

VERTROUWELIJKE VERSIE

Dit is de vertrouwelijke versie waarin bedrijfsnamen, plaatsnamen en achternamen zijn vervangen door fictieve bedrijfsnamen, plaatsnamen en achternamen. Daarnaast zijn een aantal bijlagen verborgen.

11-08-2016

Heel Nederland aan de stekker

Voorraadbeheersysteem
voor een assemblagebedrijf



Auteur:

Casper de Gaaij

Begeleiding Universiteit Twente:

Vakgroep Industrial Engineering and Business Information Systems

Begeleider: Dr. M.C. van der Heijden

Meelezer: Dr. ir. L.L.M. van der Wegen

Begeleiding LaadstationXL:

Ruud Jansen, Eigenaar LaadstationXL



UNIVERSITEIT TWENTE.

Voorwoord

Voor u ligt het verslag van het onderzoek dat ik voor de afsluiting van mijn bachelor Technische Bedrijfskunde heb uitgevoerd bij het assemblagebedrijf LaadstationXL. In dit onderzoek heb ik gekeken naar het voorraadbeheer van de onderdelen die LaadstationXL nodig heeft bij de assemblage van de laadstations. Hiervoor heb ik gekeken welk voorraadmodel voor welke onderdelen gebruikt moet worden en hoe dit voorraadmodel per onderdeel moet worden geïmplementeerd.

Ik ben erg blij met de keuze die ik drie jaar geleden heb gemaakt om Technische Bedrijfskunde te studeren in Enschede. Ik vind het vooral fijn dat de universiteit kleinschalig is, waardoor je gemakkelijk kunt aankloppen bij docenten als je een vraag hebt. Je bent hier echt een persoon en geen nummer! Ik heb me tijdens de afgelopen drie jaar goed kunnen ontwikkelen en daarnaast heb ik een beter beeld kunnen vormen over mijn toekomstplannen.

Ik wilde mijn bachelor onderzoek graag uitvoeren in de richting van logistiek plannen of voorraadbeheer. Dit laatste is me gelukt bij LaadstationXL. Hiervoor wil ik alle werknemers van LaadstationXL bedanken voor de hulp en ondersteuning, maar ook voor de goede werksfeer tijdens mijn onderzoek. In het bijzonder wil ik mijn begeleider Ruud Jansen bedanken die het mij mogelijk heeft gemaakt om bij LaadstationXL mijn bachelor onderzoek uit te voeren. Voor dringende vragen kon ik altijd bij hem terecht.

Daarnaast wil ik graag Matthieu van der Heijden bedanken voor de begeleiding vanuit Universiteit Twente. Hij heeft me tijdens het gehele proces goed geholpen en ondersteund met feedback en nieuwe inzichten. De voortgangsgesprekken waren erg nuttig voor het verkrijgen van deze nieuwe inzichten en hebben een belangrijke bijdrage geleverd voor het behalen van dit eindresultaat.

Ten slotte wil ik graag mijn ouders, broer, vrienden en huisgenoten bedanken voor het luisteren en meedenken met de problemen die ik tegen kwam en daarnaast voor de gezelligheid en afleiding.

Veel leesplezier toegewenst!

Casper de Gaaij

Enschede, juni 2016

Managementsamenvatting

Inleiding

LaadstationXL is een Nederlandse leverancier van laadstations voor de particuliere sector. Er worden steeds meer elektrische voertuigen verkocht in Nederland en daardoor wordt de vraag naar laadstations ook steeds groter. Met het zicht op de stijgende vraag is het voor LaadstationXL noodzakelijk om het huidige voorraadbeheer te verbeteren. In het huidige voorraadbeheersysteem wordt maar voor een beperkt aantal onderdelen bijgehouden hoe hoog de voorraad van de onderdelen is. Voor de overige onderdelen dienen de magazijnmedewerkers een bestelaanvraag in, als een onderdeel bijna uit voorraad raakt. Vervolgens koopt de inkoopafdeling dit onderdeel in. Hierbij worden geen voorraadmodellen gebruikt en wordt er grotendeels op gevoel en ervaring besteld.

Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om het huidige voorraadbeheersysteem te verbeteren, waardoor voor elk onderdeel duidelijk is op welk moment en welke hoeveelheid er moet worden bijbesteld. Momenteel komt het ongeveer 1 keer per week voor dat onderdelen niet meer op voorraad zijn. Dit komt doordat de magazijnmedewerkers te laat aan de inkoopafdeling doorgeven dat er moet worden bijbesteld of dat de inkoopmedewerkers te lang wachten met bestellen of te weinig bestellen. Hierdoor kan de beloofde levertijd aan de klant niet worden gehaald, waardoor het bedrijf klanten kan verliezen. Om dit probleem op te lossen is voor dit onderzoek de volgende hoofdvraag opgesteld: *“Hoe moet het huidige voorraadbeheersysteem van LaadstationXL worden aangepast, zodat er minder vaak een tekort aan onderdelen optreedt?”*

Methode

Om antwoord te geven op deze hoofdvraag is eerst in de literatuur gekeken welke manieren er zijn om de onderdelen in te delen in verschillende categorieën. Vervolgens is gekeken welke voorraadmodellen er kunnen worden gebruikt om de voorraden van de onderdelen te kunnen beheren. Tot slot is er gekeken op welke manier deze voorraadmodellen voor de verschillende onderdelen kunnen worden berekend.

Dit onderzoek focust zich op de onderdelen die alleen in de laadstations worden gebruikt en niet in andere producten die de eigenaar via andere bedrijven ook nog verkoopt. Op basis van de literatuurstudie en deze restrictie is besloten om de onderdelen in drie categorieën te verdelen. Hiervoor wordt het beslismodel gebruikt waarin wordt gekeken naar de levertijd en het usage-value ratio van de onderdelen. Vervolgens is besloten om de A-onderdelen te behandelen met behulp van het (R,s,S) -voorraadmodel en de B- en C-onderdelen volgens het (s,Q) -voorraadmodel. Hierbij is gekozen om deze modellen zo te berekenen dat de som van de bestelkosten en de voorraadkosten worden geminimaliseerd waarbij tegelijkertijd wordt voldaan aan een gewenste fill rate. De gekozen fill rate voor de A-onderdelen is 97,5%. Voor de B-onderdelen is deze 95% en voor de C-onderdelen 90%.

Resultaten

Met behulp van de voorraadmodellen van alle onderdelen is er een voorraadbeheersysteem ontwikkeld. In dit systeem is het mogelijk om per onderdeel de levertijd, de bestelkosten, de reviewkosten, de inkoopprijs, de minimale bestelhoeveelheid en de gewenste fill rate aan te passen, mocht de situatie voor een onderdeel wijzigen. Er zal dan direct een nieuw voorraadmodel voor dit onderdeel worden uitgerekend waarbij wordt aangegeven bij welk bestelniveau er moet worden bijbesteld en hoeveel er moet worden bijbesteld. Ook wordt dit direct aangepast in het voorraadbeheersysteem

De bestelhoeveelheid is voor 35% van de onderdelen verhoogd ten opzichte van de huidige situatie. Voor de rest van de onderdelen is deze gelijk gebleven. Daarnaast is het bestelniveau voor de meeste onderdelen ook verhoogd. Hierdoor wordt er bij een grotere voorraad bijbesteld, waardoor er minder kans is dat de voorraad op raakt. Door deze veranderingen zullen de voorraadkosten stijgen. Daartegenover staat wel dat de bestelkosten zullen dalen en dat het service level van de onderdelen zal stijgen.

Conclusie en aanbevelingen

Met behulp van de resultaten is een nieuw voorraadbeheersysteem ontwikkeld voor LaadstationXL. Om dit voorraadbeheersysteem te kunnen gebruiken moeten de exacte reviewperioden voor de A-onderdelen worden aangehouden. Daarnaast moet de virtuele voorraad voor de B-onderdelen op elk moment bekend zijn en tot slot moeten de magazijnmedewerkers direct aan de inkoopafdeling doorgeven als een C-onderdeel niet meer op voorraad is.

Wat opvalt is dat de minimale bestelhoeveelheid bij veel onderdelen een stuk hoger ligt dan de berekende optimale bestelhoeveelheid. Voor deze onderdelen is verder gerekend met de minimale bestelhoeveelheid wat ervoor zorgt dat de voorraadkosten een stuk hoger liggen dan in de optimale situatie.

Om het voorraadbeheersysteem te implementeren worden de volgende aanbevelingen gedaan.

1. Voor de onderdelen waarbij de optimale bestelhoeveelheid meer dan twee keer zo laag ligt als de minimale bestelhoeveelheid, moet contact worden opgenomen met de leveranciers. Als het niet mogelijk is om de minimale bestelhoeveelheid te verlagen, moeten voor deze onderdelen andere leveranciers worden gezocht.
2. Om het voorraadbeheersysteem op de juiste manier te gebruiken en de gewenste fill rates te bereiken, moet er met de juiste bestelhoeveelheid worden besteld wanneer het voorraadbeheersysteem dit aangeeft.
3. Voor de onderdelen in de laadstations die ook worden gebruikt in de producten van de andere bedrijven van de eigenaar moet een soortgelijk voorraadbeheersysteem worden ontwikkeld. Als alle onderdelen zijn opgenomen in het voorraadbeheersysteem, zullen de producten nog vaker op tijd worden geleverd.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	ii
Managementsamenvatting.....	iii
Hoofdstuk 1 - Inleiding	1
1.1 Inleiding en Bedrijfsachtergrond	1
1.2 Aanleiding.....	1
1.3 Probleemidentificatie	2
1.4 Onderzoeksvragen.....	2
1.5 Afbakening.....	4
Hoofdstuk 2 - Huidige situatie.....	5
2.1 Producten en assemblage	5
2.2 Voorraden.....	6
2.3 Bestelhoeveelheid en bestelniveau	7
2.4 Knelpunten huidige situatie	9
2.5 Conclusie	10
Hoofdstuk 3 - Theoretisch kader	11
3.1 Voorraad.....	11
3.2 Indelingsmethoden	12
3.3 Voorraadmodellen	14
(R,s,S)-voorraadmodel.....	16
(s,Q)-voorraadmodel	19
3.4 Conclusie	20
Hoofdstuk 4 - Toepassing.....	21
4.1 Bestelhoeveelheid en bestelniveau	21
Bestelhoeveelheid	21
Bestelniveau	23
4.2 Beslismodel.....	23
4.3 Voorraadmodellen	24
A-onderdelen.....	24
B en C-onderdelen.....	26
4.4 Verificatie	27
4.5 Uitwerkingen van een (R,s,S)- en (s,Q)-voorraadmodel.....	27
Uitwerking van een (R,s,S)-voorraadmodel	27
Uitwerking van een (s,Q)-voorraadmodel.....	30
4.6 Conclusie	32
Hoofdstuk 5 –Resultaten en Analyse	33
5.1 Resultaten.....	33

5.2 Vergelijking met de huidige situatie.....	33
A-onderdelen.....	33
B- en C-onderdelen.....	33
5.3 Validatie.....	34
5.4 Analyse	34
5.5 Conclusie	36
Hoofdstuk 6 - Implementatie van het voorraadbeheersysteem.....	37
6.1 Stappenplan voor de implementatie.....	37
Hoofdstuk 7 - Conclusie en Aanbevelingen	39
7.1 Conclusie	39
7.2 Discussie	39
7.3 Aanbevelingen.....	40
Bronnen.....	41
Bijlagen.....	42
Bijlage 1 – Verkoop van elektrische en hybride personenauto's.....	42
Bijlage 2 – Aantal publieke laadpalen	42
Bijlage 3 – Handelingsproblemen en impact/effort matrix	43
Handelingsproblemen	43
Impact/Effort matrix.....	43
Bijlage 4 - Interviews	45
Bijlage 5 – Totale kosten per bestelhoeveelheid	47
Bijlage 6 – Levenscyclus van een bedrijf	47
Bijlage 7 – Ongevoeligheid van de EOQ	48
Bijlage 8 – Productnaam en productnummer (Vertrouwelijk).....	48
Bijlage 9 – Voorraadmodellen voor A-onderdelen (Vertrouwelijk)	48
Bijlage 10 – Voorraadmodellen voor B-onderdelen (Vertrouwelijk)	48
Bijlage 11 – Voorraadmodellen voor C-onderdelen (Vertrouwelijk)	48
Bijlage 12 – Onderdelen per product (Vertrouwelijk).....	48
Bijlage 13 – Reviewmomenten van A-onderdelen.....	49
Bijlage 14 - Overzicht van het voorraadbeheersysteem (Vertrouwelijk).....	49

Hoofdstuk 1 - Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een inleiding op het onderzoek dat is uitgevoerd bij LaadstationXL. Hier zullen de bedrijfsachtergrond, aanleiding, probleemidentificatie, onderzoeksvragen en afbakening worden behandeld.

1.1 Inleiding en Bedrijfsachtergrond

Er wordt wereldwijd steeds meer waarde gehecht aan duurzaamheid. Continue wordt er gezocht naar nieuwe oplossingen om energie duurzaam op te wekken zonder de verbranding van fossiele brandstoffen. Deze energie wordt tegenwoordig al opgewekt met behulp van de zon, de wind en waterkracht. Ook autofabrikanten proberen hun klanten tevreden te houden door te investeren in elektrische motoren in plaats van verbrandingsmotoren. Momenteel zijn er ruim 170.000 Plug-in, Hybride en Elektrische auto's in Nederland. Al deze auto's moeten worden opgeladen met behulp van laadstations. LaadstationXL is een bedrijf dat deze laadstations assembleert en verkoopt aan de particuliere sector.

LaadstationXL is een productiebedrijf gevestigd in Apeldoorn. Het is een onafhankelijke specialist op het gebied van laadpalen, draagbare laadstations en laadkabels. Deze laadpalen en draagbare laadstations zullen in de rest van het verslag als laadstation worden vermeld. De laadstations worden gebruikt voor het opladen van elektrische en hybride auto's. LaadstationXL bestelt alle benodigde onderdelen voor de laadstations en assembleert deze tot het eindproduct. Er worden voor dit assemblageproces geen productiemachines gebruikt.

De laadstations werden vroeger verkocht vanuit ElektroXL BV en StoppenkastXL BV. Dit zijn twee elektronische groothandels opgericht in 2006. Oorspronkelijk verkochten deze bedrijven alleen stoppenkasten. Dit hebben ze uitgebreid met allerlei andere elektrotechnische apparaten, waaronder laadstations. In februari 2014 heeft de eigenaar besloten om deze laadstations te gaan verkopen via een eigen besloten vennootschap. LaadstationXL is opgericht en vanuit hier worden de laadpalen, draagbare laadstations en laadkabels verkocht. Deze onderdelen worden aangeboden via de website: www.laadstationXL.nl. Als er een bestelling wordt geplaatst, is het mogelijk om deze te verzenden naar de klant, maar het is ook mogelijk om deze op te halen in de vestiging van LaadstationXL.

Bij de aankoop van een laadstation zijn er veel opties die de klant kan kiezen. Hierdoor kan de klant het laadstation volledig naar wens samenstellen. Voorbeelden van de opties die de klant kan kiezen zijn: het type laadstation, de stroomsterkte, de lengte van de laadkabel, de bediening van het laadstation, eventuele digitale verbruiksmeter en monitor en de kleur van het laadstation.

