

Op weg naar een betere voorraadbepaling...

Bacheloropdracht Technische Bedrijfskunde

Oguzhan Bakir
S1131869

UNIVERSITEIT TWENTE.



1^e Begeleider Universiteit Twente:
Dr. J.M.G. Heerkens

2^e Begeleider Universiteit Twente:
Dr. Ir. L.L.M. van der Wegen

Begeleider Geas Energiewacht:
Dhr. J. Ezendam
Manager bedrijfsbureau

Voorwoord

Voor u ligt het rapport 'Op weg naar een betere voorraadbepaling'. Een onderzoek gehouden op het gebied van logistiek. Dit rapport is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. Van september 2014 tot en met juli 2015 ben ik bezig geweest met het onderzoek en het schrijven van dit rapport.

Dit onderzoek is verricht voor mijn stage bedrijf, Geas Energiewacht. Het onderzoek wat ik heb uitgevoerd was in het begin erg moeizaam, maar uiteindelijk heb ik de onderzoeksvraag kunnen beantwoorden. In het bijzonder wil ik graag mijn begeleider, Jan Ezendam, bedanken voor de fijne samenwerking en alle kansen die ik bij Geas heb gekregen om mijn onderzoek uit te voeren en mijn scriptie te schrijven. Zonder zijn medewerking en hulp had ik dit onderzoek nooit kunnen uitvoeren. Daarnaast wil ik graag Hans Heerkens en Leo van der Wegen bedanken voor de begeleiding vanuit de Universiteit Twente. Zonder hun goede begeleiding en feedback zou deze scriptie niet in deze vorm tot stand zijn gekomen. Ten slotte wil ik graag mijn vrienden en familie bedanken voor de steun tijdens dit onderzoek.

Oguzhan Bakir

Enschede, juli 2015.

Managementsamenvatting

Door een toename van de omzet in onderdelen heeft energieleverancier Geas het vermoeden dat sommige logistieke subprocessen inefficiënt verlopen. Om te kijken wat het probleem op logistiek gebied is en hoe dit kan worden aangepakt om de processen efficiënter te maken is dit onderzoeksrapport geschreven.

Uit de probleemidentificatie blijkt dat optimalisatie van de voorraadbepaling de grootste impact zal hebben op het oplossen van het hoofdprobleem "inefficiëntie in het logistieke proces". De voorraadbepaling is essentieel om te zorgen dat de monteurs de juiste onderdelen bij zich hebben tijdens een onderhoudsbeurt of storing, omdat het kan zijn dat er onderdelen vervangen moeten worden. Op dit moment wordt er geen standaardprocedure gevolgd om te bepalen of een onderdeel op voorraad in de auto moet liggen of per order wordt geleverd. De beslissingen die hierin genomen worden zijn enkel gebaseerd op ervaringen van werknemers. Dit is echter niet wenselijk, want de voorraadbepaling beïnvloedt het aantal pickregels en daarmee de werklast in het magazijn. Daarnaast kunnen er extra kosten ontstaan omdat delen van de voorraad in de auto niet gebruikt worden of juist de benodigde onderdelen niet aanwezig zijn.

Het doel van dit onderzoek is het opstellen van een beslissingsmodel om de efficiëntie van het logistiek proces te verhogen. Efficiëntie doelt op het verminderen van het aantal pickregels rekening houdend met het serviceniveau, de bestel-, voorraad- en tekortkosten. De hoofdvraag in dit onderzoek luidt: *"Hoe kan Geas met een beslissingsmodel bepalen op welke wijze de bedrijfsauto's bevoorraden kunnen worden (bij gelijk serviceniveau), zodat de integrale kosten geminimaliseerd worden?"*

Om de hoofdvraag te beantwoorden wordt eerst bekeken welke indicatoren nodig zijn voor het beslissingsmodel dat eruit ziet als een beslissingsboom. De indicatoren zijn namelijk de beslissingspunten in de -boom. In de huidige situatie worden zeven indicatoren gebruikt bij de afweging of een onderdeel op voorraad moet worden gelegd, namelijk:

1. Gebruik
2. Fase in de levenscyclus
3. Vervangingstijd
4. Volume van het onderdeel
5. Kwetsbaarheid
6. Kostprijs van het onderdeel
7. Kritieke elementen.

De analyse verschilt voor ieder onderdeel en er is geen vaste procedure waarmee de inkoopmedewerker zijn keuzes kan onderbouwen. Vervolgens wordt onderzocht welke kosten er ontstaan bij het bevoorraden van de auto's. De integrale kosten bestaan uit bestel- voorraad- en tekortkosten. Het blijkt dat de kostprijs weinig invloed heeft op de voorraadkosten, omdat de voorraadkosten grotendeels uit ruimtekosten bestaan. De tekortkosten bestaan alleen uit de herhaalbezoekkosten, want er worden geen spoedzendingen verwacht.

Om een oplossing te vinden wordt er vervolgens een literatuuronderzoek gedaan naar indicatoren met betrekking tot het bepalen van de voorraden die belangrijk zijn voor het beslissingsmodel. De indicatoren 1 t/m 6 die door Geas worden gebruikt zijn ook te vinden in de literatuur en worden meegenomen in het beslissingsmodel. De indicatoren die in de literatuur genoemd worden maar niet van toepassing zijn bij de voorraadbepaling zijn achtereenvolgens criticality, gewicht en levertijd. Kritieke onderdelen zijn bij Geas onderdelen die nauwelijks gebruikt worden en liggen altijd in het centraal magazijn. Het gewicht van een onderdeel heeft geen invloed op het voorraadbeheer. De

levertijd en -betrouwbaarheid worden ook niet meegenomen, omdat Geas met betrouwbare koeriers werkt die de monteurs altijd binnen één dag voorzien van nieuwe onderdelen. Tot slot wordt bekeken welke bestelmethodeken er zijn beschreven in de literatuur en hoe de gewenste bestelmethode toegepast kan worden. Deze zijn nodig om te bepalen wanneer en in welke hoeveelheden onderdelen besteld moeten worden.

Het antwoord op de hoofdvraag is een beslissingsboom waarmee bepaald kan worden of een onderdeel op voorraad moet zijn in de auto of per order wordt geleverd. De relevante indicatoren voor de beslissingsboom zijn achtereenvolgens fase in de levenscyclus van de cv-ketel, volume, vervangingstijd, gebruik, kwetsbaarheid en kostprijs. De fase in de levenscyclus is belangrijk, omdat alleen onderdelen met een historisch gebruik relevant zijn voor het model. De auto's hebben een beperkte capaciteit en daarom wordt het volume van een onderdeel ook meegenomen. Het volume is daarnaast essentieel om de ruimtekosten te bepalen. De vervangingstijd is belangrijk, omdat alle onderdelen die langer dan 1,5 uur duren om te vervangen niet op voorraad mogen liggen in de auto. Het gebruik is nodig om onderdelen te categoriseren in fast--, slow-- en non-movers. De kwetsbaarheid is nodig om de risicokosten te bepalen van ieder onderdeel. Deze indicatoren zijn weergegeven in de beslissingsboom in paragraaf 5.2. De beslissingsboom vormt de kern voor de nieuwe voorraadbepaling en wordt getoetst op een selectie onderdelen van Geas. Daarbij wordt duidelijk dat non-movers in tegenstelling tot fast-- en slow-movers erg weinig gebruikt worden terwijl de non-movers in grote hoeveelheden op voorraad liggen. De non-movers veroorzaken hierdoor onnodig voorraadkosten en worden niet meer op voorraad gelegd. De fast-movers worden wel altijd op voorraad gelegd. Ten slotte maakt de beslissingsboom voor slow-moving onderdelen een afweging tussen de voorraad- en tekortkosten.

Daarna wordt gekeken wat de gevolgen zijn het beslissingsmodel. Voor onderdelen die wel op voorraad moeten liggen, is het noodzakelijk dat het aanvulniveau wordt bepaald. Bij de bepaling van het aanvulniveau wordt in de nieuwe situatie rekening gehouden met de minimalisering van de wekelijkse totale kosten aan de hand van het (R,S)-model. De onderdelen worden dan periodiek aangevuld zodra het voorraadniveau onder het bestelniveau komt te liggen met een reviewperiode van 3 dagen. Hierdoor blijft de werkdruk in het magazijn laag op dinsdag, woensdag en vrijdag. Daarnaast kunnen de bestellingen gecombineerd worden op maandag en donderdag, zodat de transportkosten niet zullen stijgen. Door middel van een paar rekenvoorbeelden wordt aangetoond dat de totale wekelijkse kosten van een onderdeel verlaagd kunnen worden. Bovendien is er geen sprake van ruimtegebrek, omdat de voorraadkosten op de juiste wijze zijn meegenomen in de voorraadkosten. De verwachting is dat het resultaat van dit onderzoek hierdoor zal zorgen dat de integrale kosten gaan dalen.

Vervolgens is er een implementatieplan opgesteld dat uit twee stappen bestaat, namelijk (1) het verzamelen van de benodigde gegevens en (2) het programmeren van het beslissingsmodel. Het is essentieel dat de benodigde gegevens worden verzameld, zodat iedereen met het model volgens een standaardprocedure per monteur kan bepalen wat de beste voorraad is van elk onderdeel. Van ieder onderdeel moet bekend zijn wat het volume, de vervangingstijd, de kwetsbaarheid, het historisch gebruik, de gemiddelde voorraad in de auto en de kostprijs. Deze gegevens kunnen eenvoudig verkregen worden door ieder onderdeel te analyseren. Om ervoor te zorgen dat er eerst zoveel mogelijke ruimte ontstaat voor onderdelen die op voorraad in de auto moeten liggen, moeten eerst de non-moving onderdelen geanalyseerd worden. Voor onderdelen die wel op voorraad moeten zijn in de auto, is het vervolgens noodzakelijk dat het aanvulniveau wordt bepaald. De aanvulniveaus kunnen eenvoudig worden berekend met behulp van Microsoft Excel.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Managementsamenvatting.....	3
Hoofdstuk 1 – Inleiding	7
1.1 Bedrijfsbeschrijving.....	7
1.2 Aanleiding	7
1.3 Probleemidentificatie	8
1.3.1 Probleemkluwen	8
1.3.2 Kernprobleem.....	10
1.4 Probleembeschrijving	12
1.5 Doelstelling	13
1.6 Onderzoeksvragen	13
1.7 Afbakening	14
1.8 Onderzoeksopzet	15
1.9 Dataverzameling	15
Hoofdstuk 2 – Analyse van de huidige situatie	17
2.1 Het proces voorraadbeheer auto's.....	17
2.1.1 Min-max-voorraadlijst	17
2.1.2 Gepland gebruiklijst.....	18
2.1.3 Bevoegdheden.....	18
2.2 Indicatoren huidige voorraadbepaling	18
2.3 Integrale kosten	20
2.3.1 Bestelkosten	20
2.3.2 Voorraadkosten	21
2.3.3 Tekortkosten	23
2.4 Conclusie	24
Hoofdstuk 3 - Theoretisch kader.....	25
3.1 Indicatoren uit de literatuur	25
3.2 Theoretische bestelmethodeken	25
3.2.1 Vraagpatroon	25
3.2.2 Het EOQ-model	26
3.2.3 Continu bestellen	26
3.2.4 Periodiek bestellen	26
3.3 Gewenste bestelmethodek	27
3.3.1 Het (R,S)-model	27
3.3.2 De reviewperiode	28
3.3.3 Order-up-to-level S	28
3.4 Conclusie	29
Hoofdstuk 4 – Gewenste situatie.....	31
4.1 Stakeholders	31
4.1.1 Wensen.....	31
4.1.2 Eisen	31
4.2 Randvoorwaarden	31
4.3 Conclusie.....	32

Hoofdstuk 5 - Beslissingsmodel	33
5.1 Inleiding	33
5.1.1 Relevante indicatoren	33
5.1.2 Toelichting beslissingsboom.....	33
5.2 Beslissingsboom.....	38
5.3 Conclusie.....	39
Hoofdstuk 6 - Implementatie.....	40
6.1 De resultaten van de beslissingsboom	40
6.2 Gevolgen van het beslissingsmodel	41
6.2.1 Integrale kosten.....	43
6.2.2 Pickregels.....	44
6.2.3 Ruimte	44
6.2.4 Resultaten	45
6.3 Implementatieplan	45
6.3.1 Stap 1: Benodigde gegevens verzamelen	45
6.3.2 Stap 2: Het programmeren van het beslissingsmodel.....	46
6.4 Bevoegdheden en verantwoordelijkheden	46
6.5 Conclusie.....	47
Hoofdstuk 7 - Conclusie en aanbevelingen	48
7.1 Conclusie.....	48
7.2 Aanbevelingen	49
Bibliografie	50
Bijlage 1: Rollenbaan.....	51
Bijlage 2: Processchema voorraadbeheer.....	52
Bijlage 3: Administratie- en handelingskosten.....	53
Bijlage 4: Transportkosten	54
Bijlage 5: Herhaalbezoekkosten.....	55
Bijlage 6: Resultaten beslissingsmodel	56

Hoofdstuk 1 – Inleiding

Dit onderzoeksrapport is geschreven voor Geas Energiewacht om te kijken wat het probleem op logistiek gebied is en hoe dit kan worden aangepakt om de processen efficiënter te maken. Dit hoofdstuk geeft een algemeen beeld van dit onderzoek. Paragraaf 1.1 bevat informatie over Geas Energiewacht en paragraaf 1.2 beschrijft de aanleiding voor dit onderzoek. Paragraaf 1.3 geeft de probleemidentificatie weer, waarin de probleemkluwen en het kernprobleem worden beschreven. In paragraaf 1.4 wordt vervolgens het probleem beschreven. Daarna beschrijft paragraaf 1.5 de doelstelling van het onderzoek en paragraaf 1.6 bevat de onderzoeksvragen, inclusief een toelichting op de aanpak. In paragraaf 1.7 wordt daarna de afbakening weergegeven en paragraaf 1.8 beschrijft de onderzoeksopzet. Ten slotte komt in paragraaf 1.9 de methode van dataverzameling aan de orde.

1.1 Bedrijfsbeschrijving

Geas Energiewacht B.V. is een energiebedrijf te Enschede dat al ruim 45 jaar een begrip is in Oost-Nederland. Geas heeft in de regio Twente een marktaandeel van ruim 45% en er zijn ongeveer 230 werknemers in dienst. De 135.000 vaste abonnees krijgen dienstverlening op het gebied van:

- Onderhoud
- Service
- Verkoop
- Verhuur
- Lease van verwarmings- en warmwatertoestellen

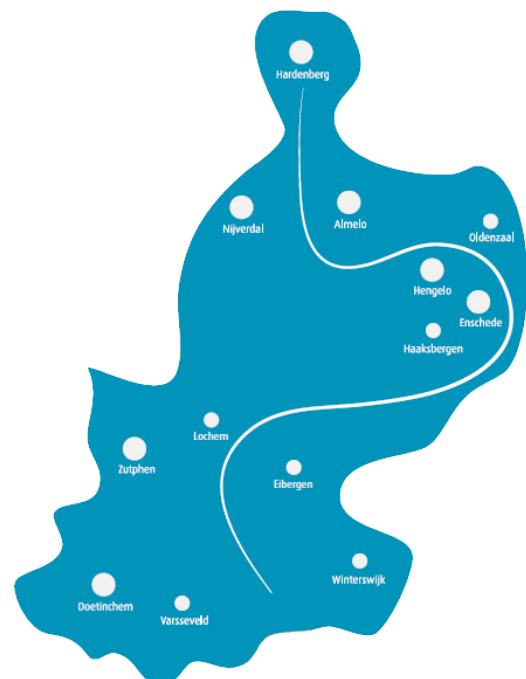
Het verzorgingsgebied is weergegeven in figuur 1. Geas sluit met zijn klanten verschillende contracten met verschillende dekkingen af. Bij ieder contract wordt elke 18 maanden onderhoud verricht. Dagelijks zijn er 120 servicemedewerkers in de regio op pad voor onderhoud aan cv-ketels en om storingen op te lossen. Vanuit het hoofdkantoor in Enschede wordt de planning en aansturing van de monteurs verzorgd, en er is een meldkamer die zeven dagen per week bereikbaar is.

Wanneer de afdeling planning heeft vastgesteld in welke periode de onderhoudsbeurt gedaan wordt, gaat het callcenter bellen voor een afspraak. De afdeling logistiek is verantwoordelijk voor de voorraad, zodat de monteur bij een onderhoudsbeurt of storing de benodigde onderdelen bij zich heeft.

1.2 Aanleiding

Het logistieke proces van Geas is een half jaar geleden ingrijpend gewijzigd. Er zijn onder andere twee shuttlesystemen geplaatst. Dit zijn twee computergestuurde liften van 10 meter hoog voor opslag en orderpicking. De magazijnmedewerkers zijn erg tevreden met deze investering, want ze kunnen sneller orders verzamelen.

Nu men gewend is aan de nieuwe situatie, wil de manager van het bedrijfsbureau graag een volgende slag maken. Doordat Geas groeit, neemt de omzet in onderdelen toe. De manager heeft het idee dat sommige logistieke subprocessen inefficiënt verlopen. Hierdoor is er een vermoeden dat ondanks de groei, extra medewerkers aannemen niet nodig is als deze processen efficiënter worden gemaakt. Daarom is er behoefte aan een onderzoek om te kijken wat het probleem op logistiek gebied is en hoe dit kan worden aangepakt om de processen efficiënter te maken.



Figuur 1 Verzorgingsgebied Geas Energiewacht

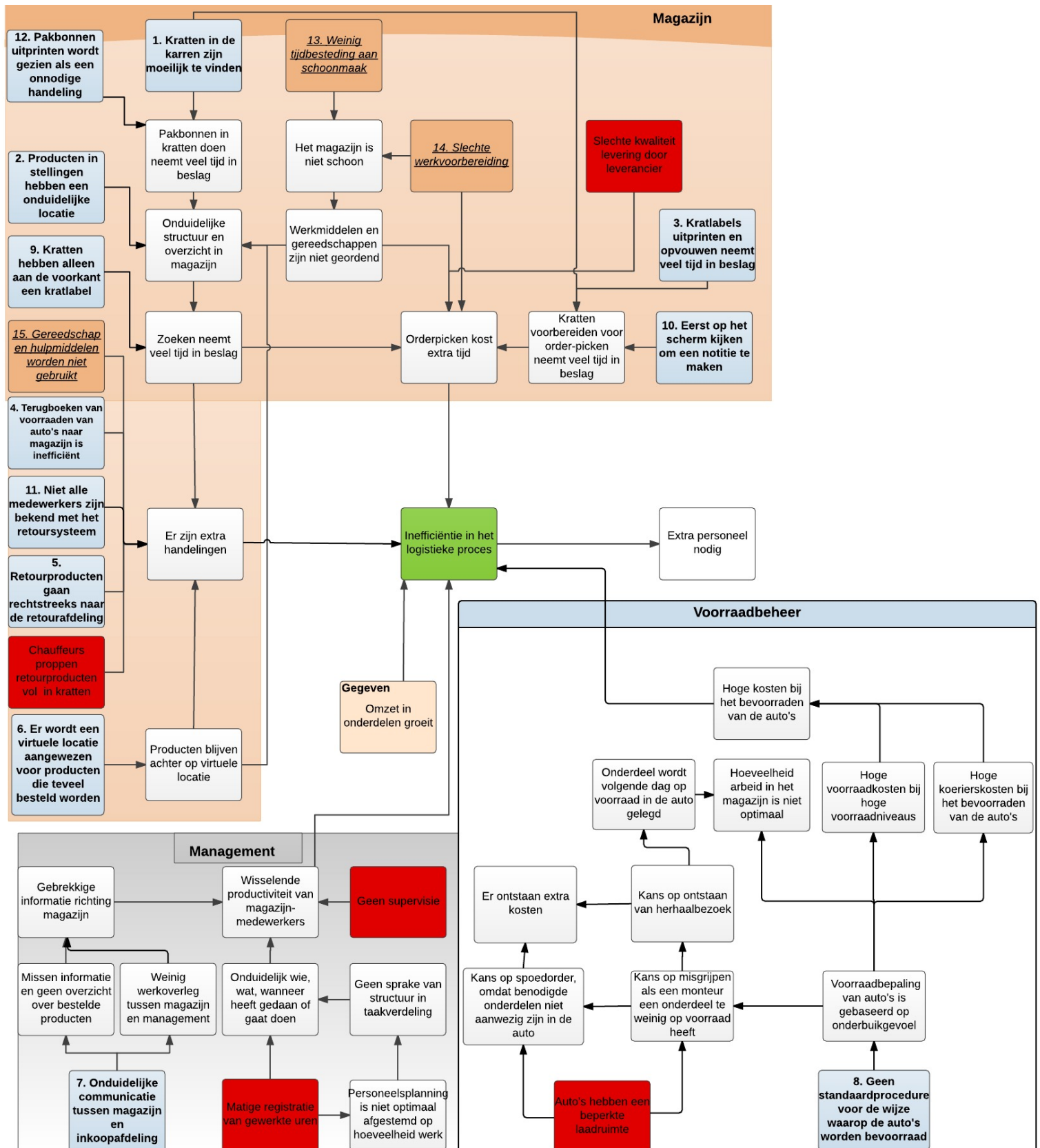
1.3 Probleemidentificatie

Volgens de Algemene Bedrijfskundige Probleemaanpak (ABP) is het geschetste probleem een handelingsprobleem: een door de probleemhebber waargenomen discrepantie tussen de norm en de realiteit (Heerkens & van Winden, 2012).

