



RWS INFORMATIE

Handreiking Basismodel Reservedelen

Datum	3 november 2017
Status	Definitief (Versie 1.0.1)

Colofon

Naam Standaard	Handreiking Basismodel Reservedelen
Beschrijving:	De handreiking Basismodel Reservedelen wordt door Rijkswaterstaat gezien als geaccepteerde methode voor de analyse van het risico op niet-beschikbaarheid in relatie tot het de aanwezigheid van reservedelen.
Status:	Definitief
Datum	3 november 2017
Versienummer:	1.0.1
Soort:	Handreiking
Verantwoordelijke PE:	Theo van de Gazelle, Jean Luc Beguin
Gebruik in proces:	OAM, AenO
Netwerk:	HVWN, HWS en HWN
Object:	Alle RWS-infrastructuur
Hoofdkennisveld:	Assetmanagement
Kennisveld:	Risicogestuurd Beheer en Onderhoud (RGO)
Informatie:	zlatan.muhurdarevic@rws.nl
Verantwoordelijke afdeling:	RWS GPO – afdeling Instandhouding Constructies & Onderhoud (ICO)
WW RWS Nummer:	#5534

Overzicht wijzigingen

Versie	Datum	Wijzigingen
0.9	18 jan 2017	Delta Pi document omgevormd naar RWS format, export RCM Cost in latere versie
1.0	6 jun 2017	Verwerkt reviewcommentaar EG's TM en CM t.b.v. opname document in WWRWS. Inhoudelijk beheerder gewijzigd. Standaard structuur, inleiding, colofon
1.0.1	3 nov 2017	Uniformering standaarden onder Prestatiegestuurde risicoanalyse (PRA)

Inhoud

1	Inleiding 8
1.1	Context 8
1.2	Doel 8
2	Theoretische basis 10
2.1	De relatie tussen hersteltijd, levertijd en reparatietijd 10
2.2	Reservedelen en 'Verwachte Gemiddelde Levertijd' 10
3	Het Reservedelenmodel - "Handleiding" 12
3.1	Toelichting op de werking van het model 12
3.2	Gebruik van het Reservedelenmodel 12
3.2.1	Randvoorwaarden bij gebruik van het model 13
3.2.2	Invoeren van data "1_Invoerblad" 13
3.2.3	Rekenen met de data "2_Rekenblad" 16
3.2.4	Analyseren Resultaten "3_Analyse_Grafiek" 18
3.2.5	Resultaten Rapporteren "4_Resultatenblad" 18
Bijlage A	: Theoretisch kader aanpak bepaling aantal reservedelen 20
A.1	Inleiding 20
A.2	Aanpak (gevolgde stappen op hoofdlijnen) 20
Bijlage B	: Formules o.b.v. Poisson verdeling 24
Bijlage C	: Voorbeeld Reservedelenanalyse 25

1 Inleiding

1.1 Context

In 2010 is door Rijkswaterstaat besloten tot het beheerst invoeren van risico-gestuurd beheer en onderhoud (RGO) binnen asset management (AM). Met RGO worden alle risico's voor het functioneren van een object in kaart gebracht, waardoor deze op een transparante en weloverwogen manier beheerst kunnen worden. Dit in tegenstelling tot traditioneel onderhoud dat veelal conditie-gestuurd is, gericht op het handhaven van een bepaald technisch niveau.

Het doel van RGO is om de risico's in het functioneren van de drie netwerken via beheer- en onderhoudsacties zodanig te beheersen, dat de afgesproken prestaties worden geleverd tegen minimale (levensduur)kosten. RGO maakt de relatie tussen de netwerkprestatie en onderhoud expliciet. In 2013 besloot het bestuur RWS tot een verdere doorontwikkeling van RGO om volledig in control te komen middels een vervolgtraject RGO, gevolgd door een herijking ervan in 2016.

Binnen Rijkswaterstaat is daartoe in 2016 de handreiking Prestatiegestuurde Risicoanalyses (PRA) opgesteld om het risicogestuurd denken toepasbaar te maken voor alle infrastructurele assets, die Rijkswaterstaat in beheer heeft. Deze handreiking integreert en vervangt daarmee de Leidraad RAMS en de Leidraad risicogestuurd beheer en onderhoud.

Prestatiegestuurde risicoanalyse (PRA) is een belangrijk instrument. De PRA brengt de balans in beeld tussen de prestaties van een object, de risico's die de prestaties beïnvloeden en de kosten van het in stand houden van de prestatie. Met hulp van PRA's kan Rijkswaterstaat onderbouwde beslissingen nemen bij aanleg, beheer en onderhoud.

In aanvulling op deze handreiking zijn verschillende methodes inhoudelijk verder uitgewerkt en vastgelegd in aparte handreikingen. Zo ook deze standaard die de kwantitatieve risicoanalyse behandelt van niet-beschikbaarheid van de infrastructurele objecten ten gevolge op niet-beschikbaarheid van de reservedelen.

1.2 Doel

Deze handreiking beschrijft een werkwijze, welke door Rijkswaterstaat wordt gezien als geaccepteerde methode, voor de analyse van het risico op niet-beschikbaarheid van een infrastructureel complex, object of deelinstallatie in relatie tot het beschikbaar hebben van reservedelen.

De onderbouwing en borging van functionele hersteltijden van componenten nemen een belangrijke plaats in het aantoonbaar bepalen van de prestatie-eisen (betrouwbaarheid en beschikbaarheid) van kunstwerken. De functionele hersteltijd van een component wordt vaak voor een belangrijk deel bepaald door de levertijd. Reservedelen worden op voorraad genomen om de verwachte levertijd, en hierdoor de functionele hersteltijd, van componenten te verkorten.

Vorraden reservedelen verhogen hiermee de verwachte beschikbaarheid van componenten en dus niet de betrouwbaarheid. De vraag blijft dan hoeveel reservedelen op voorraad genomen dienen te worden om de verwachte levertijd van componenten binnen aanvaardbare grenzen te brengen. Dit leidt tot de vraag naar sturing op voorraden reservedelen en specifiek naar inzicht in de relatie tussen het aantal reservedelen en de resulterende verwachte levertijd van componenten. Het reservedelenmodel geeft inzicht in deze relatie en biedt hiermee een kwantitatieve methode om tot een onderbouwde keuze te komen voor het aantal op voorraad te nemen reservedelen.

1.3 Toepassing

Risico gestuurde instandhouding van de objecten van Rijkswaterstaat krijgt zijn vorm door:

1. het vaststellen van het gewenste prestatieniveau van de objecten
2. het inventariseren en analyseren van de risico's die het prestatieniveau bedreigen
3. het beheersen van deze risico's met prioriteit voor de grootste risico's

Het beheersen van de risico's kan op diverse manieren gebeuren. Eén van die manieren is het hebben van reservedelen. Om te bepalen welke reservedelen noodzakelijk zijn en in welke aantallen is een reservedelenmodel opgesteld.

Deze werkomschrijving kan als alleenstaand document worden gelezen, of worden toegepast als onderdeel van het risicogestuurd beheer en onderhoud. De beoogde doelgroepen zijn de asset managers van de regio's en (hun) specialistische adviseurs.