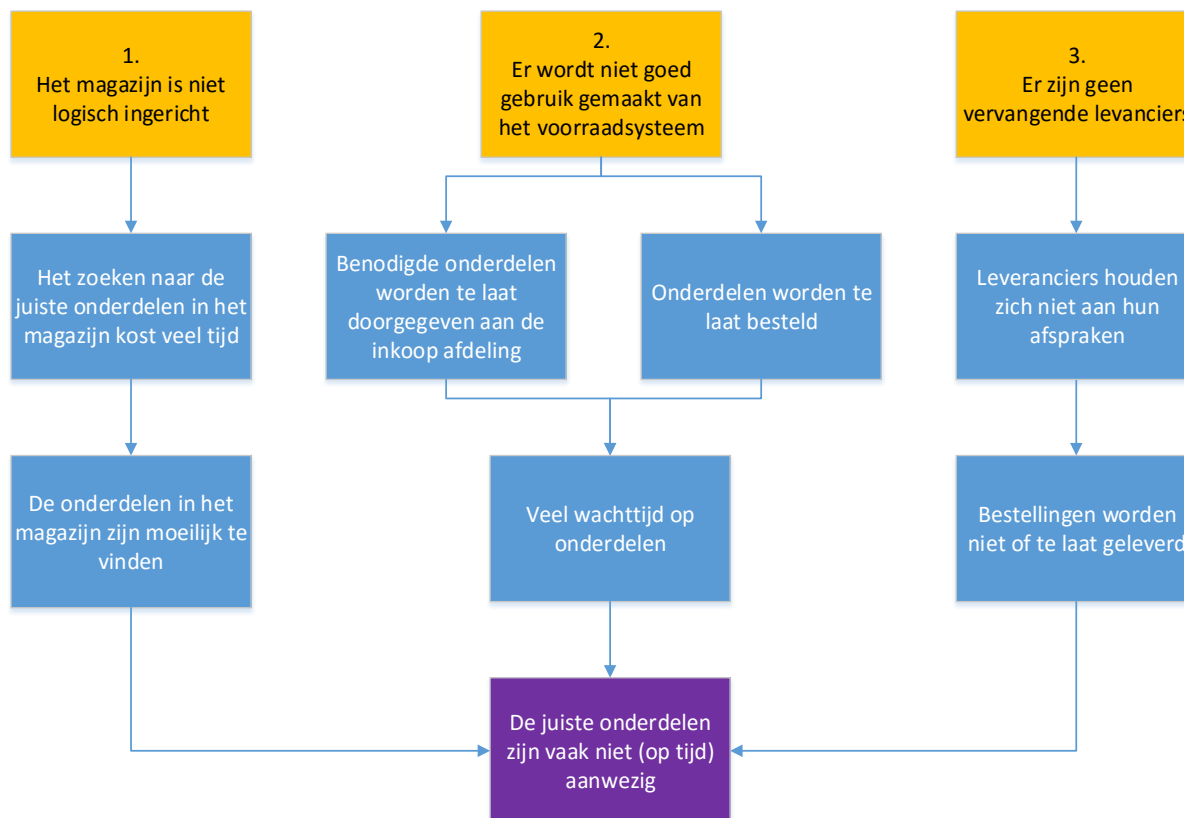
LaadstationXL heeft 13 werknemers en zit in hetzelfde pand als de bedrijven Jansen Techniek, ElektroXL, StoppenkastXL, LaadkabelXL en TL-VerlichtingXL. LaadstationXL, ElektroXL, StoppenkastXL en LaadkabelXL worden geleid door Ruud Jansen, Jansen Techniek door Niek Jansen en TL-VerlichtingXL door Daniel van den Berg. Door het combineren van zes bedrijven in één pand kan onder andere de voorraadruimte en een deel van de werkplaats door de verschillende bedrijven worden gebruikt. Hiermee kan er worden bespaard op diverse kostenposten.

1.2 Aanleiding

De verkoop van elektrische en hybride auto's neemt de laatste tijd steeds meer toe (zie Bijlage 1). Dit leidt tot een toename van het aantal laadstations dat verkocht wordt (zie Bijlage 2). LaadstationXL is een groeiend bedrijf dat nu pas 2 jaar op de markt is. Momenteel komt het regelmatig voor dat onderdelen voor de assemblage van de laadstations niet op voorraad zijn. Hierdoor loopt de productie vertraging op. Met het zicht op de toenemende vraag wil LaadstationXL graag het voorraadbeheer verbeteren met als doel: een betere beschikbaarheid van de onderdelen.

1.3 Probleemidentificatie

In Figuur 1 is de probleemkluwen weergegeven. Het probleem dat aangepakt moet worden is het volgende: *De juiste onderdelen zijn vaak niet (op tijd) aanwezig*. Dit probleem is te zien in het paarse blokje. Vervolgens is er gekeken naar de oorzaken van dit probleem. Dit is teruggeleid tot drie hoofdoorzaken die daadwerkelijk aangepakt kunnen worden. Deze hoofdoorzaken, ook wel handelingsproblemen genoemd, zijn weergegeven in de oranje vakjes.



Figuur 1: De probleemkluwen

Met behulp van de impact/effort matrix (zie Bijlage 3) is besloten om handelingsprobleem 2 aan te pakken. *‘Er wordt niet goed gebruik gemaakt van het voorraadbeheersysteem’*. Om dit verder te gaan onderzoeken is eerst een probleemstelling geformuleerd. Deze probleemstelling bestaat uit de doelstelling en de vraagstelling. De vraagstelling moet eerst worden beantwoord om vervolgens de doelstelling te kunnen bereiken.

De doelstelling van dit onderzoek luidt als volgt: Het verbeteren van het huidige voorraadbeheersysteem, zodat de onderdelen voor de laadstations op tijd en met de juiste hoeveelheid worden besteld, zodat er minder vaak een tekort aan onderdelen optreedt. Dit leidt tot de volgende hoofdvraag voor het onderzoek:

Hoe moet het huidige voorraadbeheersysteem van LaadstationXL worden aangepast, zodat er minder vaak een tekort aan onderdelen optreedt?

1.4 Onderzoeksvragen

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden moet er eerst worden gekeken naar een aantal onderzoeksvragen en deelvragen. Er zijn 5 onderzoeksvragen opgesteld die met behulp van de deelvragen beantwoord kunnen worden. Deze onderzoeksvragen en deelvragen staan hieronder weergegeven.

1. Hoe ziet de huidige situatie van LaadstationXL met betrekking tot het voorraadbeheer eruit?
 1. Welk soort voorraden heeft LaadstationXL?
 2. Op welke manier wordt momenteel de optimale bestelhoeveelheid en het bestelniveau berekend?
 3. Wat zijn de problemen met betrekking tot de voorraad waar LaadstationXL momenteel tegen aan loopt?
2. Wat zegt de theorie over de mogelijke typen voorraad, indelingsmethoden en voorraadmodellen?
 1. Waarom houdt een bedrijf voorraad?
 2. Welke type voorraden zijn er?
 3. Welke indelingsmethoden zijn er?
 4. Welke voorraadmodellen zijn er?
3. Hoe worden de nieuwe voorraadmodellen berekend?
 1. Op welke manier moeten de optimale bestelhoeveelheid en het bestelniveau worden bepaald voor de nieuwe voorraadmodellen?
 2. Welk indelingsmodel moet er worden gebruikt?
 3. Zijn de formules op de juiste manier gebruikt?
4. Wat zijn de resultaten van de voorraadmodellen?
 1. Wat zijn de veranderingen ten opzichte van de huidige situatie?
 2. Zijn de nieuwe voorraadmodellen valide?
 3. Welke bijzondere resultaten zijn er te vinden in de nieuwe voorraadmodellen?
5. Op welke manier moet het nieuwe voorraadbeheersysteem worden geïmplementeerd

Onderzoeksvraag 1 zal beantwoord worden door te kijken naar de huidige situatie in hoofdstuk 2. Er zal in paragraaf 2.1 gekeken worden naar de producten en assemblage van LaadstationXL. Vervolgens in paragraaf 2.2 naar de voorraden van LaadstationXL en in paragraaf 2.3 naar de manier waarop de bestelhoeveelheid en het bestelniveau in de huidige situatie wordt bepaald. Tot slot zal paragraaf 2.4 zich richten op de knelpunten van de huidige situatie.

Onderzoeksvraag 2 zal worden behandeld in hoofdstuk 3 over de literatuur. Hierbij zal in paragraaf 3.1 worden ingegaan op de voorraad, de voor- en nadelen van het houden van voorraad en de verschillende typen voorraad. In paragraaf 3.2 zal worden gekeken naar de verschillende indelingsmethoden van de onderdelen. Vervolgens zal in paragraaf 3.3 worden gekeken naar de verschillende voorraadmodellen. Tot slot worden in paragraaf 3.4 twee voorraadmodellen uitgewerkt.

Onderzoeksvraag 3 zal worden behandeld in hoofdstuk 4 over de toepassing. In paragraaf 4.1 wordt gekeken naar de bepaling van de bestelhoeveelheid en het bestelniveau van de nieuwe voorraadmodellen. Vervolgens wordt in 4.2 gekeken naar het beslismodel. In paragraaf 4.3 wordt gekeken naar de gekozen voorraadmodellen voor de onderdelen. Ten slotte wordt in paragraaf 4.4 gekeken of de formules op de juiste manier zijn gebruikt.

Onderzoeksvraag 4 zal beantwoord worden in hoofdstuk 5. In paragraaf 5.1 zal worden gekeken naar de resultaten van de nieuwe voorraadmodellen. Vervolgens worden in paragraaf 5.2 de nieuwe voorraadmodellen vergeleken met de huidige situatie. Dan richt paragraaf 5.3 zicht op de validatie van de nieuwe voorraadmodellen en tot slot worden in paragraaf 5.4 de nieuwe voorraadmodellen geanalyseerd.

Onderzoeksvraag 5 zal worden beantwoord in hoofdstuk 6. In paragraaf 6.1 is een stappenplan van 10 stappen opgesteld die moet worden gevolgd voor de implementatie van het voorraadbeheersysteem.

In hoofdstuk 7 wordt dit verslag afgerond door middel van een conclusie, discussie en een aanbeveling.

1.5 Afbakening

In dit onderzoek zal ik me beperken tot het voorraadbeheer. Ik zal me in dit onderzoek bezig houden met de onderdelen die alleen gebruikt worden voor de producten van LaadstationXL. Dit zijn onderdelen als de laadkasten, laadkabels, stekkers, bevestigingsrails. Ik zal geen onderzoek doen naar de onderdelen die ook door de andere webwinkels worden gebruikt voor bijvoorbeeld stoppenkasten. Voorbeelden hiervan zijn hoofdschakelaars, snoertjes, drukknoppen en verbruiksmeters. Daarnaast zal het voorraadbeheersysteem worden opgesteld voor de periode van 1 mei 2016 tot en met 30 april 2017.

Hoofdstuk 2 - Huidige situatie

In dit hoofdstuk wordt gezocht naar een antwoord op de drie onderstaande deelvragen om vervolgens onderzoeksvraag 1 te kunnen beantwoorden.

1. Welk soort voorraden heeft LaadstationXL?
2. Op welke manier wordt momenteel de optimale bestelhoeveelheid en het bestelniveau berekend?
3. Wat zijn de problemen met betrekking tot de voorraad waar LaadstationXL momenteel tegen aan loopt?

Met behulp van het antwoord op deze vragen kan een antwoord worden geformuleerd op onderzoeksvraag 1: Hoe ziet de huidige situatie van LaadstationXL met betrekking tot het voorraadbeheer eruit?

In paragraaf 2.1 zal worden gekeken naar de producten die LaadstationXL aanbiedt en de manier waarop deze producten worden geassembleerd. In paragraaf 2.2 wordt gekeken naar de voorraden van LaadstationXL. Vervolgens zal paragraaf 2.3 zich buigen over de bestelhoeveelheden en bestelniveaus die LaadstationXL momenteel voor haar producten hanteert. In hoofdstuk 2.4 wordt gekeken naar de knelpunten in de huidige situatie en tot slot wordt in hoofdstuk 2.5 een conclusie gegeven.

2.1 Producten en assemblage

Producten

LaadstationXL biedt momenteel 203 verschillende laadstations en laadkabels aan. Deze variatie zit in het type laadstation, de hoofdschakelaar, het type stekker, de lengte van de laadkabel en mogelijke bevestigingsmethode van het laadstation. Daarnaast heeft de klant bij de aankoop van een laadstation nog de mogelijkheid voor bijvoorbeeld een aan/uit knop, sleutelschakelaar, afstandsbediening of een pasjessysteem. Deze en nog wat andere opties zorgen ervoor dat er een grote variatie zit in de benodigde onderdelen voor een laadstation. Naast al deze laadstations en laadkabels biedt LaadstationXL nog 47 andere producten aan. Deze producten vallen onder de aanverwante producten op de website. In deze categorie bevinden zich onder andere aardlekautomaten, aardlekschakelaars, stekkerhouders en kabeldrempels.

Er zijn een aantal producten die LaadstationXL zowel per stuk verkoopt als verwerkt in een laadstation. Een voorbeeld hiervan is een aardlekschakelaar. Daarnaast wordt dit onderdeel ook aangeboden via de websites: www.elektroXL.nl en www.stoppenkastXL.nl en hier zowel per stuk verkocht als verwerkt in de stoppenkasten. De webshops van LaadstationXL, elektroXL en stoppenkastXL zijn alle drie losstaande BV's. De onderdelen die deze drie bedrijven nodig hebben worden gezamenlijk ingekocht en gezamenlijk opgeslagen in het magazijn. Als dit onderdeel besteld wordt of nodig is voor een eindproduct van één van de drie bedrijven, dan wordt dit onderdeel uit de gemeenschappelijke voorraad gehaald. De eigenaar heeft ervoor gekozen om verschillende BV's op te richten, waarbij LaadstationXL gespecialiseerd is in laadstations en stoppenkast.nl in stoppenkasten. Hier heeft hij voor gekozen, omdat hij merkte dat klanten het prettiger vinden om bij een bedrijf te bestellen dat zich concentreert op één productmarkt.

Assemblage

De onderdelen die nodig zijn voor de assemblage van de laadstations worden ingekocht bij verschillende leveranciers. Vervolgens wordt de kast van het laadstation samen met de onderdelen die in elke kast voorkomen apart gelegd. Deze onderdelen zijn de voeding, een hoofdschakelaar, een CMEM-module en een rails waarop deze onderdelen worden gemonteerd. Dit wordt verzonden naar een sociale werkplaats. Hier worden deze onderdelen in de kast gemonteerd en worden de onderdelen

met snoertjes op de juiste manier verbonden (zie figuur 2). Deze kasten worden als halffabricaten teruggestuurd naar LaadstationXL. Vervolgens zal LaadstationXL elke kast specifiek op de wensen van de klant in elkaar zetten. Dit assemblageproces gebeurt in de werkplaats van LaadstationXL. Er werken hier gemiddeld vier werknemers tegelijkertijd. Deze werknemers assembleren orders voor zowel LaadstationXL als voor ElektroXL en StoppenkastXL. De orders worden via de website of telefonisch aangemaakt. Vervolgens worden deze door de managementafdeling uitgeprint en worden er eventueel opmerkingen toegevoegd. Daarna worden deze orders naar de werkplaats gebracht. Een order bestaat hier uit een klembord met daarop het A4'tje met de bestelling van de klant. De werknemers in de werkplaats assembleren deze orders en zetten deze klaar voor verzending. Er worden per dag gemiddeld 14 producten besteld via de website van LaadstationXL. Hiervan zijn er ongeveer 3 laadstations. De andere producten die besteld worden zijn met name laadkabels, maar ook bepaalde stekkers, kabeldrempels en zelfs verkeersborden. In de rest van het verslag zal alleen worden gekeken naar de onderdelen die alleen in de laadstations worden gebruikt en niet in de stoppenkasten.



Figuur 2: Halffabricaat

Verzending

Als de laadstations zijn geassembleerd kunnen deze worden verzonden. Omdat LaadstationXL redelijk wat waarde hecht aan hun service hebben ze verschillende opties om de onderdelen aan de klant te leveren. Gewoonlijk worden bestellingen die op maandag tot donderdag voor 17:00 worden geplaatst, de volgende dag al bezorgd. Daarnaast kunnen de klanten ook kiezen voor avondbezorging. Als het onderdeel in de middag wordt verzonden, zal deze dezelfde avond nog worden bezorgd. Tot slot kan de klant ervoor kiezen om de bestelling in de middag op te behalen bij een PostNL afhaalplek. LaadstationXL kan deze servicemogelijkheden bieden, omdat het bedrijf van maandag tot donderdag van 8:30 tot 21:00, vrijdag van 8:30 tot 17:00 en op zaterdag van 8:30 tot 13:30 geopend is.

Naast verzenden van de laadstations biedt LaadstationXL ook de installatie van de laadstations aan. In dit geval reist een werknemer met de laadstations naar het adres van de klant om daar het laadstation te installeren. Deze mogelijkheid is voor iedereen in Nederland. Het is ook mogelijk om buiten Nederland te bestellen bij LaadstationXL. Dit kan vanuit alle landen in Europa. De levertijd is dan wel langer.

Leveranciers

Er zijn momenteel 12 leveranciers voor de onderdelen die alleen in de laadstations worden gebruikt. Deze leveranciers zitten in Nederland, Duitsland, België, Engeland en China. De Europese leveranciers leveren tussen de 1 en 4 onderdelen voor de laadstations. Daarnaast is er nog één leverancier in China. Deze leverancier levert 10 verschillende onderdelen. De hoeveelheid van deze onderdelen die door LaadstationXL zijn verkocht variëren tussen 4 stuks per jaar en 13.176 stuks per jaar. Daarnaast hanteren de meeste leveranciers een minimale bestelhoeveelheid. Deze hoeveelheid varieert tussen 1 en 240 stuks per bestelling.