1.3.1 Probleemkluwen

Om beter inzicht te krijgen in de probleemsituatie is er een probleemkluwen opgesteld, zie figuur 2. De benodigde informatie is verkregen door gesprekken te houden met mensen die betrokken zijn bij het logistieke proces. Daarnaast zijn de logistieke subprocessen geanalyseerd op basis van bedrijfsdocumenten en een aantal meeloopdagen in het magazijn. De aanleiding van het onderzoek is in groen weergegeven.

Er zijn veel problemen ontdekt, omdat het logistieke proces omvangrijk is. Er is daarom onderscheid gemaakt tussen problemen in het magazijn, voorraadbeheer en managementproblemen. In de probleemkluwen is tevens een afbakening gemaakt van het onderzoek. De roodgekleurde problemen in figuur 1 zijn niet beïnvloedbaar en vallen hierdoor buiten het onderzoek. Problemen 13 en 14 kunnen opgelost worden wanneer het hoofdprobleem opgelost is, want als het logistieke proces efficiënter wordt, zullen de magazijnmedewerkers meer tijd hebben voor werkvoorbereiding en schoonmaken. Probleem 15 is direct oplosbaar; het enige dat moet gebeuren, is dat de gereedschappen en hulpmiddelen voortaan wel gebruikt worden. Deze drie oplosbare problemen worden niet meegenomen in het onderzoek.



Figuur 2 Probleemkluwen

1.3.2 Kernprobleem

Om het kernprobleem te vinden, wordt er gekeken naar het probleem dat geen oorzaken meer heeft en beïnvloedbaar is. Dit is het probleem dat aangepakt zou moeten worden om alle gevolgproblemen en uiteindelijk het hoofdprobleem “inefficiëntie in het logistieke proces” zo goed mogelijk op te lossen. Deze kernproblemen zijn lichtblauw weergegeven in de probleemkluwen (figuur 2). In tabel 1 volgt een korte toelichting op de mogelijke kernproblemen.

#	Probleembeschrijving
1	Orderpicken gebeurt met behulp van kratten die opgestapeld zijn in de karren. Wanneer onderdelen uit de stellingen verzameld moeten worden, is het moeilijk om het juiste krat te vinden in de karren. Het orderpicken kost daardoor extra tijd.
2	De producten in de stellingen hebben een onduidelijke locatie. Het orderpicken kost daardoor extra tijd.
3	Voordat de kratten op de rollenbaan ¹ gezet worden, moeten de kratlabels uitgeprint en opgevouwen worden. Deze handelingen nemen relatief veel tijd in beslag.
4	Er zijn veel administratieve handelingen nodig bij het terugboeken van de voorraden van de auto's naar het magazijn. Dit kernprobleem komt wel weinig voor volgens magazijnmedewerkers.
5	Retourproducten gaan rechtstreeks naar de retourafdeling. Dit is niet wenselijk want de magazijnmedewerkers moeten de producten dan sorteren in garantie, geen garantie en nieuw. Er ontstaan daardoor extra handelingen.
6	Er is een locatie aangewezen voor producten die teveel besteld worden, waarvoor er gebrek aan ruimte is. Deze locatie wordt virtueel genoemd, omdat de producten niet worden opgeslagen, maar midden in het magazijn staan. Medewerkers weten dat deze producten nodig zullen zijn bij de volgende orders. Het gevolg van dit kernprobleem is dat producten soms hier achterblijven, omdat niet alles nodig is bij de orders. Volgens de magazijnmedewerkers is deze manier van werken efficiënter, omdat de producten dan niet eerst in de shuttlekast of stellingen worden opgeslagen.
7	De communicatie tussen werknemers in het magazijn en op de inkoopafdeling is onduidelijk, daardoor is de management niet altijd voldoende betrokken bij het proces.
8	De voorraadbepaling van de auto's wordt geschat zonder standaardprocedure voor de wijze waarop de auto's worden bevoorraad. Iedere monteur heeft zijn eigen auto met bijbehorende voorraad. De inkoopmedewerker die verantwoordelijk is voor de voorraadbepaling, hanteert zijn eigen manier van schatten wat de monteur nodig heeft. Hierdoor is het mogelijk dat delen van de voorraad in de auto niet gebruikt worden, en kunnen extra kosten ontstaan omdat juist de benodigde onderdelen niet aanwezig zijn. Het belangrijkste gevolg van dit kernprobleem is dat de hoeveelheid arbeid in het magazijn niet optimaal is. De voorraadbepaling beïnvloedt namelijk de hoeveelheid orders die verzameld moeten worden door de magazijnmedewerkers.
9	De kratten hebben alleen aan de voorkant een kratlabel. De benodigde kratten zijn daardoor moeilijk vindbaar wanneer ze op de rollenbaan liggen. Dit is het geval wanneer magazijnmedewerkers onderdelen uit de stellingen verzamelen, terwijl de kratten op de rollenbaan zijn.
10	De magazijnmedewerkers kijken soms eerst op het scherm om een notitie te maken van de kratten die nodig zijn bij het orderpicken. Het orderpicken kost daardoor extra tijd.
11	Het retourproces is niet altijd efficiënt, omdat niet alle medewerkers bekend zijn met het retoursysteem -dit bleek uit een gesprek met een van de magazijnmedewerkers. Hierdoor

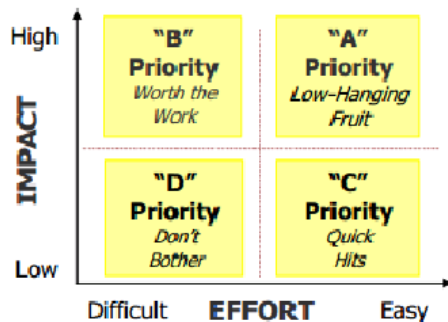
¹ De rollenbaan wordt gebruikt voor het verplaatsen van de kratten in de richting van de karren en shuttle-kasten, zie

	loopt het retourproces vertraging op.
12	Pakbonnen uitprinten wordt door magazijnmedewerkers gezien als een onnodige handeling. De pakbon ziet de monteur ook op zijn PDA.

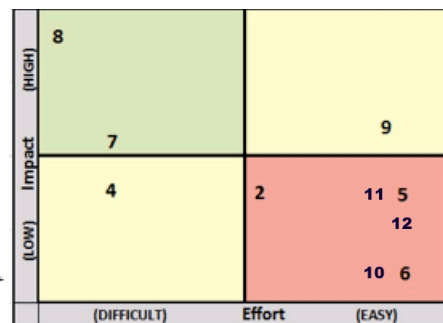
Tabel 1 Kernproblemen

1.3.2.1 The impact /effort-matrix

Het is nu van belang om na te gaan in hoeverre de mogelijke kernproblemen significant bijdragen aan het hoofdprobleem, en een globale inschatting te maken van het probleem dat het belangrijkste is om aan te pakken. Dit kernprobleem is het probleem, waarvan de oplossing het grootste effect heeft en de kosten het laagst zijn (Heerkens & van Winden, 2012). Om te bepalen welk probleem dat is, wordt de impact/effort matrix gebruikt (Paris, et al., 2007).



Figuur 3.1 Impact/effort-matrix



Figuur 3.2 Impact/effort-matrix

Impact staat voor de mate van verbetering of het aantal voordelen dat iets oplevert. Effort staat voor hoeveel tijd, geld en energie iets kost. Wanneer impact en effort tegen elkaar afgezet worden, ontstaat de matrix die in figuur 3.1 is weergegeven. De matrix bevat vier categorieën:

- *High impact/easy effort: Het aanpakken van deze problemen kost weinig tijd, geld en energie, en heeft veel voordelen. Problemen in deze categorie hebben de hoogste prioriteit.*
- *High impact/difficult effort: Het aanpakken van deze problemen levert veel op, maar kost ook veel inspanning.*
- *Low impact/easy effort: Deze problemen aanpakken kost weinig inspanning, maar levert ook weinig op.*
- *Low impact /difficult effort: Problemen uit deze categorie kosten veel inspanning om op te lossen en leveren weinig voordelen op. Deze problemen hebben de laagste prioriteit.*

In figuur 3.2 zijn de hiervoor beschreven kernproblemen weergegeven in een impact/effort-matrix. Kernprobleem 1 en 3 worden buiten beschouwing gelaten, omdat ze binnen Geas al bekeken worden.

- Het oplossen van probleem 2 kost weinig tijd, geld en energie, maar heeft weinig impact op het hoofdprobleem. Dit komt doordat de meeste producten in de shuttlekast zijn opgeslagen.
- Het oplossen van probleem 4 kost veel tijd en energie omdat het informatiesysteem dan opnieuw moet worden ingericht. Bovendien zal de oplossing weinig impact hebben op het hoofdprobleem omdat dit probleem weinig voorkomt.
- Probleem 6 oplossen kost het minste effort, omdat het probleem direct oplosbaar is als de magazijnmedewerkers zich aan de afspraken houden. Daarnaast zal het oplossen van dit probleem weinig impact hebben op het hoofdprobleem, want volgens de magazijnmedewerkers levert deze manier van werken (virtuele locatie) meer voordelen op dan nadelen.
- Probleem 7 kost veel tijd, geld en energie, maar zal in tegenstelling tot de problemen 2, 4, 5 en 6 veel impact hebben. De manager wil echter dat de magazijnmedewerkers niet het

gevoel krijgen dat ze gecontroleerd worden. Dit probleem wordt daarom buiten beschouwing gelaten.

- Probleem 8 kost meer tijd en energie dan alle problemen, maar levert ook veel meer voordelen op. Dit komt doordat de meeste extra kosten in het logistieke proces veroorzaakt worden door de voorraadbepaling van de auto's.
- Probleem 9 kost minder tijd, geld en energie dan probleem 7; het enige dat moet gebeuren, is dat de kratten ook aan de achterkant een label krijgen. Probleem 9 zal in tegenstelling tot probleem 7 minder impact hebben, omdat probleem 7 vaker voorkomt.
- Probleem 10 oplossen kost weinig tijd en zal weinig impact hebben op het hoofdprobleem. Het maken van een notitie vermindert namelijk de kans op fouten.
- De problemen 5 en 11 zijn direct oplosbaar met trainingen, en als medewerkers zich houden aan afspraken. Dit probleem kost daarom weinig tijd en energie en zal in tegenstelling tot probleem 8 minder impact hebben, omdat probleem 8 vaker voorkomt.
- Probleem 12 kost ten slotte ook weinig tijd, geld en energie; het enige dat moet gebeuren, is dat de bonnen niet meer uitgeprint worden. Dit zal wel weinig impact hebben op het hoofdprobleem, omdat het niet uitprinten van de bonnen weinig besparing zal opleveren.

Omdat Geas de omzet in onderdelen ziet toenemen, zal de optimalisatie van de voorraadbepaling de meeste impact hebben op het oplossen van het hoofdprobleem. Probleem 8 wordt daarom gekozen als het kernprobleem.

1.4 Probleembeschrijving

De impact/effort-matrix heeft geholpen om het probleem met de hoogste prioriteit te kiezen. Dat is het probleem dat de voorraadbepaling van de bedrijfswagens wordt geschat zonder standaardprocedure voor de wijze waarop de auto's worden bevoorraad.

Onderdelen voor in de bedrijfswagens kunnen op twee manieren worden geleverd: aan de hand van een min-max-voorraadlijst² of een gepland gebruiklijst. Onderdelen die op de min-max-voorraadlijst staan, liggen op voorraad in de auto's en worden maximaal twee keer in de week aangevuld.

Onderdelen die op de gepland gebruiklijst staan, zijn niet op voorraad in de auto's en kunnen dagelijks worden geleverd. De beslissingen die hierin genomen worden door de afdeling logistiek zijn enkel gebaseerd op ervaringen van werknemers.

Met ongeveer 350.000 'pickregels' op jaarbasis is het voor Geas van belang op welke wijze de auto's worden bevoorraad. Een pickregel ontstaat als er een bestelling geplaatst wordt.³ Het aantal pickregels geeft aan hoeveel verschillende onderdelen gepickt moeten worden, en daarmee de werklast in het magazijn. De werklast bepaalt de arbeidstijd en dus de personeelskosten. Door te zorgen dat het aantal pickregels daalt, zal de werklast in het magazijn dalen. Minder vaak bestellen zorgt er uiteraard voor dat het aantal pickregels daalt, maar een belangrijke randvoorwaarde is dat er rekening gehouden moet worden met de integrale kosten: bestel-, voorraad- en tekortkosten. Met minder vaak bestellen wordt enerzijds bespaard op de bestelkosten, anderzijds ontstaan er extra voorraadkosten, omdat de hoeveelheid onderdelen per bestelling stijgt. Vanwege een onvoorspelbare vraag, moet er hiernaast ook rekening gehouden worden met de mogelijke tekortkosten.

Samengevat is het probleem dat er geen standaardprocedure wordt gevolgd om te bepalen op welke wijze en in welke hoeveelheden de onderdelen geleverd moeten worden. Omdat beslissingen

² Dit is een lijst met verschillende onderdelen waarop aangegeven staat wat de minimale en maximale voorraadniveau is.

³ Het leveren van onderdelen aan de monteurs zal vanaf nu in het verslag beschreven worden met de term 'bestellen'. Met 'bestellen' wordt niet inkopen van onderdelen bedoeld.

gebaseerd zijn op onderbuikgevoelens en de omzet in onderdelen toeneemt, heeft Geas behoefte aan een standaardprocedure om de voorraden te beheren.

1.5 Doelstelling

Uit de bovenstaande probleembeschrijving volgt de doelstelling van dit onderzoek:

Het doel van dit onderzoek is het verhogen van de efficiëntie van het logistieke proces met behulp van een beslissingsmodel.

Efficiëntie doelt in dit onderzoek op het verminderen van het aantal pickregels om de auto's te bevoorraden. Er moet rekening gehouden worden met de eisen en wensen van Geas, integrale kosten en behoud van het serviceniveau.

Er wordt een beslissingsboom gebruikt, zodat er eerst volgens een standaardprocedure bepaald kan worden welke onderdelen op voorraad moeten zijn in de auto's en welke niet. De beslissingsboom moet de kern vormen voor de nieuwe voorraadbepaling. De reden hiervoor is dat een beslissingsboom gemakkelijk te begrijpen en implementeren is.

Vervolgens kan Geas met behulp van een bestelmethode⁴ bepalen wat het bestelmoment en de bestelhoeveelheid van een onderdeel moeten zijn. Een bestelmoment kan zijn dat op een willekeurig moment een bestelling wordt geplaatst of dat dit periodiek gebeurt. De bestelhoeveelheid kan iedere keer dezelfde zijn of per keer variëren. Wanneer het onderzoek is afgerond en de oplossing voor het kernprobleem is gevonden, kan de manager deze toepassen binnen het bedrijf.

1.6 Onderzoeksvragen

Naar aanleiding van de probleembeschrijving en doelstelling wordt de volgende hoofdonderzoeksvraag geformuleerd:

Hoe kan Geas met een beslissingsmodel bepalen op welke wijze de bedrijfsauto's bevoorrad kunnen worden (bij gelijk serviceniveau), zodat de integrale kosten geminimaliseerd worden?

Om de hoofdvraag te beantwoorden wordt deze gesplitst in deelvragen, waarvoor per vraag een plan van aanpak wordt opgesteld. De structuur van de probleemaanpak is gebaseerd op de K3 (kunnen, kennen en kiezen, Heerkens & van Winden, 2012). Bij kunnen gaat het om alle activiteiten die uitgevoerd moeten worden. Bij kennen gaat het om alles wat je moet weten. En ten slotte gaat kiezen om het selecteren van opties. Hieronder volgen de deelvragen met een korte toelichting.

1. Hoe ziet de huidige situatie eruit?

- Hoe ziet het proces van voorraadbeheer voor de bedrijfsauto's eruit?
- Welke indicatoren worden in de huidige situatie gebruikt voor voorraadbepaling?
- Welke kosten ontstaan er bij het bevoorraden van de auto's?

De analyse van de huidige situatie is noodzakelijk voor het maken van een afbakening voor het beslissingsmodel en dient te resulteren in elementen die een rol spelen bij het bepalen van de voorraden voor de auto's.

Als eerste wordt gekeken hoe het huidige proces voorraadbeheer van auto's eruit ziet. Daarna wordt er gekeken hoe de huidige voorraadbepaling eruit ziet en welke indicatoren gebruikt worden voor het bepalen van de voorraden in de auto. Ter verduidelijking, het gaat hierbij niet om prestatie-indicatoren, maar om indicatoren die als criteria gebruikt worden bij de voorraadbepaling. Vervolgens wordt er gekeken welke kosten er ontstaan bij het bevoorraden van auto's, zodat alleen relevante kosten worden meegenomen in het beslissingsmodel. Deze kosten zijn de integrale kosten.

⁴ De bestelmethode geeft aan wanneer er hoeveel besteld moet worden (Durlinger, 2013).

De huidige situatie wordt geanalyseerd door hierover gesprekken te voeren met de manager van het bedrijfsbureau en de inkoopmedewerker die verantwoordelijk is voor de voorraadbepaling. Er wordt daarnaast informatie opgehaald door interne documenten te bestuderen over voorraden in de auto's en processchema's.

2. Welke indicatoren en bestelmethodeken zijn beschreven in de literatuur?

Deze onderzoeksvraag gaat in op de theorie over het bepalen van voorraden, die noodzakelijk is bij het ontwikkelen van het beslissingsmodel. Er wordt literatuuronderzoek gedaan naar indicatoren die met betrekking tot het bepalen van voorraden belangrijk zijn voor het beslissingsmodel. Die indicatoren worden in hoofdstuk 4 als beslissingspunten gebruikt.

Vervolgens wordt gekeken welke bestelmethodeken er zijn beschreven in de literatuur en hoe deze toegepast kunnen worden. Deze zijn nodig om te bepalen wanneer en in welke hoeveelheden onderdelen besteld moeten worden. Vervolgens wordt de gewenste bestelmethodeiek gekozen.

3. Wat is de gewenste situatie?

Voordat het beslissingsmodel wordt opgesteld, is het essentieel om de gewenste situatie te bepalen met betrekking tot eisen en wensen van de stakeholders en randvoorwaarden van het model. Het antwoord op deze deelvraag vormt een richtlijn voor de oplossing. Als eerste zullen er gesprekken met de stakeholders worden gehouden, zodat de wensen en eisen duidelijk worden. Vervolgens worden de randvoorwaarden opgesteld waaraan het beslissingsmodel moet voldoen.

4. Hoe ziet het beslissingsmodel eruit om de voorraden voor de auto's te bepalen?

- Welke indicatoren bepalen de beslissing in het beslissingsmodel?
- Wat zijn de grenswaarden van de indicatoren?
- Het ontwerpen van het beslissingsmodel.

In deze onderzoeksvraag wordt op basis van de resultaten van de deelvragen 1 t/m 3 het beslissingsmodel opgesteld. Het beslissingsmodel ziet eruit als een -boom, omdat die begrijpelijk is en gemakkelijk implementeerbaar. Als eerste worden de relevante indicatoren gekozen. Deze indicatoren zijn de beslissingspunten in de -boom, die worden behandeld op basis van literatuuronderzoek. Vervolgens worden er aannames gedaan voor het beslissingsmodel, wat daarna nader wordt toegelicht. Het beslissingsmodel bepaalt in dit onderzoek alleen welke onderdelen in de auto's op voorraad gelegd moeten worden en niet de onderdelen die in de magazijn moeten liggen. De vervolgstappen van deze deelvraag worden in de volgende paragraaf behandeld.

5. Hoe kan Geas het beslissingsmodel implementeren?

- Wat zijn de gevolgen van de gewenste bestelmethodeiek?
- Hoe kan de verandering op correcte wijze worden uitgevoerd?

Als de beslissingsboom bepaalt dat een onderdeel in een auto op voorraad moet zijn, dan moet nog worden gekeken wat de gevolgen zijn van het beslissingsmodel aan de hand van een aantal rekenvoorbeelden. Het model wordt door middel van een steekproef getoetst op een selectie onderdelen van Geas. Daarbij worden de integrale kosten geanalyseerd om te concluderen of deze kosten geminimaliseerd zullen worden. Toepassing van het theoretisch kader in hoofdstuk 3 geeft grotendeels antwoord op deze deelvraag. Daarna wordt er een implementatieplan opgesteld om de verandering op correcte wijze uit te voeren. Daarbij wordt gekeken naar de benodigde gegevens, bevoegdheden en verantwoordelijkheden.