Bij deze werkomschrijving hoort de spreadsheet RWS Basismodel Reservedelen v1.0.0.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 1 worden de belangrijkste theoretische uitgangspunten besproken welke aan de basis liggen van het reservedelenmodel. Vervolgens wordt in hoofdstuk 2 het Basismodel reservedelen geïntroduceerd en wordt omschreven hoe het model gebruikt dient te worden. Dit tweede hoofdstuk kan als een op zichzelf staande handleiding worden beschouwd.

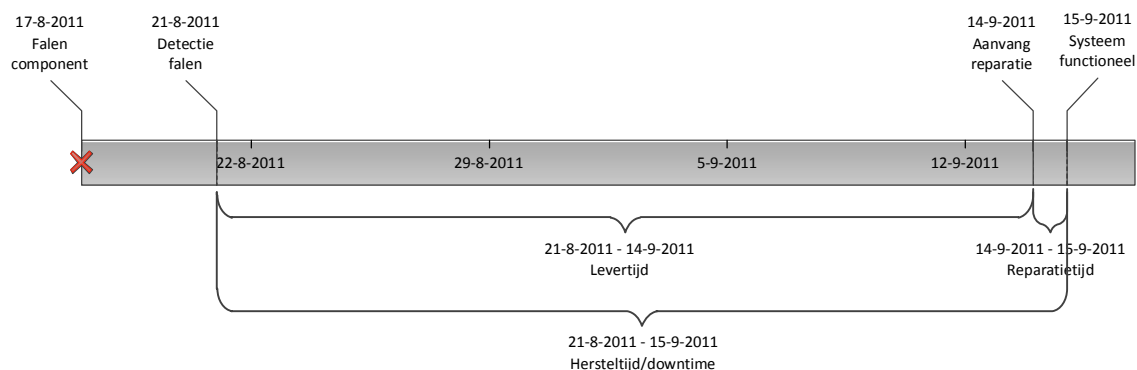
De bijlagen A en B zijn bedoeld als theoretische verdieping, bijlage C bevat de screendumps van een voorbeeld.

2 Theoretische basis

In dit hoofdstuk worden in grote lijnen de belangrijkste theoretische uitgangspunten besproken welke aan de basis liggen van het reservedelenmodel. Voor verdere verdieping verwijzen we naar rapportages [1, 2].

2.1 De relatie tussen hersteltijd, levertijd en reparatietijd

Vaak wordt de hersteltijd van een component bepaald aan de hand van de benodigde reparatieduur. De levertijd waarvan sprake is als de component niet meer voorradig is wordt dan niet expliciet meegenomen. Als er van een component geen onderdelen in reserve zijn is het vaak zo dat de levertijd veel langer is dan de reparatietijd. In Figuur 1 staat het verloop van het herstel van een falende component weergegeven die niet op voorraad ligt. In dit geval wordt de *hersteltijd* dus gedomineerd door de *levertijd* van de component, en is de daadwerkelijke *reparatietijd* slechts een fractie van de totale hersteltijd.



Figuur 1: Voorbeeld herstel van een component

Om de totale hersteltijd van een component juist te bepalen dient dus rekening gehouden te worden met de levertijd. Hiertoe kan de hersteltijd uitgesplitst worden in twee delen, de daadwerkelijke reparatietijd van de component als de component in reserve is en de verwachte gemiddelde levertijd van de component. Hieruit volgt de volgende relatie:

$$\text{Hersteltijd} = \text{Reparatietijd} + \text{Verwachte Gemiddelde Levertijd}$$

Voor een component hangt de verwachte gemiddelde levertijd af van het aantal reservedelen op voorraad. Het begrip 'verwachte gemiddelde levertijd' behoeft enige verdere uitleg. In paragraaf 2.2 wordt dit begrip besproken en wordt de relatie met reservedelen gelegd.

2.2 Reservedelen en 'Verwachte Gemiddelde Levertijd'

Onder levertijd wordt verstaan, de tijd die nodig is om een component voor reparatie ter beschikking te krijgen, of om de voorraad weer aan te vullen. Indien de component op voorraad is, dan is de levertijd 0. Bij elk aantal reservedelen bestaat er echter een kans dat de voorraad opraakt. Die kans wordt kleiner naarmate het aantal reservedelen toeneemt. De 'verwachte gemiddelde levertijd' is de (maximale) levertijd als de component niet op voorraad is, vermenigvuldigd met de kans dat de reservedelenvoorraad op raakt gedurende de tijd die nodig is om de voorraad aan te vullen.

Merk op dat er in de praktijk, in een situatie met een beperkt aantal reservedelen op voorraad, maar twee scenario's mogelijk zijn. Reservedelen zijn wel of niet op voorraad met respectievelijk geen levertijd of een deel van de maximale levertijd. Omdat met de *kans* wordt berekend dat de voorraad op is wordt gesproken van een 'verwachte gemiddelde levertijd'. Dit is dus de resulterende levertijd die *verwacht* zou worden als over een 'hele lange' periode de werkelijke levertijden *gemiddeld* zouden worden.

Ter verduidelijking is dit uitgewerkt in het volgende voorbeeld. Bij falen van een component zal deze worden vervangen door een reservedeel uit een beperkte voorraad. Om deze beperkte voorraad weer aan te vullen moet deze component opnieuw besteld worden, waaraan een levertijd gekoppeld is. Er is een kans dat er binnen deze levertijd nog meer gelijksoortige componenten moeten worden vervangen welke putten uit een gezamenlijke voorraad van reservedelen. Hierdoor is er een kans dat de voorraad tijdelijk opraakt. In dit geval is een reservedeel dan niet meer beschikbaar vanaf dat moment tot aan het einde van de levertijd. Als er in die periode een component faalt, welke essentieel is voor de werking van het systeem, dan is daarmee dus het systeem gedurende die tijd niet-beschikbaar. Door meer reservedelen op voorraad te hebben zal de kans op de geschetste nadelige situatie kleiner worden.

De Poisson-verdeling wordt gebruikt om de kans te bepalen dat tijdens de levertijd van reservedelen de voorraad op is. Op basis van de Poisson-verdeling is (in 2005) een eerste functie ontwikkeld. Binnen deze initiële formule werd geen rekening gehouden met het effect van de reparatietijd, het testinterval en de bevoorradingsstrategie op de 'verwachte gemiddelde levertijd'. Het is echter gebleken dat deze aspecten een groot effect kunnen hebben op de 'verwachte gemiddelde levertijd' [2]. Daarom is de formule doorontwikkeld. Binnen de 'doorontwikkelde' formule wordt wel rekening gehouden met deze drie aspecten. Binnen deze formule hangt de verwachte gemiddelde levertijd per component af van de volgende parameters:

- Het aantal componenten welke putten uit eenzelfde reservedelenvoorraad;
- Het aantal reservedelen op voorraad;
- De tijd die nodig is om de voorraad aan te vullen;
- De gemiddelde faalfrequentie;
- De gemiddelde reparatietijd;
- Het gemiddelde testinterval.

De doorontwikkelde versie van de formule is toegepast binnen het Basismodel reservedelen. In Bijlage A worden beide formules en hun onderlinge verschillen kort besproken. Met behulp van het Basismodel reservedelen wordt dus per component-soort (waar één reservedelenvoorraad voor benoemd is) de verwachte gemiddelde levertijd bepaald, die ligt tussen 0 en de maximale levertijd. Vervolgens kan deze berekende verwachte levertijd worden gebruikt om de verwachte hersteltijd van de desbetreffende component te bepalen.