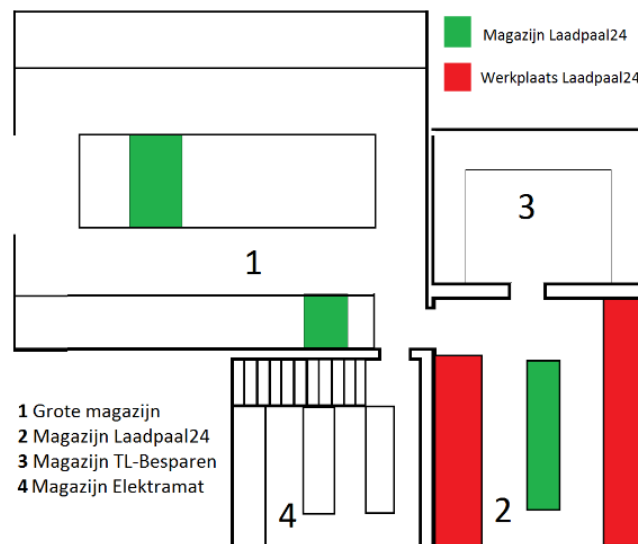
2.2 Voorraden

LaadstationXL maakt geen gebruik van opstoppingsvoorraad, anticipatievoorraad en ontkoppelingsvoorraad. Wel maken ze gebruik van cyclusvoorraad, opstoppingsvoorraad, veiligheidsvoorraad en pijplijnvoorraad (zie paragraaf 3.1). LaadstationXL bestelt haar onderdelen in batches. Deze batches variëren erg veel in grootte. De kleinste batches bestaan uit 1 onderdeel en voor andere onderdelen loopt dit op tot 1000 stuks. Als deze onderdelen binnen komen is dit de cyclusvoorraad. Naast cyclusvoorraad wordt er ook gebruik gemaakt van veiligheidsvoorraad. Deze veiligheidsvoorraad

wordt niet berekend, maar er wordt per product een schatting gemaakt bij hoeveel onderdelen een volgende bestelling moet worden geplaatst. Tot slot is er sprake van pijplijnvoorraad. Dit wordt ook wel onderhandenwerk genoemd en dit zijn de onderdelen die van de leveranciers onderweg zijn naar LaadstationXL.

De onderdelen die in China besteld zijn, worden verscheept naar Nederland. Deze onderdelen hebben een lange levertijd van ongeveer acht weken. Vooral voor deze onderdelen is het van belang dat er op tijd een nieuwe bestelling wordt geplaatst. Vandaar dat LaadstationXL heeft gekozen om voor deze onderdelen wel een veiligheidsvoorraad aan te houden. De veiligheidsvoorraad van de onderdelen uit China varieert van 0 tot 151 stuks. Op de eerste dag van elke maand wordt er gekeken of en zo ja, hoeveel er moet worden bijbesteld van deze onderdelen.

De kleinere onderdelen van LaadstationXL worden opgeslagen in de werkplaats. Hier staan werkbanken tegen de muren en in het midden een stellingskast waarin de onderdelen in dozen zijn opgeslagen. Bij de productie van de laadstations kost het hierdoor weinig tijd om de benodigde onderdelen bij elkaar te zoeken. De grote onderdelen die niet zo vaak gebruikt worden, zijn opgeslagen in het grote magazijn naast de werkplaats (zie figuur 3).



Figuur 3: Plattegrond Magazijn en Werkplaats

2.3 Bestelhoeveelheid en bestelniveau

Er worden in het huidige voorraadbeheersysteem geen formules gebruikt om de optimale bestelhoeveelheid en het bestelniveau uit te rekenen. Dit wordt gedaan op basis van schattingen van de inkoopafdeling. Zij baseren deze schatting op hun ervaring van de vraag en de levertijd en de historische data van de producten.

Er wordt in het huidige systeem altijd bijbesteld met de minimale bestelhoeveelheid of een veelvoud hiervan. Als de onderdelen regelmatig te laat worden geleverd, waardoor de klanten van LaadstationXL hun product later zullen ontvangen, wordt de veiligheidsvoorraad verhoogd. Als blijkt dat ze na een bepaalde tijd nog veel producten op voorraad hebben liggen, wordt de veiligheidsvoorraad verlaagd.

Voor de onderdelen uit China is er wel een voorraadbeheersysteem. In dit systeem wordt de voorraad bijgehouden, nieuwe orders geplaatst en de bestellingen van klanten verzameld. Dit gebeurt met behulp van de website: www.besteloverzicht.nl. Dit is een administratief voorraadbeheersysteem waar alleen de minimumvoorraad en de minimale bestelhoeveelheid aangepast kunnen worden. In dit systeem worden geen berekeningen uitgevoerd. Wel krijgt de inkoopafdeling een melding als een bepaald product weer bijbesteld moet worden, dus als de virtuele voorraad lager is dan de minimumvoorraad. Op de eerste van de maand zullen deze onderdelen weer worden bijbesteld

Af en toe wordt gecontroleerd of de werkelijke voorraad nog wel klopt met de aangegeven voorraad in het voorraadbeheersysteem. Gemiddeld wordt de voorraad, voor de onderdelen die regelmatig worden gebruikt, om de twee weken gecontroleerd. Voor de onderdelen die niet vaak worden gebruikt gebeurt dit ongeveer eens in de twee maanden. Door deze controle probeert LaadstationXL te voorkomen dat de voorraad opraakt zonder dat dit is aangegeven in het voorraadbeheersysteem.

Er zijn verschillende voorraadmodellen die gebruikt kunnen worden om de bestelhoeveelheid en het bestelniveau te bepalen. In het huidige voorraadbeheer worden de onderdelen uit China besteld volgens een werkwijze die gelijkenis vertoont met het (R,s,nQ)-voorraadmodel. Dit systeem houdt in dat er op vaste periodieke reviewmomenten naar de voorraad wordt gekeken. In dit geval is dat de eerste dag van de maand. Op dit reviewmoment wordt er gekeken naar de hoogte van de voorraad. Vervolgens wordt deze hoogte vergeleken met de hoogte van het bestelniveau en op basis daarvan wordt besloten of er wordt bijbesteld of niet. Als er bijbesteld moet worden, gebeurt dat met de minimale bestelhoeveelheid of een veelvoud hiervan.

Voor de onderdelen die niet uit China komen, worden de gebruikte onderdelen digitaal in een systeem bijgehouden. De productiewerknemers geven in een Excel document aan hoeveel ze van welk onderdeel hebben gebruikt. Dit zijn voornamelijk schattingen die aan het einde van de dag worden gemaakt. Met deze hoeveelheden wordt momenteel niks gedaan. Ook kunnen de productiewerknemers in een ander tabblad van het Excel document onderdelen aanvragen (zie tabel 1). Als een bepaald onderdeel bijna of helemaal op is, wordt dit onderdeel door de productiewerknemers aangevraagd. De inkoopafdeling beslist vervolgens hoeveel er precies wordt ingekocht.

Invullen door aanvrager					Invullen besteller		
Merk	Omschrijving	Type	Naam aanvrager	datum aangevraagd	Besteld door	Bestel-datum	Verwachte binnenkomst
	Kamrail	2px2	Maarten	15-03-16	Ruud	15-03-16	16-03-16
Schneider	Laadkasten	275x225x60	Erik	15-03-16	Ruud	15-03-16	16-03-16

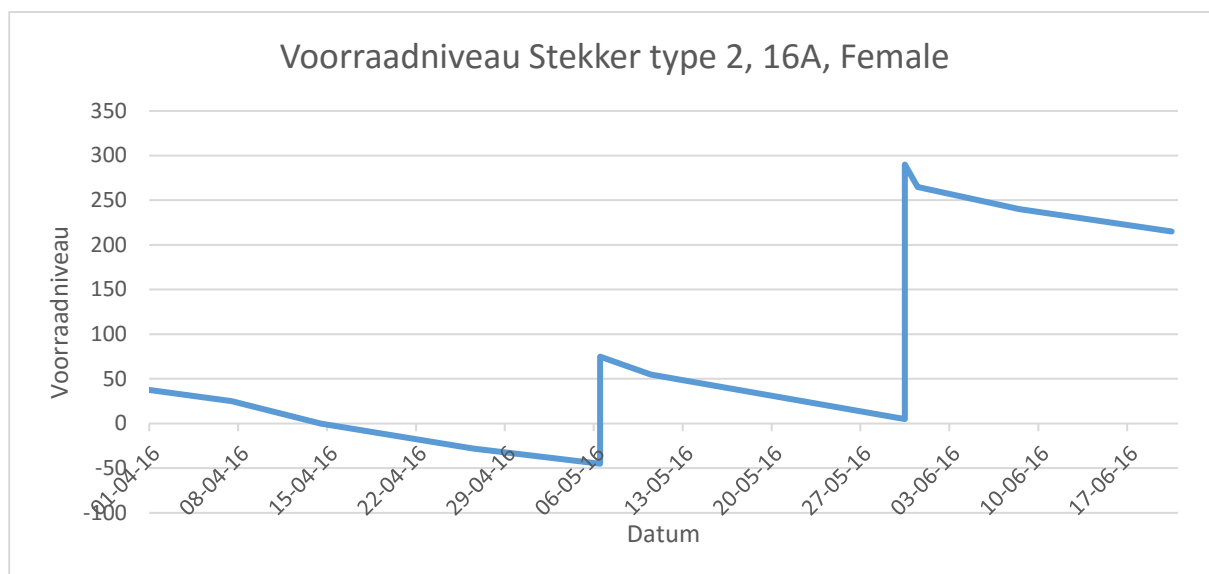
Tabel 1: Aanvraag tabblad van onderdelen

Er wordt in de huidige situatie niet bijgehouden wanneer er een tekort plaatsvindt. Daarnaast wordt niet bijgehouden hoe groot dit tekort is en hoeveel producten hierdoor niet op tijd konden worden geleverd. Hierdoor is het ook niet mogelijk om iets te zeggen over de huidige voorraadwaarde, de fill rate en het cycle service level. Volgens de eigenaar is de fill rate in de huidige situatie te laag, omdat er ongeveer 1 keer per week onderdelen niet op voorraad zijn, waardoor de assemblage vertraging oploopt.

Niet alle voorraadmodellen voor de onderdelen van LaadstationXL kunnen op dezelfde manier worden uitgerekend. Er is namelijk een groot verschil in de vraag naar verschillende onderdelen. De vraag naar de voeding is bijvoorbeeld veel groter dan de vraag naar een kabeldrempel. De voeding is hier een voorbeeld van een fast mover en de kabeldrempel is een voorbeeld van een slow mover. De vraag naar deze onderdelen moet op een andere manier worden voorspeld waardoor de voorraadmodellen ook op een andere manier moeten worden uitgerekend.

2.4 Knelpunten huidige situatie

Momenteel wordt de voorraad alleen bijgehouden voor acht van de tien producten die vanuit China besteld worden. Dit zijn twee typen stekkerhouders en zes typen stekkers waarmee de laadkabel kan worden aangesloten op de auto of op het laadstation. Aangezien de voorraad van deze acht onderdelen pas sinds eind maart is bijgehouden is er ook voor deze onderdelen erg weinig bekend over de huidige situatie. In figuur 4 is een grafiek te zien van een van de onderdelen uit China. Deze grafiek is op basis van 13 datapunten getekend.



Figuur 4: Grafiek van het voorraadniveau van Stekker type 2, 16A, Female

Normaal gesproken worden de producten uit China aan het begin van de maand besteld. Aangezien de producten een levertijd hebben van ongeveer acht weken is het van belang dat er genoeg wordt besteld voor de komende acht weken. Daarom is er voor de onderdelen uit China een veiligheidsvoorraad ingesteld. Deze veiligheidsvoorraad ligt tussen de 0 en 151 stuks. De minimale bestelhoeveelheid van de onderdelen uit China ligt tussen de 50 en 240 stuks. Echter kan de leverancier niet altijd het gewenste aantal onderdelen leveren. Dit is eerder een uitzondering dan een regel en komt af en toe voor als de vraag naar stekkers hoger is dan verwacht. Als de leverancier niet genoeg stekkers kan leveren worden deze stekkers tegen een hoge prijs ingekocht van een binnenlandse leverancier. Het is van belang dat er in het nieuwe voorraadbeheer genoeg wordt ingekocht van de onderdelen uit China en dat deze bestelling op tijd wordt geplaatst.

Als de vraag hoger is dan verwacht en er is nog voor minder dan acht weken voorraad, kan LaadstationXL kiezen om een spoedbestelling te plaatsen. Een spoedbestelling heeft een levertijd van 1 week en wordt met het vliegtuig vervoerd. Een spoedbestelling is ook een stuk duurder dan een reguliere bestelling. Het kost ongeveer 130 euro voor het verschepen van een lading van één type product en de levering met het vliegtuig kost ongeveer 400 euro voor een lading van één type product. In de huidige situatie plaatst LaadstationXL ongeveer 8 spoedbestellingen per jaar. Dit aantal moet zoveel mogelijk worden gereduceerd aangezien spoedbestellingen veel duurder zijn dan reguliere bestellingen.

Voor de onderdelen die niet uit China komen, worden de onderdelen via een digitaal systeem aangevraagd (zie tabel 1). Deze onderdelen hebben een levertijd van gemiddeld 3 dagen met een maximale levertijd van 28 dagen. Het is voor deze onderdelen wel van belang dat ze spoedig na de aanvraag worden besteld. De productiewerknemers hebben momenteel geen richtlijn wanneer ze een aanvraag moeten indienen. Dit doen ze op het moment dat ze zien dat er nog maar een aantal stuks op voorraad zijn. Sommige onderdelen zoals de weerstanden worden in doosjes van 20 stuks geleverd. Hiervoor gebruiken de productiewerknemers het two-bin systeem: Als het laatste doosje wordt

aangebroken wordt er een nieuwe voorraad aangevraagd. Hoeveel er opnieuw wordt bijbesteld beslist de inkoopafdeling. Dit is niet de beste methode om ervoor te zorgen dat er altijd voorraad aanwezig is. Als een productiewerknemer vergeet om een product aan te vragen, zal er een tekort optreden van dit onderdeel waardoor de productie vertraging oploopt. Het kan ook zijn dat de inkoopafdeling vergeet om een aangevraagd onderdeel te bestellen.

Voor de onderdelen die niet uit China komen worden de bestellingen niet gekoppeld. Dit koppelen van bestellingen is voor deze onderdelen ook niet heel belangrijk aangezien deze onderdelen bijna allemaal van Nederlandse leveranciers komen, waarbij de bestelkosten en de verzendkosten laag zijn.

Volgens de eigenaar van LaadstationXL (zie interview 1 in bijlage 4) zijn de voeding en de CMEM-onderdelen regelmatig niet op voorraad. Aan deze onderdelen moet meer aandacht worden besteed tijdens het onderzoek, aangezien deze onderdelen in elk laadstation voorkomen. Als deze onderdelen niet op voorraad zijn, kunnen de laadpalen niet worden verzonden en zal de klant worden gebeld dat het bestelde laadstation later wordt geleverd. Deze onderdelen zijn ook niet te vervangen door andere onderdelen.

2.5 Conclusie

In de huidige situatie kan onderscheid worden gemaakt tussen de onderdelen die uit China worden besteld en de onderdelen die niet uit China worden besteld.

Voor de onderdelen die uit China worden besteld wordt op de eerste dag van de maand naar de voorraad gekeken. Als de voorraad lager ligt dan de ingestelde veiligheidsvoorraad, zal er worden bijbesteld met het minimale bestelniveau of een meervoud hiervan. Dit wordt bepaald door de inkoopafdeling. Er worden geen formules gebruikt om de veiligheidsvoorraad en de bestelhoeveelheid te bepalen.

Voor de onderdelen die niet uit China worden besteld, wordt geen voorraadbeheersysteem gebruikt. Wel wordt er gebruik gemaakt van een digitaal Excel document waarin de magazijnmedewerkers aanvragen van onderdelen plaatsen. Als zij zien dat een onderdeel op is of bijna op is zullen ze hiervoor een aanvraag indienen. De inkoopafdeling beslist vervolgens hoeveel er wordt bijbesteld en plaatst de bestelling.

Er wordt niet bijgehouden hoeveel onderdelen er op welk moment in het magazijn staan opgeslagen en hoe vaak er een tekort optreedt. Daarnaast wordt ook niet bijgehouden hoe lang dit tekort duurt en hoeveel producten hierdoor niet op tijd kunnen worden geleverd. Daardoor is het niet mogelijk om de voorraadwaarde, de fill rate en het cycle service level van de huidige situatie te bepalen.

Er moet in dit onderzoek extra aandacht worden besteed aan de onderdelen uit China, aangezien deze onderdelen een erg lange levertijd hebben en een spoedbestelling erg duur is. Ook moet er worden gekeken naar de CMEM-modules en de voeding, omdat deze onderdelen in de huidige situatie vaak niet op voorraad zijn, waardoor de assemblage vertraging oploopt.

Tot slot moet er worden gekeken naar fast movers en slow movers. De onderdelen waar een grote vraag naar is zullen op een andere manier moeten worden behandeld dan de onderdelen waar een kleine vraag naar is.

Hoofdstuk 3 - Theoretisch kader

In dit hoofdstuk wordt gezocht naar de antwoorden op de vier onderstaande deelvragen om vervolgens onderzoeksvraag 2 te kunnen beantwoorden.