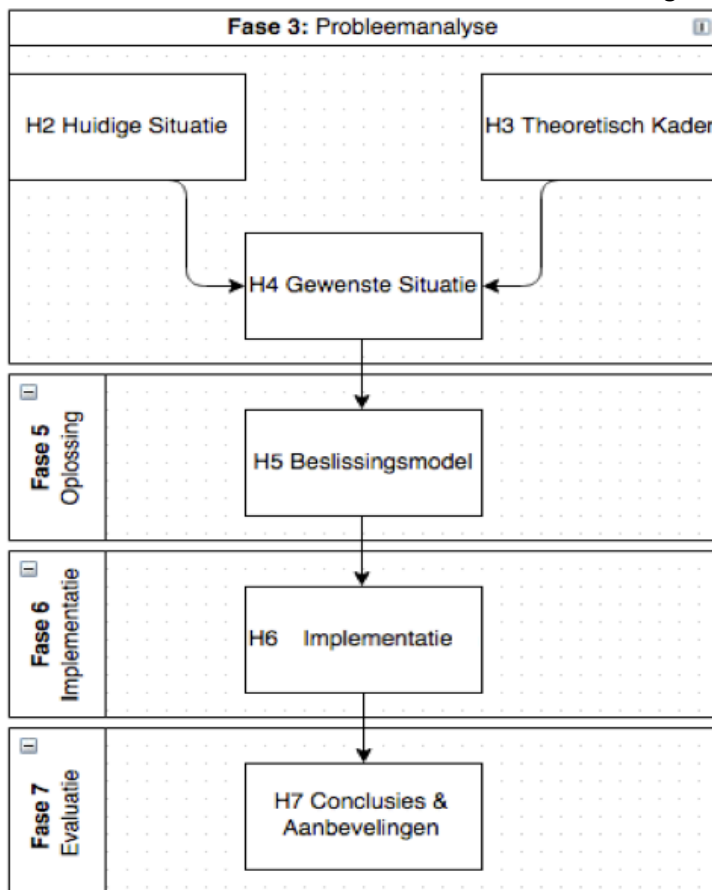
1.7 Afbakening

De volgende factoren beperken het onderzoek:

- Er wordt gefocust op onderdelen, omdat de toename van omzet in onderdelen de aanleiding is van dit onderzoek, en niet kantoormiddelen of gereedschappen.
- De bevoorrading van het centrale magazijn is niet meegenomen in het onderzoek, omdat ervan uit wordt gegaan dat alle onderdelen aanwezig zijn in het centrale magazijn.
- In het onderzoek worden alleen de cv-monteurs meegenomen, want het grootste deel van de omzet komt uit de levering van onderdelen aan cv-monteurs en hier zitten ook de bottlenecks.
- De huidige auto's hebben een beperkte laadruimte, en investeren in nieuwe auto's is financieel gezien onmogelijk.
- De vraag naar onderdelen is niet beïnvloedbaar.
- Dit onderzoek kent een kort tijdsbestek.

1.8 Onderzoeksopzet

De structuur van het onderzoek is gebaseerd op de ABP van Heerkens & Van Winden, 2012, weergegeven in figuur 4. Het onderzoeksrapport is als volgt opgebouwd: In hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie geanalyseerd, waarin de eerste deelvraag wordt beantwoord. In hoofdstuk 3 wordt het theoretisch kader beschreven en in hoofdstuk 4 de gewenste situatie. In hoofdstuk 5 wordt het beslissingsmodel opgesteld op basis van de resultaten uit hoofdstuk 2 t/m 4. In hoofdstuk 6 wordt de implementatie van het beslissingsmodel beschreven. Ten slotte volgt in hoofdstuk 7 de evaluatie van het onderzoek in de vorm van conclusies en aanbevelingen.



Figuur 4 Fase van de ABP (Heerkens & van Winden, 2012)

1.9 Dataverzameling

Om informatie te verzamelen, wordt er gezocht naar interne documenten van Geas. Op de afdeling logistiek wordt gezocht naar documenten over het proces van voorraadbeheer, historisch gebruik, en lijsten met voorraden van de auto's van de monteurs.

Gegevens die niet beschikbaar zijn in de documenten, kunnen verkregen worden met Navision. Navision is het ERP-systeem (Enterprise Resource Planning) van Geas. In dit informatiesysteem worden bijna alle relevante alle gegevens opgeslagen, waaronder kostprijs, verkoopprijs, leverancier en voorraadniveau van elk onderdeel. Uit dit systeem kunnen ook historische gegevens worden opgehaald, zoals het historisch gebruik en aantal tekorten.

Er vinden waar nodig observaties plaats, en om geldige en betrouwbare informatie te verzamelen, worden interviews en gesprekken gehouden met de stakeholders. Om de onderzoeksvragen te beantwoorden zal er ten slotte literatuuronderzoek worden gedaan. De literatuur komt uit de volgende bronnen:

- Wetenschappelijke artikelen op het internet (Google Scholar en Scopus)
- Studieboeken Technische Bedrijfskunde

Hoofdstuk 2 – Analyse van de huidige situatie

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden, moet eerst de huidige situatie geanalyseerd worden. Dit is nodig voor het verkrijgen van meer inzicht in het logistieke proces, en dient te resulteren in elementen die nodig zijn voor het beslissingsmodel. Het analysekader bestaat uit elementen die binnen Geas worden gebruikt bij het logistieke proces, waarmee in hoofdstuk 5 en 6 de data wordt geanalyseerd. Als eerste wordt in paragraaf 2.1 antwoord gegeven op de deelvraag: ‘Hoe ziet het proces voorraadbeheer van auto’s eruit?’. Hierbij wordt bekeken hoe het huidige logistieke proces eruit ziet met betrekking tot bevoorraden van auto’s. Vervolgens wordt in paragraaf 2.2 antwoord gegeven op de deelvraag: ‘Welke indicatoren worden in de huidige situatie gebruikt bij voorraadbepaling?’ Hierbij wordt bekeken welke indicatoren als criteria gebruikt worden bij de voorraadbepaling. Ten slotte geeft paragraaf 2.3 antwoord op de deelvraag: ‘Welke kosten ontstaan er bij het bevoorraden van auto’s?’ Deze paragraaf biedt een overzicht van de integrale kosten.

2.1 Het proces voorraadbeheer auto’s

Deze paragraaf beschrijft het huidige proces voorraadbeheer van auto’s. Aan de hand van dit processchema en gesprekken met de medewerkers van de afdeling logistiek worden de variabelen geïdentificeerd die relevant zijn voor de beslissingsboom. Het proces start bij het analyseren van het gebruik van onderdelen (15), vervolgens wordt de min-max-voorraadlijst vastgesteld (10), zie bijlage 2. Door gesprekken te houden met de medewerkers die verantwoordelijk zijn voor deze twee stappen wordt er in paragraaf 2.2 gezocht naar indicatoren die relevant zijn voor het beslissingsmodel. Het proces voorraadbeheer wordt als eerst kort beschreven.

In paragraaf 1.4 is naar voren gekomen dat onderdelen die in een auto op voorraad zijn, op basis van een vooraf handmatig vastgestelde min-max-voorraadlijst besteld worden. Het geplande gebruik wordt dagelijks uitgevoerd.

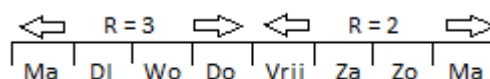
Doordat de monteurs gebruik maken van een PDA waarop ze aangeven welke onderdelen er gebruikt worden, wordt het voorraadniveau van elk onderdeel bijgehouden. Het ERP-systeem controleert elke maandag en donderdag of het voorraadniveau van een onderdeel onder het minimum is gezakt. Dit systeem berekent dan automatisch de bestelhoeveelheid, zodat het voorraadniveau van een onderdeel in de auto weer aangevuld wordt tot het maximum.

Vervolgens worden de onderdelen verzameld in een krat. De koerier komt elke dag om 18:00 uur de zendingen ophalen en bezorgt die bij de betreffende auto’s. Als laatste boeken de monteurs de onderdelen in en controleren of ze alle onderdelen hebben ontvangen.

2.1.1 Min-max-voorraadlijst

Onderdelen die in de auto op voorraad zijn, staan op een lijst met onderdelen die de monteur altijd in zijn auto dient te hebben, met vermelding van de minimale en maximale voorraad. Deze voorraadlijst wordt samengesteld aan de hand van verschillende indicatoren, op basis van schattingen die in paragraaf 2.3 worden beschreven.

De bevoorrading aan de hand van de voorraadlijst gebeurt twee dagen in de week. De onderdelen worden periodiek bevoorradt aan de hand van het (R, s, S)-voorraadmodel (Durlinger, 2013). De R staat voor reviewperiode (tijdseenheid tussen twee beoordelingen), (s) voor het reorderlevel en (S) voor het order-up-to-level. Iedere periode R wordt er gekeken naar het voorraadniveau. In de huidige situatie bij Geas is R dus gelijk aan 2 respectievelijk 3 werkdagen, weergegeven in figuur 5.



Figuur 5 Reviewperiode

Als het voorraadniveau lager is dan s wordt het niveau aangevuld tot S . Er gebeurt niets als het niveau tussen s en S zit. Deze methode wordt ook wel de min-max-methode genoemd. De bestelhoeveelheid is hierin variabel en staat gelijk aan het verschil tussen het voorraadniveau op het bestelmoment en S .

In de huidige situatie wordt het reorderlevel en order-up-to-level bepaald op grond van ervaring.

In tabel 2 wordt een voorbeeld van de min-max-voorraadlijst weergegeven voor artikelnummer 10000 in de regio Almelo. In Almelo zijn 9 monteurs werkzaam en iedere monteur heeft dit artikel op voorraad. De maximumvoorraad bij iedere monteur is gelijk aan 10 stuks en het minimum is gelijk aan 3 stuks.

Het blijkt dat sommige monteurs dit artikel (bijna) nooit verkocht hebben, zoals monteur M030 (zie tabel 2). Hieruit kan geconcludeerd worden dat het gebruik per monteur verschilt. Als een onderdeel nog nooit gebruikt is door een monteur, dan kan echter niet direct geconcludeerd worden dat de monteur dit onderdeel onnodig op voorraad heeft. Naast het gebruik van een onderdeel spelen namelijk ook andere factoren een belangrijke rol bij het bepalen van de voorraden in de auto's. In paragraaf 2.3 wordt gekeken naar de relevante criteria.

M030				
Artikel	Verkocht in regio Almelo	Max	Min	Verkocht door M030
10000	37	10	3	0

Tabel 2 Min-Max voorraadlijst monteur 30

2.1.2 Gepland gebruiklijst

De onderdelen kunnen ook geleverd worden aan de hand van het gepland gebruik. Dit houdt in dat elke dag wordt gekeken of een onderdeel de volgende dag nodig is bij een cv-ketel. De voorraad van een onderdeel wordt niet aangevuld als een monteur dit onderdeel al op voorraad heeft.

Gepland gebruik komt vooral voor als een klant een speciaal onderdeel nodig heeft; als één klant een nieuw type cv-ketel heeft, dan worden niet alle auto's bevoorrad met de onderdelen die nodig zijn voor dit type ketel. In tabel 3 wordt een voorbeeld van de gepland gebruiklijst weergegeven voor cv-ketel Vaillant Vhr 18-22 C. Wanneer vastgesteld wordt dat een monteur groot onderhoud (GROH) moet uitvoeren bij een klant, dan wordt er eenmaal artikel 23535 geleverd (Gepland Gebruik Geas, 2014).

Normcategorie	Omschrijving	Dienstcode	Verbruikstype	Verbruiksnr.	Aantal	Normsoort
LEVERING	Vaillant Vhr 18-22 C	GROH	Artikel	23535	1	Verbruik

Tabel 3 Gepland verbruik

Een onderdeel kan dus op twee manieren aan de monteur worden geleverd, namelijk twee keer in de week (min-max-voorraadlijst) of elke dag (gepland gebruiklijst).

2.1.3 Bevoegdheden

Op de afdeling logistiek is er één inkoopmedewerker die verantwoordelijk is voor het beheren van de voorraadlijsten. Deze medewerker heeft hier moeite mee, omdat er geen inzicht is in de kosten die hiermee ontstaan. Daarnaast heeft de medewerker weinig tijd om deze lijsten te beheren, omdat er andere taken zijn, zoals het inkopen van producten. Omdat de andere inkoopmedewerkers minder kennis hebben van voorraadbeheer, ligt alle verantwoordelijkheid bij deze inkoopmedewerker.

2.2 Indicatoren huidige voorraadbepaling

Voorraadbepaling is essentieel om te zorgen dat de monteurs de juiste onderdelen bij zich hebben tijdens een onderhoudsbeurt of storing, omdat het kan zijn dat er onderdelen vervangen moeten worden. Er wordt bepaald of een onderdeel aan de hand van de min-max-lijst of de gepland gebruiklijst wordt geleverd en in welke hoeveelheden.

De samenstelling van de voorraad in de auto wordt bepaald door de afdeling logistiek, en is afhankelijk van het type ketel in het gebied waar de monteurs werkzaam zijn en de functie van de monteur. De monteurs zijn ingedeeld in teams, die elk verantwoordelijk zijn voor een regio, waarvan Enschede, Hengelo, en Almelo de grootste CV-teams zijn.

Bij de voorraadbepaling zijn veel indicatoren gebaseerd op een onderbuikgevoel. Nogmaals ter verduidelijking, het gaat hierbij niet om prestatie-indicatoren, maar om indicatoren die als criteria gebruikt worden bij de voorraadbepaling. Om vast te stellen op welke wijze de auto's worden bevoorraadt, wordt voornamelijk gebruikgemaakt van zeven indicatoren, die hieronder beschreven worden.

2.2.1 Gebruik

Het criterium gebruik per regio is de meest voorkomende factor bij de voorraadbepaling. Het minimumvoorraadniveau *s* en het maximumvoorraadniveau *S* van de onderdelen die op voorraad moeten zijn in de auto, worden geschat aan de hand van het historisch gebruik. Uit de analyse van de huidige min-max-voorraadlijst blijkt dat onderdelen met een hoog gebruik per regio, voor alle monteurs van dat team op voorraad worden gelegd en dat iedere monteur dezelfde hoeveelheid meekrijgt. Hierdoor zijn er monteurs die een grote voorraad in de auto hebben aan onderdelen die bijna niet gebruikt worden. Het gebruik van grijpmateriaal⁵ wordt niet bijgehouden door het systeem.

2.2.2 Fase in de levenscyclus

Het criterium fase in de levenscyclus is belangrijk, omdat cv-ketels een beperkte levensduur hebben, waardoor de onderdelen van cv-ketels incurant kunnen worden. De kans dat een onderdeel incurant wordt, is bij een oude cv-ketel veel groter dan bij een nieuwe. Daartegenover is de behoefte aan onderdelen bij een oude ketel veel groter dan bij een nieuwe, goedwerkende ketel. Het is niet wenselijk om nog veel onderdelen van een bepaalde ketel op voorraad te houden aan het einde van zijn levenscyclus, omdat er daarna geen gebruik meer op die onderdelen is. Geas heeft geen vastgestelde grenswaarde waarmee kan worden bepaald in welke fase van de levenscyclus een onderdeel zich bevindt.

2.2.3 Vervangingstijd

De vervangingstijd van een onderdeel is ook een belangrijk criterium. Geas heeft onderdelen die veel tijd in beslag nemen om te vervangen, waardoor de monteur weinig tijd over heeft voor andere klussen. Deze onderdelen worden daardoor liever niet op voorraad in de auto gelegd, maar er wordt bij voorkeur een herhaalbezoek gepland, waardoor in de planning rekening gehouden wordt met het tijdsbeslag. Geas heeft geen vastgestelde grenswaarde voor de vervangingstijd waarmee bepaald kan worden of een onderdeel op voorraad in de auto moet liggen.

2.2.4 Volume van het onderdeel

Het volgende criterium is het volume van een onderdeel. Dit speelt een grote rol, want elk onderdeel dat op voorraad wordt gehouden in de auto, betekent dat er minder ruimte overblijft voor andere onderdelen. Omdat het volume verschilt per onderdeel, kunnen kleine onderdelen gemakkelijk op voorraad liggen, maar grote onderdelen niet. Cv-ketels passen niet in de auto en liggen dus niet op voorraad. Er zijn momenteel geen gegevens bekend met betrekking tot het volume van onderdelen, waardoor de grenswaarde van dit criterium niet bepaald kan worden. Een goede benadering is wel mogelijk, en komt aan bod in paragraaf 2.3.2.

⁵ Grijpmateriaal, zoals schroeven, gereedschap setjes en poetsdoeken, moet de monteur zelf bestellen wat hij daarvan wil hebben.

2.2.5 Kwetsbaarheid

Het criterium kwetsbaarheid heeft ermee te maken dat onderdelen beschadigd kunnen worden, omdat ze kwetsbaar zijn. Dit zijn vooral onderdelen met een slechte verpakking. Deze onderdelen kunnen dan niet meer verkocht worden, waardoor Geas er verlies op maakt. Een voorbeeld van een kwetsbaar onderdeel is een printplaat, een elektronisch onderdeel dat erg gevoelig is voor invloeden van buitenaf, waardoor het snel onbruikbaar kan worden. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren als een zwaar object op een kwetsbaar onderdeel valt. Grote onderdelen zijn meestal verpakt in dozen en zijn daardoor minder kwetsbaar in de auto.

2.2.6 Kostprijs van het onderdeel

Het criterium kostprijs is ook belangrijk bij de voorraadbepaling. Voor Geas maakt het namelijk geen groot verschil of een goedkoop onderdeel incourant wordt, maar voor een duur onderdeel is dat een ander verhaal. Geas bestelt die eerste categorie onderdelen soms in grote hoeveelheden, omdat het weinig uitmaakt als deze onderdelen incourant worden. Echter, er wordt weinig rekening gehouden met de extra voorraadkosten die ontstaan en de extra ruimte die hiermee in beslag wordt genomen. Er zijn momenteel geen duidelijke grenswaarden bij welke kostprijs het voordelig is om een onderdeel op voorraad in de auto te zetten.

2.2.7 Kritieke elementen

Het criterium kritieke elementen gaat over het verschil in onderdelen die kritiek en niet-kritiek zijn voor Geas. In de literatuur worden kritieke onderdelen beschreven als onderdelen die onmisbaar zijn. Deze definitie wordt bij Geas niet op dezelfde manier gebruikt bij de voorraadbepaling. Kritieke onderdelen zijn bij Geas namelijk onderdelen die nauwelijks gebruikt worden en toch heel belangrijk zijn, zoals gasbranders voor een bakkerij en grote circulatiepompen voor de installatie van een bejaardentehuis. Deze onderdelen liggen nooit in de auto van de monteur, maar moeten wel altijd aanwezig zijn in het centraal magazijn, zodat deze direct beschikbaar zijn bij een storing.

Samengevat, er worden in totaal zeven indicatoren gebruikt bij de voorraadbepaling van de auto's. De analyse verschilt voor ieder onderdeel en er is geen vaste procedure waarmee de inkoopmedewerker zijn keuzes kan onderbouwen.

2.3 Integrale kosten

Voor een duidelijke analyse van de voorraad is het voor Geas van belang om de kosten die van invloed op bevoorraden van auto's zijn duidelijk in beeld te brengen, met als doel de integrale kosten te minimaliseren. Dit onderzoek richt zich alleen op het bevoorraden van auto's. Daarom is deze paragraaf alleen gericht op de kosten die gemoeid zijn bij het op voorraad houden van onderdelen in de auto, en hoe deze kosten gerelateerd zijn aan de pickregels. Zo wordt het duidelijk welke kosten meegenomen moeten worden in het beslissingsmodel. Aan de hand literatuuronderzoek en gesprekken met de manager worden de kosten geïdentificeerd die relevant zijn voor het beslissingsmodel.

Volgens Slack, Chambers & Johnston (2010), Gorman en Ahire (2006) en Durlinger (2013) zijn de hierna beschreven kosten relevant.

2.3.1 Bestelkosten

De bestelkosten bestaan uit administratie- handelings- en transportkosten (Slack, Chambers, & Johnston, 2010). Dit komt doordat bij iedere bestelling artikelen uit het systeem geboekt, verzameld en naar de klant verstuurd moeten worden. Geas kent ook administratie- en handelingskosten, want bij iedere bestelling zijn logistieke handelingen nodig, zoals kratlabels uitprinten, kratten scannen, verzendingen boeken en karren verplaatsen. Deze handelingen brengen arbeidskosten met zich mee. Vervolgens zijn er transportkosten, want de (externe) koerier moet de bestelling bezorgen bij de monteur. In deze paragraaf worden de bestelkosten berekend.

2.3.1.1 Administratie- en handelingskosten

Voor een berekening van de gemiddelde administratie- en handelingskosten is het belangrijk om eerst de gemiddelde tijd voor de logistieke handelingen te berekenen. Gedurende drie weken is op maandag en donderdag opgemeten met een stopwatch hoe lang iedere handeling duurt. Vervolgens is de gemiddelde tijd voor iedere handeling uitgerekend en zijn de gemiddelde tijden bij elkaar opgeteld. De resultaten zijn weergegeven in bijlage 3.