Merk verder op dat een reservedelenanalyse niet altijd de beste aanvliegstrategie hoeft te zijn. Als bijvoorbeeld de levertijden van componenten kort zijn in vergelijking met de reparatietijden, heeft het wel of niet op voorraad nemen van reservedelen maar een kleine impact op de beschikbaarheidsprestatie van componenten.

3 Het Reservedelenmodel - "Handleiding"

Het reservedelenmodel heeft tot doel om te helpen bepalen wat de meest optimale reservedelenvoorraad is als men de niet-beschikbaarheid van componenten op basis van levertijden wil minimaliseren of binnen aanvaardbare grenzen wil brengen.

Onderstaande paragrafen introduceren de opzet van het reservedelenmodel en omschrijven meer in detail hoe het model gebruikt dient te worden.

3.1 Toelichting op de werking van het model

De eerste stap in een reservedelenanalyse bestaat uit het invoeren van data in het reservedelenmodel. De benodigde invoerdata bestaat uit de fysieke-decompositie van een object of systeem dat geanalyseerd moet worden, faalkans-data van de componenten en gegevens met betrekking tot reservedelen.

Na invoeren van deze gegevens dient een koppeling gelegd te worden tussen componenten en reservedelen of reservedelengroepen. Reservedelengroepen worden in deze context gezien als een groep van specifieke componenten die gezamenlijk uit één bepaalde voorraad putten. Er kunnen bijvoorbeeld 5 pompen voor toepassing 1 op een complex aanwezig zijn en 4 identieke pompen voor toepassing 2. Deze worden binnen de fysieke decompositie van het complex apart benoemd (en hebben zo mogelijk andere faalkans getallen). Echter, zowel bij falen van een pomp van toepassing 1 als toepassing 2 wordt de pomp vervangen door eenzelfde pomptype uit dezelfde voorraad. Beide component-toepassingen dienen dus aan eenzelfde reservedelen-groep gekoppeld te worden. Een reservedelengroep kan dus meerdere component-toepassingen bevatten.

Voor componenten die gekoppeld zijn aan eenzelfde reservedelen-groep (en dus putten uit eenzelfde reservedelenvoorraad) worden vervolgens door het programma de gemiddelden van faalfrequentie, reparatietijd en testinterval berekend. Ook wordt het totaal aantal componenten bepaald, dat in een reservedelen-groep is opgenomen.

Per reservedelen-groep dient binnen het model de aanwezige voorraad opgegeven te worden. Deze voorraad kan uiteraard ook nul zijn. De hersteltijden van componenten zijn uitgesplitst in één deel reparatietijd en één deel levertijd. Het deel levertijd is hierin variabel en zal worden berekend als de 'verwachte gemiddelde levertijd' door middel van gebruik van de Poisson verdeling. De berekende 'verwachte gemiddelde levertijd' per reservedelen-groep wordt vervolgens meegenomen binnen de variabel gemaakte hersteltijd. Met deze nieuwe waarde voor de hersteltijd berekent het model de niet-beschikbaarheid van componenten. Deze niet-beschikbaarheid is daarmee afhankelijk van de opgegeven voorraden per reservedelen-groep.

3.2 Gebruik van het Reservedelenmodel

Het "Basismodel reservedelen" kent in totaal vier werkbladen. Bij het gebruik van het model volgen deze werkbladen elkaar logisch op. In de volgende paragrafen zal worden ingegaan op het gebruik van deze tabbladen ten behoeve van een reservedelenoptimalisatie. Als voorbeeld is in Bijlage C een reservedelenanalyse uitgewerkt, gevuld met fictieve data. Bijlage C bevat een volledig screenshot van elk van de vier werkbladen. Ter illustratie zijn uitsneden van deze screenshots als figuur opgenomen in de tekst.

3.2.1 Randvoorwaarden bij gebruik van het model

Een gebruiker van het model dient zich aan een aantal randvoorwaarden te houden om een goede werking van het model te kunnen garanderen. Deze randvoorwaarden zijn:

- Verander niets aan de naamgeving van tabbladen;
- Voeg geen nieuwe kolommen of rijen in binnen een tabblad;
- Verander niets aan formules die binnen het model gebruikt worden;
- Vul alle relevante data in;
- Het invoeren of veranderen van data op andere plekken dan daar waar aangegeven heeft als risico dat het model niet correct meer werkt;
- Het model werkt met één eenheid voor tijd, namelijk [uur]. Bij het invoeren van data dient dus niet bijvoorbeeld de reparatietijd in uren en het testinterval in maanden ingevoerd te worden.

3.2.2 Invoeren van data "1_Invoerblad"

Het invoeren van data vormt de start van een reservedelenanalyse. Dit gebeurt in het werkblad "1_Invoerblad" (zie Figuur 2). Als er nog data van een vorige analyse in dit blad aanwezig is kan met de knop "Invoerblad opschonen" het blad leeggemaakt worden.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Assetmanager			Faalkansspecialist								
Fysieke Decompositie			Faalkans-informatie					Groep	Component-informatie		
Component Code	Component Naam	Aantal Componenten	Meenemen in analyse (ja/nee)	MTTF [uur]	Reparatietijd [uur]	Niet merkbaar falen (ja/nee)	Testinterval [uur]		Levertijd [uur]	Kosten per component	Huidige voorraad
A-10	Pomp - type 1	12	ja	100.000	168	ja	730	Pomp	2.200	10.000	2
A-11	Pomp - type 2	8	ja	125.000	72	ja	500	Pomp	2.200	10.000	2
A-12	Motor	4	ja	100.000	24	nee		Motor	6.000	20.000	2
A-13	DI-kaart	32	ja	1.000.000	4	nee		DI - kaart	168	500	15
A-14	Ventilator	20	ja	100.000	72	nee			4.000	2.000	2
A-15	PLC - 1	1	ja	66.667	16	nee		PLC	2.500	30.000	0
A-16	PLC - 2	1	ja	80.000	20	nee		PLC	2.500	30.000	0
A-17	Beveiligingsklep	8	ja	1.000.000	8	ja	8.760		730	5.000	1

Figuur 2: Invoer van componentdata

Data invoeren

De door een gebruiker van het model in te voeren data is opgesplitst in drie categorieën (met inachtneming welke kennis-hebbende binnen de organisatie het beste de informatie kan leveren), namelijk:

- *Fysieke Decompositie (kolommen B t/m D):*

Hier worden de verschillende componenten vanuit de fysieke decompositie opgegeven samen met bijbehorende component-codes en aantallen. Let hierbij op dat voor alle component-toepassingen het aantal componenten opgegeven dient te worden dat put uit de gezamenlijke reservedelenvoorraad¹.

¹ Het aantal componenten dat bij falen put uit een gezamenlijke reservedelenvoorraad bepaalt namelijk de druk op een reservedelenvoorraad en daarmee de kans dat de voorraad op raakt.