1. Waarom houdt een bedrijf voorraad?
2. Welke type voorraden zijn er?
3. Welke indelingsmethoden zijn er?
4. Welke voorraadmodellen zijn er?

Met behulp van het antwoord op deze vragen kan een antwoord worden geformuleerd op onderzoeksvraag 2: Wat zegt de theorie over de mogelijke typen voorraad, indelingsmethoden en voorraadmodellen?

In paragraaf 3.1 zal gekeken worden naar de voorraad. Eerst wordt het begrip voorraad behandeld met de voor- en nadelen van het houden van voorraad. Vervolgens wordt er gekeken naar de verschillende typen voorraad. In paragraaf 3.2 zal worden gekeken naar verschillende indelingsmethoden om de onderdelen in categorieën onder te verdelen. In paragraaf 3.3 wordt gekeken naar vijf verschillende voorraadmodellen. Deze worden vervolgens kort beschreven en twee voorraadmodellen worden verder uitgewerkt. Tot slot wordt er in paragraaf 3.4 een conclusie gegeven.

3.1 Voorraad

Om te onderzoeken welke soorten voorraad er zijn, is het belangrijk om eerst te kijken wat voorraad precies is. Volgens Slack, Brandon-Jones en Johnston (2013) is voorraad een term die wordt gebruikt om de ophoping van materialen, klanten of informatie te beschrijven op het moment dat ze zich door processen of netwerken bewegen. Dit onderzoek is gericht op de ophoping van de materialen die LaadstationXL gebruikt voor de assemblage van de laadstations.

Maar waarom houdt een bedrijf eigenlijk voorraad? Volgens Chopra & Meindl (2013) heeft het houden van voorraad twee belangrijke voordelen. Ten eerste zorgt voorraad ervoor dat aan een onverwacht stijgende vraag kan worden voldaan. Ten tweede zorgt voorraad voor het reduceren van de bestelkosten. Door grotere hoeveelheden per keer te bestellen zijn de gemiddelde bestelkosten per onderdeel kleiner dan wanneer alle onderdelen stuk voor stuk worden besteld.

Het houden van een voorraad heeft echter ook nadelen. Durlinger (2013) heeft deze nadelen onderverdeeld in drie kostenposten, ook wel de '3R's' genoemd. Deze staan voor 'rente', 'ruimte' en 'risico'. Bij rente gaat het om de kosten van het kapitaal ofwel om de hoeveelheid geld die de onderneming had kunnen verdienen als ze het geld niet in voorraad hadden gestopt. De tweede kostenpost is ruimte. Hierin zitten alle kosten van de huur van een gebouw, gebruik van stellingen, vorkheftrucks, computerapparatuur, software en personeelskosten. De derde kostenpost is het risico dat een voorraad met zich mee brengt. Het grootste kostenelement is het risico incourant. Dit is de kans dat de onderdelen die ingekocht zijn, niet meer verkocht worden. Deze onderdelen zijn dan niets meer waard voor het bedrijf.

Er zijn veel verschillende situaties waarbij kan worden gekozen om voorraad te houden. Volgens Silver, Pyke en Peterson (1998) kunnen deze typen voorraad worden onderverdeeld in zes categorieën: cyclusvoorraad, opstoppingsvoorraad, veiligheidsvoorraad, anticipatievoorraad, pijlpijnvoorraad en ontkoppelveorraad. Deze verschillende typen voorraden worden hieronder toegelicht.

Cyclusvoorraad

De cyclusvoorraad is de voorraad die ontstaat door het bestellen in batches in plaats van het per product bestellen. Hierdoor wordt er een voorraad opgebouwd van de bestelde producten. Het bestellen in batches zorgt voor schaalvoordelen. De leveranciers kunnen kortingen geven als er in grote hoeveelheden wordt besteld. Daarnaast kan het ook noodzakelijk zijn om in batches te bestellen door

bijvoorbeeld technische restricties. Een voorbeeld is dat er altijd in een meervoud van 16 stuks moet worden besteld, omdat er precies 16 stuks op één pallet passen. LaadstationXL maakt hier vanwege bovenstaande redenen ook gebruik van.

Opstoppingsvoorraad

Daarnaast is er opstoppingsvoorraad. Dit is de voorraad die ontstaat omdat onderdelen moeten wachten totdat deze geproduceerd kunnen worden. Opstoppingsvoorraad komt onder andere voor bij onderdelen die moeten wachten totdat de productiemachines of werknemers vrijkomen. Hier is ook sprake van bij LaadstationXL. Als er 2 laadstations geproduceerd moeten worden door 1 werknemer, zal de productie van het tweede laadstation moeten wachten totdat de werknemer beschikbaar komt.

Veiligheidsvoorraad

De derde voorraad categorie is veiligheidsvoorraad. Dit is de voorraad die bewust wordt gehouden om te kunnen anticiperen op een onzekerheid in de vraag en de levertijd op korte termijn. Bij de berekening van deze veiligheidsvoorraad is het belangrijk wat het gewenste level van customer service is. Als het percentage producten dat direct kan worden geleverd verhoogd wordt, zal ook de veiligheidsvoorraad verhoogd moeten worden. Hiervan is zeker ook sprake bij LaadstationXL. Er wordt bij het inkopen meer ingekocht dan nodig om ervoor te zorgen dat de voorraad niet opdraait in een drukkere periode.

Anticipatievoorraad

Het vierde type voorraad is de anticipatievoorraad. Dit is de voorraad die wordt opgebouwd om te kunnen anticiperen op een verwachte stijging van de vraag. Dit is het geval bij een seizoensproduct. Dit is niet van toepassing op LaadstationXL

Pijplijnvoorraad

Als vijfde voorraad categorie is er pijplijnvoorraad (of onderhandenwerk). Deze voorraad gaat over de producten die wachten voordat ze verder geproduceerd kunnen worden. Bij de opstoppingsvoorraad gaat het specifiek om het wachten totdat productiemachines vrijkomen. Bij pijplijnvoorraad gaat het juist om de tijd dat de producten onderweg zijn. Dit kan de voorraad zijn die onderweg is tussen productiemachines, maar dit kan ook gaan over het vervoer van de voorraad over grote afstanden, zoals het verschepen van de producten. Bij LaadstationXL gaat het om de producten die onderweg zijn van de leveranciers naar LaadstationXL.

Ontkoppelvoorraad

Ten slotte is er nog de ontkoppelvoorraad. Dit is de voorraad die leveranciersbedrijven aanhouden om aan de vraag van hun verschillende klantbedrijven te kunnen voldoen. Hierdoor hebben de beslissingen van de klantbedrijven niet direct een invloed op de beslissingen van het leveranciersbedrijf. Deze voorraad wordt dus opgebouwd tussen verschillende bedrijven. De laadstations worden alleen particulier geleverd. Er is dan ook geen sprake van ontkoppelvoorraad bij LaadstationXL.

LaadstationXL maakt vooral gebruik van cyclusvoorraad, opstoppingsvoorraad, veiligheidsvoorraad en pijplijnvoorraad. De cyclusvoorraad wordt bij LaadstationXL vooral opgebouwd voor schaalvoordeel. De opstoppingsvoorraad komt voor als er meerdere producten moeten worden geassembleerd in een korte tijd. De veiligheidsvoorraad zorgt ervoor dat er vaak op tijd kan worden geleverd aan de klanten ook als vraag gedurende een korte periode hoger is dan verwacht. Tenslotte is pijplijnvoorraad niet te vermijden.

3.2 Indelingsmethoden

Volgens Silver, Pyke en Peterson (1998) moeten beslissingen over de voorraad per onderdeel worden genomen. Het is belangrijk dat dit per onderdeel gebeurt aangezien er veel variatie in de vraag, de bestelkosten en de voorraadkosten kan zitten per onderdeel. Om de onderdelen individueel te kunnen bekijken is het handig om deze eerst onder te verdelen in categorieën. De onderdelen worden meestal

in drie categorieën ingedeeld. Hierin zijn A-onderdelen de belangrijkste, vervolgens de B-onderdelen en tot slot de C-onderdelen. De A-, B- en C-onderdelen zijn niet evenredig verdeeld. Volgens Winston (2004) zijn de A-onderdelen ongeveer 5%-20% van het totaal aantal aangeboden onderdelen. De B-onderdelen zijn ongeveer 20%-40% en de C-onderdelen ongeveer 50%-75% van het totaal aantal aangeboden onderdelen. Voor de A-onderdelen moet een gedetailleerd voorraadmodel worden gemaakt. Voor deze onderdelen is het namelijk erg belangrijk dat ze op tijd worden besteld en op voorraad blijven. Voor de B-onderdelen is dit iets minder belangrijk en voor de C-onderdelen nog minder. Voor de C-onderdelen wordt meestal een paar keer per jaar een grote hoeveelheid besteld. Zo wordt er weinig tijd besteed aan de onbelangrijke onderdelen.

Om de onderdelen in te delen zijn verschillende methoden die gebruikt kunnen worden. Hieronder worden drie indelingsmethoden toegelicht: de ABC-classificatie, de multicriteria classificatie en het beslismodel.

ABC-classificatie

Met behulp van de ABC-classificatie kunnen onderdelen worden ingedeeld op basis van een bepaalde eigenschap. De onderdelen die hoog scoren op deze eigenschap zullen worden behandeld als A-onderdelen. De onderdelen die minder hoog scoren als B-onderdelen en de onderdelen die laag scoren als C-onderdelen.

Er zijn verschillende criteria waarop de onderdelen kunnen worden ingedeeld. Een veel gebruikte indeling volgens Slack, Brandon-Jones en Johnston (2013) is de indeling van de usage-value. Om dit ratio te berekenen wordt de vraag naar het product vermenigvuldigd met de waarde van het product. Daarnaast beschrijft Slack et al. (2013) nog andere criteria om onderdelen in te delen. Dit zijn onder andere de consequentie van een lege voorraad, de leverbetrouwbaarheid van de leveranciers en de tijd totdat producten zijn verouderd of bedorven. Flores, B. E., Olson, D. L., & Dorai, V. K. (1992) voegt hier nog de schaarsheid van de producten en de mogelijkheden tot bestellen bij andere leveranciers aan toe. In tabel 2 is een voorbeeld te zien van een ABC-classificatie. In veel gevallen zijn er echter meerdere criteria die een belangrijke rol spelen. Hierdoor is de multicriteria classificatie ontstaan.

Usage-Value (x)	Classificatie
$x \geq 100.000$	A classificatie
$10.000 \leq x < 100.000$	B-classificatie
$x < 10.000$	C-classificatie

Tabel 2: ABC-classificatie

Multicriteria classificatie

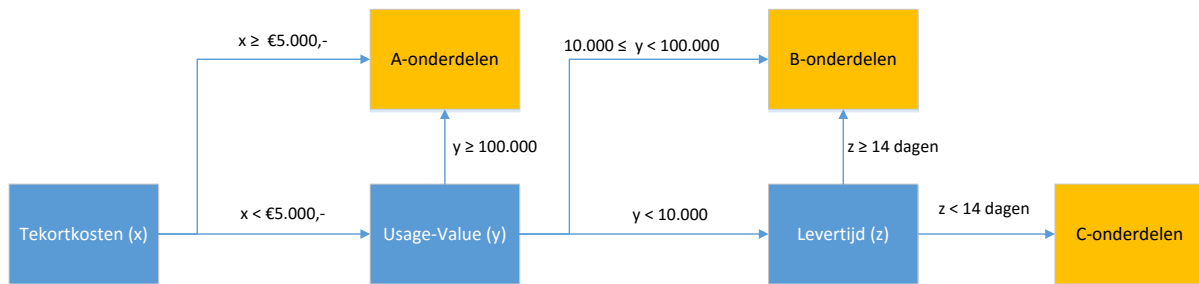
Flores, B. E., Olson, D. L., & Dorai, V. K. (1992) hebben een multicriteria classificatie ontworpen. Hierin wordt er per product naar twee criteria gekeken. Deze criteria kunnen dezelfde zijn als beschreven bij de ABC-classificatie. Door de producten te classificeren op basis van twee criteria kunnen producten zorgvuldiger worden ingedeeld dan met één criterium. Stel dat het criterium usage-value en de tekortkosten de twee belangrijkste criteria zijn voor het bedrijf. Als de usage-value van een product erg laag is, zou deze in de ABC-classificatie worden ingedeeld als C-onderdeel. Maar als de tekortkosten erg hoog zijn, zal deze in de multicriteria classificatie toch worden ingedeeld als B-onderdeel. De producten kunnen in de multicriteria classificatie in 9 groepen worden verdeeld. Dit wordt meestal gereduceerd tot drie groepen om de indeling overzichtelijk te houden. In tabel 3 is een voorbeeld van een multicriteria classificatie.

		Tekortkosten (y)		
		$y \geq €5.000,-$	$€1.000,- \leq y < €5.000,-$	$y < €1.000,-$
Usage-value	$x > 100.000$	AA	AB	AC
	$10.000 > x > 100.000$	BA	BB	BC
	$x < 10.000$	CA	CB	CC

Tabel 3: Multicriteria classificatie

Beslismodel

Het beslismodel is een derde mogelijkheid om de verschillende onderdelen in te delen in categorieën. Hierbij wordt er per product gekeken naar een aantal criteria. Door het beslismodel vanaf het begin te volgen kan er worden gekeken in welke categorie de onderdelen vallen. Er zijn een aantal verschillen tussen het beslismodel en de multicriteria classificatie. Allereerst kunnen er meerdere criteria worden gebruikt in het beslismodel. Daarnaast kunnen producten na het eerste criterium al direct worden ingedeeld in een categorie zonder eerst naar de andere criteria te hoeven kijken. Tot slot is het beslismodel eenvoudig te begrijpen. Het is een overzichtelijke weergave met duidelijke beslissingen die met een korte uitleg door iedereen gebruikt kan worden. In figuur 5 is een voorbeeld van een beslismodel weergegeven.



Figuur 5: *Beslismodel*

3.3 Voorraadmodellen

Als de onderdelen zijn ingedeeld in de categorieën kan er worden gekeken welk voorraadmodel voor welke categorie kan worden gebruikt. Er zijn veel verschillende voorraadmodellen die gebruikt kunnen worden voor het bestellen van de producten. Bij deze voorraadmodellen wordt onderscheid gemaakt tussen periodiek en continue bestellen en tussen vaste of variabele bestelgrootte. De vijf meest voorkomende methodieken zijn (s,Q), (s,S), (R,S), (R,s,S) en (R,s,Q) (Silver, Pyke en Peterson, 1998).

Bij de eerste twee voorraadmodellen is de eerste letter een s en bij de laatste drie is deze letter een R. De letter s geeft het bestelniveau aan. Dit is het niveau van de voorraad waarbij direct een bestelling zal worden geplaatst. De letter R geeft de review periode aan. Dit is de periode uitgedrukt in jaar die tussen twee opeenvolgende reviewmomenten zit.

Bij de voorraadmodellen met een voorraadmiveau s, wordt de voorraad continue in de gaten gehouden met behulp van het voorraadbeheersysteem. Er is bekend hoeveel er op voorraad is en als er een order binnenkomt, worden de hiervoor benodigde onderdelen van het systeem afgeschreven. Zodra het bestelniveau is bereikt, zal er direct een bestelling worden geplaatst. Dit aantal zal ook weer direct bij de voorraad worden opgeteld.

Bij de andere drie voorraadmodellen met de reviewperiode R wordt de voorraad niet continue bijgehouden. Voor deze voorraadmodellen wordt alleen op vaste reviewmomenten het voorraadmiveau bepaald. Op basis van het voorraadmiveau op dat moment wordt er een beslissing genomen of er bijbesteld moet worden of dat ze daar nog een reviewperiode mee kunnen wachten.

Als de voorraad continue in de gaten wordt gehouden, zal er minder voorraad hoeven worden gehouden dan als er periodiek wordt gekeken. De voorraad zal bij een continue review wel zorgvuldiger moeten worden bijgehouden. Dit zal duurder zijn dan wanneer er periodiek wordt gekeken. Aan de andere kant is periodieke review weer handig om de onderdelen van dezelfde leverancier gezamenlijk te bestellen, waardoor de bestelkosten zullen dalen (Silver, Pyke en Peterson, 1998).

De laatste letter van de voorraadmodellen geeft aan in welke hoeveelheid er besteld zal worden. De letter Q is de optimale bestelhoeveelheid. Dit is de hoeveelheid die er besteld moet worden om de som van de voorraadkosten en de bestelkosten te minimaliseren. Deze bestelhoeveelheid staat vast en blijft per bestelling en per product gelijk zolang de vraag, inkoopprijs en voorraadkosten ook gelijk blijven. De bestelhoeveelheid kan ook variabel zijn. Dit is het geval bij de letter S. Hierbij wordt er

besteld tot het order-up-to-level S . De hoeveelheid die besteld moet worden is dan variabel en afhankelijk van het voorraadniveau op het moment van bestellen. Dit leidt ertoe dat de leveranciers bij elke bestelling een andere hoeveelheid moeten leveren. Hierdoor is er een grotere kans op fouten door de leveranciers, waardoor er bijvoorbeeld te veel of te weinig wordt geleverd.