De administratie- en handelingskosten bestaan uit variabele en vaste kosten. De vaste kosten ontstaan door orderpicken, want de hoeveelheid onderdelen die gepickt moet worden heeft geen invloed op de kosten. Uit de berekening blijkt dat het picken van één onderdeel gemiddeld 18 seconden duurt, maar dat is exclusief externe factoren. Het orderpickproces komt namelijk vaak stil te liggen, bijvoorbeeld wanneer een monteur binnenloopt of door een spoedopdracht. De gemiddelde tijd komt daardoor op 20 seconden.

De vaste kosten per onderdeel zijn daarom gelijk aan: *Gemiddelde tijd pickregel (uur) * loonkosten (uur)*. De loonkosten per uur bedragen € 25,--, waardoor de vaste kosten per onderdeel gelijk zijn aan: $\frac{20}{3600} * 25 = € 0,14$.

De variabele kosten per onderdeel bestaan uit het voorbereiden van de kratten. Deze handeling duurt per krat gemiddeld 30 seconden IS DIT INCLUSIEF WACHTTIJD ETC.?. Iedere monteur krijgt een aparte krat en er kunnen maximaal 12 kratten op de rollenbaan gelegd worden. Dat betekent dat elk onderdeel maximaal voor 12 monteurs gepickt kan worden.

Iedere keer wanneer een onderdeel gepickt moet worden, geldt dus: hoe meer kratten er zijn die hetzelfde onderdeel nodig hebben, des te meer kratten er voorbereid moeten worden. De variabele kosten per onderdeel zijn daarom gelijk aan:

*Gemiddelde tijd voorbereiden en klaarmaken van krat (uur) * loonkosten (uur)*. Dat komt neer op: $\frac{30}{3600} * 25 = € 0,21$. De totale administratie- en handelingskosten per onderdeel zijn dus gelijk aan:

$$€ 0,14 + (\text{aantal kratten op de baan waar het onderdeel in moet} * € 0,21)$$

2.3.1.2 Transportkosten

Nadat de bestelling gereed is, brengt de koerier het krat naar de monteur. De bestelkosten bestaan daarom ook uit de transportkosten. Om de gemiddelde transportkosten te berekenen, wordt gekeken naar het aantal onderdelen dat in een willekeurige week verstuurd is en wat de totale transportkosten waren. In dit geval wordt er gekeken naar week 4 van 2015, zie bijlage 4. In week 4 werden op maandag en donderdag in totaal 2835 onderdelen verstuurd naar 186 monteurs. De koerier heeft daarvoor 1419 km gereden in 47,5 uur. Het kilometertarief is € 0,21 en het uurloon bedraagt € 22. De totale transportkosten op deze twee dagen zijn daarom gelijk aan: $1419 * € 0,21 + 47,5 * € 22 = € 1456,51$.

Er wordt daarom de aanname gedaan dat de gemiddelde transportkosten voor één eenheid van een onderdeel gelijk zijn aan $\frac{1456,51}{2835} = € 0,51$.

De totale bestelkosten per onderdeel is dus gelijk aan:

$$€ 0,65 + (\text{aantal kratten op de baan waar het onderdeel in moet} * € 0,21).$$

2.3.2 Voorraadkosten

Houden van voorraad is meestal noodzakelijk om winst te draaien, maar betekent ook dat er voorraadkosten zijn. Volgens Durlinger (2013) bestaan de voorraadkosten uit rente-, risico- en ruimtekosten.

- De rentekosten worden ook wel kapitaalkosten genoemd. Deze kosten ontstaan, doordat er rente betaald moet worden als de voorraden gefinancierd zijn met vreemd vermogen. Kapitaalkosten ontstaan ook wanneer de voorraden gefinancierd zijn met eigen vermogen, omdat de onderneming op een andere manier geld had kunnen verdienen als ze het geld niet in voorraad had gestopt (Durlinger, 2013).
- De risicokosten zijn alle kosten die te maken hebben met het risico van het hebben van voorraad. Het belangrijkste kostenelement is het risico incurant. Dat wil zeggen dat wanneer de voorraad incurant wordt, de spullen niet meer verkocht kunnen worden of nog slechts tegen een fractie van de prijs. Daarnaast moet voorraad verzekerd worden tegen calamiteiten, zoals diefstal en schade (Durlinger, 2013).
- De ruimtekosten zijn de kosten die nodig zijn om voorraad op te slaan en te huisvesten. Naast fysieke opslagkosten wordt dus ook rekening gehouden met het huren, verwarmen en verlichten van een magazijn (Slack, Chambers, & Johnston, 2010)

Bij het bepalen van de voorraden in de auto's zijn de aannames van Geas met betrekking tot volume in de praktijk erg belangrijk. De auto's hebben immers een beperkt laadvermogen en het exacte volume van onderdelen is niet bekend. Een andere reden is dat er veel kleine, goedkope onderdelen zijn, waardoor de voorraadkosten erg laag zijn. Lage voorraadkosten betekenen toename van de bestelhoeveelheden.

Er wordt daarom onderscheid gemaakt tussen kleine en grote onderdelen in de voorraad van de auto met betrekking tot ruimtekosten. Naast ruimte- zijn er ook bij Geas rente- en risicokosten.

In de literatuur wordt meestal een percentage van de kostprijs gebruikt als schatting van de voorraadkosten. Bij het berekenen van de voorraadkosten worden bij Geas alleen de risico- en rentekosten gebruikt als percentage van de kostprijs van een onderdeel. De ruimtekosten worden uitgedrukt in euro's, omdat dit vaste kosten zijn die niet afhankelijk zijn van de kostprijs van een onderdeel. De ruimte-, rente- en risicokosten worden daarom onderverdeeld in vaste en variabele kosten. Aan de hand van gesprekken met de manager en resultaten uit deze paragraaf zijn de volgende aannames gemaakt:

- *Vaste kosten*

De vaste kosten bestaan alleen uit de ruimtekosten. De schaarste aan ruimte moet op de juiste wijze in de voorraadkosten worden meegenomen. Om de ruimtekosten te bepalen wordt daarom gekeken wat de jaarlijkse kosten zijn van een tweede auto, omdat er vanwege ruimtegebrek een tweede auto nodig zou zijn om de benodigde onderdelen toch op voorraad te kunnen leggen. Vervolgens worden de totale kosten van de auto verdeeld over de opslagmogelijkheden. De kosten van een auto bestaan uit afschrijvings- onderhouds- en salariskosten (monteur). Deze kosten zijn jaarlijks gelijk aan € 45.000. Vervolgens is er gekeken hoeveel onderdelen maximaal in de auto kunnen. Onderdelen die in een vakje passen, nemen het hele vakje in beslag, want er mogen geen verschillende onderdelen liggen in één vak. Onderdelen die niet in een vakje passen, worden op de autoplank gelegd. Deze onderdelen nemen ongeveer vier keer zoveel ruimte in beslag als onderdelen die in vakjes liggen. In de vakken kunnen er maximaal 250 onderdelen liggen en op de autoplank maximaal 50. De jaarlijkse ruimtekosten voor een onderdeel in de auto zijn gelijk aan

$$\frac{€ 45.000}{250 + (4 \cdot 50)} = € 100,--.$$

Voor onderdelen die op de autoplank liggen zijn de jaarlijkse ruimtekosten gelijk aan € 400,--.

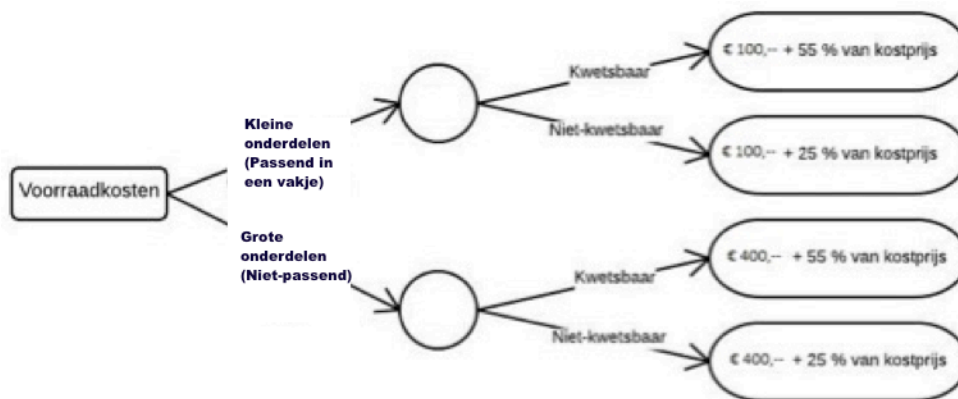
- *Variabele kosten*

De variabele kosten bestaan uit risico- en rentekosten. De rentekosten van een onderdeel zijn jaarlijks gelijk aan 5% van de kostprijs. Onderdelen die kwetsbaar zijn, liggen gemiddeld 2 jaar op voorraad in de auto. Er wordt vanuit gegaan dat een kwetsbaar onderdeel na 2 jaar

beschadigd is, bijvoorbeeld doordat een zwaar object is gevallen op dit onderdeel. Bij onderdelen die niet kwetsbaar zijn wordt er vanuit gegaan dat ze na 5 jaar beschadigd kunnen worden. Onderdelen die beschadigd zijn kunnen niet meer gebruikt worden en worden dus afgeschreven. Er wordt daarom de aanname gedaan dat de risicokosten van een kwetsbaar onderdeel per jaar gelijk zijn aan $50\% \left(\frac{100\%}{2}\right)$ van de kostprijs.

Voor niet-kwetsbare onderdelen geldt, dat de risicokosten per jaar gelijk zijn aan $20\% \left(\frac{100\%}{5}\right)$ van de kostprijs.

De kosten van het op voorraad hebben van één onderdeel zijn weergegeven in figuur 6. De jaarlijkse variabele kosten per onderdeel worden gesteld op 25% (5% + 20%) of 55% (5% + 50%) van de kostprijs, en de jaarlijkse ruimtekosten per onderdeel zijn gelijk aan € 100,-- (passend in vakje) of € 400,-- (niet-passend), zie ook figuur 6.



Figuur 6 Overzicht voorraadkosten

2.3.3 Tekortkosten

Tekortkosten zijn de kosten die ontstaan wanneer een monteur een onderdeel niet op voorraad heeft en er wel vraag naar is. Deze kunnen uit herhaalbezoek- of spoedzendingskosten bestaan.

2.3.3.1 Herhaalbezoekkosten

De herhaalbezoekkosten zijn de kosten die ontstaan wanneer een monteur een onderdeel niet direct kan vervangen, omdat de monteur het niet bij zich heeft. Het onderdeel wordt dan aan de hand van het gepland gebruik bevoorrad.

In 2006 constateerden Gorman en Ahire dat herhaalbezoekkosten ontstaan, doordat er niet genoeg eenheden van het vereiste onderdeel aanwezig zijn. Deze kosten bestaan onder andere uit verlies van klanttevredenheid, verlies van productiviteit en extra algemene kosten, zoals personeels- en reiskosten.

De herhaalbezoekkosten van Geas zijn te verdelen in interne- en externe kosten. Interne kosten zijn gemoeid met logistieke transacties en inzet van het callcenter. Externe kosten zitten aan de kant van de monteur: er moet extra gereden, gewerkt en nog een keer handelingen uitgevoerd worden aan de cv-ketel. Dan zijn er nog de koerierskosten, omdat de externe koerier het onderdeel bezorgt aan de monteur. In totaal komen de kosten per herhaalbezoek uit op € 37,70. De herhaalbezoekkosten zijn uitgebreid beschreven in bijlage 5.

2.3.3.2 Spoedzendingskosten

Een spoedzending ontstaat wanneer direct vervangen noodzakelijk is. Als een klant een niet-werkende cv-ketel heeft, dan is er een spoedzending nodig. Net als bij de normale bevoorrading, zijn hier handelingen voor nodig die leiden tot loonkosten. De gemiddelde ritprijs van een spoedzending wordt geschat op € 0,28 per kilometer. Daarnaast zijn er net als de herhaalbezoekkosten, kosten

gemoeid met logistieke transacties. De exacte spoedzendingskosten zijn op dit moment niet bekend. Er worden daarom pas aannames gemaakt wanneer dat nodig is.

2.4 Conclusie

Om de hoofdvraag te beantwoorden werd allereerst het huidige proces voorraadbeheer auto's geanalyseerd. Daarbij is de deelvraag 'Hoe ziet proces voorraadbeheer van auto's eruit?' beantwoord in paragraaf 2.1. Het werd duidelijk dat er twee bestelmogelijkheden zijn: min-max-lijst en gepland gebruik. Daarnaast werd het duidelijk dat er behoefte is aan een beslissingsmodel, omdat het beheren van voorraden een continu proces is, dat veel werk kost. In paragraaf 2.1.1 kwam bovendien naar voren dat het gebruik per monteur verschilt.

In paragraaf 2.2 is de deelvraag 'Welke indicatoren worden er in de huidige situatie gebruikt voor voorraadbepaling?' beantwoord. Er worden in de huidige situatie zeven indicatoren gebruikt bij de afweging of een onderdeel op voorraad moet worden gelegd, namelijk:

1. Gebruik
2. Fase in de levenscyclus
3. Vervangingstijd
4. Volume van het onderdeel
5. Kwetsbaarheid
6. Kostprijs van het onderdeel
7. Kritieke elementen.

De inkoopmedewerker hanteert zijn eigen methode bij deze afweging. Er wordt dus geen standaardprocedure gevolgd om te bepalen of een onderdeel in de auto op voorraad moet liggen. Ten slotte is in paragraaf 2.3 antwoord gegeven op de deelvraag 'Welke kosten ontstaan er bij het bevoorraden van auto's?'. De integrale kosten bestaan uit:

- Bestelkosten (administratie-, handelings- en transportkosten) die per onderdeel gelijk zijn aan € 0,65 + (aantal kratten op de baan waar het onderdeel in moet * € 0,21).
- Voorraadkosten (rente-, risico- en ruimtekosten):

	<i>Passend in vakje</i>	<i>Niet passend</i>
<i>Kwetsbaar</i>	€ 100 + 55% van kostprijs	€ 400 + 55% van kostprijs
<i>Niet-kwetsbaar</i>	€ 100 + 25% van kostprijs	€ 400 + 25% van kostprijs

- Tekortkosten (herhaalbezoek- en spoedzendingskosten): € 37,70 per zending.

Er moet alleen gefocust worden op onderdelen waarvoor voorraadbeheer nodig is. Daarnaast moet er een standaardprocedure ontstaan, waarbij de integrale kosten geminimaliseerd zullen worden. In het volgende hoofdstuk wordt daarom daartoe literatuuronderzoek uitgevoerd. Aan de hand van het literatuuronderzoek zal duidelijk worden welke indicatoren en kosten meegenomen zullen worden in het beslissingsmodel.

Hoofdstuk 3 - Theoretisch kader

Dit hoofdstuk behandelt de theorie voor het bepalen van voorraden, zodat dit inzicht gebruikt kan worden bij het verder ontwikkelen van het beslissingsmodel. Het doel is om te onderzoeken welke theorie aansluit bij de praktijk van Geas. Het hoofdstuk geeft antwoord op de deelvraag: 'Wat zegt de literatuur met betrekking tot het bepalen van voorraden?'. Eerst wordt in paragraaf 3.1 gekeken naar welke indicatoren volgens de literatuur belangrijk zijn voor het beslissingsmodel met betrekking tot het bepalen van voorraden. Vervolgens wordt in paragraaf 3.2 gekeken welke bestelmethodeken gebruikt kunnen worden om te bepalen wanneer een onderdeel besteld moet worden en in welke hoeveelheid. Tenslotte komt in paragraaf 3.3 de gewenste bestelmethodek aan de orde.

3.1 Indicatoren uit de literatuur

In deze paragraaf worden de indicatoren behandeld die in de literatuur zijn beschreven met betrekking tot voorraadbeheer van reserveonderdelen. Reserveonderdelen kennen veel verschillende kenmerken, zoals ook naar voren kwam in de analyse van de huidige situatie (paragraaf 2.1). Er is daarom gezocht naar kernwoorden, zoals 'spare parts management'⁶ en 'sku classificatie'. Stock keeping unit (sku) classificatie is geschikt om producten met verschillende kenmerken, systematisch te categoriseren op basis van de overeenkomsten tussen de producten.

De algemene indicatoren die in de literatuur zijn te vinden, komen deels overeen met de indicatoren die door Geas worden gebruikt. Petrovic et al. (1980) benoemt het gewicht van het artikel en Slack et al. (2010) de bestelkosten, leverbetrouwbaarheid en levertijd van een artikel. Olthof & Dekker (1994) gebruiken de verhouding tussen de voorraad- en tekortkosten. Hieronder staan de indicatoren die gevonden zijn aan de hand van literatuuronderzoek:

- 3.1.1 Volume van het artikel (Gorman & Ahire, 2006).
- 3.1.2 Fase van de levenscyclus (Ernst & Cohen, 1990), (Slack, Chambers, & Johnston, 2010).
- 3.1.3 Gebruik (Slack, Chambers, & Johnston, 2010).
- 3.1.4 Criticality⁷ (Huiskonen, 2001), (Ernst & Cohen, 1990), (Cavalieri, Garetti, Macchi, & Pinto, 2008).
- 3.1.5 Kostprijs (Simchi-Levi, 2008), (Ernst & Cohen, 1990).
- 3.1.6 Voorraad- en tekortkosten (Olthof & Dekker, 1994).
- 3.1.7 Gewicht (Petrovic, Senborn, & Vujosevic, 1980).
- 3.1.8 Levertijd van het artikel (Slack, Chambers, & Johnston, 2010).
- 3.1.9 Leverbetrouwbaarheid (Slack, Chambers, & Johnston, 2010).
- 3.1.10 Bestelkosten (Slack, Chambers, & Johnston, 2010).

3.2 Theoretische bestelmethodeken

In de bestelmethodeken spelen het bestelmoment en de bestelde hoeveelheid van een artikel een belangrijke rol. In de literatuur zijn er talloze bestelmethodeken beschreven, waarbij tijd en kosten altijd als parameters terugkomen.

3.2.1 Vraagpatroon

Om te beginnen zijn er bestelmethodeken waarbij de vraag naar een artikel deterministisch of stochastisch is. Deterministisch wil zeggen dat de vraag voorspelbaar is op basis van historisch gebruik of de orders zijn gewoon bekend. Als de vraag deterministisch en constant is, is het voldoende om alleen het EOQ-model (Economic Order Quantity) te gebruiken. Het EOQ-model berekent de optimale bestelhoeveelheid, waarbij de som van bestel- en voorraadkosten minimaal is. Dit model wordt in paragraaf 3.2.2 beschreven.

⁶ Spare parts is de Engelse benaming voor reserveonderdelen.

⁷ Criticality is de Engelse benaming voor kritieke elementen.

Als de vraag naar een artikel stochastisch is, dan is de vraag niet voorspelbaar. Het EOQ-model alleen is dan niet voldoende. Om te voorkomen dat er tekorten ontstaan, is bij een stochastische vraag een veiligheidsvoorraad nodig. De veiligheidsvoorraad is afhankelijk van de standaardafwijking in de vraag, de vraagverdeling en het risico dat Geas neemt om uit voorraad te raken (Durlinger, 2013). De bepaling van de vraagverdeling zal in paragraaf 3.4 aan bod komen.

3.2.2 Het EOQ-model

Het EOQ-model berekent de optimale verhouding tussen de bestel- en de voorraadkosten. Het resultaat is de optimale bestelhoeveelheid Q (F.W. Harris, 1915), waarbij de som van bestel- en voorraadkosten minimaal is. De gemiddelde bestelkosten per tijdseenheid zijn dan gelijk aan de voorraadkosten. Om de optimale bestelhoeveelheid te berekenen wordt de volgende formule gebruikt:

$$EOQ = Q = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

waarbij	Q	=	optimale bestelhoeveelheid
	K	=	vaste bestelkosten per bestelling
	D	=	wekelijkse vraag van een onderdeel
	h	=	wekelijkse voorraadkosten van een onderdeel.

Silver et al. (1998) hebben door middel van een gevoeligheidsanalyse aangetoond dat de totale kosten niet erg gevoelig zijn voor fouten in het schatten van parameters.

Hierdoor kan worden volstaan met schattingen van de parameters in plaats van nauwkeurige metingen. Dit is belangrijk voor Geas, omdat de bestel- en voorraadkosten moeilijk exact te berekenen zijn.

3.2.3 Continu bestellen

Van continue bestelmethodeken is sprake als het voorraadniveau continu wordt beoordeeld, zodat direct gereageerd kan worden als het niveau van een artikel is gezakt. In tabel 4 staat de indeling van continue bestelmethodeken (Durlinger, 2013).

Naam	Omschrijving
(r,Q)-model	Continu bestellen met een vaste bestelhoeveelheid
(s,S)-model	Continu bestellen met een variabele bestelhoeveelheid

Tabel 4 Continue bestelmethodeken (Durlinger, 2013)

Bij een (r, Q)-model wordt het voorraadniveau continu aangevuld met een vaste bestelhoeveelheid Q als het bestelpunt r wordt bereikt. Het voordeel van een vaste bestelhoeveelheid is dat de bestel- en voorraadkosten geminimaliseerd kunnen worden aan de hand van het EOQ-model, zie paragraaf 3.2.2. Bij het (s, S)-model wordt het voorraadniveau continu aangevuld tot het maximumniveau S als de voorraad van een artikel onder het reorderlevel s ligt. Het voordeel van continu bestelmethodeken is dat er minder veiligheidsvoorraad nodig is om tekorten te voorkomen. De voorraadkosten zijn hierdoor lager dan bij periodieke bestelmethodeken.

