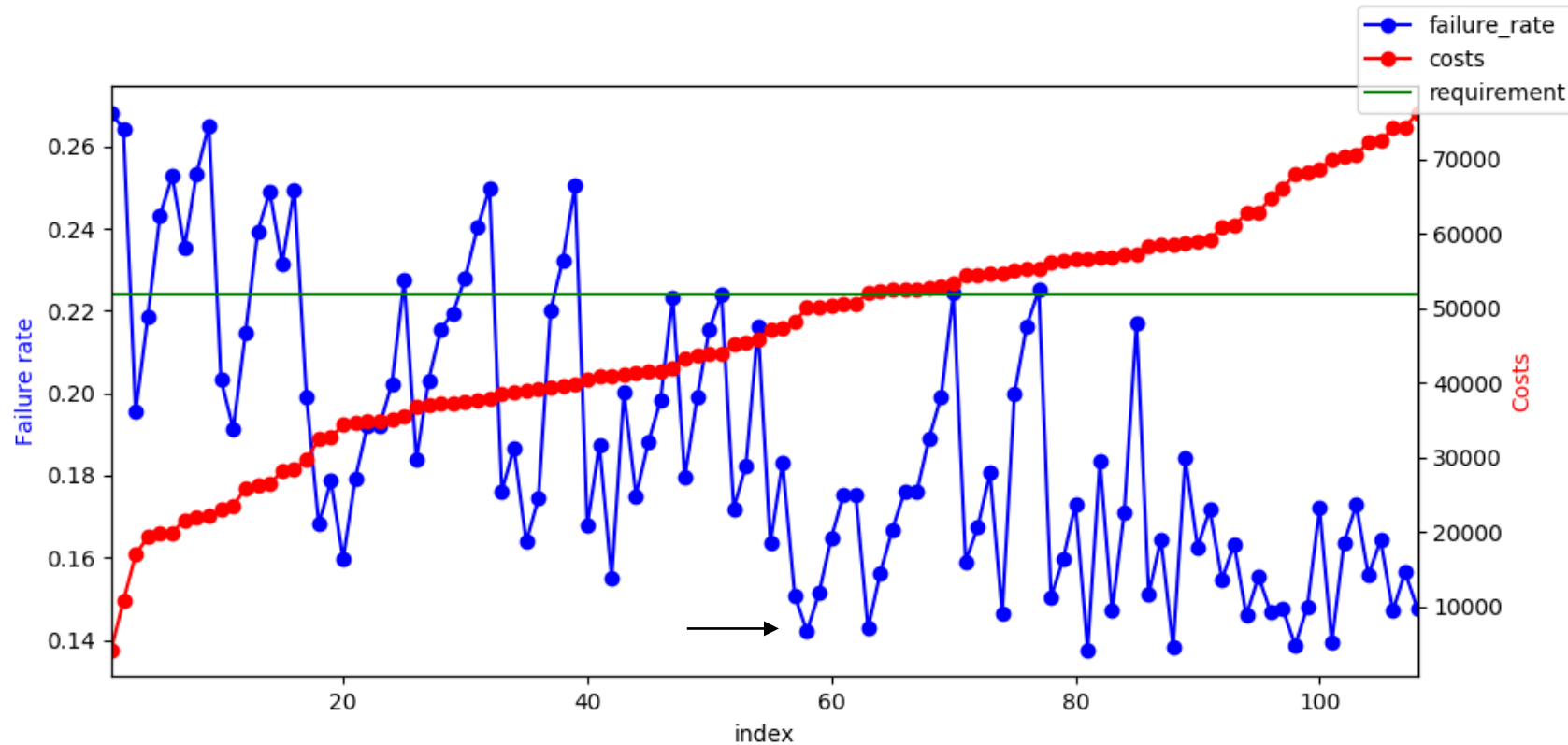


ONDERHOUDSSTRATEGIE OPTIMALISEREN

- Twee optimalisatiemogelijkheden:
 - Faalkans optimaliseren bij bepaald budget (optie 1)
 - Onderhoudskosten optimaliseren bij maximale toegestane faalkans (optie 2)
- Drie mogelijk geschikte optimalisatiemethodes:
 - Brute-force (optie 1 en 2)
 - Greedy algoritme (optie 1 en 2)
 - Breadth-first heuristiek (optie 2)