De laatste twee voorraadmodellen hebben als middelste letter ook de letter s . Deze letter is het bestelniveau. Als de voorraad van deze onderdelen op het reviewmoment kleiner is dan het bestelniveau, moet er worden besteld tot het order-up-to-level S . Als de hoeveelheid op het reviewmoment nog hoger is dan het bestelniveau hoeft er nog niet bijbesteld te worden en kan worden gewacht tot het volgende reviewmoment. Hieronder worden alle vijf de voorraadmodellen kort behandeld.

(s,Q)-voorraadmodel

In dit systeem kan er op elk moment worden bijbesteld. Er zal pas worden bijbesteld op het moment dat het voorraadniveau is gedaald onder het bestelniveau s . Op dit moment zullen er Q -aantal onderdelen worden bijbesteld. Dit is een erg makkelijk systeem dat meestal voor B- en C-onderdelen wordt gebruikt. Dit voorraadmodel kan worden gemanaged met een two-bin systeem. In dit systeem zijn er van elk onderdeel twee voorraadbakjes aanwezig. Er zitten s onderdelen in het tweede bakje en de rest in het eerste bakje. Onderdelen zullen altijd uit het eerste bakje worden gepakt. Als het eerste bakje leeg is, zal er worden bijbesteld. Tijdens de levertijd van de bestelling zal de voorraad in het tweede bakje worden aangebroken. Als de bestelling is aangekomen zal eerst het tweede bakje worden aangevuld totdat hier weer s onderdelen in zitten. De overige onderdelen worden in het eerste bakje gestopt. Dit is een eenvoudige manier om ervoor te kunnen zorgen dat er altijd op tijd wordt bijbesteld. Het is een erg goed systeem voor kleine onderdelen, maar moeilijker toe te passen bij grotere onderdelen.

(s,S)-voorraadmodel

Ook bij deze methode wordt er besteld als de voorraad onder het bestelniveau is gezakt. En net als bij het (s,Q) -voorraadmodel kan dit continue gebeuren. In deze methode zal er op dit moment worden bijbesteld tot het order-up-to-level S . Het nadeel van deze methode is dat de leveranciers van de producten elk order een andere hoeveelheid moeten leveren. Hierdoor kunnen de leveranciers gemakkelijker fouten maken met de bestelhoeveelheden.

(R,S)-voorraadmodel

Bij deze methode wordt er op vaste tijdstippen gekeken naar het voorraadniveau van een onderdeel. Deze vaste tijdstippen zijn reviewmomenten. De periode tussen deze reviewmomenten is de reviewperiode R . Bij elk reviewmoment zal de voorraad worden aangevuld tot het order-up-to-level S . Dit systeem is erg makkelijk te implementeren. Op het reviewmoment wordt de voorraad geteld en wordt er besteld tot het order-up-to-level (S) . Omdat er elke review periode opnieuw wordt besteld tot het order-up-to-level ongeacht de grootte van de voorraad op dat moment, zal het voorraadniveau redelijk hoog liggen. Daarnaast wordt er per bestelling een andere hoeveelheid besteld waardoor de kans op fouten door de leveranciers groter is.

(R,s,S)-Voorraadmodel

Deze methode is een tussenvorm van een (s,S) en een (R,S) -voorraadmodel. Hier wordt net zoals in het (R,S) -voorraadmodel op vaste tijdstippen naar het voorraadniveau gekeken. Als dit voorraadniveau is gedaald onder bestelniveau s zal er worden bijbesteld. Er wordt dan bijbesteld tot het order-up-to-level S . Dit voorraadmodel kan gezien worden als een (s,S) model waarbij R gelijk is aan 0. Omdat de reviewmomenten van verschillende onderdelen op hetzelfde moment kan worden gezet, is dit voorraadmodel gemakkelijk te gebruiken voor het gezamenlijk bestellen van verschillende onderdelen.

(R,s,Q)-voorraadmodel

Deze methode is in principe hetzelfde als de (R,s,S)-voorraadmodel, echter wordt hier niet besteld tot het order-up-to-level, maar met een vaste bestelgrootte Q. Er wordt net zoals bij het (R,s,S)-voorraadmodel op vaste tijdstippen naar het voorraadmiveau gekeken en bijbesteld als deze daalt onder het bestelniveau s.

In tabel 4 zijn de kenmerken van de voorraadmodellen weergegeven. In tabel 5 is de toepassing van deze voorraadmodellen weergegeven. In paragraaf 2.3 blijkt dat LaadstationXL in de huidige situatie de onderdelen van leveranciers uit China volgens het (R,s,nQ)-voorraadmodel bestelt. Deze onderdelen hebben een erg lange levertijd en zullen daarom in paragraaf 4.2 worden ingedeeld als A-onderdeel. Vanwege de hoge bestelkosten voor de A-onderdelen wordt het aanbevolen om op vaste tijdstippen naar de voorraad te kijken om onderdelen gezamenlijk te bestellen. Daarom zal in paragraaf 4.3 voor een (R,s,S)-voorraadmodel voor de A-onderdelen en een (s,Q)-voorraadmodel voor de B- en C-onderdelen worden gekozen. Deze keuzes worden in paragraaf 4.3 verder toegelicht.

		Bestelniveau	
		Continue	Periodiek
Bestel-hoeveelheid	Vast	(s,Q)	(R,s,Q)
	Variabel	(s,S)	(R,S), (R,s,S)

Tabel 4: Kenmerken van de voorraadmodellen

		Bestelniveau	
		Continue	Periodiek
Bestel-hoeveelheid	A-onderdelen	(s,S)	(R,s,S)
	B-onderdelen	(s,Q)	(R,s,Q), (R,S)

Tabel 5: Toepassing van de voorraadmodellen

Specificatie van de voorraadmodellen

Er zijn drie mogelijkheden waarop een voorraadmodel kan worden uitgerekend.

- De eerste mogelijkheid heeft als doel om alleen de kosten te minimaliseren. Hierbij wordt de optimale bestelhoeveelheid en het bestelniveau zo bepaald dat de som van de bestelkosten, voorraadkosten en tekortkosten zullen worden geminimaliseerd.
- De tweede mogelijkheid heeft als doel om de som van de bestelkosten en de voorraadkosten te minimaliseren bij een gewenste fill rate. De fill rate geeft het percentage van de voorraad aan dat direct kan worden geleverd als er een order binnen komt. De fill rate is meestal een percentage tussen de 80% en 99,9%
- De derde mogelijkheid heeft als doel om de som van de bestelkosten en de voorraadkosten te minimaliseren bij een gewenst cycle service level (CSL). Het CSL is een percentage dat aangeeft in hoeveel procent van de bestelcycli er geen tekort optreedt in de voorraad. Dit percentage ligt meestal tussen de 50% en de 95%.

In paragraaf 4.3 is gekozen voor de tweede mogelijkheid waarbij de voorraadmodellen worden berekend met een gewenste fill rate en zal deze keuze verder worden toegelicht. Hieronder wordt uitgelegd op welke manier het (R,s,S)-voorraadmodel en het (s,Q)-voorraadmodel met als doel om de bestelkosten en de voorraadkosten te minimaliseren bij een gewenste fill rate kan worden bepaald.

(R,s,S)-voorraadmodel

Het (R,s,S)-voorraadmodel wordt in dit onderzoek gebruikt voor de A-onderdelen. Hierbij is R de reviewperiode. Deze is gelijk aan de tijd tussen twee opeenvolgende reviewmomenten. Bij acht reviewmomenten per jaar is de reviewperiode $1/8 = 0,125$ jaar. De letter s is het bestelniveau. Als het voorraadmiveau lager is dan het bestelniveau moet er worden bijbesteld. De letter S is het order-up-

to-level. Als er wordt bijbesteld wordt dit gedaan met zoveel onderdelen dat de virtuele voorraad gelijk is aan dit order-up-to-level.

Om de reviewperiode te berekenen, zal er eerst worden gekeken naar de Economical Order Quantity (EOQ) (zie bijlage 5). Hierbij is de formule net iets anders dan de standaard EOQ-formule, omdat er rekening moet worden gehouden met de reviewkosten (J). Dit zijn de kosten om de voorraad te tellen en te bepalen hoeveel er moet worden bijbesteld. De bestelkosten K wordt dan vervangen voor K + J:

$$EOQ = Q = \sqrt{\frac{2 * (K + J) * D}{P * h}} \quad (1)$$

Hierbij is:

D = Verwachte jaarvraag naar het onderdeel

K = Bestelkosten

J = Reviewkosten

P = Inkoopprijs

h = Percentage van de prijs van het onderdeel om het onderdeel een jaar op voorraad te houden

Het is niet altijd even makkelijk om alle vijf de parameters voor de EOQ te bepalen. De verwachte jaarvraag moet worden voorspeld. De bestelkosten en inkoopprijs zijn meestal wel bekend. Tot slot worden de reviewkosten vaak geschat net als het percentage van de prijs van het onderdeel om het onderdeel een jaar lang op voorraad te houden (h). Voor deze laatste wordt meestal 25% aangehouden. (Durlinger, 2013).

De verwachte jaarvraag moet worden voorspeld. Er zijn verschillende methoden om deze jaarvraag te voorspellen. Voor de fast movers kan de jaarvraag worden voorspeld met behulp van de gemiddelde maandvraag en de lineaire trendlijn. Voor de slow movers wordt meestal gebruik gemaakt van de Poisson verdeling.

Voor de fast movers kan met behulp van de methode van de gemiddelde maandvraag worden gekeken naar de vraag naar een onderdeel over de afgelopen maanden. Vervolgens wordt er een gemiddelde uitgerekend en hiermee wordt de gemiddelde jaarvraag bepaald. Deze methode is goed te gebruiken als het bedrijf in de maturity fase zit en dus niet meer groeit wat betreft de verkoophoeveelheid (zie bijlage 6).

De tweede mogelijke methode is de lineaire trendlijn. Deze methode is goed te gebruiken als het bedrijf nog in de groeifase zit. Hiervoor moet de som van de verticale afstanden van de bekende datapunten tot de trendlijn geminimaliseerd worden. De formule van de trendlijn die hier gebruikt wordt is:

$$\hat{y}_t = \hat{a} + \hat{b}t \quad (2)$$

Hierbij is $\hat{y}_t$ de verwachte vraag in maand t . De parameters $\hat{a}$ en $\hat{b}$ kunnen als volgt worden berekend (Silver, Pyke en Peterson, 1998):

$$\hat{b} = \frac{\sum_{t=1}^n t * \hat{y}_t - \left(\frac{n+1}{2}\right) * \sum_{t=1}^n \hat{y}_t}{\frac{n(n^2-1)}{12}} \quad (3)$$

$$\hat{a} = \sum_{t=1}^n \frac{\hat{y}_t}{n} - \frac{\hat{b}(n+1)}{2} \quad (4)$$

Met behulp van de bekende vraag per maand en formule (3) en (4) kunnen $\hat{a}$ en $\hat{b}$ worden berekend. Als deze bekend zijn kan de verwachte vraag voorspeld worden door in formule (2) voor t een getal in

te vullen van een toekomstige maand. Hier zal dan de verwachte vraag ($\hat{y}_t$) van die maand uitkomen. Als t wordt ingevuld voor de komende 12 onbekende maanden, kan de verwachte maandvraag van deze maanden worden berekend. Vervolgens kan de verwachte jaarvraag worden berekend door de som te nemen van deze maandvraag.

Voor de slow movers wordt de Poisson verdeling gebruikt. Om de jaarvraag te voorspellen volgens de Poisson verdeling wordt het gemiddelde berekend van alle maanden dat het onderdeel werd verkocht door LaadstationXL. Dit gemiddelde aantal per maand wordt vermenigvuldigd met 12. Dit aantal is de verwachte jaarvraag voor de slow movers.

De EOQ is bedoeld voor producten met een constante vraag. Als er echter niet heel veel fluctuatie in de vraag zit, geeft de EOQ alsnog een zeer goede benadering van de optimale bestelhoeveelheid. Een van de eigenschappen van de EOQ is namelijk dat deze erg robuust is (Goor, Kruijzer & Esmijer, 1993). Ook al wijkt men enkele procenten af van de optimale seriegrootte, zal dit geen grote gevolgen hebben op de totale kosten (zie bijlage 7).

Nu de verwachte jaarvraag bekend is kan met behulp van de EOQ-formule (1) de optimale bestelhoeveelheid worden berekend. Vervolgens kan de reviewperiode worden berekend. Dit gebeurt met de volgende formule:

$$R = \frac{Q}{D} \quad (5)$$

Hierbij is:

- R = Reviewperiode als fractie van een jaar
- Q = Optimale bestelhoeveelheid berekend met formule (1)
- D = De verwachte jaarvraag berekend met de formules (2), (3) en (4)

Vervolgens kan het bestelniveau s worden berekend. Hiervoor wordt de volgende formule gebruikt (Silver, Pyke en Peterson, 1998):

$$s = \hat{x}_{R+L} + k * \sigma_{R+L} \quad (6)$$

Hierbij is:

- s = Bestelniveau
- $\hat{x}_{R+L}$ = De verwachte vraag gedurende de reviewperiode en de levertijd
- k = Factor die berekend kan worden met behulp van formule (8)
- σ_{R+L} = Standaarddeviatie van de vraag gedurende de reviewperiode en de levertijd

De berekening van $\hat{x}_{R+L}$ en σ_{R+L} is weergegeven in paragraaf 4.3. Als $\hat{x}_{R+L}$ en σ_{R+L} zijn berekend, wordt er gekeken naar de berekening van factor k. Hierbij wordt ook gebruik gemaakt van $\hat{x}_R$. Dit is de verwachte vraag gedurende de reviewperiode.

De berekening van factor k is erg ingewikkeld. Dit komt door het feit dat er rekening moet worden gehouden met eventuele 'undershoots'. Dit houdt in dat het voorraadniveau op het reviewmoment lager kan zijn dan het bestelniveau. Het aantal onderdelen van het voorraadniveau onder het bestelniveau is de undershoot. Om hier rekening mee te houden moet eerst $J_u(k)$ worden berekend om vervolgens factor k uit te kunnen rekenen (Silver, Pyke en Peterson, 1998). De formule van de $J_u(k)$ is als volgt:

$$J_u(k) = \frac{2(1 - \text{Fill Rate}) * \hat{x}_R * \left[Q + \frac{\sigma_R^2 + \hat{x}_R^2}{2 * \hat{x}_R} \right]}{\sigma_{R+L}^2} \quad (7)$$

Hierbij is ook de gewenste fill rate in te vullen. Vervolgens kan k worden berekend uit $J_u(k)$. Hiervoor wordt de volgende formule gebruikt:

$$k = \frac{a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3}{b_0 + b_1 z + b_2 z^2 + b_3 z^3} \quad (8)$$

Hierbij is voor $0 \leq J_u(k) \leq 0,5$:

$$\begin{aligned} z &= \sqrt{\ln(1/(J_u(k))^2)} \\ a_0 &= -0,41884136 & b_0 &= 1 \\ a_1 &= -0,25546970 & b_1 &= 0,21340807 \\ a_2 &= -0,51891032 & b_2 &= 0,04399342 \\ a_3 &= 0 & b_3 &= -0,0026397875 \end{aligned}$$

Hierbij is voor $J_u(k) > 0,5$:

$$\begin{aligned} z &= J_u(k) \\ a_0 &= 1,1259464 & b_0 &= 1 \\ a_1 &= -1,3190021 & b_1 &= 2,8367383 \\ a_2 &= -1,8096435 & b_2 &= 0,65593780 \\ a_3 &= -0,11650097 & b_3 &= 0,0082204352 \end{aligned}$$

Nu ook factor k is berekend kan het bestelniveau worden berekend met formule (6). Vervolgens kan ook het order-up-to-level worden berekend. Volgens Silver, Pyke en Peterson (1998) is de som van de optimale bestelhoeveelheid en het bestelniveau gelijk aan het order-up-to-level. Aangezien de optimale bestelhoeveelheid en het bestelniveau bekend zijn, kan het order-up-to-level worden berekend met behulp van formule (9):

$$S = s + Q \quad (9)$$

Nu zijn van het (R,s,S)-voorraadmodel alle drie de variabelen bekend en kan het model worden geïmplementeerd. Dit model heeft als doel om de bestelkosten en de voorraadkosten te minimaliseren bij een gewenste fill rate.

(s,Q)-voorraadmodel

Bij het (s,Q)-voorraadmodel wordt er bijbesteld zodra het voorraadniveau onder het bestelniveau is gedaald. Dit voorraadniveau wordt continue gemonitord waardoor er direct kan worden bijbesteld als het bestelniveau is bereikt. Op dat moment wordt er altijd met een vaste hoeveelheid bijbesteld. Dit voorraadmodel wordt regelmatig gebruikt voor B- en C-onderdelen (Silver, Pyke en Peterson, 1998). Voor de C-onderdelen wordt het model meestal gemanaged met behulp van het two-bin systeem beschreven in paragraaf 3.3.