3.2.4 Periodiek bestellen

Bij periodieke bestelmethodeken wordt het voorraadniveau elke R tijdseenheden beoordeeld, bijvoorbeeld iedere week of maand (Winston, 2004). Dit wordt aangegeven met R , die staat voor reviewperiode en is de tijd tussen twee beoordelingsmomenten. Er kan dus niet direct gereageerd worden om de voorraad weer aan te vullen, waardoor er meer veiligheidsvoorraad nodig is om hetzelfde serviceniveau te handhaven. Vanwege de reviewperiode zijn er dus hogere voorraden dan bij continue bestelmethodeken. Het voordeel van periodieke bestelmethodeken is dat ze minder duur zijn, omdat de bestellingen worden gecombineerd waardoor de bestelkosten over meer

artikelen worden verspreid. In tabel 5 staat de indeling van periodieke bestelmethodeken (Durlinger, 2013).

<i>Naam</i>	<i>Omschrijving</i>
(R,s,Q) - model	Periodiek bestellen met een vaste bestelhoeveelheid
(R,s,S) - model	Periodiek bestellen met een variabele bestelhoeveelheid
(R,S) - model	Periodiek bestellen met een variabele bestelhoeveelheid

Tabel 5 Periodieke bestelmethodeken (Durlinger, 2013)

Bij een (R, s, Q)-model wordt na een vaste periode R het voorraadniveau aangevuld met een vaste bestelhoeveelheid Q als de voorraad van een artikel onder het reorderlevel s is gedaald. Het (R, s, S)-model is bijna hetzelfde, maar bij dit model wordt na een vaste periode R het voorraadniveau aangevuld tot het order-up-to-level S als de voorraad van een artikel onder het reorderlevel s ligt. De bestelhoeveelheid is in dit geval variabel.

Bij het (R, S)-model wordt na een vaste periode R tijdseenheden de voorraad aangevuld tot met order-up-to-level S , tenzij de voorraad niet veranderd is. Indien het voorraadniveau is veranderd wordt de voorraad dus altijd aangevuld. Dit betekent dat het aantal pickregels niet zal dalen, want alle onderdelen worden altijd periodiek aangevuld zodra het voorraadniveau is gezakt. Het voordeel van het (R, S)-model is dat er bestellingen met elkaar gecombineerd worden, omdat elke R tijdseenheden het voorraadniveau aangevuld wordt tot niveau S . Het nadeel is dat er dan vaak kleine bestellingen geplaatst worden (Durlinger, 2013). Daarom wordt vaak het (R, s, S)-model gebruikt, waar bij een bepaald niveau een bestelling wordt geplaatst.

3.3 Gewenste bestelmethodeiek

Voor onderdelen die op voorraad moeten zijn in de auto, is het nodig om te bepalen welke bestelmethodeiek toegepast wordt. In paragraaf 3.2 kwam naar voren dat er bestelmethodeiken zijn waarbij de vraag voorspelbaar of onvoorspelbaar is en waarbij het voorraadniveau continu of periodiek beoordeeld wordt. Voor Geas is de vraag naar een onderdeel bijna altijd stochastisch, waardoor het EOQ-model alleen niet voldoende is. Om te voorkomen dat er tekorten ontstaan, is het noodzakelijk om een veiligheidsvoorraad aan te houden. Het combineren van bestellingen is erg voordelig voor Geas, omdat de transportkosten snel kunnen oplopen wanneer er elke dag besteld moet worden. Bovendien is het voor Geas efficiënter wanneer de monteurs periodiek worden bevoorraad omdat de magazijnmedewerkers ook andere werkzaamheden hebben. De werkdruk in het centrale magazijn blijft dan laag op dinsdag, woensdag en vrijdag. Er moet dus gekeken worden hoe de monteurs periodiek kunnen worden bevoorraad. De indeling van de drie verschillende periodieke bestelmethodeiken die toegepast kunnen worden, staat in tabel 5 (zie paragraaf 3.2.4).

Het (R,s,Q)-model is niet geschikt voor Geas. Voor bijna alle onderdelen is het gemiddelde gebruik per monteur erg laag, waardoor er onrealistische bestelhoeveelheden ontstaan. Daarnaast is de kans groot dat de optimale bestelhoeveelheid van een onderdeel niet in de auto past, omdat er ook ruimte nodig is voor de veiligheidsvoorraad. Daardoor ontstaan afwijkingen van de optimale oplossingen, waardoor dit model voor dit onderzoek niet realistisch is.

Het (R,s,S)-model is ook niet geschikt voor Geas, omdat de voorraad pas aangevuld wordt wanneer het reorderlevel s is bereikt. In de huidige situatie kwam het naar voren dat het voor Geas erg voordelig is als de bestellingen gecombineerd kunnen worden, vanwege de transportkosten. Daarom zal er worden overgestapt op een (R,S)-model. Hierin kan aan de wensen van Geas worden voldaan en een optimaal resultaat behaald worden.

3.3.1 Het (R,S)-model

Het (R,S)-model wordt gebruikt om het aanvulniveau te bepalen voor onderdelen die volgens de beslissingsboom op voorraad in de auto's moeten liggen. Het aanvulniveau (order-up-to-level) wordt

deels gevormd door de veiligheidsvoorraad, die bedoeld is om bepaalde onzekerheden in de vraag op te vangen. Om het aanvulniveau te berekenen, kan er een servicelevel- of een kostenafwegingaanpak gebruikt worden. Bij de kostenafweging wordt er rekening gehouden met de minimalisering van de voorraad- en tekortkosten.

Omdat het moeilijk kan zijn om de exacte kosten van een tekort te bepalen, is het vaak wenselijk een aanvulniveau te kiezen dat voldoet aan een bepaald servicelevel (Winston, 2004)⁸. Aangezien de tekortkosten bekend zijn en de integrale kosten geminimaliseerd moeten worden, wordt er verder niet ingegaan op de servicelevelaanpak.

Het is daarnaast belangrijk dat de juiste vraagverdeling wordt gebruikt bij het berekenen van de veiligheidsvoorraad (zie paragraaf 3.2.1). In de literatuur wordt vaak de aanname gedaan dat de vraag naar een onderdeel normaal verdeeld is⁹. Deze aanname geldt alleen wanneer het wekelijks gebruik van een onderdeel per monteur erg hoog is. Dit is echter niet het geval bij Geas, want voor alle onderdelen is het gemiddelde wekelijkse gebruik per monteur erg laag. Het aanvulniveau kan dus niet berekend worden met behulp van de normale verdeling. Volgens Winston (2004) is het acceptabel om de Poisson-verdeling te gebruiken, omdat de kans op succes vaak erg klein is. De verwachtingswaarde kan daarom gelijk gesteld worden aan de variantie. Aangezien dit ook het geval is bij Geas wordt in paragraaf 3.3.3 uitgelegd hoe het aanvulniveau wordt berekend bij een (R,S)-model wanneer de vraag Poisson-verdeeld is. Eerst wordt in de volgende paragraaf uitgelegd hoe de reviewperiode wordt bepaald, want die is essentieel voor het (R,S)-model.

3.3.2 De reviewperiode

Als de reviewperiode niet bekend is, dan kan dit ingesteld worden op $\frac{EOQ}{E(D)}$. Dit maakt het aantal bestellingen per jaar gelijk aan het aantal dat wordt aanbevolen als een eenvoudig EOQ-model wordt gebruikt om de grootte van bestellingen te bepalen (Winston, 2004). Door deze formule te gebruiken kunnen daarnaast de bestelkosten geminimaliseerd worden. De reviewperiode moet dan wel voor ieder onderdeel apart berekend worden en deze methode leidt tot hoge voorraden. Gezien de grote hoeveelheid onderdelen die voorhanden is, is deze methode in de praktijk niet realistisch. De reviewperiode is daarom gelijk aan de reviewperiode in de huidige situatie. In de huidige situatie bij Geas is de reviewperiode R gelijk aan 2 respectievelijk 3 werkdagen (zie paragraaf 2.1.1). De reviewperiode R is dus niet constant. Er wordt daarom aangenomen dat de veiligheidsvoorraad veiliger zal zijn bij een reviewperiode van 3 dagen.

3.3.3 Order-up-to-level S

In deze paragraaf wordt uitgelegd hoe het aanvulniveau bij een (R,S)-model berekend kan worden wanneer de vraag Poisson-verdeeld is. Bij een Poisson-verdeling geldt dat de tussenaankomsttijden exponentieel verdeeld zijn, waarbij λ gelijk is aan de wekelijkse vraag. In tabel 6 volgt een overzicht van de variabelen die nodig zijn bij de berekeningen.

R	<i>Review periode in weken</i>	L	<i>Levertijd in weken</i>
λ	<i>Wekelijkse vraag van een onderdeel</i>	C_b	<i>Tekortkosten</i>
P	<i>Kostprijs van onderdeel</i>	h	<i>Wekelijkse voorraadkosten per onderdeel</i>

Tabel 6 Berekening aanvulniveau bij een normale verdeling

⁸ Het servicelevel is vaak de verwachte fractie van de vraag die op tijd geleverd wordt vanuit de voorraad, ook wel de fill rate genoemd (Winston, 2004).

⁹ Bij een normaal verdeelde vraag is de kans dat de vraag kleiner is dan het gemiddelde even groot als de kans dat hij groter is (Durlinger, 2013).

De levertijd L is gelijk aan de tijd die nodig is om te zorgen dat het onderdeel op voorraad ligt in de auto, beginnend vanaf het moment dat het centraal magazijn geïnformeerd is, totdat het onderdeel in de auto ligt. Vervolgens moet er een waarde voor k (aanvulniveau) worden bepaald, die verwachte wekelijkse kosten zal minimaliseren. De waarde van k minimaliseert de wekelijkse voorraad- en tekortkosten als die voldoet aan:

$$P(X_{L+R} > k) < \frac{Rh}{C_b}.$$

Hierbij is k het kleinste getal waarvoor de bovenstaande formule geldt. X_{L+R} is de stochastische vraag tijdens de periode $L + R$ waarbij P de kans is dat de vraag gedurende $L + R$ groter dan k is. Als er voor een waarde voor k geldt dat $P(X_{L+R} > k)$ groter is dan $\frac{Rh}{C_b}$, dan is het financieel voordeliger om het aanvulniveau k te verhogen met 1. Het verhogen van het aanvulniveau zal dan de mogelijke tekortkosten minimaliseren ten opzichte van de voorraadkosten. Het aanvulniveau is dus gelijk aan de kleinste waarde voor k waarvoor geldt dat $P(X_{L+R} > k)$ kleiner is dan $\frac{Rh}{C_b}$.

De kans is dat de vraag gedurende $L + R$ gelijk is aan n wordt berekend met de volgende formule:

$$P(X_{L+R} = n) = \frac{(\lambda_{(L+R)})^n * e^{-\lambda_{(L+R)}}}{n!} \quad (n = 0, 1, 2, \dots).$$

Daarbij is λ weer gelijk aan de verwachte wekelijkse vraag. Om $P(X_{L+R} > k)$ uit te kunnen rekenen moeten eerst de cumulatieve n -waarden berekend worden voor $P(X_{L+R} \leq k)$ met:

$$\sum_{n=0}^k \frac{(\lambda_{(L+R)})^n * e^{-\lambda_{(L+R)}}}{n!}$$

Daarbij is λ = verwachte wekelijkse vraag (op basis van historische gegevens)
 $L + R$ = levertijd + reviewperiode in weken

$P(X_{L+R} > k)$ is dan gelijk aan $1 - P(X_{L+R} \leq k)$.

De cumulatieve kansverdeling kan ook met behulp van Excel berekend worden met de Excelfunctie:

POISSON(x; gemiddelde; WAAR)

Daarbij is x = k
gemiddelde = X_{L+R} .

3.4 Conclusie

In dit hoofdstuk is de theorie behandeld voor het bepalen van voorraden. Daarbij is antwoord gegeven op de deelvraag: 'Wat zegt de literatuur over het bepalen van voorraden?'. Om deze vraag te beantwoorden is in paragraaf 3.1 eerst gekeken naar de indicatoren die volgens de literatuur belangrijk zijn voor het beslissingsmodel voor het bepalen van voorraden. In tabel 7 volgt een overzicht van de algemene indicatoren die in de literatuur gevonden zijn.

Indicatoren	
Volume van het artikel	Fase van de levenscyclus
Gebruik	Criticality
Kostprijs	Voorraad- en tekortkosten
Gewicht	Levertijd van het artikel
Leverbetrouwbaarheid	Bestelkosten

Tabel 7 Overzicht van de gevonden indicatoren

Deze indicatoren komen deels overeen met de indicatoren die door Geas worden gebruikt. In hoofdstuk 5 wordt een keuze gemaakt voor de indicatoren die relevant zijn voor het te ontwerpen beslissingsmodel.

In paragraaf 3.2 is gekeken naar bestelmethodeken om te bepalen wanneer en in welke bestelhoeveelheden onderdelen besteld kunnen worden. Bij een deterministische en constante vraag is het gebruiken van alleen het EOQ-model voldoende. Echter, het werd duidelijk dat andere bestelmethodeken gebruikt moeten worden wanneer de vraag stochastisch is. Er zijn bestelmethodeken waarbij het voorraadniveau continu wordt beoordeeld. De onderdelen kunnen dan besteld worden met een vaste bestelhoeveelheid ((r,Q)-model) of een variabele ((s,S)-model). Maar er zijn ook bestelmethodeken waarbij het voorraadniveau periodiek wordt beoordeeld. De onderdelen kunnen dan besteld worden in een vaste hoeveelheid ((R,s,Q)-model) of een variabele ((R,s,S)- en (R,S)-model). Vervolgens kwam in paragraaf 3.3 de gewenste bestelmethodek aan de orde. Er is gekozen voor het (R,S)-model, want de werkdruk in het magazijn blijft dan laag op dinsdag, woensdag en vrijdag. Bovendien kunnen de bestellingen worden gecombineerd aan de hand van dit model, zodat de transportkosten niet zullen oplopen. Bovendien is de reviewperiode in de huidige situatie niet constant. Om aan de veilige kant te zitten wordt daarom een reviewperiode van 3 dagen gebruikt, zie paragraaf 3.3.2.

Ten slotte is in paragraaf 3.3.3 uitgelegd hoe het aanvulniveau bij het (R,S)-model berekend kan worden wanneer de vraag Poisson-verdeeld is wat het geval is bij Geas, waarbij er rekening wordt gehouden met de minimalisering van de wekelijkse voorraad- en tekortkosten. In hoofdstuk 5 wordt het beslissingsmodel ontworpen aan de hand van de gevonden indicatoren in de literatuur en het gekozen (R,S)-model. Eerst wordt er in de volgende hoofdstuk gekeken naar de wensen en eisen van de stakeholders en randvoorwaarden van het model.

Hoofdstuk 4 – Gewenste situatie

In dit hoofdstuk wordt de gewenste situatie voor het beslissingsmodel beschreven, voordat het model wordt opgesteld. Uit gesprekken met de stakeholders (paragraaf 4.1) wordt duidelijk aan welke eisen het beslissingsmodel moet voldoen en wat de wensen van de stakeholders zijn. Vervolgens worden in paragraaf 4.2 de randvoorwaarden van het te ontwerpen beslissingsmodel opgesteld.

4.1 Stakeholders

Stakeholders zijn mensen of groepen die rechtmatig belang hebben bij de activiteiten van een organisatie. Sommige belanghebbenden zijn intern, bijvoorbeeld de werknemers van een organisatie, anderen extern, bijvoorbeeld de klanten en aandeelhouders van een bedrijf (Slack, Chambers, & Johnston, 2010). De stakeholders van Geas die het meeste belang hebben bij de nieuwe voorraadbepaling zijn de magazijnmedewerkers, de manager bedrijfsbureau, de afdeling inkoop en de monteurs.

4.1.1 Wensen

Uit gesprekken met de manager van het bedrijfsbureau is een aantal wensen duidelijk geworden voor een nieuw model voor de voorraadbepaling. Volgens de manager is het voor de hele organisatie gunstig als de efficiëntie in het logistieke proces verhoogd kan worden met behulp van een beslissingsmodel. De manager wil graag weten op welke punten het proces efficiënter kan, welke veranderingen er nodig zijn in het proces en de middelen om de gewenste situatie te bereiken, en welke investeringen hiervoor nodig is.

Daarnaast wil de manager dat onderdelen zo min mogelijk op dinsdag, woensdag en vrijdag worden verstuurd. Deze worden als 'boetedagen' gezien, omdat de normale bevoorrading van auto's alleen op maandag en donderdag gebeurt.

De inkoopmedewerker die verantwoordelijk is voor de voorraadbepaling heeft veel moeite met deze taak, omdat het veel werk is. Zijn wens is een efficiëntieslag in de voorraadbepaling. Dit kan met behulp van een beslissingsmodel.

De wensen van de magazijnmedewerkers zijn, dat het logistieke proces minder vaak onderbroken wordt door spoedzendingen en dat ze minder bestellingen zullen krijgen. De monteurs zullen tevreden zijn als zij minder vaak een tekort aan onderdelen hebben.

4.1.2 Eisen

Op basis van de gesprekken met de manager van het bedrijfsbureau is een aantal eisen opgesteld waaraan de oplossing moet voldoen:

- In het beslissingsmodel mogen onderdelen met vervangingstijden langer dan 1,5 uur niet op voorraad zijn in de auto's (zie ook paragraaf 2.2.3).
- Het beslissingsmodel moet ervoor zorgen dat de integrale kosten geminimaliseerd worden.
- Variabelen in het beslissingsmodel moeten eenvoudig aangepast kunnen worden. Het gaat hierbij om variabelen als voorraad- en transportkosten en levertijden.
- Het beslissingsmodel moet per monteur bepalen wat de beste voorraad is van elk onderdeel.

4.2 Randvoorwaarden

In deze paragraaf wordt een aantal randvoorwaarden opgesteld voor het te ontwerpen beslissingsmodel. Uit gesprekken met de manager blijkt dat een monteur met veel onderdelen op voorraad, moeite krijgt met het vinden van de onderdelen en dat die dan toch misgrijpt. Dit leidt tot extra zoektijd en kosten. Er wordt daarnaast veel afgeschreven en bij Geas is niet bekend waar deze onderdelen gebleven zijn. Het model moet daarom een norm bevatten voor het aantal onderdelen dat in de auto op voorraad is.

Een andere randvoorwaarde is dat spoedzendingen zo weinig mogelijk moeten voorkomen. Er is een beperkte capaciteit voor het verwerken van spoedzendingen. Daarnaast komt bij elke spoedzending

een logistiek proces kijken. Hoewel een spoedzending gemiddeld goedkoper is dan een herhaalbezoek, worden de spoedzendingskosten niet meegenomen in het beslissingsmodel. Zou dat wel gebeuren, dan zouden er teveel spoedzendingen kunnen ontstaan en dat wil Geas niet. Als laatste worden alleen onderdelen die een historisch gebruik hebben, meegenomen in het beslissingsmodel, omdat ze op basis van het gebruik geanalyseerd kunnen worden. Voor nieuwe onderdelen geldt dit niet; die vereisen voorspellingstechnieken en vallen daarom buiten het onderzoek. Nieuwe onderdelen worden slechts geleverd na een order. Als er historisch gebruik is, kunnen deze onderdelen ook meegenomen worden in het beslissingsmodel.

4.3 Conclusie

In dit hoofdstuk is de gewenste situatie beschreven aan de hand van gesprekken met de stakeholders. Hierbij werd in paragraaf 4.1 als eerste gekeken naar hun wensen. De manager wenst dat onderdelen bij voorkeur alleen op maandag en donderdag verstuurd worden. Er kan dus alleen op maandag en donderdag besteld worden. Vervolgens zijn een aantal eisen opgesteld waaraan de oplossing moet voldoen. Onderdelen met lange vervangingstijden mogen niet op voorraad liggen in de auto, en het beslissingsmodel bepaalt per monteur wat in de auto de beste voorraad per onderdeel is. Ten slotte kwam in paragraaf 4.2 naar voren wat de randvoorwaarden van het beslissingsmodel zijn. Er mogen niet te veel verschillende onderdelen op voorraad liggen in de auto, en alleen onderdelen met een historisch gebruik kunnen in het beslissingsmodel meegenomen worden. Bovendien werd duidelijk dat het niet wenselijk is om de spoedzendingskosten mee te nemen in het beslissingsmodel. De tekortkosten bestaan daarom alleen uit herhaalbezoekkosten.

Nu de gewenste situatie bekend is, kan begonnen worden met het opstellen van het beslissingsmodel. Dit gebeurt in hoofdstuk 5.