- *Faalkans-informatie (kolommen E t/m I):*
Per component-toepassing dient hier de faalkansdata ingevoerd te worden. Deze data bestaat uit de MTTF, de reparatietijd², en – indien de component niet-merkbaar faalt – een testinterval. Ook kan hier binnen kolom 'E' worden vastgelegd of de component meegenomen dient te worden binnen de analyse. Er kunnen verschillende redenen zijn om een component niet mee te nemen binnen een reservedelenanalyse. Zo kan de component niet kritisch zijn voor de werking van een systeem of is de levertijd van de component kort in relatie tot de reparatietijd. Een andere reden kan zijn dat van tevoren is besloten dat de component vanwege technische of financiële redenen niet op voorraad genomen zal worden.
- *Groepen-informatie (P t/m T):*
Hier dient de data met betrekking tot de reservedelenvoorraad opgenomen te worden (zie Figuur 3). Per reservedelen-groep dient een naam en omschrijving opgegeven te worden. Vervolgens dient de levertijd van het reservedeel-type opgenomen te worden. Additioneel is het ook mogelijk om de kosten en het huidig op voorraad zijnde aantal reservedelen op te nemen.

P	Q	R	S	T
Magazijnbeheerder				
Groepen-informatie				
Unieke Groepnaam	Groep omschrijving	Levertijd [uur]	Kosten per component	Huidige voorraad
Pomp	pompen	2.200	10.000	2
DI - kaart	DI	168	500	15
Motor	E-motor	6.000	20.000	2
PLC	PLC standaard	2.500	30.000	0

Figuur 3: Invoer Groepen

Koppeling tussen componenten en reservedelen

Na het invoeren van de data dient vastgelegd te worden welke component-toepassingen gebruik maken van welke reservedelenvoorraad. Dit gebeurt binnen de kolom 'J' genaamd "Groep". Deze kolom bevat drop-down boxen. In Figuur 4 is zo een drop-down box weergegeven. Als onder kolom 'P' een reservedelen-groep benoemd is kan dit reservedeel gekozen worden binnen de drop-down boxen. Hiermee wordt het toegewezen aan één of meerdere component-typen. Als voor een component-toepassing een reservedeel-type gekozen wordt vanuit de drop-down box verschijnt de bijbehorende informatie van dat reservedeel automatisch in de kolommen rechts (K t/m M), getiteld "Component informatie". In de voorbeeldinvoer (zie Figuur 2) is te zien dat er twee typen pompen en twee typen PLC's zijn benoemd. Zowel bij falen van respectievelijk een pomp of een PLC van toepassing 1 als toepassing 2 wordt de component vervangen door eenzelfde type reservedeel. In het voorbeeld is te zien dat deze componenten dus ook zijn toegewezen aan eenzelfde reservedeelvoorraad.

² Let op dat binnen deze kolom de kale reparatietijd ingevuld dient te worden, dus zonder rekening te houden met de levertijd.

J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
						Magazijnbeheerder				
Groep	Component-informatie			Groepen-informatie						
	Levertijd [uur]	Kosten per component	Huidige voorraad	Unieke Groepnaam	Groep omschrijving	Levertijd [uur]	Kosten per component	Huidige voorraad		
Pomp	2.200	10.000	2	Pomp	pompen	2.200	10.000	2		
Pomp	2.200	10.000	2	DI - kaart	DI	168	500	15		
DI - kaart	6.000	20.000	2	Motor	E-motor	6.000	20.000	2		
Motor	168	500	15	PLC	PLC standaard	2.500	30.000	0		
PLC	4.000	2.000	2							
PLC	2.500	30.000	0							
PLC	2.500	30.000	0							
	730	5.000	1							

Figuur 4: Drop-down box t.b.v. koppelen groepen

Het is ook mogelijk om voor een component geen reservedeel vanuit de drop-down box te kiezen maar om direct de data in te voeren onder "Component informatie" (kolommen K t/m M). Laat hierbij voor de betreffende regel kolom 'J' genaamd "Groep" leeg. Deze methode kan alleen gehanteerd worden als een reservedelenvoorraad wordt gebruikt door slechts één component-type (dus één regel binnen het tabblad).

Keuze bevoorradingsstrategie

Vervolgens dient bovenaan het tabblad middels een drop-down box de bevoorradingsstrategie gekozen te worden (zie er illustratie Figuur 5). Bij de bevoorrading kunnen verschillende keuzes worden gemaakt, namelijk of reservedelen worden besteld ná of vóór uitvoering van de reparatie. Deze keuze beïnvloedt de manier waarop de 'verwachte gemiddelde levertijd' wordt berekend met de Poisson formule (voor meer informatie zie hoofdstuk 2).

Figuur 5: Keuze bevoorradingsstrategie

Bevoorradingsstrategie:

Bij aanvang van reparatie

Bij aanvang van reparatie

Na uitvoering reparatie

Klaar met data invoer

Als de data is ingevoerd en de koppeling tussen componenten en reservedelen is gelegd kan bovenaan het tabblad de knop "Kopieer invoer naar Rekenblad" aangeklikt worden. Hiermee wordt de data verwerkt naar het rekenblad, dat daarna automatisch naar voren zal komen.

3.2.3 Rekenen met de data "2_Rekenblad"

Binnen dit tabblad is de lijst met reservedelen nogmaals weergegeven samen met de kwantitatieve data van de reservedelen (zie Figuur 6). De datakolommen zijn op eenzelfde manier gecategoriseerd als binnen het invoerblad. Een belangrijk verschil met het invoerblad is echter dat binnen het rekenblad iedere regel de gegevens van één reservedelen-groep bevat terwijl binnen het invoerblad iedere regel de data van een component-toepassing weergeeft. Waar het invoerblad dus op het niveau van component-toepassingen is ingestoken is het rekenblad ingestoken op het niveau van reservedelen-groepen. Dit omdat per reservedelen-groep een reservedelenvoorraad wordt bepaald.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Component / Groep	Omschrijving	Aantal Componenten	Niet merkbaar falen (ja/nee)	Gemiddelde MTTF	Gemiddelde Reparatieltijd	Gemiddeld testinterval	Levertijd	Kosten per component	Huidige voorraad
Pomp	pompen	20	ja	108.696	135	650	2.200	10.000	2
DI - kaart	DI	32	nee	1.000.000	4	0	168	500	15
Motor	E-motor	4	nee	100.000	24	0	6.000	20.000	2
PLC	PLC standaard	2	nee	72.727	18	0	2.500	30.000	0
Ventilator	A-14	20	nee	100.000	72	0	4.000	2.000	2
Beveiligingsklep	A-17	8	ja	1.000.000	8	8.760	730	5.000	1

Figuur 6: Data reservedelen

Voor componenten die gekoppeld zijn aan eenzelfde reservedelen-groep (en dus putten uit eenzelfde reservedelenvoorraad) wordt een gemiddelde faalfrequentie (weergegeven als MTTF), reparatieltijd en testinterval berekend³ (kolommen F t/m H). Ook wordt het totaal aantal componenten bijgehouden dat onder een reservedelen-groep is opgenomen (kolom D). De kolommen I t/m K bevatten de reservedeleninformatie. De maximale levertijd is hiervan de belangrijkste.

Rekenresultaten

De kolommen M t/m O bevatten de rekenresultaten van het model (zie Figuur 7). Binnen de kolom "verwachte gemiddelde levertijd" wordt berekend wat de resterende levertijd is bij een gekozen voorraad reservedelen. Dit aantal kan handmatig ingevoerd worden binnen de kolom "Analyse voorraad" (kolom L). Als de gekozen voorraad opgehoogd wordt zal de berekende 'verwachte gemiddelde levertijd' afnemen. De analyse voorraad staat standaard op één reservedeel.