Het is gebruikelijk om voor de berekening van de optimale bestelhoeveelheid de EOQ-formule te gebruiken. Hoewel deze formule vlakbij de optimale bestelhoeveelheid ligt hebben Platt, Robinson en Freud (1997) met een simpele aanpassing de formule nog nauwkeuriger weten te maken. Bij de berekening van deze Q kan ook de gewenste fill rate worden ingesteld. De formule die hiervoor wordt gebruikt is:

$$Q = \frac{1}{fill\ rate} * \sqrt{\frac{2 * K * D}{P * h} + \sigma_L^2} \quad (10)$$

In deze formule is σ_L^2 de variantie van de vraag gedurende de levertijd. Ook kan het bestelniveau s worden berekend. Hiervoor wordt de volgende formule gebruikt (Silver, Pyke en Peterson, 1998):

$$s = \hat{x}_L + k * \sigma_L \quad (11)$$

Hierbij is:

$\hat{x}_L$ = De verwachte vraag gedurende de levertijd

k = Factor die berekend kan worden met behulp van formule (13)

σ_L = Standaarddeviatie van de vraag gedurende de levertijd

Om $\hat{x}_L$ te berekenen kan er weer gebruik worden gemaakt van de levertijd als fractie van een jaar. Deze fractie wordt vermenigvuldigd met de verwachte jaarvraag om de vraag gedurende de levertijd te bepalen. Om σ_L te berekenen wordt de wortel van de levertijd als fractie van een jaar vermenigvuldigd met de standaarddeviatie per jaar. Het rekenvoorbeeld hiervan is te vinden bij de toelichting van formule (6).

Ook in deze formule is het erg lastig om factor k te berekenen. Om factor k te bepalen zal eerst de $G_u(k)$ worden berekend. Dit gebeurt met de volgende formule:

$$G_u(k) = \frac{Q}{\sigma_L} * (1 - fill\ rate) \quad (12)$$

Bij deze functie is de gewenste fill rate in te vullen. Vervolgens kan $G_u(k)$ omgeschreven worden naar k met de volgende formule:

$$k = \frac{a_0 + a_1z + a_2z^2 + a_3z^3}{b_0 + b_1z + b_2z^2 + b_3z^3 + b_4z^4} \quad (13)$$

Hierbij is:

$$z = \sqrt{\ln(25/(G_u(k))^2)}$$

$$a_0 = -5,3925569$$

$$a_1 = 5,6211054$$

$$a_2 = -3,8836830$$

$$a_3 = 1,0897299$$

$$b_0 = 1$$

$$b_1 = -0,72496485$$

$$b_2 = 0,507326622$$

$$b_3 = 0,0669136868$$

$$b_4 = -0,00329129114$$

Nu factor k is berekend kan het bestelniveau s worden berekend met behulp van formule (11). Nu zijn van het (s,Q)-voorraadmodel beide variabelen bekend en kan dit model worden geïmplementeerd. Ook dit model heeft als doel om de bestelkosten en de voorraadkosten te minimaliseren bij een gewenste fill rate.

3.4 Conclusie

Er zijn verschillende situaties waarin voorraad kan worden gehouden. LaadstationXL maakt gebruik van cyclusvoorraad, opstopingsvoorraad, veiligheidsvoorraad en pijplijnvoorraad.

Door de onderdelen in te delen in categorieën kan er per categorie worden gekeken naar een voorraadmodel. Er zijn drie indelingsmethoden behandeld waarbij de onderdelen worden ingedeeld als A-, B- of C-onderdeel. Deze drie indelingsmethoden zijn de ABC-classificatie, multicriteria classificatie en het beslismodel.

Vervolgens kunnen voorraadmodellen worden gekozen voor de drie categorieën. Er zijn vijf voorraadmodellen behandeld waarvan het (R,s,S)-voorraadmodel en het (s,Q)-voorraadmodel verder zijn uitgewerkt. Deze zijn uitgewerkt met als doel om de som van de bestelkosten en de voorraadkosten te minimaliseren bij een gewenste fill rate.

Hoofdstuk 4 - Toepassing

In dit hoofdstuk wordt gezocht naar een antwoord op de drie onderstaande deelvragen om vervolgens onderzoeksvraag 3 te kunnen beantwoorden.

1. Op welke manier moeten de optimale bestelhoeveelheid en het bestelniveau worden bepaald voor de nieuwe voorraadmodellen?
2. Welk indelingsmodel moet er worden gebruikt?
3. Zijn de formules op de juiste manier gebruikt?

Met behulp van het antwoord op deze vragen kan een antwoord worden geformuleerd op onderzoeksvraag 3: Hoe worden de nieuwe voorraadmodellen berekend?

In paragraaf 4.1 zal gekeken worden naar de bestelhoeveelheid en het bestelniveau. Hier wordt voor alle benodigde parameters kort behandeld hoe ze verkregen kunnen worden. Vervolgens wordt in paragraaf 4.2 de keuze voor het beslismodel verdedigd en wordt dit model uitgewerkt. Daarna zal in paragraaf 4.3 worden ingegaan op de gekozen voorraadmodellen voor de A-, B- en C-onderdelen. Er wordt hier ook een toelichting gegeven waarom deze twee voorraadmodellen zijn gebruikt. In paragraaf 4.4 zal het model geverifieerd worden. Dan zal in paragraaf 4.5 het (R,s,S)- en het (s,Q)-voorraadmodel worden uitgewerkt voor een A- en een B-onderdeel. Tot slot zal in paragraaf 4.6 een conclusie worden gegeven.

4.1 Bestelhoeveelheid en bestelniveau

Bestelhoeveelheid

EOQ

Er zijn vijf parameters nodig om de EOQ te berekenen. Dit zijn de verwachte jaarvraag, de bestelkosten, de reviewkosten, de inkoopprijs en de voorraadkosten per jaar als percentage van de inkoopprijs van het onderdeel. Hieronder zal per variabele worden behandeld op welke manier deze wordt bepaald.

Verwachte jaarvraag

Er zijn naast LaadstationXL nog twee andere bedrijven onder leiding van Ruud Jansen waar ook laadstations en onderdelen voor de laadstations besteld kunnen worden. Deze andere twee websites zijn ElektroXL en StoppenkastXL. Via deze websites worden ook een aantal laadstations aangeboden. De laadstations die hier verkocht worden zijn dezelfde als die via LaadstationXL verkocht worden. Echter is de naam en het productnummer van deze laadstations wel verschillend (zie bijlage 8). Om de vraag naar de onderdelen van de laadstations goed in te kunnen schatten, moet er gekeken worden naar de verkoopdata van alle drie de webwinkels. De onderdelen worden namelijk gezamenlijk opgeslagen en kunnen voor orders van alle drie de webwinkels worden gebruikt.

Per product is gekeken wanneer deze in het assortiment kwam. Op basis hiervan zijn voor de fast movers $\hat{a}$ en $\hat{b}$ berekend. Vervolgens is met formule (2) de $\hat{y}_t$ berekend voor de komende 12 onbekende maanden. Tot slot kan de som van de vraag voor de komende 12 maanden worden gebruikt om de verwachte jaarvraag te bepalen. Bij 61% van de onderdelen is de vraag gedurende de levertijd kleiner dan 10 stuks. Dit komt, doordat de meeste leveranciers van de onderdelen in Nederland zijn gevestigd en daardoor een erg korte levertijd hanteren. Voor deze onderdelen kan de Poisson-verdeling beter worden gebruikt om de verwachte jaarvraag, de vraag gedurende de levertijd en de standaarddeviatie van de vraag gedurende de levertijd te berekenen. Om de verwachte vraag te berekenen wordt eerst λ berekend. λ is de gemiddelde maandvraag van het onderdeel. Vervolgens kan μ worden berekend om de verwachte jaarvraag te bepalen. Aangezien $\lambda = \mu$ is de verwachte jaarvraag $12 * \lambda$.

Bestelkosten

De bestelkosten bestaan uit een aantal kostenposten. De belangrijkste kostenpost zijn de kosten die de leverancier vraagt voor het plaatsen van een bestelling en de verzendkosten hiervan. Deze kosten variëren tussen de €0,00 en €130,00 per bestelling. LaadstationXL heeft met veel leveranciers een afspraak gemaakt over de minimale hoeveelheid die ze per keer zullen afnemen. Bij deze minimale bestelhoeveelheid zullen er geen kosten per bestelling en geen verzendkosten in rekening worden gebracht. Voor de producten uit China zijn de verzendkosten erg hoog. Het kost voor de onderdelen uit China ongeveer €390,00 om drie pallets te vervoeren naar Nederland. Op één pallet past precies de minimale bestelhoeveelheid van één type onderdeel. De verzendkosten per type onderdeel zijn dan €130,00. Daarnaast zijn er ook administratiekosten bij het plaatsen van een bestelling, kosten voor een kwaliteitscontrole en de kosten om de gearriveerde onderdelen op te bergen in het magazijn. Voor de administratie moet in het voorraadbeheersysteem worden aangegeven wanneer de bestelling is geplaatst en wanneer de bestelling is aangekomen. Daarnaast moet worden aangegeven hoeveel onderdelen er zijn besteld. Dit zal ongeveer 5 minuten in beslag nemen. Als de bestelling is aangekomen moet een kwaliteitscontrole worden uitgevoerd. Hier wordt weinig aandacht aan besteed bij LaadstationXL en zal ongeveer 10 minuten duren. Ten slotte moeten de bestellingen worden opgeborgen in het magazijn. De tijd die het kost om de onderdelen op te bergen loopt erg uiteen. Voor onderdelen als weerstanden zal het ongeveer 2 minuten duren, maar voor grote pallets in een stellage zal dit kunnen oplopen tot 20 minuten. Voor het gemak gaan we uit van een gemiddelde tijd van 15 minuten per bestelling. De totale tijdsduur van het moment dat de bestelling wordt geplaatst totdat de onderdelen in het magazijn zijn opgeborgen is voor LaadstationXL ongeveer 30 minuten. Dit is omgerekend €15,00 per bestelling. De totale bestelkosten per bestelling liggen tussen de €15,00 en de €145,00.

Reviewkosten

Dit zijn de kosten voor het bedrijf om voor een product de complete voorraad te tellen en met behulp van het order-up-to-level van dat onderdeel te bepalen hoeveel er moet worden bijbesteld. Deze kosten zijn niet bekend binnen het bedrijf maar zal volgens de eigenaar ongeveer een half uur per type onderdeel in beslag nemen. Dit komt overeen met €15,00 per type onderdeel.

Inkoopprijs

De inkoopprijs van alle onderdelen is al bekend bij LaadstationXL en kunnen daardoor direct worden gebruikt bij de berekening van de EOQ. Hierbij is wel een kanttekening voor de onderdelen die uit China worden besteld. Bij de invoer van deze onderdelen moet invoerheffing worden betaald. Dit is ongeveer 3,5% van de inkoopprijs van de onderdelen. Voor de bepaling van de inkoopprijs voor de onderdelen uit China moet deze 3,5% worden opgeteld bij de inkoopprijs. Zo zal ook voor deze onderdelen de juiste optimale bestelhoeveelheid worden berekend.

Voorraadkosten

Om de voorraadkosten per product te berekenen wordt gebruik gemaakt van een percentage. Dit percentage is het deel van de inkoopprijs van een onderdeel dat het kost om dat onderdeel voor een jaar lang op voorraad te houden. Er is bij de bepaling van dit percentage geen rekening gehouden met het verschil in voorraadkosten voor de verschillende producten. Aangezien de voorraadkosten vaak moeilijk te berekenen zijn wordt er gebruik gemaakt van de meest gebruikte waarde waarbij de voorraadkosten per jaar 25% zijn van de inkoopprijs van de onderdelen (Durlinger, 2013).

Bestelhoeveelheid

Met behulp van de bovenstaande parameters kan de EOQ worden berekend. Vervolgens wordt er gekeken of deze EOQ kleiner is dan de minimale bestelhoeveelheid die is afgesproken met de leverancier. Is dit het geval, dan wordt er verder gerekend met de minimale bestelhoeveelheid.

Bestelniveau

Levertijd

De levertijd van de onderdelen is al bekend bij LaadstationXL. Deze levertijd varieert nog wel eens voor de onderdelen uit China. LaadstationXL houdt echter niet bij hoe lang deze levertijd is per bestelling. De standaarddeviatie van de levertijd kan daardoor niet worden berekend. Bij de berekening van het bestelniveau is uitgegaan van de langst mogelijke levertijd.

Bestelniveau

Met behulp van de bekende vraag per maand naar de onderdelen, de bestelhoeveelheid en de levertijd kan het bestelniveau worden berekend. Als het aanbevolen bestelniveau lager is dan 0 stuks wordt 0 aangehouden als bestelniveau. Dit kan het geval zijn als de bestelhoeveelheid erg hoog is, de levertijd erg kort en de fill rate niet zo hoog.

4.2 Beslismodel

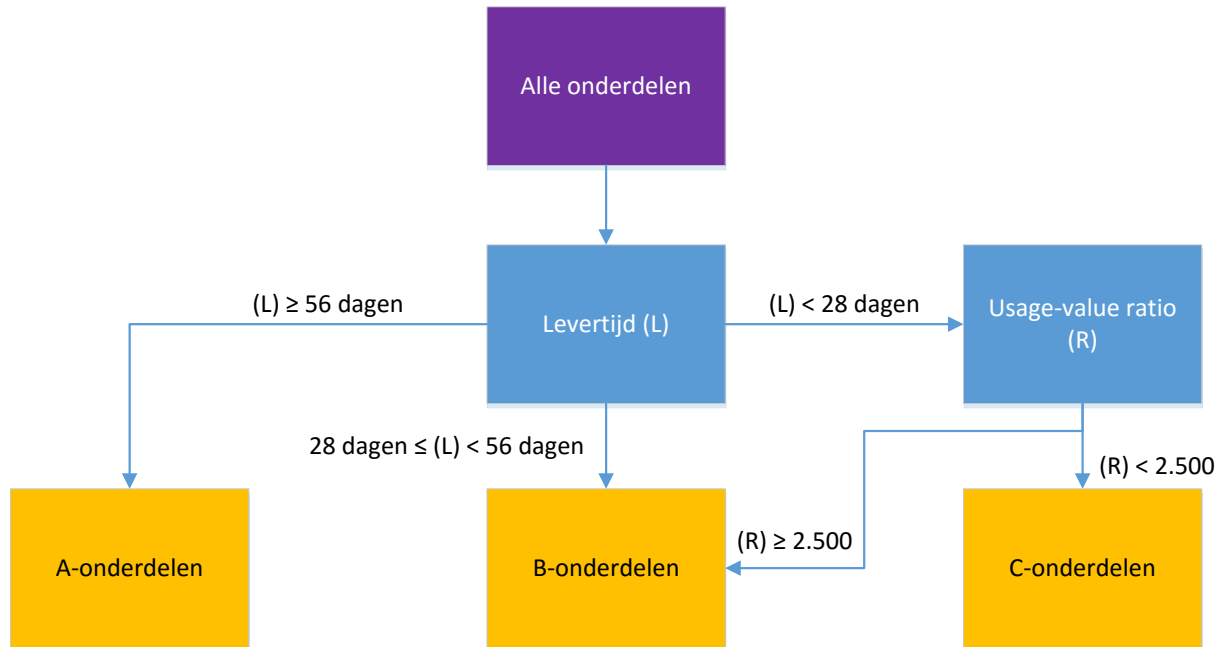
Er is gekozen voor het beslismodel om de onderdelen in drie categorieën te verdelen. Het voordeel van dit model tegenover de ABC-classificatie en de multicriteria-classificatie is dat er meer criteria kunnen worden gebruikt. Daarnaast kunnen sommige producten na het eerste criterium al worden toebedeeld aan een categorie. Tot slot is het beslismodel eenvoudig te begrijpen en te implementeren.

De onderdelen zullen met behulp van het beslismodel worden ingedeeld in drie categorieën (zie figuur 6). De A-onderdelen zijn de belangrijkste onderdelen, vervolgens de B-onderdelen en tot slot de C-onderdelen. Hoe belangrijk de onderdelen zijn heeft ook te maken met de gevolgen als er niet op tijd of te weinig wordt besteld. In dit onderzoek is het belangrijk dat er zo vaak mogelijk uit voorraad kan worden geleverd.