Hoofdstuk 5 - Beslissingsmodel

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvraag 'Hoe ziet het beslissingsmodel om de voorraden voor de auto's te bepalen eruit?'. Dit gebeurt op basis van de antwoorden op deelvraag 1 t/m 3. Paragraaf 5.1 geeft de indicatoren weer die relevant zijn voor Geas. Daarmee wordt de deelvraag 'Welke indicatoren bepalen de beslissing in het beslissingsmodel?' beantwoord. In paragraaf 5.1.2 wordt het beslissingsmodel opgesteld en toegelicht. Deze paragraaf geeft antwoord op de deelvragen 'Wat zijn de grenswaarden van de indicatoren?' en 'Hoe ziet het beslissingsmodel eruit?'. Het model wordt weergegeven in paragraaf 5.2

5.1 Inleiding

Om ervoor te zorgen dat de efficiëntie vergroot wordt, moet er eerst een standaardprocedure komen, waarbij per monteur en per onderdeel wordt gekeken of het onderdeel in de auto op voorraad gelegd moet worden.

Het beslissingsmodel ziet eruit als een -boom, omdat die begrijpelijk is en gemakkelijk implementeerbaar. Als de beslissingsboom bepaalt dat een onderdeel op voorraad in de auto moet liggen, zijn er vervolgstappen nodig. Zo niet, dan wordt het onderdeel per order geleverd. De eventuele vervolgstappen worden in hoofdstuk 6 beschreven.

Met behulp van de indicatoren die in paragraaf 2.2 aan de orde zijn gekomen en op basis van literatuuronderzoek dat uitgevoerd is in paragraaf 3.1, wordt in dit hoofdstuk de beslissingsboom ontworpen. De indicatoren zijn de beslissingsvariabelen in de -boom.

5.1.1 Relevante indicatoren

In deze paragraaf komen alle relevante indicatoren aan bod die in de beslissingsboom geïmplementeerd kunnen worden. Vervolgens wordt bekeken op welke wijze deze indicatoren van invloed kunnen zijn op beslissingen ten aanzien van de voorraadbepaling. De indicatoren die beschreven zijn in paragraaf 3.1, zijn niet allemaal van belang voor de situatie bij Geas.

Zo is het criterium criticality niet van toepassing bij de voorraadbepaling, omdat onderdelen die kritiek zijn nooit in de auto van de monteur liggen (zie paragraaf 2.2.7). Kritieke onderdelen liggen altijd in het centraal magazijn en worden daarom buiten beschouwing gelaten.

Het gewicht van het artikel is ook niet van toepassing bij de voorraadbepaling, omdat dit geen invloed heeft op het voorraadbeheer. De meeste onderdelen zijn relatief licht, waardoor het gewicht irrelevant is. Omdat wordt aangenomen dat alle onderdelen al in het centrale magazijn aanwezig zijn, wordt de levertijd van de leverancier buiten beschouwing gelaten. Dit betekent dat de levertijd van alle onderdelen gelijk is aan één dag. De leverbetrouwbaarheid wordt ook niet meegenomen, omdat Geas werkt met betrouwbare koeriers.

Hoewel de bestelkosten geminimaliseerd moeten worden, worden de bestelkosten niet apart meegenomen in de bepaling of een onderdeel in de auto op voorraad moet zijn. De reden hiervoor is dat de bestel- en voorraadkosten samen worden gebruikt om met behulp van de EOQ-formule de optimale bestelhoeveelheid te bepalen. Het berekenen van de optimale bestelhoeveelheid volgt hierop, indien de beslissingsboom bepaalt dat een onderdeel op voorraad moet liggen.

In de literatuur staat niets geschreven over de zoektijd van een onderdeel. Uit paragraaf 4.2 kwam naar voren dat de zoektijd afhankelijk is van het aantal onderdelen op voorraad in een auto. Over de zoektijd kan daarom pas iets gezegd worden als bekend is welke onderdelen en hoeveel op voorraad moeten liggen. De zoektijd wordt daarom niet meegenomen in het beslissingsmodel.

5.1.2 Toelichting beslissingsboom

Hieronder volgt een toelichting op de relevante indicatoren voor de beslissingsboom die in de analyse van de huidige situatie en de literatuur zijn gevonden.

1. De fase in de levenscyclus van een cv-ketel

Het eerste splitsingspunt van het beslissingsmodel is de fase van de levenscyclus van een cv-ketel. De gemiddelde levenscyclus kan aan de hand van de product/service life cycle (Slack, Chambers, & Johnston, 2010) verdeeld worden in vier fases: introductie, groei, volwassenheid en verval. In de introductie fase is het op basis van historisch gebruik nog niet mogelijk om te bepalen of een onderdeel op voorraad moet zijn in de auto, omdat er geen gebruik van deze onderdelen is.

Onderdelen van een cv-ketel in deze fase worden daarom pas geleverd op basis van een order.

In de groei en volwassenheid fases is al historie van het gebruik van onderdelen opgebouwd. De kans op een storing stijgt en er is onderhoud nodig om storingen te voorkomen. In de verval fase is het gebruik op onderdelen erg laag.

Geas wil niet voor ieder onderdeel bepalen in welke fase van de levenscyclus het zich bevindt.

Wanneer onderdelen een historisch gebruik hebben, worden ze nader geanalyseerd. Er is dus één grenswaarde, namelijk wel of geen historisch gebruik.

2. Volume van het onderdeel

Doordat de auto's een beperkt laadvermogen hebben, is het volume van de onderdelen belangrijk.

Het volume verschilt per onderdeel, waardoor auto's gemakkelijk met grote hoeveelheden kleine onderdelen bevoorraden kunnen worden, terwijl grote onderdelen slechts in erg kleine hoeveelheden of helemaal niet in de auto passen.

Gorman en Ahire (2006) concluderen dat auto's gevuld moeten worden met onderdelen die de grootste verwachte nettowinst hebben per kubieke meter ruimte in de auto. Maar de exacte gegevens met betrekking tot het volume van onderdelen zijn bij Geas niet bekend, waardoor de grenswaarden van het volume niet bepaald kunnen worden. Hierdoor wordt er alleen gekeken naar onderdelen waarvan er minstens één in de auto past. Zo worden alle onderdelen die niet in de auto passen buiten beschouwing gelaten en worden geen onnodige berekeningen gedaan. Omdat de gewenste hoeveelheden pas berekend worden nadat bekend is welke onderdelen op voorraad in de auto moeten liggen, kan er nu nog niet geconcludeerd worden of de hoeveelheden in de auto passen.

3. Vervangingstijd

De vervangingstijd is het volgende splitsingspunt in de beslissingsboom. Er zijn onderdelen die veel tijd in beslag nemen om te vervangen. Als een monteur langer bezig is dan gepland bij het uitvoeren van zijn werk, komt de afdeling planning in de knel. Bij de monteur zakt het moreel, omdat hij langer moet werken. Onderdelen met een lange vervangingstijd worden daarom liever niet op voorraad in de auto gezet.

Dit geldt ook voor onderdelen die nodig zijn bij het verhelpen van een storing. Geas probeert bij een storing een tijdelijke oplossing te vinden. Het is voor Geas namelijk altijd voordeliger als de monteur een andere keer terugkomt, dan dat hij de storing gaat verhelpen op de dag dat deze is gemeld. Er wordt daarom liever een herhaalbezoek gepland, waarbij van tevoren bekend is dat de monteur veel tijd nodig heeft voor zijn dienst. De maximale vervangingstijd van een onderdeel dat op voorraad ligt in de auto wordt vastgesteld op 1,5 uur. Dit is besloten op basis van de gemiddelde tijden die nodig zijn voor onderhoud en storing, en in overleg met de manager. Alle onderdelen die langer dan 1,5 uur duren om te vervangen worden niet op voorraad gezet in de auto.

4. Gebruik

Het gebruik van een onderdeel is het volgende splitsingspunt in de boom. Om het gebruik van onderdelen te analyseren wordt de FSN-analyse van Larson (1980) toegepast. Deze analyse is ontwikkeld om onderdelen te categoriseren in fast-movers (F), slow-movers (S) en non-movers (N) op basis van de vraag. Om de vraag te analyseren wordt de omloopsnelheid gebruikt: Hoe lang ligt een onderdeel op voorraad in de auto? Een lage omloopsnelheid betekent dat onderdelen niet efficiënt gebruikt worden. Onderdelen die minder lang op voorraad liggen, hebben een hoge

omloopsnelheid. De omloopsnelheid per monteur per onderdeel wordt berekend met de onderstaande formule:

$$\text{Omloopsnelheid} = \frac{\text{vraag per week}}{\text{gemiddelde voorraadhoogte per week}} \text{ (Simchi-Levi, 2008)}^{10}.$$

Wanneer bijvoorbeeld een gasregelaar 1 keer per week gebruikt wordt door een monteur en er gemiddeld 5 stuks van op voorraad liggen, dan is de omloopsnelheid gelijk aan 0,2. Om de grenswaarden te bepalen is er eerst gekeken naar de omloopsnelheden in de huidige situatie. In de huidige situatie heeft ongeveer 5% van het assortiment een omloopsnelheid groter dan 0,1, 75% een omloopsnelheid kleiner dan of gelijk aan 0,1 en groter dan 0,01 en 20% een omloopsnelheid kleiner dan of gelijk aan 0,01. Aan de hand van deze percentages zijn de grenswaarden bepaald. Onderdelen met een omloopsnelheid groter dan 0,1 liggen het minst lang op voorraad en worden fast-movers genoemd, ondanks een fast-mover 10 weken op voorraad in de auto ligt. Slow-movers hebben een omloopsnelheid groter dan 0,01 en kleiner dan of gelijk aan 0,1. Non-movers zijn onderdelen die bijna nooit nodig zijn en hebben daarom een omloopsnelheid kleiner dan of gelijk aan 0,01. De grenswaarden worden in tabel 8 samengevat.

Fast-movers	$\text{Omloopsnelheid} > 0,1$
Slow-movers	$0,01 < \text{Omloopsnelheid} \leq 0,1$
Non-movers	$\text{Omloopsnelheid} \leq 0,01$

Tabel 8 Grenswaarden omloopsnelheid

Voor een onderdeel dat niet op voorraad in de auto ligt, maar wel gebruikt is door de monteur, wordt aangenomen dat de gemiddelde voorraadhoogte gelijk is aan 1. Wanneer bijvoorbeeld een onderdeel dat niet op voorraad in de auto lag en 1 keer gebruikt is in een week, dan is de omloopsnelheid gelijk aan: $\frac{1}{1} = 1$. In de huidige situatie bestaat het totale assortiment van Geas ongeveer uit 5% fast-movers, 20% slow-movers en 75% non-movers.

5. Kostprijs

Als laatste moeten de fast- en slow-movers worden geanalyseerd aan de hand van de kostprijs van een onderdeel.

In de huidige situatie zijn fast-movers minstens één keer gebruikt in een periode van 10 weken¹¹ en de maximale kostprijs van een fast-mover is gelijk aan € 149,57 (kwetsbaar onderdeel, niet passend in een vakje). De maximale wekelijkse voorraadkosten zijn dan gelijk aan $\frac{€ 400 + 0,55 \cdot 149,57}{52} = € 9,27$. Als een fast-mover niet op voorraad in de auto zou liggen, dan kunnen de tekortkosten oplopen tot € 37,70. Het is daarom voordeliger als fast-movers vanwege het hoge gebruik altijd op voorraad in de auto liggen, omdat anders de tekortkosten op lange termijn heel hoog kunnen oplopen vergeleken met de voorraadkosten. De maximale kostprijs van een fast-moving onderdeel dat op voorraad in de auto mag liggen, zou dus vastgesteld moeten worden op € 150,--. Aangezien er bij Geas geen fast-moving onderdelen zijn die duurder zijn dan € 150,--, is het niet nodig om deze grenswaarde vast te stellen. Dit betekent dus dat alle fast-moving onderdelen op voorraad in de auto moeten liggen.

Voor slow-movers geldt dat ze niet altijd op voorraad in de auto moeten liggen, want slow-movers met een hoge kostprijs brengen hoge voorraadkosten met zich mee. Hierdoor kan het voordeliger zijn om deze onderdelen niet op voorraad in de auto te hebben. Er moet daarom voor slow-moving

¹⁰ De gemiddelde voorraad per tijdseenheid voor een onderdeel dat in de auto is gelijk aan $\frac{\text{begin-} + \text{eindvoorraad}}{2}$.

¹¹ Deze aanname geldt niet andersom.

onderdelen een afweging gemaakt worden tussen de voorraad- en de tekortkosten. Olthof en Dekker (1994) hebben voor slow-moving onderdelen een beslissingsregel ontwikkeld, waarbij een onderdeel op voorraad wordt gelegd als de voorraadkosten lager zijn dan de mogelijke tekortkosten. Door deze afweging te maken, ontstaat de beslissingsregel of een slow-moving onderdeel op voorraad in de auto gelegd moet worden of niet.

Slow-moving onderdelen zijn hooguit één keer in de week gebruikt en daarom wordt ervan uitgegaan dat er van deze onderdelen één keer per week een tekort ontstaat. De mogelijke tekortkosten wanneer een slow-moving onderdeel niet in de auto op voorraad gelegd wordt, is daarom gelijk aan € 37,70, zie bijlage 5. Vervolgens moeten de voorraadkosten bepaald worden. In paragraaf 2.1.1 kwam naar voren dat de voorraadkosten deels gevormd worden door de risico- en rentekosten, die gelijk zijn aan een bepaald percentage van de kostprijs. Dus de kostprijs van een onderdeel beïnvloedt de totale voorraadkosten van dit onderdeel. De rentekosten zijn voor ieder onderdeel gelijk aan 5% van de kostprijs, maar de ruimte- en risicokosten zijn niet dezelfde voor ieder onderdeel. Voordat de grenswaarde van de kostprijs berekend wordt, zijn daarom twee beslissingspunten nodig in de -boom.

Het eerste beslissingspunt is het volume. Voor onderdelen die in autovakken passen zijn de jaarlijkse ruimtekosten gelijk aan € 100,-- en voor onderdelen die niet passen is dat € 400,--. Het tweede beslissingspunt is de kwetsbaarheid. Voor onderdelen die kwetsbaar zijn, geldt dat de risicokosten gelijk zijn aan 50% van de kostprijs, bij onderdelen die niet kwetsbaar is dit 20% van de kostprijs. De kostprijs wordt bepaald door de leverancier en wordt uitgedrukt in euro's. De totale voorraadkosten van kwetsbare onderdelen die in de autovakken passen zijn gelijk aan € 100 + (€ 0,55 * kostprijs). Voor onderdelen die niet kwetsbaar zijn en in de autovakken passen is dit € 100 + (€ 0,25 * kostprijs). De totale voorraadkosten van kwetsbare onderdelen die niet in de autovakken passen zijn gelijk aan € 400 + (€ 0,55 * kostprijs). Voor onderdelen die niet kwetsbaar zijn en niet in de vakken passen is dit € 400 + (€ 0,25 * kostprijs).

Een slow-moving onderdeel wordt op voorraad gelegd in de auto als de wekelijkse voorraadkosten lager zijn dan de tekortkosten. Onderdelen die in de vakken passen en kwetsbaar zijn worden dus op voorraad in de auto gelegd als $\left(\frac{€ 100 + (0,55 * \text{kostprijs})}{52}\right) < € 37,70$. De grens van de kostprijs voor deze onderdelen is gelijk aan € 3383,--. Als de kostprijs van deze onderdelen groter is dan € 3383,--, dient dit onderdeel niet op voorraad in de auto te liggen. Is de kostprijs lager dan de vastgestelde grenswaarde, dan worden deze onderdelen in de auto op voorraad gelegd.

Slow-moving onderdelen die in de autovakken passen en niet kwetsbaar zijn, worden op voorraad gelegd als $\left(\frac{€ 100 + (0,25 * \text{kostprijs})}{52}\right) < € 37,70$. De grens van de kostprijs voor deze onderdelen is gelijk aan € 7441,--. Als de kostprijs van deze onderdelen groter is dan € 7441,--, dient dit onderdeel niet op voorraad in de auto te liggen. Is de kostprijs lager dan de vastgestelde grenswaarde, dan worden deze onderdelen op voorraad gelegd.

Slow-moving onderdelen die niet vakken passen en kwetsbaar zijn, worden op voorraad gelegd als $\left(\frac{€ 400 + (0,55 * \text{kostprijs})}{52}\right) < € 37,70$. De grens van de kostprijs voor deze onderdelen is gelijk aan € 2837,--. Als de kostprijs van deze onderdelen groter is dan € 2837,--, dan dient dit onderdeel niet op voorraad te liggen. Is de kostprijs lager dan de vastgestelde grenswaarde, dan worden deze onderdelen op voorraad gelegd.

Slow-moving onderdelen die niet in de vakken passen en niet kwetsbaar zijn, worden op voorraad gelegd als $\left(\frac{€ 400 + (0,25 * \text{kostprijs})}{52}\right) < € 37,70$. De grens van de kostprijs voor deze onderdelen is gelijk aan € 6242,--. Als de kostprijs van deze onderdelen groter is dan € 6242,--, dan dient dit onderdeel

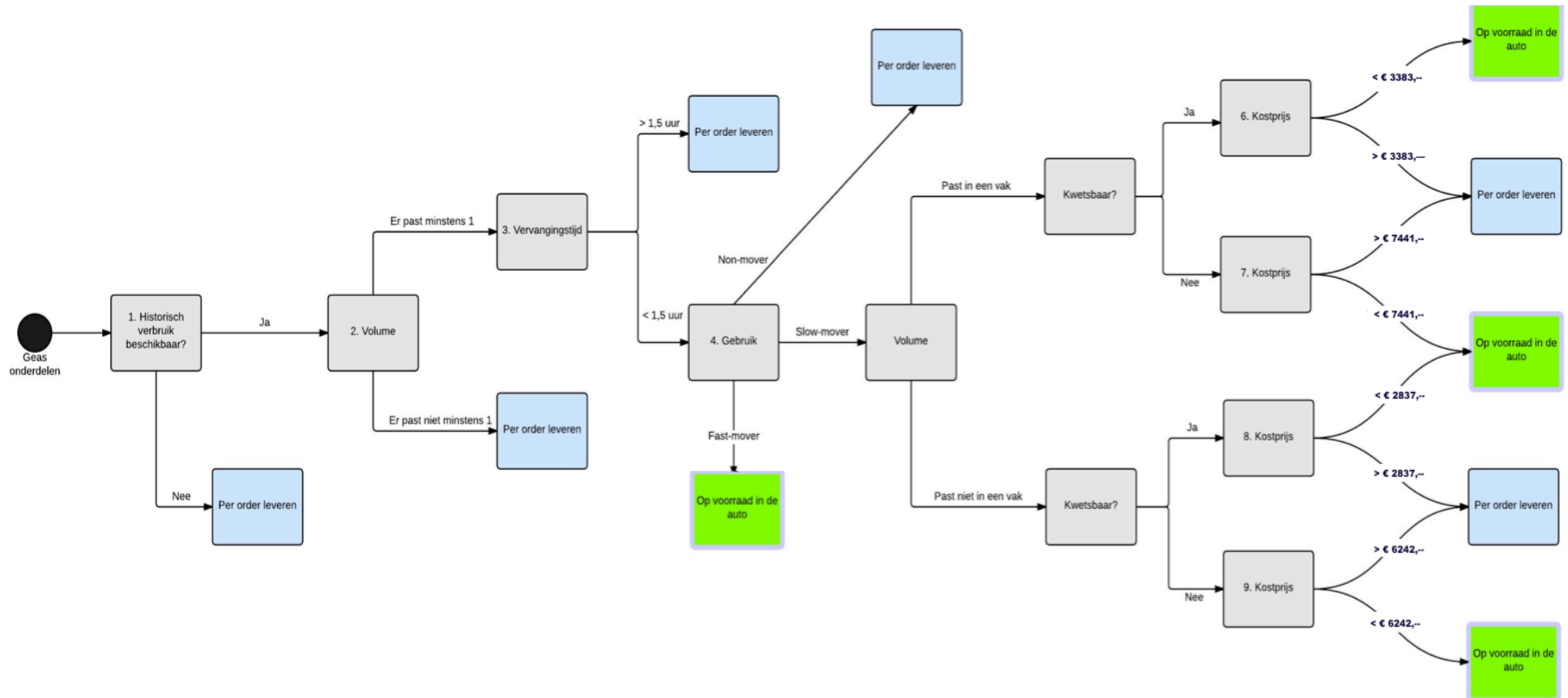
niet op voorraad in de auto te liggen. Is de kostprijs lager dan de vastgestelde grenswaarde, dan worden deze onderdelen op voorraad gelegd.

Non-movers worden niet geanalyseerd aan de hand van de kostprijs, omdat deze onderdelen bijna nooit gebruikt worden. In de huidige situatie zijn dit onderdelen die één keer per 2 jaar gebruikt zijn door de monteur, zie tabel 8. Ze nemen ruimte in beslag en veroorzaken daardoor onnodige voorraadkosten.

Daarnaast resulteert een mogelijk tekort in lagere kosten dan de totale voorraadkosten, waardoor er geen afweging wordt gemaakt tussen voorraad- en tekortkosten.