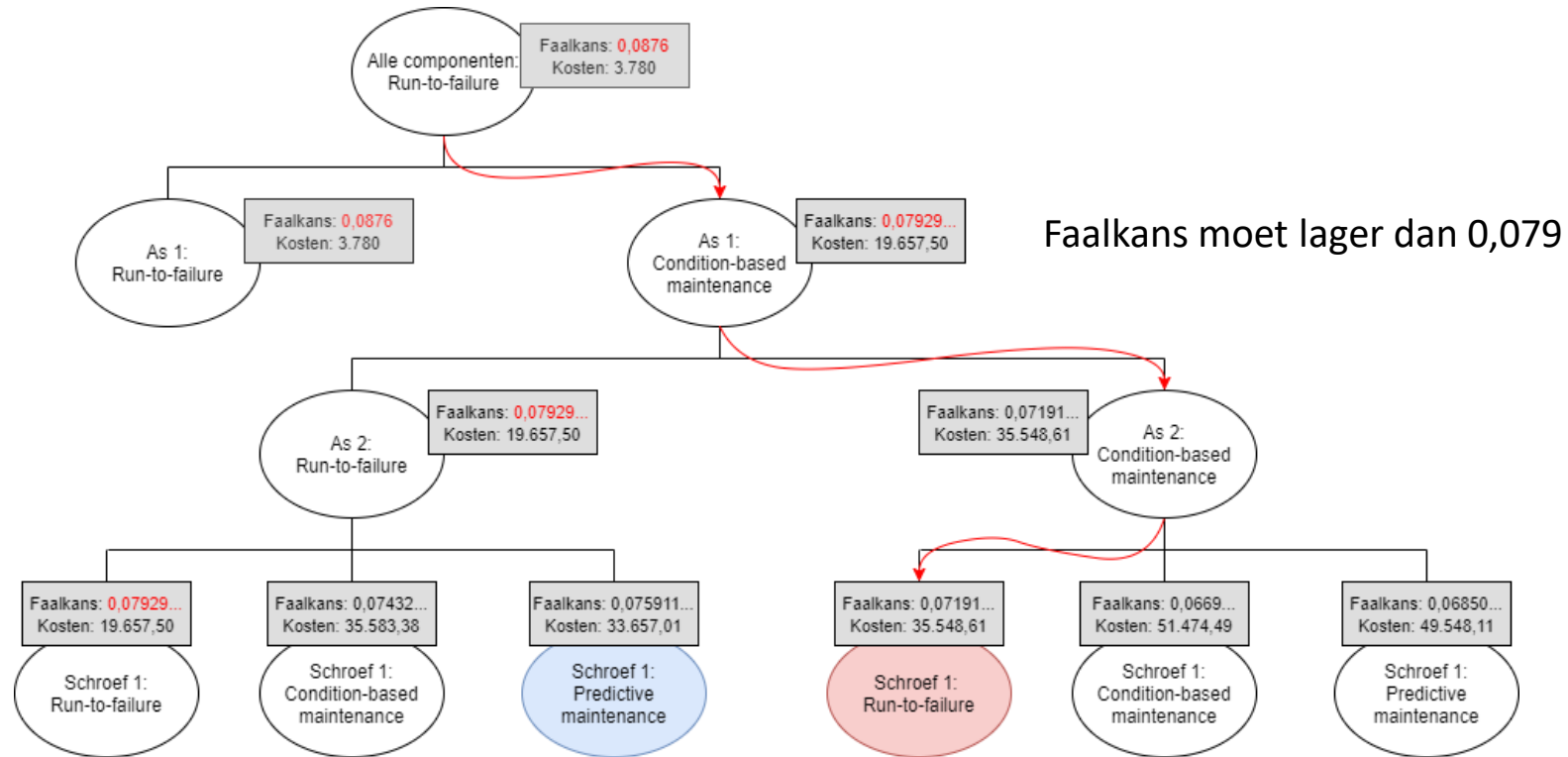
BRUTE-FORCE METHODE

- Alle mogelijke oplossingen berekenen
- Leidt tot globale optimum



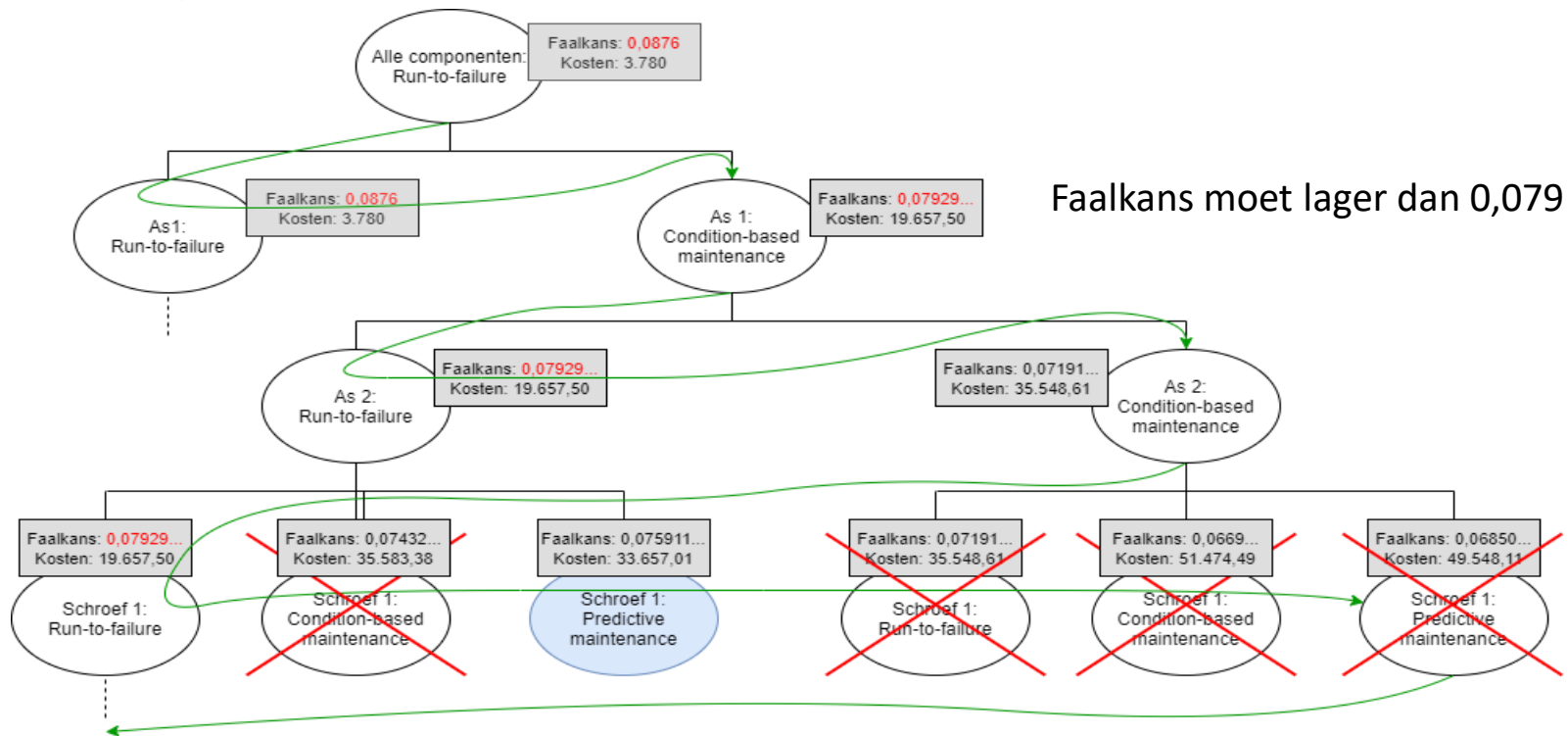
GREEDY ALGORITME

- Per component beste strategie kiezen
- Leidt tot een goede oplossing



BREADTH-FIRST HEURISTIEK

- Zoekboom in de breedte onderzoeken
- Tak afsnijden als een toelaatbare oplossing gevonden is of als blijkt dat er geen goede oplossing zich in de tak bevindt



RESULTATEN

Optie	Brute-force		Greedy algoritme		Breadth-first heuristiek		Requirement
	Faalkans	Kosten	Faalkans	Kosten	Faalkans	Kosten	Kosten
1	0,005995	414.303	0,005995	414.303	-	-	450.000
1	0,006807	298.132	0,006890	285.241	-	-	300.000
	Faalkans	Kosten	Faalkans	Kosten	Faalkans	Kosten	Faalkans
2	0,005997	350.834	0,0055995	400.430	0,005995	400.430	0,006
2	0,006953	250.078	0,006985	258.587	0,006985	258.587	0,007

- Goede oplossing accepteren
 - MTBF (Mean Time Between Failure) stukje onzekerheid

REKENTIJD

Optie	Rekentijd brute-force	Rekentijd Greedy algoritme	Rekentijd Breadth-first heuristiek
1	3338 seconden	2,1 seconden	-
1	14.400 seconden	2,9 seconden	-
2	3.426 seconden	1,3 seconden	38,1 seconden
2	10.800 seconden	1,6 seconden	81,4 seconden

- Greedy algoritme heeft de kortste rekestijd

CONCLUSIES

- Het optimaliseren van de onderhoudsstrategie verlaagt downtime en kosten
- Analyses geven inzicht in wanneer welke investeringen gerechtvaardigd zijn
- Het model helpt het ontwerp in een vroeg stadium te beoordelen
- Faalkans gegevens komen van leveranciers en data analyse 'connected vessels'
- Onderhoudsscenario's kunnen verder uitgewerkt worden naar kosten en randvoorwaarden
- De zoekboom wordt opgesteld op basis van de belangrijkheid van de componenten
- Verschillende zoekalgoritmes zijn getest en beoordeeld



System model voor onderhoudsstrategie optimalisatie

Siebe Rooijackers

Senior development engineer - Damen Shipyards Gorinchem

FHI webinar 'Predictive maintenance' – 24/09/2020

DAMEN