In dit beslismodel is gekozen voor een indeling op basis van twee criteria. Dit zijn de levertijd van de leverancier naar LaadstationXL en het usage-value ratio. Er zijn totaal 31 onderdelen waarvoor het voorraadbeheersysteem wordt gemaakt. Hiervan worden 10 onderdelen uit China besteld. De levertijd van deze onderdelen is ongeveer acht weken ofwel 56 dagen. Hierdoor is het belangrijk dat deze onderdelen goed in de gaten worden gehouden. Een nabestelling van deze onderdelen is meestal niet mogelijk vanwege de lange levertijd. Er zal dan een spoedbestelling moeten worden geplaatst. Voor een spoedbestelling zijn de bestelkosten echter €400,00 per type onderdeel tegenover €130,00 bij een normale bestelling. Deze spoedbestellingen moeten daarom zo veel mogelijk worden vermeden. De overige onderdelen komen uit West-Europa. Hiervan zijn er 13 onderdelen uit Nederland met een levertijd van maximaal 3 dagen. Daarnaast zijn er nog 8 onderdelen uit andere landen van West-Europa. De levertijd van 6 van de 8 onderdelen is 12 dagen en de levertijd van de andere twee onderdelen is 28 dagen. De onderdelen vanuit China, dus de onderdelen met een levertijd van minimaal 56 dagen worden ingedeeld als A-onderdeel en zullen als één categorie worden behandeld. De onderdelen met een levertijd tussen de 28 en 56 dagen als B-onderdeel en de onderdelen met een levertijd korter dan 28 dagen als C-onderdeel.

Het tweede criterium waarop wordt geselecteerd is het usage-value ratio. Dit is de vermenigvuldiging van de inkoopprijs met de verwachte jaarvraag. Er is voor dit criterium gekozen, omdat onderdelen met een hoge inkoopwaarde of onderdelen die veel gebruikt worden ook zorgvuldiger moeten worden behandeld. Er is gekozen om de onderdelen met een usage-value ratio van tenminste 2.500 in te delen als B-onderdeel en de onderdelen met een kleinere usage-value ratio als C-onderdelen. Er is hier gekozen voor 2.500 door eerst naar de typen producten te kijken, als deze producten klein zijn zoals weerstanden en de rails waaraan de componenten worden bevestigd, moeten deze worden behandeld als C-onderdeel. De grotere onderdelen zoals de kasten van de laadstations en de kabels worden behandeld als B-onderdeel. Ook de twee onderdelen die tegenwoordig regelmatig niet op voorraad zijn (voeding en CMEM), worden op deze manier ingedeeld als B-onderdeel. Met deze indeling zullen er 14 onderdelen worden behandeld als B-onderdeel en 7 onderdelen als C-onderdeel.

In de meeste voorraadsystemen is de verhouding van C-onderdelen ten opzichte van de A- en B-onderdelen veel groter. In dit geval zijn er relatief weinig C-onderdelen. Dit komt door het feit dat er in dit onderzoek wordt gekeken naar onderdelen die alleen voor producten van LaadstationXL worden gebruikt en niet ook voor producten van StoppenkastXL en ElektroXL. Veel onderdelen zoals schakelaars, drukknoppen, snoertjes, bevestigingspinnetjes, schroefjes enz. worden normaal gesproken als C-onderdeel gedefinieerd maar zijn niet meegenomen in dit onderzoek.



Figuur 6: Beslismodel

4.3 Voorraadmodellen

A-onderdelen

Voor de A-onderdelen wordt er gebruik gemaakt van het (R,s,S)-voorraadmodel. Dit voorraadmodel is volgens Silver, Pyke en Peterson (1998) met name geschikt voor de A-onderdelen (zie tabel 5). Aangezien in dit onderzoek alle onderdelen die vanuit China worden besteld onder de categorie 'A-onderdelen' vallen, is het handig om deze onderdelen gezamenlijk te bestellen zodat er kan worden bespaard op de bestelkosten. Vanwege de reviewperiode in het (R,s,S)-voorraadmodel kunnen de voorraadniveaus van de verschillende onderdelen gelijktijdig worden bekeken en kunnen de onderdelen die bijbesteld moeten worden ook gelijktijdig worden bijbesteld.

De levertijd van deze A-onderdelen is ongeveer 8 weken en het is daarom van belang dat deze onderdelen op tijd worden bijbesteld. Omdat een spoedbestelling erg duur is, is er gekozen voor een hoge fill rate van 97,5%.

Reviewperiode

Met behulp van de gekozen bestelhoeveelheid en de verwachte jaarvraag is de reviewperiode berekend. Deze reviewperiode varieert tussen 0,16 jaar en 5,47 jaar. Dit is een erg groot verschil. Het product met de kortste reviewperiode heeft een hoge bestelhoeveelheid van 240 stuks per bestelling en een jaarvraag van 1516 stuks. Het product met de langste reviewperiode heeft een optimale bestelhoeveelheid van 29 stuks, maar een minimale bestelhoeveelheid van 240 stuks. Daarnaast is de jaarvraag slechts 44 stuks. Voor dit onderdeel zal daarom eenmalig een order worden geplaatst van 240 stuks en de volgende reviewperiode zal pas over 5,47 jaar zijn.

Normaal gesproken kunnen deze orders worden gekoppeld met behulp van de Multiple Item Lot Sizing methode (Chopra & Meindl, 2013). In deze methode wordt de bestelfrequentie per product bepaald

en vervolgens wordt met behulp van de jaarvraag de bestelhoeveelheid bepaald. Echter is er in dit onderzoek sprake van een minimale bestelhoeveelheid. De berekende bestelfrequentie volgens de Multiple Item Lot Sizing methode leidt tot een bestelhoeveelheid die veel kleiner is dan de minimale bestelhoeveelheid. Als we voor deze onderdelen de minimale bestelhoeveelheid als uitgangspunt nemen zal de bestelfrequentie veel kleiner worden waardoor de berekende situatie lang niet optimaal zal zijn.

Er moet daarom een andere methode worden gevonden om de onderdelen gezamenlijk te bestellen. Voor deze methode moet er worden gekeken naar de bestelhoeveelheid en de verwachte jaarvraag van de onderdelen. De minimale bestelhoeveelheid van de onderdelen uit China ligt erg hoog in vergelijking met de verwachte jaarvraag. Voor 7 van de 10 onderdelen ligt de minimale bestelhoeveelheid zelfs hoger dan de verwachte jaarvraag. Voor deze onderdelen zal de reviewperiode langer dan een jaar zijn. Er is voor deze onderdelen toch gekozen om de reviewperiode op 1 jaar te zetten, zodat er bij een stijging in de vraag toch op tijd kan worden bijbesteld. Daarnaast is het handig om eens per jaar de complete voorraad te tellen zodat er een overzicht kan worden gemaakt hoeveel voorraad er op dat moment aanwezig is. Voor de overige drie onderdelen is de reviewperiode korter dan een jaar zijn. Om de reviewperioden van deze onderdelen te bepalen is gekeken naar het onderdeel welke het vaakst moet worden besteld, dus waar de verhouding van de bestelhoeveelheid gedeeld door de verwachte jaarvraag het hoogst is. Dit is het geval voor de 'Stekker type 2, 16A, Female'. Dit onderdeel heeft een reviewperiode van 0,16 jaar. Dit is omgerekend 1,89 maanden. Hieruit is besloten om voor het gemak van de implementatie de reviewperiode van dit product op 2 maanden te zetten, ofwel een reviewperiode van 0,167 jaar. Het doel is om de bestellingen te kunnen koppelen, de reviewperioden van de andere twee onderdelen moeten dan een meervoud zijn van de reviewperiode van het 'Stekker type 2, 16A, Female' onderdeel. Er moet voor deze onderdelen dus worden bepaald of de reviewperiode 2, 4, 6, 8, 10 of 12 maanden is.

Om dit te bepalen is er gekeken welk meervoud van 0,167 jaar (vastgestelde minimale reviewperiode) het dichtst bij de individuele reviewperiode van de andere twee onderdelen ligt. Voor het 'Stekker type 1 (16A), Female' onderdeel is dit $0,26/0,167 = 1,59$. Het afgeronde getal 2 ligt hier het dichtst bij dus de reviewperiode voor dit onderdeel zal $2 \times 0,167 = 0,333$ jaar zijn. Voor het 'Stekker type 2 (16A)-Male' onderdeel is de reviewperiode $0,275/0,167 = 1,65$. Ook hier ligt het afgeronde getal 2 het dichtstbij, daarom wordt de reviewperiode van ook dit onderdeel gezet op $2 \times 0,167 = 0,333$ jaar ofwel eens in de vier maanden. In tabel 6 is een overzicht te zien van de gekozen reviewperioden voor de A-onderdelen.

Onderdeel	Individuele reviewperiode (in jaar)	Gecombineerde reviewperiode (in jaar)	Ingestelde reviewperiode (in jaar)	Reviewmomenten per jaar
Stekker type 1 (16A)-Female	0,265	0,333	0,333	3
Stekker type 1 (32A)-Female	5,466	5,500	1	1
Stekker type 2 (16A)-Female	0,158	0,167	0,167	6
Stekker type 2 (32A)-Female	3,023	3,000	1	1
Stekker type 2 (16A)-Male	0,276	0,333	0,333	3
Stekker type 2 (32A)-Male	3,721	3,667	1	1
Stekkerhouder type 1	2,475	2,5	1	1
Stekkerhouder type 1	1,106	1,167	1	1
Schuko 7,5m type 1	4,802	4,833	1	1
Schuko 7,5m type 2	2,237	2,167	1	1

Tabel 6: Gecombineerde reviewperioden voor de A-onderdelen

Bestelhoeveelheid en bestelniveau

Voor de bepaling van de EOQ zijn de inkoopprijs, bestelkosten en het percentage van de prijs voor het een jaar lang op voorraad houden van de onderdelen nodig. Deze drie parameters zijn bekend en staan vast. Om vervolgens het bestelniveau en het order-up-to-level te berekenen, moet de vraag gedurende

de levertijd en de reviewperiode ($\hat{x}_{R+L}$) worden berekend. Daarnaast moet ook de standaarddeviatie van de vraag gedurende de levertijd en de reviewperiode (σ_{R+L}) worden berekend. Tot slot moet factor k worden bepaald.

Om $\hat{x}_{R+L}$ voor de fast movers te berekenen wordt gekeken naar de lengte van de reviewperiode en de levertijd. Stel dat de verwachte jaarvraag 900 stuks is, reviewperiode 0,31 jaar is en de levertijd 28 dagen is. Dan kan de som van de reviewperiode en de levertijd worden berekend door allereerst beide parameters om te rekenen naar de eenheid jaar. De levertijd is $28/365 = 0,077$ jaar. De som van de reviewperiode en de levertijd is dan 0,387 jaar. Vervolgens wordt deze hoeveelheid vermenigvuldigd met de verwachte jaarvraag om de verwachte vraag gedurende de reviewperiode en de levertijd te berekenen: $0,387 * 900 = 348,3$ stuks.

Om σ_{R+L} voor de fast movers te berekenen wordt eerst de standaarddeviatie van de vraag per maand berekend. Hiervoor moet per maand de afwijking van de vraag ten opzichte van de verwachte maandvraag volgens de lineaire trendlijn worden berekend. Vervolgens kan met behulp van de STDEV.S-formule in Excel de standaarddeviatie per maand worden bepaald. Stel dat deze standaarddeviatie per maand 16 stuks is. Nu kan de standaarddeviatie van de vraag per jaar worden berekend door de standaarddeviatie van de vraag per maand te vermenigvuldigen met wortel 12: $16 * \sqrt{12} = 55,43$. Vervolgens kan σ_{R+L} worden berekend door de standaarddeviatie per jaar te vermenigvuldigen met de wortel van de fractie van de som van de reviewperiode en de levertijd per jaar zoals berekend in de vorige alinea. σ_{R+L} is dan $55,43 * \sqrt{0,387} = 34,5$ stuks.

Om $\hat{x}_{R+L}$ voor de slow movers te berekenen, wordt de verwachte jaarvraag vermenigvuldigd met de fractie van de som van de reviewperiode en de levertijd per jaar. Voor een onderdeel met een gemiddelde maandvraag van 20 stuks, dus λ is 20, en een reviewperiode van 0,31 jaar en een levertijd van 28 dagen kan de verwachte vraag gedurende de reviewperiode en de levertijd als volgt worden berekend: $(20 * 12) * (0,31 + (28/365)) = 92,9$ stuks.

Om σ_{R+L} voor de slow movers te berekenen, wordt eerst σ berekend. Aangezien $\lambda = \sigma$ volgens de Poisson verdeling is de standaarddeviatie per maand ook 20 stuks. Om de standaarddeviatie per jaar te berekenen moet deze worden vermenigvuldigd met wortel 12: $20 * \sqrt{12} = 69,28$. Om vervolgens de standaarddeviatie van de vraag gedurende de reviewperiode en de levertijd te berekenen moet de standaarddeviatie van de vraag per jaar worden vermenigvuldigd met de wortel van de fractie van de som van de reviewperiode en de levertijd per jaar. De standaarddeviatie van de vraag gedurende de reviewperiode en de levertijd dan: $69,28 * \sqrt{(0,31 + (28/365))} = 43,1$ stuks.

Nu $\hat{x}_{R+L}$ en σ_{R+L} bekend zijn kan met behulp van formule (6), (7) en (8) het bestelniveau worden berekend. Zodra het bestelniveau bekend is kan met formule (9) ook het order-up-to-level worden berekend.

B en C-onderdelen

Voor de B- en C-onderdelen is er gekozen voor het (s,Q)-voorraadmodel. Er is voor dit model gekozen, omdat dit makkelijk kan worden toegepast in het magazijn. Het is een erg eenvoudige methode, omdat er altijd met dezelfde hoeveelheid wordt besteld bij een vast bestelniveau. Voor de B- en C-onderdelen is net als voor de A-onderdelen gebruik gemaakt van een fill rate. Voor de B-onderdelen is gekozen voor een fill rate van 95% en voor de C-onderdelen een fill rate van 90%. De B-onderdelen hebben een hogere usage-value of een hogere levertijd dan de C-onderdelen. Vandaar dat er voor de B-onderdelen een hogere fill rate is gekozen. Daarnaast worden de C-onderdelen meestal van Nederlandse leveranciers besteld met een levertijd van 1 dag. Hierdoor is een hogere fill rate niet noodzakelijk. Als deze onderdelen uit voorraad raken, kan er gemakkelijk een nieuwe bestelling worden geplaatst.

Er zijn in dit onderzoek 14 B-onderdelen en 7 C-onderdelen.

Voor de B-onderdelen wordt in dit voorraadbeheersysteem de voorraad continue in de gaten gehouden. Als er een order binnenkomt moeten de benodigde onderdelen voor dit order direct worden afgeschreven uit het voorraadbeheersysteem. Als er onderdelen kapot zijn gegaan tijdens de assemblage of kapot zijn geleverd zal dit ook direct moeten worden verwerkt in het voorraadbeheersysteem. Tot slot moet er bij elke bestelling direct de bestelde hoeveelheid worden bijgeschreven in het voorraadbeheersysteem. Zo is er op elk moment precies bekend hoe groot de virtuele voorraad van elk onderdeel is.

Voor de C-onderdelen zijn er 2 onderdelen met een levertijd van 5 dagen. De rest van de onderdelen hebben een levertijd van 1 dag. De vraag naar de C-onderdelen varieert tussen 16 en 1625 stuks per jaar. Het bestelniveau voor alle 7 onderdelen is 0 stuks. Dit komt doordat de levertijd erg kort is en daarmee ook de vraag gedurende de levertijd. Als er bij een voorraad van 0 stuks wordt bijbesteld zal de fill rate van 90% nog steeds worden bereikt. Het systeem zal niet kunnen worden gemanaged met een two-bin systeem, maar wel door middel van een one-bin systeem. Als het onderdeel niet meer op voorraad is, zal er direct worden bij besteld.

Om het bestelniveau te bepalen voor de B- en C-onderdelen moet er worden gekeken naar de verwachte vraag gedurende de levertijd ($\hat{x}_L$) en de standaarddeviatie gedurende de levertijd (σ_L). Bij de B- en C-onderdelen wordt er namelijk geen gebruik gemaakt van de reviewperiode. De berekening van deze parameters is dezelfde als behandeld voor de A-onderdelen alleen zonder de reviewperiode.

4.4 Verificatie

Om te kunnen verifiëren dat daadwerkelijk de juiste formules worden gebruikt voor het nieuwe voorraadmodel zijn deze getest met bekende waarden. Voor het (R,s,S)-voorraadmodel zijn de waarden uit Silver, Pyke en Peterson (1998, p. 340) gebruikt. Uit deze waarden is gebleken dat de hoogte van het bestelniveau op de juiste manier is berekend. Voor het (s,Q)-voorraadmodel zijn de waarden uit het voorbeeld van Silver, Pyke en Peterson (1998, p. 269) gebruikt. Ook het bestelniveau van dit voorbeeld komt overeen met het bestelniveau berekend door het nieuwe voorraadmodel. Voor de berekening van de bestelhoeveelheid is de EOQ-formule gebruikt. Met behulp van de waarden van Chopra en Meindl (2013, p. 290) is de gebruikte EOQ-formule geverifieerd. Deze blijkt ook juist te zijn berekend. Met deze controle is te concluderen dat de juiste formules gebruikt zijn om de voorraadmodellen uit te rekenen.