De niet beschikbaarheid wordt berekend in kolom N. Let er hierbij op dat dit de niet-beschikbaarheid per component betreft waarbij is gerekend met de gemiddelde faalfrequenties, reparatieltijden en testintervallen uit de kolommen F t/m H. Dit resultaat kan dus beschouwd worden als de niet-beschikbaarheid van een gemiddelde component uit de reservedelen-groep. Ten slotte is binnen kolom O aangegeven of met het gekozen aantal reservedelen voldaan wordt aan het opgelegde criterium (lees onderstaande stuk: "Werking van de optimalisatiemodule" voor meer informatie).

³ Dit betreft een gewogen gemiddelde waarbij in de weging rekening is gehouden met het *aantal* en de *faalfrequentie* van elk specifiek component-type.

L	M	N	O	P
Analyse voorraad	Rekenresultaten			Analyseer (dubbelklik cel)
	Verwachte gemiddelde Levertijd	NB per Component [uren/jaar]	Voldoet aan criterium	
1	721,73	95,21	nee	KLIK
1	0,90	0,04	ja	KLIK
1	1279,10	114,15	nee	KLIK
1	165,53	22,08	nee	KLIK
1	2201,39	199,15	nee	KLIK
1	3,72	38,47	ja	KLIK

Figuur 7: Rekenresultaten model

Werking van de Optimalisatiemodule

Het model bevat een optimalisatiemodule waarmee per reservedelen-groep automatisch een minimum aantal van op voorraad te nemen reservedelen bepaald kan worden (zie Figuur 8). Deze optimalisatie vindt plaats op basis van een in te voeren criterium. In dit model is gekozen voor een percentage van de maximale levertijd. Bijvoorbeeld als de maximale levertijd 400 uur bedraagt en het opgegeven criterium is 1%, dan dienen zoveel reservedelen op voorraad genomen te worden dat de verwachte gemiddelde levertijd kleiner of gelijk aan 4 uur is.

Criterium x% van Levertijd:	Bepaal voorraad o.b.v. Criterium
1%	

Figuur 8: Optimalisatie o.b.v. criterium

In een startsituatie wordt de verwachte gemiddelde levertijd berekend zonder dat reservedelen op voorraad zijn (dus met maximale levertijd). Vervolgens wordt binnen de optimalisatie (per reservedelen-groep) de voorraad met één opgehoogd waarna opnieuw de verwachte gemiddelde levertijd wordt berekend. Dan wordt bepaald of voldaan wordt aan de opgegeven criteria. Er wordt dus een logische test uitgevoerd waarin wordt bepaald of de nieuwe berekende verwachte gemiddelde levertijd kleiner of gelijk is aan het opgeven percentage van de maximale levertijd. Is dit het geval dan is de optimalisatie klaar, anders wordt de voorraad nogmaals met één opgehoogd. Deze loop wordt net zo lang doorlopen tot wel aan het criterium wordt voldaan of tot de verwachte resterende levertijd nul is.

De optimalisatiemodule wordt gestart door bovenaan het tabblad de knop "Bepaal voorraad o.b.v. Criterium" aan te klikken. Vul hiertoe wel eerst een criterium in (waarde tussen 0 en 100%). Na het draaien van de optimalisatiemodule zijn de geoptimaliseerde aantallen op voorraad te houden reservedelen terug te vinden onder de kolom "Analyse voorraad" (zie Figuur 7).

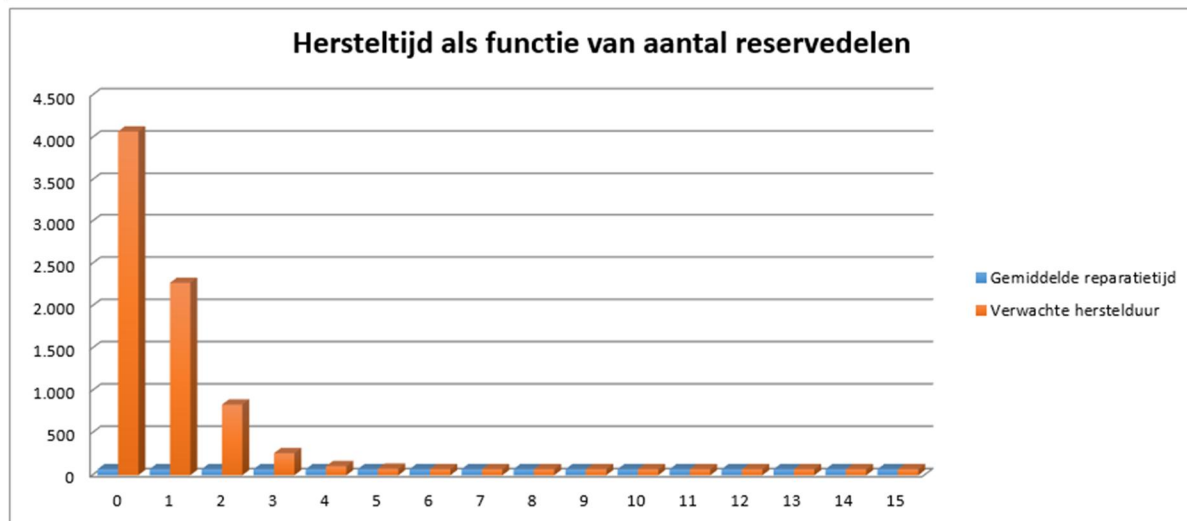
Analyseer resultaten

Per reservedelen-groep kan een analyse worden gedaan op de resultaten. Dit door voor de betreffende rij te dubbelklikken op de cel binnen kolom P (zie Figuur 7). Voor meer informatie over het analyseblad zie paragraaf 3.2.4. Als de kolom "analyse voorraad" naar tevredenheid is ingevuld is het mogelijk om de resultaten te presenteren in het Resultatenblad door gebruik van de knop "Kopieer Resultaten naar Resultatenblad".

3.2.4 Analyseren Resultaten "3_Analyse_Grafiek"

Dit blad kan gezien worden als analysetool welke optioneel gebruikt kan worden om gevoel te krijgen voor de rekenresultaten. Het blad biedt de mogelijkheid om per reservedelen-groep een histogram te tonen waarin de verwachte gemiddelde levertijd is uitgezet tegen het aantal reservedelen (zie Figuur 9). Dit geeft een duidelijke visuele weergave van de relatie tussen reservedelen en verwachte herstelduur.

Aantal reservedelen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Gemiddelde reparatietijd	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Verwachte levertijd	4.000	2.201	763	188	36	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verwachte herstelduur	4.072	2.273	835	260	108	78	73	72	72	72	72	72	72	72	72	72



Figuur 9: Analysegrafiek

Ook toont het blad de onderliggende component-toepassingen welke gekoppeld zijn onder een reservedelen-groep. In het voorbeeld (zie Bijlage C – figuur 3) is te zien dat de Groep "Pomp" bestaat uit 12 pompen voor toepassing 1 en 8 pompen voor toepassing 2. Het is mogelijk om de getalswaarden binnen de geelgekleurde cellen te wijzigen en direct het effect op de rekenresultaten te analyseren. Dit maakt het dus mogelijk om inzicht te krijgen in de gevoeligheid van de invoerdata op de rekenresultaten.