Zoals naar voren kwam in hoofdstuk 3 hebben de auto's van Geas een beperkt laadvermogen, waarmee rekening moet worden gehouden. Non-movers moeten daarom uit de auto en worden per order geleverd, zodat er ruimte ontstaat voor andere onderdelen. Hierdoor kunnen de voorraadm niveaus verhoogd worden van de onderdelen die wel op voorraad moeten zijn in de auto, waardoor de tekort- en bestelkosten, en daarmee de integrale kosten van deze onderdelen geminimaliseerd worden. Nu het bekend is welke onderdelen op voorraad in de auto van de monteur moeten liggen wordt er in de volgende hoofdstuk gekeken wat het aanvulniveau moet zijn van ieder onderdeel.

5.2 Beslissingsboom



Figuur 7 Beslissingsboom

5.3 Conclusie

In dit hoofdstuk werd antwoord gegeven op de deelvraag 'Hoe ziet het beslissingsmodel om de voorraad in de auto te bepalen eruit?'. De antwoorden van de eerste drie deelvragen hebben een grote bijdrage geleverd aan de beantwoording van deze deelvraag.

In paragraaf 5.1 werden eerst de relevante indicatoren weergegeven: fase in de levenscyclus van de cv-ketel, volume, vervangingstijd, gebruik, kwetsbaarheid en kostprijs. Deze paragraaf heeft de deelvraag 'Welke indicatoren bepalen de beslissing in het beslissingsmodel?' beantwoord. Er wordt van uitgegaan dat het gewicht van een onderdeel geen invloed heeft op het voorraadbeheer. Er wordt tevens van uitgegaan dat zoeken langer duurt als er meer verschillende onderdelen in de auto zijn. In het model wordt van onderdelen die gebruikt zijn, maar niet op voorraad in de auto liggen, aangenomen dat de gemiddelde voorraadhoogte gelijk is aan 1 (zie paragraaf 5.1.2). Vervolgens werd in paragraaf 5.2 het beslissingsmodel in de vorm van een -boom opgesteld. De beslissingsboom is in deze paragraaf nader toegelicht, waarbij antwoord is gegeven op de deelvragen 'Wat zijn de grenswaarden van de indicatoren?' en 'Hoe ziet het beslissingsmodel eruit?'. Aan de hand van de beslissingsboom kan er volgens een standaardprocedure bepaald worden welke onderdelen op voorraad moeten zijn in de auto's en welke niet. De beslissingsboom maakt voor slow-moving onderdelen een afweging tussen de voorraad- en tekortkosten, want onderdelen met een hoge kostprijs brengen hoge voorraadkosten met zich mee. Het is dan voordeliger om deze onderdelen niet op voorraad in de auto te hebben.

Als de beslissingsboom bepaalt dat een onderdeel op voorraad moet liggen, zijn er vervolgstappen nodig. Deze stappen worden in hoofdstuk 6 behandeld.

Hoofdstuk 6 - Implementatie

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvraag ‘Hoe kan Geas het beslissingsmodel implementeren?’. In paragraaf 6.1 worden de resultaten van de beslissingsboom uit hoofdstuk 5 door middel van een steekproef weergegeven. Als de beslissingsboom heeft bepaald dat een onderdeel in een auto op voorraad gelegd moet worden, wordt het aanvulniveau berekend waarbij de verwachting is dat de voorraad- en tekortkosten worden geminimaliseerd. In paragraaf 6.2 komen daarom de gevolgen van het beslissingsmodel aan de orde. Daarbij wordt gekeken wat de gevolgen zijn op de integrale kosten en het aantal pickregels. Het model wordt daarna getoetst op een selectie onderdelen van Geas. Vervolgens wordt in paragraaf 6.3 een implementatieplan opgesteld om de verandering op een correcte wijze uit te voeren. Tenslotte wordt in paragraaf 6.4 gekeken naar de bevoegdheden en verantwoordelijkheden.

6.1 De resultaten van de beslissingsboom

In deze paragraaf wordt de beslissingsboom uit hoofdstuk 5 getoetst op een selectie onderdelen van Geas door middel van een steekproef. Om de huidige situatie te vergelijken met de nieuwe situatie is als eerst voor de gebruikers van het model een korte handleiding gemaakt waarin staat hoe het beslissingsmodel gebruikt moet worden. Deze handleiding is in een apart Word-document geleverd samen met het Excel-bestand waarin het beslissingsmodel geprogrammeerd is. De manager heeft vervolgens voor ieder onderdeel de benodigde gegevens in Excel gezet. De kern van de steekproef is, dat er een representatief beeld ontstaat van de afwijking van de huidige situatie ten opzichte van de nieuwe situatie. In overleg met de manager zijn daarom alle auto's in Enschede beoordeeld, zodat er een beeld ontstaat van het effect van het model. In Enschede is namelijk het aantal monteurs dat werkzaam is het grootst in vergelijking met andere regio's, zoals Hengelo en Almelo. Op basis van deze uitkomst kan er dan vastgesteld worden of deze proef significant is.

Het assortiment van Enschede bestaat uit 1683 verschillende onderdelen, zowel onderdelen die op voorraad in de auto liggen als onderdelen die per order worden geleverd. Omdat de omvang erg groot is, zou het veel tijd kosten om voor ieder onderdeel het beslissingsmodel te gebruiken. Er wordt daarom in eerste instantie alleen gekeken naar onderdelen die bij iedere monteur in dezelfde hoeveelheid op voorraad liggen. Zo kan er direct geconcludeerd worden wat het effect zal zijn op de verwachte integrale kosten. Vervolgens wordt het model ook gebruikt voor onderdelen die niet op voorraad bij de monteur liggen, zodat Geas het model uiteindelijk voor alle onderdelen kan gebruiken.

Het aantal verschillende onderdelen dat bij iedere monteur op voorraad ligt in dezelfde hoeveelheid is 175. Alle onderdelen voldoen aan de grenswaarden van de eerste drie splitsingspunten. Het gebruik van een onderdeel is het volgende splitsingspunt in de boom. Om over een aantal weken de historische vraaggegevens op te vragen, is het ERP-systeem Navision gebruikt. Er is gekozen voor een horizon van 65 weken. De gegevens uit Navision zijn vervolgens teruggekoppeld naar Microsoft Excel. Met behulp van Excel is voor ieder onderdeel de omloopsnelheid berekend, zodat de onderdelen gecategoriseerd worden in fast-movers, slow-movers en non-movers. Tabel 9 geeft een overzicht van deze categorisering.

	Fast-movers	Slow-movers	Non-Movers	Totaal
Aantal	22	94	58	175
Gebruik¹²	12629	8410	688	21727

Tabel 9 Categorisering van de onderdelen die op voorraad liggen bij iedere monteur

¹² Per 65 weken.

Volgens de beslissingsboom zouden de non-movers niet op voorraad moeten liggen, omdat deze onderdelen zelden gebruikt worden. Het overzicht van tabel 9 bevestigt deze veronderstelling. De 58 non-movers zijn namelijk door alle monteurs bij elkaar 688 keer gebruikt in de afgelopen 65 weken. In tegenstelling tot de fast-movers en slow-movers is dit erg weinig, want de 22 fast-movers en slow-movers zijn respectievelijk 12629 en 8410 keer gebruikt. De non-movers hebben daarom alleen maar nadelen, want het zijn onderdelen met hoge voorraadkosten hetgeen ook vaak gepaard gaat met weinig winst. Bovendien nemen ze onnodig ruimte in beslag en omdat de auto's beperkte laadvermogen hebben is dit erg belangwekkend. De non-movers worden dus niet meer op voorraad gelegd en deze voorraad wordt daarom incurant genoemd. De totale waarde van de incurante voorraad over de 23 monteurs is ongeveer € 25000,--.

De fast- en slow-movers zouden volgens de beslissingsboom wel op voorraad moeten liggen. Voor deze onderdelen is het daarom essentieel dat het aanvulniveau wordt bepaald en wordt gekeken wat de gevolgen daarvan zijn.

6.2 Gevolgen van het beslissingsmodel

Nadat de beslissingsboom heeft bepaald welke onderdelen op voorraad moeten liggen, is het nu van belang om te kijken hoe het aanvulniveau bepaald kan worden en wat de gevolgen hiervan zijn.

Hierbij wordt het (R,S)-model gebruikt waarbij de minimalisering van de voorraad- en tekortkosten centraal staan, zie paragraaf 3.3.3. Het is mogelijk dat volgens de berekeningen het aanvulniveau van een onderdeel vastgesteld moet worden op nul. In dit geval geldt dat er maximaal één onderdeel op voorraad wordt gelegd in de auto, want volgens de beslissingsboom moet het onderdeel toch op voorraad liggen. Hieronder wordt met een aantal rekenvoorbeelden uitgelegd hoe het optimaal aanvulniveau bepaald kan worden bij een Poisson-verdeelde vraag. Rekenvoorbeelden 2 en 3 zijn korter weergegeven omdat ze op dezelfde manier berekend worden als in rekenvoorbeeld 1.

Rekenvoorbeeld 1: Artikel 15585

Artikel 15585 is een slow-moving onderdeel dat in het afgelopen vijf kwartalen gemiddeld 57 keer is gebruikt door iedere monteur. In de huidige situatie staat het aanvulniveau gelijk aan 3 stuks¹³. De vervangingstijd is minder dan 1,5 uur. Het onderdeel past niet in een vakje en is niet kwetsbaar. De vraag naar dit onderdeel is stochastisch en Poisson-verdeeld. De aankomsttijden zijn exponentieel verdeeld met gemiddelde 0,877 per week (dus $\lambda = 0,877$) en de voorraadkosten per eenheid per week bedragen € 7,86. In tabel 10 volgt een overzicht van de gegevens.

R	$3 \text{ dagen} = \frac{3}{7} \text{ week}$	L	$1 \text{ dag} = \frac{1}{7} \text{ week}$
λ	$\frac{57}{65} = 0,877 \text{ per week}^{14}$	L + R	$\frac{4}{7} \text{ week}$
P	€ 33,90	$\lambda_{(L+R)}$	$0,877 * \frac{4}{7} = 0,501$
C_b	€ 37,70	h	$\frac{400 + 0,25 * 33,90}{52} = € 7,86 \text{ per week}$

Tabel 10 Rekenvoorbeeld 1: Berekening aanvulniveau bij een Poisson-verdeelde vraag

Vervolgens kan $\frac{Rh}{C_b}$ berekend worden.

$$P(X_{L+R} > k) < \frac{Rh}{C_b}, \quad P(X_{L+R} > k) < \frac{\frac{3}{7} * 7,86}{37,70}, \quad P(X_{L+R} > k) < 0,089$$

¹³ Hoeveelheid onderdelen op voorraad.

¹⁴ Een kwartaal komt overeen met 13 weken.

De cumulatieve Poisson-verdeling van de vraag gedurende levertijd en reviewperiode is gegeven in tabel 11.

k	0	1	2
$P(X_{L+R} > k)$	0,39	0,091	0,014

Tabel 11 Cumulatieve kansverdeling van de vraag gedurende levertijd en reviewperiode

Er wordt nu gekeken naar de kans dat de vraag tijdens $L + R$ groter is dan k , omdat er dan tekortkosten kunnen ontstaan.

Voor $k = 0$ geldt dat $P(X_{L+R} > 0) > 0,089$. Het is financieel gezien voordeliger om het aanvulniveau k te verhogen met 1, zodat de mogelijke tekortkosten geminimaliseerd worden ten opzichte van de voorraadkosten.

Voor $k = 1$ geldt dat $P(X_{L+R} > 1) > 0,089$. Ook nu is het financieel gezien voordeliger om het aanvulniveau k te verhogen met 1.

Voor $k = 2$ geldt dat $P(X_{L+R} > 2) < 0,089$. $K = 2$ is het kleinste getal waarvoor geldt dat $P(X_{L+R} > k)$ kleiner is dan $\frac{Rh}{C_b}$. Het aanvulniveau wordt daarom vastgesteld op 2.

Rekenvoorbeeld 2: Artikel 12714

Artikel 12714 is een slow-mover en is in het afgelopen vijf kwartalen gemiddeld 14 keer gebruikt door iedere monteur. In tabel 12 volgt een overzicht van deze gegevens:

λ	$\frac{6}{65} = 0,092$ per week	$L + R$	$\frac{4}{7}$ week
P	€ 18,25	$\lambda_{(L+R)}$	$0,092 * \frac{4}{7} = 0,0524$
C_b	€ 37,70	h	$\frac{100 + 0,25 * 42,03}{52} = € 2,13$ per week

Tabel 12 Rekenvoorbeeld 2: Berekening aanvulniveau bij een Poisson-verdeelde vraag

$$P(X_{L+R} > k) < \frac{\frac{3}{7} * 2,13}{37,70}, \quad P(X_{L+R} > k) < 0,024$$

De cumulatieve Poisson-verdeling is gegeven in tabel 13.

k	0	1
$P(X_{L+R} > k)$	0,051	0,0013

Tabel 13 Cumulatieve kansverdeling van de vraag gedurende levertijd en reviewperiode

Voor $k = 1$ geldt dat $P(X_{L+R} > 1) < 0,024$. $K = 1$ is het kleinste getal waarvoor geldt dat $P(X_{L+R} > k)$ kleiner is dan $\frac{Rh}{C_b}$. Het aanvulniveau wordt daarom vastgesteld op 1.

Rekenvoorbeeld 3: Artikel 15160

Artikel 15160 is een slow-mover en ligt bij niemand op voorraad in de auto, maar volgens de beslissingsboom zou het wel op voorraad moeten liggen. In tabel 14 volgt een overzicht van de gegevens:

λ	$\frac{14}{65} = 0,22$ per week	$L + R$	$\frac{4}{7}$ week
P	€ 18,25	$\lambda_{(L+R)}$	$0,22 * \frac{4}{7} = 0,126$

C_b	€ 37,70	h	$\frac{100 + 0,25 * 18,25}{52} = € 2,01 \text{ per week}$
-------	---------	-----	---

Tabel 14 Rekenvoorbeeld 3: Berekening aanvulniveau bij een Poisson-verdeelde vraag (niet op voorraad)

$$P(X_{L+R} > k) < \frac{\frac{3}{2} * 2,01}{37,70}, \quad P(X_{L+R} > k) < 0,023$$

De cumulatieve Poisson-verdeling is gegeven in tabel 15.

k	0	1
$P(X_{L+R} > k)$	0,1184	0,0073

Tabel 15 Cumulatieve kansverdeling van de vraag gedurende levertijd en reviewperiode

$K = 1$ is het kleinste getal waarvoor geldt dat $P(X_{L+R} > k)$ kleiner is dan $\frac{Rh}{C_b}$. Het aanvulniveau wordt daarom vastgesteld op 1.

In figuur 8 is een voorbeeld gegeven hoe het Excel-bestand eruit ziet voor de rekenvoorbeelden. Dit Excel-bestand wordt als voorbeeld ingeleverd. Het enige dat telkens aangepast moet worden zijn de voorraadkosten. De voorraadkosten kunnen eenvoudig berekend worden door te onderzoeken of het onderdeel in een vakje past en kwetsbaar is. Indien een onderdeel in een vakje past, moet er '1' ingevuld worden. Past het onderdeel niet in een vakje, dan mag het cel worden leeggelaten. Dit geldt ook als het onderdeel kwetsbaar is of niet. Vervolgens kan het aanvulniveau afgelezen worden door te kijken naar de kleinste waarde voor k waarbij de cel roodgekleurd is.

Artikelnr.	Vakje	Kwetsbaar	h	Rh/C_b	Δt	Aanvulniveau (nieuw)	K0	K1	K2
15585			€ 7,86	0,089	0,501	2	0,39	0,091	0,014
12714	1		€ 2,13	0,024	0,0524	1	0,051	0,0013	
15160	1		€ 2,01	0,023	0,126	1	0,1184	0,0073	

Figuur 8 Voorbeeld Excel¹⁵

6.2.1 Integrale kosten

In deze paragraaf wordt met de bovenstaande rekenvoorbeelden uitgelegd wat de gevolgen zijn van het beslissingsmodel op de integrale kosten. Uit de huidige analyse blijkt dat de huidige aanvulniveaus voor artikel 15585 en 12714 hoger liggen dan de optimale aanvulniveaus.

In de huidige situatie is het aanvulniveau voor artikel 15585 bij iedere monteur gelijk aan 3 stuks. In dat geval is de kans op een tekort gelijk aan $P(X_{L+R} > 3) = 0,00178$. Volgens het nieuwe model moet het aanvulniveau echter worden verlaagd naar 2 stuks, zie rekenvoorbeeld 1. De kans op een tekort is dan gelijk aan $P(X_{L+R} > 2) = 0,0145$. In de nieuwe situatie zal dus de kans op een tekort stijgen met 0,01272. De verwachte wekelijkse tekortkosten over de 23 monteurs stijgen daarom met $0,01272 * 37,7 * 23 = € 11,-$. De maximale wekelijkse voorraadkosten over de 23 monteurs dalen dan wel met $7,86 * 23 = € 181,-$. De verwachting is daarom dat de wekelijkse integrale kosten zullen dalen met $181 - 11 = € 170,-$. De huidige en de nieuwe totale kosten zijn weergegeven in tabel 16 en 17.

Artikelnr	Maximale voorraadkosten	Huidige mogelijke tekortkosten	Huidige totale kosten
15585	€ 542,34	€ 1,53	€ 543,87
12714	€ 97,76	€ 0,02	€ 97,78
15160	€ -	€ 102,65	€ 102,65

Tabel 16 Voorraad- en tekortkosten in de huidige situatie

¹⁵ t is gelijk aan L+R.

Artikelnr	Maximale voorraadkosten	Nieuwe mogelijke tekortkosten	Nieuwe totale kosten
15585	€ 361,56	€ 12,54	€ 374,10
12714	€ 48,88	€ 1,15	€ 50,03
15160	€ 46,25	€ 6,33	€ 52,58

Tabel 17 Voorraad- en tekortkosten in de nieuwe situatie

Voor artikel 12714 moet het aanvulniveau ook worden verlaagd. De verwachting is dan dat de wekelijkse integrale kosten zullen dalen met $98 - 50 = € 48,-$.

Artikel 15160 lag in de huidige situatie bij niemand op voorraad, dus er waren voor dit onderdeel geen voorraadkosten. De kans op een tekort was gelijk aan $P(X_{L+R} > 0) = 0,1184$. Hierdoor waren de verwachte wekelijkse tekortkosten over de 23 monteurs $0,1184 * 37,7 * 23 = € 102,-$. Het is financieel voordeliger om het aanvulniveau met 1 te verhogen, omdat de verwachte tekortkosten dan zullen dalen (zie rekenvoorbeeld 3). De verwachte wekelijkse tekortkosten over de 23 monteurs zijn dan $0,0073 * 37,7 * 23 = € 6,-$ en de maximale wekelijkse voorraadkosten zijn $2,01 * 23 = € 46,-$. De verwachting is daarom dat de wekelijkse integrale kosten zullen dalen met $102 - 52 = € 50,-$.

6.2.2 Pickregels

Het doel van dit onderzoek is het verminderen van het aantal pickregels rekening houdend met het serviceniveau, de bestel-, voorraad- en tekortkosten. In vorige paragraaf kwam naar voren dat de integrale kosten hoogstwaarschijnlijk zullen dalen, maar in paragraaf 3.2.4 werd geconcludeerd dat het aantal pickregels niet zal dalen. De reden hiervoor is dat alle onderdelen altijd periodiek aangevuld worden zodra het voorraadniveau is gezakt. In de huidige situatie worden de monteurs op maandag en donderdag bevoorraad. Stel dat een monteur een onderdeel op dinsdag en vrijdag gaat gebruiken, dan ontstaat er een pickregel op donderdag en maandag. Indien de monteurs één keer per week zouden worden bevoorraad (bijv. maandag), dan zou er één pickregel ontstaan op maandag. Ondanks de reviewperiode van 1 week blijven de aanvulniveaus onveranderd. Er is daarom gekeken wat het effect is op de integrale kosten als de reviewperiode gelijk is aan 1 week, zie tabel 17.

Artikelnr	Maximale voorraadkosten	Nieuwe mogelijke tekortkosten	Nieuwe totale kosten
15585	€ 361,56	€ 69,63	€ 431,19
12714	€ 48,88	€ 4,46	€ 53,34
15160	€ 46,25	€ 22,98	€ 69,23

Tabel 14 Voorraad- en tekortkosten in de nieuwe situatie met reviewperiode van 1 week

De kans dat de vraag gedurende $L + R$ groter dan k is wordt groter waardoor de nieuwe mogelijke tekortkosten veel meer zijn dan bij een reviewperiode van 3 dagen. Aangezien Geas wil dat de integrale kosten geminimaliseerd worden, is het verstandiger om de monteurs twee keer in de week te bevoorraden.