De wijzigingen die worden gemaakt binnen de gele cellen worden niet automatisch overgenomen naar het invoer- en het rekenblad. Als veranderde getalwaarden behouden moeten worden, dienen ze handmatig overgenomen te worden in blad 2.

3.2.5 Resultaten Rapportereren "4_Resultatenblad"

De uitkomsten van een reservedelenanalyse kunnen gepresenteerd worden in het resultatenblad (zie Figuur 10). De resultaten bestaan uit een lijst van aantallen op voorraad te houden reservedelen per reservedelen-groep. Deze aantallen zijn weergegeven binnen de kolom "Bepaald met model". Vervolgens is de mogelijkheid ingevoegd om in de kolom "Keuze voorraad" een eigen afweging te maken voor het daadwerkelijk op voorraad te nemen aantal reservedelen. Er zijn tal van redenen te noemen waarom in te praktijk een ander aantal reservedelen op voorraad wordt genomen dan theoretisch met het model is bepaald. Voorbeelden zijn de kosten van het reservedeel of het feit dat de component niet kritisch wordt geacht binnen het geanalyseerde systeem. Deze afwegingen kunnen opgenomen worden in de kolom "Motivatatie keuze / Opmerkingen".

Overzicht reservedelenanalyse

T.b.v. Object / Complex:
 Verantwoordelijke:
 Datum: 13-9-2016

Groep / Reservedeel	Gemiddelde Reparatietijd [uur]	Levertijd [uur]	Gemiddelde Hersteltijd [uur]	Kosten per component	Omschrijving	Resultaten Voorraad			Motivatie Keuze / Opmerkingen
						Huidige voorraad	Bepaald met model	Keuze voorraad	
Pomp	135	2.200	150,1	10.000	pompen	2	3		
DI - kaart	4	168	4,9	500	DI	15	1		
Motor	24	6.000	35,5	20.000	E-motor	2	3		
PLC	18	2.500	23,4	30.000	PLC standaard	0	2		
Ventilator	72	4.000	107,9	2.000	A-14	2	4		
Beveiligingsklep	8	730	11,7	5.000	A-17	1	1		

Figuur 10: Resultatenblad

REFERENTIES

- [1] 14.543-P14.005.17-GEP 1.0; Beschrijving basismodel reservedelen; Delta Pi; 2 mei 2014
- [2] 14.544-P14.005.17-GEP 2.0; Protocol reservedelen; Delta Pi, 20 juni 2014

GEBRUIKTE AFKORTINGEN

MTTF Mean time to failure
 NEN Nederlandse Norm

Bijlage A: Theoretisch kader aanpak bepaling aantal reservedelen

A.1 Inleiding

In beschikbaarheidsanalyses wordt de niet-beschikbaarheid van een component berekend als functie van de faalsnelheid en de benodigde reparatietijd. In veel gevallen zijn de hieruit afgeleide taakstellende reparatieduren per componentgroep niet haalbaar indien geen reserveonderdelen op voorraad liggen. In die gevallen is het noodzakelijk minimaal één component van een componentgroep op voorraad te hebben om aan deze taakstellende reparatieduur te kunnen voldoen.

Bij diverse faalsituaties van een essentieel component, zal deze worden vervangen door een component uit de bestaande voorraad. Deze component moet dan opnieuw besteld worden, waaraan een (soms lange) levertijd gekoppeld is. In bepaalde gevallen zal de voorraad tijdelijk uitgeput zijn. Het is niet ondenkbaar, dat binnen de levertijd nog een andere essentiële component binnen dezelfde componentgroep moet worden vervangen, omdat deze ook faalt. Deze component is dan vanaf dat moment tot aan het einde van de levertijd niet meer beschikbaar voor de betreffende functie. Deze situatie levert in theorie een faalkansverhoging die nu vaak niet in de faalkansmodellen is opgenomen. Feitelijk is dit een vorm van 'misgrijpen': de monteur loopt het magazijn in voor een nieuw onderdeel maar dat is niet aanwezig en moet dus besteld worden. Door meer componenten van die groep op voorraad te hebben zal de kans op de geschetste nadelige situatie kleiner worden.

A.2 Aanpak (gevolgde stappen op hoofdlijnen)

Om vast te stellen welk aantal reservedelen noodzakelijk is om de kans op misgrijpen acceptabel te maken, zijn de volgende stappen nodig:

1. Vaststellen eis aan maximale niet-beschikbaarheidsbijdrage per component
2. Bepaling kans 'reserveonderdeel niet op voorraad'

1. Vaststellen eis aan maximale niet-beschikbaarheidsbijdrage per component

Voor **merkbaar falende componenten** is in de faalkansmodellen de volgende betrekking voor de niet-beschikbaarheid U_{mf} gehanteerd:

$$U_{mf} = \lambda \cdot \theta \quad (1)$$

λ	faalsnelheid [-/h]
θ	reparatieduur [h]

wanneer nu niet-beschikbaarheid als gevolg van een reserveonderdeel niet op voorraad hierin wordt verdisconteerd, wordt de volgende formule van kracht:

$$U_{mf} = P_{ROOV} \cdot \lambda \cdot \theta_{ROOV} + P_{RONOV} \cdot \lambda \cdot \theta_{RONOV} \quad (2)$$

waarin

P_{ROOV}	kans dat reserveonderdeel op voorraad is [-]
θ_{ROOV}	reparatieduur wanneer reserveonderdeel op voorraad is [h]
P_{RONOV}	kans dat reserveonderdeel NIET op voorraad is [-]
θ_{RONOV}	reparatieduur wanneer reserveonderdeel NIET op voorraad is [h]

Wanneer men nu stelt dat de bijdrage van de tweede term in (2) aan de niet-beschikbaarheid U_{mf} kleiner moet zijn dan X% van de bijdrage van de eerste term, dan kan men zeggen dat deze bijdrage als gevolg van niet-voorradijge reserveonderdelen verwaarloosbaar en dus acceptabel is.

Er kan bijvoorbeeld 1% gekozen worden, waarbij dus gesteld wordt dat we accepteren dat we van de 100 keer dat de monteur het magazijn inloopt hij 1x mag misgrijpen.

Voorts geldt:

$$P_{RONOV} = 1 - P_{ROOV} \quad (3)$$

Hiermee kan de volgende taakstelling worden afgeleid:

$$P_{RONOV} \cdot \lambda \cdot \theta_{RONOV} / ((1 - P_{RONOV}) \cdot \lambda \cdot \theta_{ROOV}) \leq 0,01 \quad (4)$$

Wanneer gesteld kan worden dat θ_{RONOV} gelijk is aan θ_{ROOV} met daarbij opgesteld de levertijd T_l van het betreffende component (in uren), dan leidt dit tot de volgende taakstelling:

$$\boxed{P_{RONOV} \cdot \lambda \cdot (\theta_{ROOV} + T_l) / ((1 - P_{RONOV}) \cdot \lambda \cdot \theta_{ROOV}) \leq 0,01} \quad (5)$$

Ook deze benadering is conservatief, aangezien er in geval van een falende component waarvan nog een niet-falend exemplaar op voorraad ligt, nog tijdens de vervanging direct een nieuw reservecomponent kan worden besteld. Dit maakt θ_{RONOV} per definitie kleiner dan nu is aangenomen ($\theta_{RONOV} < \theta_{ROOV} + T_l$).

In stap 2 wordt nu P_{RONOV} bepaald op basis van: het aantal componenten opgenomen in het keringsysteem, het aantal componenten op voorraad, de faalsnelheid λ en levertijd T_l .

Voor **niet-merkbaar falende componenten** geldt een analoog verhaal als voor merkbaar falen. De volgende niet-beschikbaarheidsformule is gangbaar in de faalkansmodellen, waarbij in de praktijk dikwijls de tweede term wordt verwaarloosd:

$$U_{nmf} = 0,5 \cdot \lambda \cdot T + \lambda \cdot \theta \quad (6)$$

λ	faalsnelheid [-/h]
T	testinterval [h]
θ	reparatieduur [h]

wanneer nu ook hiervoor niet-beschikbaarheid als gevolg van een reserveonderdeel niet op voorraad hierin zou worden verdisconteerd, dan geldt de volgende formule:

$$U_{nmf} = 0,5 \cdot \lambda \cdot T + P_{ROOV} \cdot \lambda \cdot \theta_{ROOV} + P_{RONOV} \cdot \lambda \cdot \theta_{RONOV} \quad (7)$$

waarin

P_{ROOV}	kans dat reserveonderdeel op voorraad is [-]
θ_{ROOV}	reparatieduur wanneer reserveonderdeel op voorraad is [h]
P_{RONOV}	kans dat reserveonderdeel NIET op voorraad is [-]
θ_{RONOV}	reparatieduur wanneer reserveonderdeel NIET op voorraad is [h]

Wanneer men nu stelt dat de bijdrage van de derde term in (7) aan de niet-beschikbaarheid U_{nmf} kleiner moet zijn dan 1 % van de sommeerde bijdrage van de eerste twee termen, dan kan men zeggen dat deze bijdrage als gevolg van niet-voorradijge reserveonderdelen verwaarloosbaar en derhalve acceptabel is. Voorts geldt ook hier weer: $P_{RONOV} = 1 - P_{ROOV}$.

$$P_{RONOV} \cdot \lambda \cdot \theta_{RONOV} / ((1 - P_{RONOV}) \cdot \lambda \cdot \theta_{ROOV} + 0,5 \cdot \lambda \cdot T) \leq 0,01 \quad (8)$$

Wanneer ook hier weer gesteld wordt dat θ_{RONOV} gelijk is aan θ_{ROOV} met daarbij opgesteld de levertijd T_l van het betreffende component (in uren), dan is de taakstelling:

$$P_{RONOV} \cdot \lambda \cdot (\theta_{ROOV} + T_i) / ((1 - P_{RONOV}) \cdot \lambda \cdot \theta_{ROOV} + 0,5 \cdot \lambda \cdot T) \leq 0,01 \quad (9)$$

Ook deze benadering is conservatief, aangezien er in geval van een falende component waarvan nog een niet-falend exemplaar op voorraad ligt, nog tijdens de vervanging direct een nieuw reservecomponent kan worden besteld. Dit maakt θ_{RONOV} per definitie kleiner dan nu is aangenomen ($\theta_{RONOV} < \theta_{ROOV} + T_i$).

2. Bepaling kans 'reserveonderdeel niet op voorraad'

In deze stap wordt in algebraïsche termen de kans bepaald op de situatie dat er geen reserveonderdeel van een bepaalde componenttype op voorraad is. In diverse literatuur, waaronder [1], wordt bij het tellen van 'successen' de Poissonverdeling of de binomiale verdeling gebruikt. Bij de binomiale verdeling is er altijd sprake van een vast aantal pogingen/trekkingen, terwijl bij een Poissonverdeling dit niet het geval is. Bij een Poissonverdeling speelt de tijdsduur als parameter een duidelijke rol.

De kans op precies x storingen ('successen') gegeven een tijdsinterval t , kan met de Poissonverdeling als volgt worden beschreven:

$$P(\underline{x} = x) = \frac{(g \cdot t)^x}{x!} e^{-gt} \quad (10)$$

waarin

g aantal storingen binnen een componentgroep per tijdseenheid [-/h]

Als n nu het aantal reserveonderdelen op voorraad van een bepaald componenttype voorstelt, dan kan P_{RONOV} is in feite gelijkgesteld worden aan de kans dat er meer dan n aanspraken zijn op de reserveonderdelen binnen levertijd T_i (in deze context ook wel aanvulinterval). Er heeft immers nog geen aanvulling plaatsgevonden van de reservevoorraad binnen deze tijdspanne, omdat deze nog niet geleverd kunnen zijn (levertijd is nog niet verstreken). In feite geldt het volgende:

$$P_{RONOV} = P(\underline{x} \geq n) = P(\underline{x} > n-1) = 1 - P(\underline{x} \leq n-1) \quad (11)$$

x aantal storingen binnen de levertijd T_i [-]

n aantal reserveonderdelen van componenttype op voorraad [-]

Om $P(\underline{x} \leq n-1)$ in vergelijking (11) te bepalen kan nu de Poissonverdeling worden gebruikt, zoals gedefinieerd in (10). Er geldt dan:

$$\begin{aligned} P(\underline{x} \leq n-1) &= P(\underline{x} = 0) + P(\underline{x} = 1) + \dots + P(\underline{x} = n-1) = \\ &= \sum_{i=0}^{n-1} P(\underline{x} = i) = \sum_{x=0}^{n-1} \frac{(g \cdot t)^x}{x!} e^{-gt} \end{aligned} \quad (12)$$

Het aantal storingen g binnen een componentgroep per tijdseenheid is in feite:

$$g = m \cdot \lambda \quad (13)$$

m aantal componenten van componenttype in het systeem [-]

λ faalsnelheid [-/h]

Wanneer T_{max} de tijdspanne voorstelt waarover de kans wordt bepaald, dan geeft substitutie van (13) in (12):

$$P(\underline{x} \leq n-1) = \sum_{x=0}^{n-1} \frac{(m \cdot \lambda \cdot T_{\max})^x}{x!} e^{-m \cdot \lambda \cdot T_{\max}} \quad (14)$$

In geval van een merkbaar falende component, kan men de levertijd T_l invullen voor T_{\max} . Bij niet-merkbaar falende componenten zal in het geval dat het testinterval groter is dan de levertijd een grotere tijdspanne moeten worden bekeken dan levertijd T_l . Om deze reden wordt bij niet-merkbaar falen voor T_{\max} de grootste waarde gebruikt van het testinterval T en de levertijd T_l . Men kan nu de kans op 'reserveonderdeel niet op voorraad' P_{RONOV} bepalen door (14) te substitueren in (11):

$$P_{RONOV} = 1 - \sum_{x=0}^{n-1} \frac{(m \cdot \lambda \cdot T_{\max})^x}{x!} e^{-m \cdot \lambda \cdot T_{\max}} \quad (15)$$

waarin:

m	aantal componenten van componenttype in het systeem [-]
n	aantal reserveonderdelen van componenttype op voorraad [-]
λ	faalsnelheid [-/h]
T_l	levertijd [h]
T	testinterval [h]
T_{\max}	maximale tijdspanne (= $\max(T_l, T)$) [h]

Bijlage B: Formules o.b.v. Poisson verdeling

In bijlage A is de afleiding getoond om tot onderstaande initiële formule te komen voor de kans op misgrijpen (met iets andere symbolen). P_{RONOV} uit Bijlage A komt overeen met de kans dat tijdens de levertijd van reservedelen de voorraad op is:

$$P(m, n, \lambda, T_a) = 1 - \sum_{k=0}^{n-1} \frac{[m \cdot \lambda \cdot T_a]^k}{k!} \cdot e^{-m \cdot \lambda \cdot T_a}$$

Hierin is:

- $P(m, n, \lambda, T_a)$ = de kans dat de voorraad op is;
- m = aantal componenten welke putten uit eenzelfde reservedelenvoorraad;
- n = aantal reservedelen op voorraad;
- λ = faalfrequentie;
- T_a = tijd die nodig is om de voorraad aan te vullen.