6.2.3 Ruimte

Nadat de aanvulniveaus zijn berekend, moet als laatste nog rekening worden gehouden met het laadvermogen van de auto. Omdat de non-movers niet op voorraad gelegd moeten worden, zal er aanzienlijk ruimte vrijkomen in de auto. Dit geldt ook voor fast—en slow-movers waarvan de nieuwe optimale aanvulniveaus lager zijn dan de huidige niveaus. Nadat de nieuwe optimale aanvulniveaus van onderdelen berekend zijn, is het daarna mogelijk dat sommige onderdelen niet in de auto zullen passen. Voor onderdelen die al op voorraad in de auto liggen, is dit makkelijk controleerbaar. Het enige dat moet gebeuren is het vergelijken van het huidige maximale voorraadniveau met het nieuwe aanvulniveau S . Wanneer het nieuwe aanvulniveau kleiner is dan het huidige niveau, zal het nieuwe optimale aanvulniveau ongetwijfeld in de auto passen. Is het aanvulniveau groter, dan moet

er overlegd worden met de monteur of het onderdeel in de auto gaat passen. De laatste stap is het invoeren van de nieuwe aanvulniveaus in Navision. Het aanvulniveau is gelijk aan het minimum- en maximumvoorraadniveau. Voor rekenvoorbeeld 1 geldt bijvoorbeeld dat min = 2 en max = 2.

6.2.4 Resultaten

Het ontwikkelde beslismodel is getoetst op de 22 fast-movers en 94 slow-movers die volgens de beslissingsboom op voorraad zouden moeten liggen, zie paragraaf 6.1. Daarbij zijn de aanvulniveaus bepaald en de voorraad- en tekortkosten per onderdeel geanalyseerd door middel van het (R,S)-model. Uit de huidige analyse blijkt dat voor bijna alle onderdelen dat de huidige aanvulniveaus hoger liggen dan de optimale aanvulniveaus. Dit komt doordat in de huidige situatie geen rekening wordt gehouden met de voorraadkosten. In de nieuwe situatie bestaan de voorraadkosten van een onderdeel grotendeels uit de ruimtekosten. Om de ruimtekosten te bepalen werden de totale kosten van de auto verdeeld over de opslagmogelijkheden, zie paragraaf 2.3.2. De ruimtekosten voor grote en kleine onderdelen zijn daarom respectievelijk € 400 en € 100 per jaar. Het grote verschil tussen de huidige en optimale aanvulniveaus wordt dus veroorzaakt door de hoogte van de ruimtekosten bij Geas, want de kostprijs van een onderdeel heeft nauwelijks invloed op de voorraadkosten. Doordat de ruimtekosten erg hoog zijn, wordt er rekening gehouden met de beperkte ruimte in de auto. De schaarste aan ruimte is namelijk op deze manier op de juiste wijze in de voorraadkosten meegenomen, omdat alle onderdelen in de nieuwe situatie wel in de auto passen. Er wordt wel aanbevolen om de ruimtekosten opnieuw te berekenen, omdat de huidige kostenanalyse niet nauwkeurig genoeg is. De verwachting is dat de integrale kosten voor de 22 fast-movers en 94 slow-movers wekelijks zullen dalen met € 4313,84, zie bijlage 6. Voor het overgrote deel van de onderdelen (non-movers) geldt echter dat ze niet op voorraad moeten liggen terwijl deze onderdelen in de huidige situatie wel op voorraad liggen, zie paragraaf 6.2.1.

6.3 Implementatieplan

Om ervoor te zorgen dat het beslissingsmodel in de toekomst voor het hele assortiment van Geas gaat werken is een implementatieplan opgesteld om de nieuwe voorraadbepaling op correcte wijze uit te voeren. Hieronder volgt een stappenplan voor de implementatie.

6.3.1 Stap 1: Benodigde gegevens verzamelen

Het verzamelen van de benodigde gegevens is een eerste stap op weg naar het implementeren van het beslissingsmodel. Als eerste moeten de gegevens van onderdelen voor iedereen beschikbaar zijn. Hierdoor zijn alle benodigde gegevens beschikbaar zodat iedereen met het model volgens een standaardprocedure per monteur kan bepalen wat de beste voorraad is van elk onderdeel. Echter moeten de statistische gegevens wel beschermd worden. Zo kunnen alleen medewerkers die bevoegd zijn wijzigingen aanbrengen (zie paragraaf 6.4).

Van ieder onderdeel moet bekend zijn wat het volume, de vervangingstijd, de kwetsbaarheid, het historisch gebruik, de gemiddelde voorraad in de auto en de kostprijs is. Hieronder volgt een overzicht met de beschikbaarheid en welke stappen moeten worden doorlopen bij de verzameling van de benodigde gegevens voor het model.

- *Volume*
De gegevens met betrekking tot het volume zijn niet beschikbaar. Er moet een lijst opgesteld worden met onderdelen die niet passen in de auto. Voor onderdelen die wel passen in de auto moet per onderdeel vastgesteld worden of het in een vakje past of niet. Vervolgens moeten deze gegevens worden ingevoerd in Navision.
- *Vervangingstijden*
De gegevens met betrekking tot vervangingstijden zijn ook niet beschikbaar. Per onderdeel moet vastgesteld worden wat de vervangingstijd is door te kijken naar hoe lang het gemiddeld duurt om te vervangen. Doordat de monteurs gebruik maken van een PDA waarop ze aangeven hoe lang ze bezig zijn kunnen de gemiddelde vervangingstijden eenvoudig berekend worden. Overleggen met de monteurs is een andere optie. De monteurs

vervangen de onderdelen en zij zullen de gemiddelde tijden weten die nodig zijn voor het vervangen. De vervangingstijd per onderdeel moet vervolgens worden ingevoerd in Navision.

- *Kwetsbaarheid*

Ten slotte zijn de gegevens met betrekking tot kwetsbaarheid ook niet beschikbaar. Per onderdeel moet vastgesteld worden of het kwetsbaar is of niet door te onderzoeken hoe lang een onderdeel maximaal op voorraad in de auto ligt. De afdeling logistiek kan daarnaast vaststellen of een onderdeel snel onbruikbaar kan worden door ieder onderdeel te analyseren. De gegevens met betrekking tot kwetsbaarheid van onderdelen moeten vervolgens worden ingevoerd in Navision.

De gegevens met betrekking tot het historisch gebruik, gemiddelde voorraad in de auto en de kostprijs zijn al beschikbaar en ingevoerd in Navision. De kostprijs is nodig om de voorraadkosten van een onderdeel te bepalen, nadat de gegevens met betrekking tot volume en kwetsbaarheid bekend zijn. Aan de hand van het wekelijks gebruik en de gemiddelde voorraad in de auto kan voor ieder onderdeel de omloopsnelheid berekend worden. Het wekelijks gebruik is daarnaast nodig om van ieder onderdeel de cumulatieve kansverdeling te berekenen. Vervolgens kan voor ieder onderdeel het optimaal aanvulniveau worden bepaald.

6.3.2 Stap 2: Het programmeren van het beslissingsmodel

Het handmatig gebruiken van het beslissingsmodel neemt relatief veel tijd in beslag. Het programmeren van het beslissingsmodel is daarom de tweede stap, zodat Navision automatisch voor alle auto's kan bepalen wat de beste voorraad is. In paragraaf 4.1.3 kwam naar voren dat de manager de variabelen eenvoudig in het model wil kunnen aanpassen. De beslissingspunten in de beslissingsboom moeten daarom in Navision als restricties worden geprogrammeerd, zodat de grenswaarde van iedere indicator eenvoudig aangepast kan worden. Vervolgens moet het (R,S)-model worden geprogrammeerd, waardoor onderdelen automatisch het juiste aanvulniveau krijgen.

6.4 Bevoegdheden en verantwoordelijkheden

Het maken van een overzicht van nieuwe bevoegdheden en verantwoordelijkheden is essentieel om het beslissingsmodel succesvol te implementeren. In de huidige situatie is één inkoopmedewerker verantwoordelijk voor de voorraadbepaling. De inkoopmedewerker heeft als enige de bevoegdheid om gegevens aan te passen. Bij het nieuwe model horen echter nieuwe bevoegdheden en verantwoordelijkheden.

De manager van het bedrijfsbureau is verantwoordelijk voor de uitvoering van de implementatie. Er moet ervoor gezorgd worden dat iedereen die het model gaat gebruiken, zo spoedig mogelijk wordt betrokken bij de implementatie. De manager moet de medewerkers van het bedrijfsbureau de opdracht geven om de benodigde gegevens te verzamelen.

De magazijnmedewerkers zijn verantwoordelijk voor de verzameling van de gegevens met betrekking tot het volume. De afdelingen technische administratie en logistiek moeten de gegevens verzamelen met betrekking tot vervangingstijden. De inkoopmedewerkers moeten de kostprijzen jaarlijks bijwerken. De magazijnmedewerkers en de afdeling logistiek moeten de gegevens verzamelen met betrekking tot kwetsbaarheid van onderdelen. Nadat alle gegevens verzameld zijn, moet de manager de gegevens invoeren of exporteren naar het ERP-systeem. Het nacontroleren van de gegevens door iemand is de laatste stap om fouten te minimaliseren en de kans op succes van het model te vergroten.

Binnen het bedrijfsbureau krijgt iedereen de bevoegdheid om het model te gebruiken, maar niet iedereen krijgt de bevoegdheid om gegevens te veranderen. De afdeling logistiek mag uiteindelijk beslissen of een onderdeel op voorraad in de auto komt te liggen en mag het aanvulniveau van onderdelen aanpassen. De afdeling logistiek heeft daarnaast de verantwoordelijkheid dat een onderdeel in de auto gaat passen. Als de monteurs denken dat de nieuwe voorraadbepaling fout gaat, moeten zij zo spoedig mogelijk contact opnemen met de afdeling logistiek. Door tijdig maatregelen te nemen wordt er voorkomen dat zaken uit de hand lopen. Er moet daarom duidelijk

gecommuniceerd worden tussen de monteurs en de afdeling logistiek. De afdeling informatisering en kwaliteit krijgt ten slotte de verantwoordelijkheid om het model te programmeren in Navision. Hoe het model geprogrammeerd moet worden, wordt buiten beschouwing gelaten. Als laatste moet iedereen het model nauwkeurig gebruiken, er morgen geen fouten gemaakt houden. Dit komt doordat het model erg gevoelig is op kleine fouten. Het is daarom belangrijk dat de aanvulniveaus gecontroleerd worden door een tweede persoon.

6.5 Conclusie

In dit hoofdstuk is antwoord gegeven op de deelvraag 'Hoe kan Geas het beslissingsmodel implementeren?'. Allereerst werd de beslissingsboom getoetst op een selectie onderdelen van Geas. Daarbij kwam naar voren dat de non-movers in tegenstelling tot fast-movers en slow-movers erg weinig gebruikt worden terwijl de non-movers bijna in grote hoeveelheden op voorraad liggen. De non-movers worden daarom niet meer op voorraad gelegd. Vervolgens is in paragraaf 6.2 gekeken wat de gevolgen zijn van het beslissingsmodel zijn. Bij de bepaling van het aanvulniveau wordt er rekening gehouden met de minimalisering van de wekelijkse totale kosten. Door middel van een aantal rekenvoorbeelden is aangetoond dat de totale kosten in de huidige situatie hoger zijn dan in de nieuwe situatie. De verwachting is dat de integrale kosten fors zullen dalen. Daarnaast is duidelijk geworden dat de totale kosten hoger worden bij een reviewperiode van 1 week. Het is daarom niet verstandig om het aantal pickregels te verlagen ten koste van stijgende kosten. Bovendien is er geen sprake van ruimtegebrek, omdat de voorraadkosten op de juiste wijze zijn meegenomen in de voorraadkosten. Vervolgens is er een implementatieplan opgesteld dat uit twee stappen bestaat, namelijk (1) het verzamelen van de benodigde gegevens en (2) het programmeren van het beslissingsmodel. Van ieder onderdeel moet bekend zijn wat het volume, de vervangingstijd, de kwetsbaarheid, het historisch gebruik, de gemiddelde voorraad in de auto en de kostprijs is. Hiernaast is duidelijk geworden wie bevoegd en verantwoordelijk is voor het beslissingsmodel. Binnen het bedrijfsbureau krijgt iedereen de bevoegdheid om het model te gebruiken, zodat de nieuwe voorraden sneller bepaald kunnen worden.

Hoofdstuk 7 - Conclusie en aanbevelingen

7.1 Conclusie

Dit onderzoeksrapport heeft antwoord gegeven op de hoofdonderzoeksvraag. Met de beantwoording van deze vraag is een oplossing gevonden voor het volgend kernprobleem:

De voorraadbepaling van de bedrijfswagens wordt geschat zonder standaardprocedure voor de wijze waarop de auto's worden bevoorraad.

Het doel van het onderzoek was het opstellen van een beslissingsmodel om de efficiëntie van het logistiek proces te verhogen. Efficiëntie doelt op het verminderen van het aantal pickregels rekening houdend met het serviceniveau en de integrale kosten. Hieruit volgt de volgende hoofdonderzoeksvraag:

Hoe kan Geas met een beslissingsmodel bepalen op welke wijze de bedrijfsauto's bevoorraad kunnen worden (bij gelijk serviceniveau), zodat de integrale kosten geminimaliseerd worden?

Het antwoord op de hoofdonderzoeksvraag is een beslissingsmodel waarmee bepaald kan worden of een onderdeel op voorraad moet zijn in de auto of per order wordt geleverd. Het beslissingsmodel ziet eruit als een beslissingsboom en vormt de kern voor de nieuwe voorraadbepaling. Om vast te stellen op welke wijze de auto's worden bevoorraad, wordt in de huidige situatie voornamelijk gebruik gemaakt van zeven indicatoren die als criteria gebruikt worden bij de voorraadbepaling. Vervolgens is gebleken dat de algemene indicatoren die in de literatuur zijn te vinden, deels overeenkomen met de indicatoren die door Geas worden gebruikt. De relevante indicatoren zijn fase in de levenscyclus van de cv-ketel, volume, vervangingstijd, gebruik, kwetsbaarheid en kostprijs. Deze indicatoren zijn weergegeven in de beslissingsboom in paragraaf 5.2. Aan de hand van de beslissingsboom kan er nu volgens een standaardprocedure bepaald worden welke onderdelen op voorraad moeten zijn in de auto's en welke per order worden geleverd. Als de beslissingsboom bepaalt dat een onderdeel op voorraad moet liggen, is het nog essentieel dat het aanvulniveau wordt bepaald. Daarvoor wordt het (R,S)-model gebruikt, zodat de onderdelen in de auto altijd periodiek aangevuld worden zodra het voorraadniveau onder het aanvulniveau ligt. Om aan de veilige kant te zitten wordt een reviewperiode van 3 dagen gebruikt. Het gevolg hiervan is dat de werkdruk in het magazijn laag blijft op dinsdag, woensdag en vrijdag. Daarnaast kunnen de bestellingen worden gecombineerd op maandag en donderdag, zodat de transportkosten niet zullen stijgen. Bij de bepaling van het aanvulniveau wordt er rekening gehouden met de minimalisering van de wekelijkse totale kosten. Door middel van een paar rekenvoorbeelden is aangetoond dat de totale kosten in de huidige situatie hoger zijn dan de nieuwe situatie. De verwachting is dat de integrale kosten fors zullen dalen. Daarnaast is duidelijk geworden dat de totale kosten hoger worden bij een reviewperiode van 1 week. Het is daarom niet verstandig om het aantal pickregels te verlagen ten koste van stijgende kosten. Bovendien is er geen sprake van ruimtegebrek, omdat de voorraadkosten op de juiste wijze zijn meegenomen in de voorraadkosten. De verwachting is dat dit onderzoek zal leiden tot daling van de integrale kosten.

Vervolgens is er gekeken hoe Geas het beslissingsmodel kan implementeren. Het is essentieel dat de benodigde gegevens worden verzameld, zodat iedereen met het model volgens een standaardprocedure per monteur kan bepalen wat de beste voorraad is van elk onderdeel. Van ieder onderdeel moet bekend zijn wat het volume, de vervangingstijd, de kwetsbaarheid, het historisch gebruik, de gemiddelde voorraad in de auto en de kostprijs is.

7.2 Aanbevelingen

Om het beslissingsmodel te implementeren is in hoofdstuk 6 een implementatieplan opgesteld dat uit twee stappen bestaat, namelijk (1) het verzamelen van de benodigde gegevens en (2) het programmeren van het model. Als eerste moeten voor ieder onderdeel de benodigde gegevens verzameld worden met betrekking tot volume, vervangingstijd, kwetsbaarheid, historisch gebruik, gemiddelde voorraad in de auto en kostprijs. Vervolgens moet voor ieder onderdeel het bestelniveau worden bepaald. Het verzamelen van de benodigde gegevens en programmeren van het model zal in het begin veel tijd in beslag nemen. De gegevens met betrekking tot het historisch gebruik, gemiddelde voorraad in de auto en de kostprijs zijn al beschikbaar en ingevoerd in Navision. Op korte termijn moet het beslissingsmodel handmatig gebruikt worden, zodat het model toch de kern vormt voor de nieuwe voorraadbepaling. Aan de hand van de gegevens die al beschikbaar en ingevoerd zijn, kan voor ieder onderdeel de omloopsnelheid, vraagverdeling, verwachte wekelijkse vraag en standaardafwijking worden bepaald. Als de voorraadkosten bekend zijn kunnen de bestelniveaus ook eenvoudig worden berekend met behulp van Microsoft Excel. Als voorbeeld wordt er een Excel-bestand ingeleverd. Gezien de grote hoeveelheid onderdelen die voorhanden is, is het echter op lange termijn wenselijk dat het model geprogrammeerd kan worden, zodat Navision automatisch voor alle auto's kan bepalen wat de beste voorraad is.

Om ervoor te zorgen dat er zoveel mogelijk ruimte ontstaat voor onderdelen die op voorraad in de auto moeten liggen, moeten eerst de non-moving onderdelen geanalyseerd worden. Non-movers zijn bijna nooit nodig en veroorzaken daarom onnodige voorraadkosten. Deze onderdelen moeten daarom uit de auto. Daarnaast is het opvallend dat de monteurs in de afgelopen vijf kwartalen heel veel onderdelen tekort zijn gekomen. Het is daarom wenselijk om het model vervolgens te gebruiken voor onderdelen met de hoogste tekorten, zodat de tekortkosten dalen en het serviceniveau omhoog gaat. Het gebruiken van het model volgens de bovenstaande volgorde zal een gunstig effect hebben op de integrale kosten. Het is belangrijk om geen fouten te maken tijdens het berekenen van de aanvulniveaus, want het model is erg gevoelig. Daarom is het verstandig om de uitkomsten te laten controleren door een extra medewerker voordat de aanvulniveaus aangepast worden in het systeem. Er wordt ook sterk aanbevolen om één keer per jaar de grenswaarden van de omloopsnelheid in tabel 8 te controleren. In de huidige situatie zijn de grenswaarden namelijk erg klein. De grenswaarden kunnen veranderen in de toekomst waardoor ze iedere jaar gecontroleerd moeten worden met dezelfde methode zoals beschreven in paragraaf 5.1.2.4. Als laatste wordt aanbevolen om iedere maand het voorraad bij te houden aan de hand van prestatie-indicatoren, om vast te stellen of het doel wordt gehaald. Door te kijken bijvoorbeeld naar het aantal tekorten van ieder onderdeel kan er snel geconcludeerd worden of het aanvulniveau aan de lage kant zit.

Bibliografie

Cavaliere, S., Garetti, M., Macchi, M., & Pinto, R. (2008). *A decision-making framework for managing maintenance spare parts*. Production Planning & Control, vol. 19, pp. 379-396.

Durlinger, P. (2013). *Effectief voorraadbeheer - Een stappenplan*. Posterholt: Uitgeverij Durlinger.

Ernst, R., & Cohen, M. (1990). *Operations related groups (ORGs): a clustering procedure for production/inventory systems*. Journal of Operations Management, vol. 9, pp. 574-598.

Gorman, M., & Ahire, S. (2006). *A major appliance manufacturer rethinks its inventory policies for service vehicles*. Catonsville: Institute for Operations Research and the Management Sciences, vol. 36, pp. 407-419.

Harris, F. (1913). *How Many Parts to Make at Once (Vol. 10)*. Factory, The Magazine of Management, vol. 10, pp. 135-136, 152.

Heerkens, H., & van Winden, A. (2012). *Geen probleem*. Nieuwegein: Van Winden Communicatie.

Huiskonen, J. (2001). *Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices*. International Journal of Production Economics, vol. 71, pp. 125-133.

Olthof, J., & Dekker, R. (1994). *Spare parts selection procedure*. Erasmus Universiteit Rotterdam: Report Econometric Institute.

Paris, K., Zanzig, A., Cotter, M., Thayer-Hart, N., Elliot, J., Harris, D., et al. (2007). *Facilitator Tool Kit: A Guide For Helping Groups Get Results*. University of Wisconsin-Madison: Office of Quality Improvement.

Petrovic, R., Senborn, A., & Vujosevic, M. (1980). *Multi-echelon Multiple Criteria Spares Allocation*. k: Reliability, IEEE Transactions, vol. 29, pp. 392-396.

Simchi-Levi, D., Simchi-Levi, E., & Kaminsky, P. (2008). *Designing and managing the supply chain*. McGraw-Hill.

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations management*. Harlow: Pearson Education Limited (pp. 340 - 356).

Winston, W. (2004). *Operations Research*. Belmont: Cengage Learning (pp. 885 - 1066).