Binnen deze initiële basisformule wordt T_a gelijk gesteld aan de maximale levertijd (L). Deze formule is doorontwikkeld waarin bij het bepalen van T_a rekening wordt gehouden met het effect van reparatietijd, testinterval en bevoorradingsstrategie. Als resultaat hiervan wordt T_a binnen de doorontwikkelde formule als volgt bepaald:

$$T_a = \max(0; L - n \cdot \min(L; s \cdot E(R) + E(T)) / m)$$

De volgende notaties worden hierbij gehanteerd:

- $E(R)$ = gemiddelde reparatietijd;
- $E(T)$ = gemiddelde testinterval;
- $E(\lambda)$ = gemiddelde faalfrequentie;
- s = switch om bevoorradingsstrategie mee te bepalen.

De gemiddelde reparatietijd en het gemiddelde testinterval worden bepaald als een gewogen gemiddelde waarbij rekening wordt gehouden met component-typen (m_i is hierin per type het aantal componenten) welke putten uit eenzelfde reservedelenvoorraad, maar welke mogelijke een andere reparatietijd en faalfrequentie kennen:

$$E(R) = \sum(m_i \cdot \lambda_i \cdot R_i) / (m \cdot E(\lambda));$$
$$E(T) = \sum(m_i \cdot \lambda_i \cdot T_i) / (m \cdot E(\lambda)).$$

Op eenzelfde manier wordt de gemiddelde faalfrequentie bepaald als een gewogen gemiddelde. De λ uit de initiële basisformule wordt vervangen met deze gewogen faalfrequentie:

$$E(\lambda) = \sum(m_i \cdot \lambda_i) / m$$

De switch om de bevoorradingsstrategie te bepalen kan de volgende waarden hebben:

- $s=0$ bestelling na reparatie;
- $s=1$ bestelling direct na merkbaar falen.

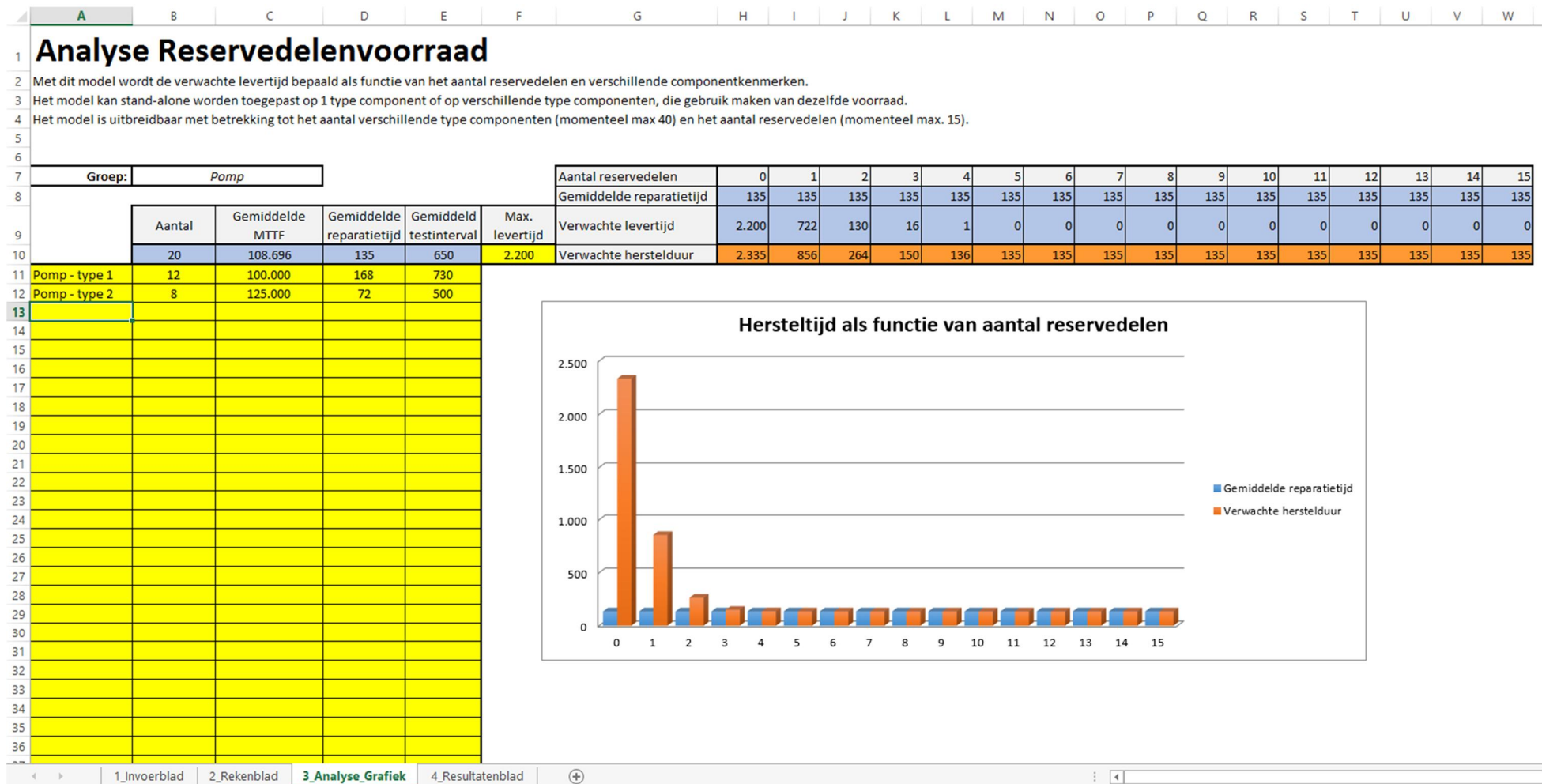
Bijlage C: Voorbeeld Reservedelenanalyse

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						
31																						
32																						
33																						
34																						
35																						
36																						
37																						
38																						

Figuur bijlage C-1: "1_Invoerblad"

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																

Figuur bijlage C-2: "2_Rekenblad"



Figuur bijlage C-3: "3_Analyse_Grafiek"

Overzicht reservedelenanalyse

T.b.v. Object / Complex: Verantwoordelijke: Datum: 13-9-2016
--

[illegible]