4.5 Uitwerkingen van een (R,s,S)- en (s,Q)-voorraadmodel

Uitwerking van een (R,s,S)-voorraadmodel

In dit voorbeeld zal worden gekeken naar de berekening van een fast moving A-onderdeel met reviewperiode R, bestelniveau s en order-up-to-level S. Het onderdeel waarvoor het voorraadmodel wordt uitgewerkt is de 'Stekker type 1, 16A, Female'. Dit is een stekker die in het voertuig kan worden geplugd zodat de auto kan worden opgeladen. Dit onderdeel wordt voornamelijk gekocht als onderdeel van een laadkabel of bij een laadstation, maar kan ook los worden verkocht.

Om het voorraadmodel voor dit onderdeel uit te rekenen zal eerst de verwachte jaarvraag moeten worden bepaald om vervolgens de optimale bestelhoeveelheid Q uit te kunnen rekenen. De verwachte jaarvraag kan worden berekend met de volgende formule:

$$\hat{x}_t = \hat{a} + \hat{b}t \quad (14)$$

Hierbij zijn $\hat{b}$ en $\hat{a}$:

$$\hat{b} = \frac{\sum_{t=1}^{28} t * x_t - \left(\frac{28+1}{2}\right) * \sum_{t=1}^{28} x_t}{\frac{28(28^2 - 1)}{12}} = 1,96798 \quad (15)$$

$$\hat{a} = \sum_{t=1}^{28} \frac{x_t}{28} - \frac{1,96798(28+1)}{2} = 7.71429 \quad (16)$$

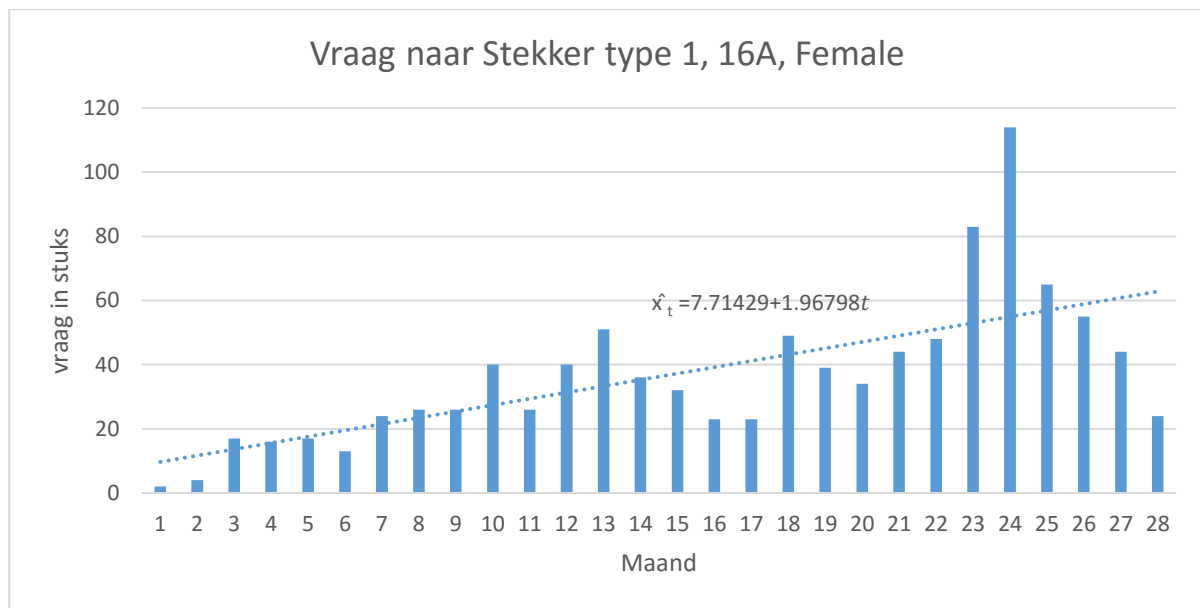
Hierbij is x_t de vraag per maand in maand t .

De lineaire vergelijking die de vraag op de beste manier weergeeft is dan: $\hat{x}_t = 7,71429 + 1,96798t$

Nu kan de som van de 12 komende maanden berekend worden om de verwachte jaarvraag te bepalen.

$$E(D) = \sum_{t=29}^{40} (7,71429 + 1,96798t) = 907,315 \quad (17)$$

In figuur 7 is de grafiek van de vraag naar de 'Stekker type 1, 16A, Female' weergegeven. De lineaire trendlijn geeft hier de verwachte vraag aan.



Figuur 7: Grafiek van de vraag naar de stekker type 1, 16A, Female.

De vraag heeft een sterke piek rond maand 23 en 24. Dit zijn november 2015 en december 2015. De oorzaak van deze stijging ligt bij een beslissing van de overheid. Zij hebben besloten om de bijtelling van elektrische auto's op 1 januari 2016 te verhogen van 7% naar 15%. Vanwege deze wijziging hebben veel mensen besloten om in november en december nog een elektrische auto aan te schaffen en hiervoor ook de benodigde laadstations en laadkabels besteld. Hierdoor is bij alle onderdelen die LaadstationXL verkoopt een stijging te zien rond de maanden 23 en 24. De vraag na deze maanden lijkt af te nemen. Dit is waarschijnlijk het geval omdat de mensen die oorspronkelijk in het begin van 2016 hun elektrische auto zouden kopen, deze al eind 2015 hebben gekocht. De elektrische auto wordt steeds populairder en de vraag zal naar verwachting weer toenemen.

De bestelkosten zijn €145,00, de reviewkosten zijn €15,00, de inkoopprijs is €68,43 en het percentage van de prijs van het onderdeel om het onderdeel een jaar op voorraad te houden is 25%. Nu ook de verwachte jaarvraag bekend is, kan de EOQ als volgt worden uitgerekend:

$$EOQ = Q = \sqrt{\frac{2 * (K + J) * D}{P * h}} = \sqrt{\frac{2 * (145 + 15) * 907,315}{68,43 * 0,25}} = 131 \text{ stuks} \quad (18)$$

De minimale bestelhoeveelheid van dit onderdeel is echter 240 stuks. In de rest van de berekening zal daarom worden doorgerekend met een bestelhoeveelheid van 240 stuks

Nu kan de reviewperiode R worden berekend. Dit gebeurt met de volgende formule:

$$R = \frac{Q}{E(D)} = \frac{240}{907,315} = 0,265 \quad (19)$$

Om te berekenen wat de gecombineerde reviewperiode van dit onderdeel wordt, is de volgende formule gebruikt:

$$R^* = Round\left(\frac{0,265}{0,1667}\right) * 0,1667 = 2 * 0,1667 = 0,333 \quad (20)$$

De gecombineerde reviewperiode van dit onderdeel is dus 0,333 jaar. Dit houdt in dat de voorraad 3 keer per jaar ofwel elke 4 maanden wordt gecontroleerd en zo nodig worden bijbesteld.

Vervolgens wordt het bestelniveau s berekend. Dit gebeurt met de volgende formule:

$$s = \hat{x}_{R+L} + k * \sigma_{R+L} \quad (21)$$

In paragraaf 4.3 is toegelicht hoe de verwachte vraag gedurende de levertijd en de reviewperiode ($\hat{x}_{R+L}$) en de standaarddeviatie gedurende de levertijd en de reviewperiode (σ_{R+L}) kunnen worden berekend. Voor dit onderdeel geldt dat $\hat{x}_{R+L}$ is 441,6 stuks en σ_{R+L} is 41,34 stuks.

Nu kan factor k worden berekend om het bestelniveau s te bepalen. De berekening van factor k is erg ingewikkeld. Hiervoor moet eerst $J_u(k)$ worden berekend. Om $J_u(k)$ te berekenen moet eerst $\hat{x}_R$ en σ_R worden bepaald. Dit gebeurt op dezelfde manier als in paragraaf 4.3 is beschreven. $\hat{x}_R = 0,333 * E(D) = 0,333 * 907,31528 = 302,44$ stuks en σ_R is $59,26 * \sqrt{0,333} = 34,21$ stuks. Na kan $J_u(k)$ worden berekend:

$$J_u(k) = \frac{2(1 - Fill Rate) * \hat{x}_R * \left[Q + \frac{\sigma_R^2 + \hat{x}_R^2}{2 * \hat{x}_R}\right]}{\sigma_{R+L}^2}$$

$$J_u(k) = \frac{2(1 - 0,975) * 302,44 * \left[240 + \frac{(34,21)^2 + (302,44)^2}{2 * 302,44}\right]}{(41,34)^2} = 3,4781 \quad (22)$$

Hierbij is voor de fill rate gekozen voor 97,5%. Vervolgens kan k worden berekend uit $J_u(k)$. Hiervoor wordt de volgende formule gebruikt:

$$k = \frac{a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3}{b_0 + b_1 z + b_2 z^2 + b_3 z^3} = -1,5801 \quad (23)$$

Aangezien $J_u(k) > 0,5$ worden de volgende parameters gebruikt:

$z = J_u(k)$	
$a_0 = 1,1259464$	$b_0 = 1$
$a_1 = -1,3190021$	$b_1 = 2,8367383$
$a_2 = -1,8096435$	$b_2 = 0,65593780$
$a_3 = -0,11650097$	$b_3 = 0,0082204352$

Met behulp van formule (23) is factor k berekend: $k = -1,5801$. Nu is het bestelniveau te berekenen:

$$s = 441,6 - 1,5801 * 41,34 = 377 \text{ stuks}$$

Vervolgens kan het order-up-to-level S worden bepaald. Dit wordt gedaan door de optimale bestelhoeveelheid op te tellen bij het minimale bestelniveau. Het order-up-to-level is dan:

$$S = s + Q = 377 + 240 = 617 \text{ stuks} \quad (24)$$

Het (R,s,S) -voorraadmodel voor stekker type 1, 16A, Female met een fill rate van 97,5% is dan het $(0.333,377,617)$ -voorraadmodel.

Uitwerking van een (s,Q) -voorraadmodel

In dit voorbeeld zal worden gekeken naar de berekening van een fast moving B-onderdeel met bestelniveau s en optimale bestelhoeveelheid Q . Het onderdeel waarvoor het voorraadmodel wordt uitgewerkt is de 'CMEM'. Dit is een module die communiceert tussen het laadstation en het voertuig. Dit onderdeel wordt in elk laadstation verkocht. In een dubbel laadstation zitten ook twee CMEM-modules.

Om het voorraadmodel voor dit onderdeel uit te rekenen zal eerst de verwachte jaarvraag moeten worden bepaald om vervolgens de optimale bestelhoeveelheid Q uit te kunnen rekenen. De verwachte jaarvraag kan worden berekend met de volgende formule:

$$\hat{x}_t = \hat{a} + \hat{b}t \quad (25)$$

Hierbij is $\hat{b}$ en $\hat{a}$:

$$\hat{b} = \frac{\sum_{t=1}^{28} t * x_t - \left(\frac{28+1}{2}\right) * \sum_{t=1}^{28} x_t}{\frac{28(28^2 - 1)}{12}} = 5,36398 \quad (26)$$

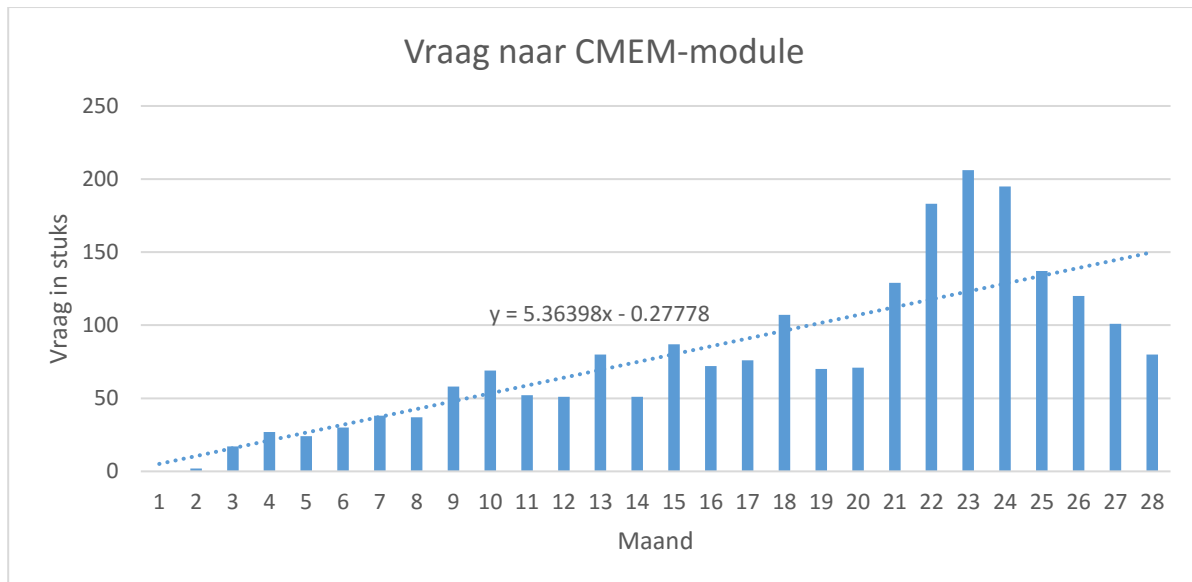
$$\hat{a} = \sum_{t=1}^{28} \frac{x_t}{28} - \frac{5,3640 * (28 + 1)}{2} = -0,27778 \quad (27)$$

Hierbij is x_t de bekende vraag per maand in maand t .

De lineaire vergelijking die de vraag op de beste manier weergeeft is dan: $\hat{x}_t = -0,27778 + 5,36398t$. Nu kan de som van de 12 komende maanden berekend worden om de verwachte jaarvraag te bepalen.

$$E(D) = \sum_{t=29}^{40} x_t = 2214,55 \quad (28)$$

In figuur 8 is de grafiek van de vraag naar de CMEM-module weergegeven. De lineaire lijn geeft hier de verwachte vraag aan. Deze vraag heeft net zoals de 'Stekker type 1, 16A, Female' die hierboven is beschreven een sterke piek rond maand 23 en 24. Ook de vraag naar dit onderdeel zal naar verwachting weer gaan stijgen.



Figuur 8: Vraag naar CMEM-module

De bestelkosten voor de CMEM-module zijn €15,00, de inkoopprijs is €101,00 per stuk, de levertijd van het product is drie dagen en de standaarddeviatie per jaar is 112,15 stuks. Om de standaarddeviatie gedurende de levertijd te berekenen wordt de standaarddeviatie per jaar vermenigvuldigd met de wortel van de fractie van de levertijd per jaar. De standaarddeviatie gedurende de levertijd is dan 10,17 stuks:

Vervolgens kan de optimale bestelhoeveelheid worden berekend. Er wordt in dit voorraadmodel gebruik gemaakt van een andere formule voor de bestelhoeveelheid dan bij de A-onderdelen. Door deze formule te gebruiken worden de kosten geminimaliseerd waarbij direct rekening wordt gehouden met de gewenste fill rate. De formule die voor de B en C-onderdelen wordt gebruikt is de volgende:

$$Q = \frac{1}{fill\ rate} * \sqrt{\frac{2 * K * D}{P * h} + \sigma_L^2} \quad (29)$$

$$Q = \frac{1}{0,95} * \sqrt{\frac{2 * 15 * 2214,55}{101 * 0,25} + 10,17^2} = 56\ stuks \quad (30)$$

De optimale bestelhoeveelheid voor de CMEM is dus 56 stuks. De minimale bestelhoeveelheid van dit onderdeel is 50 stuks. LaadstationXL zal dus kiezen voor een bestelhoeveelheid van 56 stuks.

Nu kan het minimale bestelniveau worden berekend. Hiervoor wordt de volgende formule gebruikt:

$$s = \hat{x}_L + k * \sigma_L \quad (31)$$

Hierbij is:

$\hat{x}_L$ = De verwachte vraag gedurende de levertijd

k = Factor die berekend kan worden met behulp van formule (13)

σ_L = Standaarddeviatie van de vraag tijdens de levertijd

Om $\hat{x}_L$ te berekenen wordt de levertijd als fractie van een jaar vermenigvuldigd met de verwachte jaarvraag. Dit is $(3/365) * 2214,55 = 18,20$. σ_L is al berekend en is 10,17 stuks.

Ook in deze formule is het erg lastig om factor k te bepalen. Om k te bepalen moet eerst de $G_u(k)$ worden bepaald. Dit gebeurt met de volgende formule:

$$G_u(k) = \frac{Q}{\sigma_L} * (1 - \text{fill rate}) = \frac{56}{10,17} * (1 - 0,95) = 0,2753 \quad (32)$$

Vervolgens kan $G_u(k)$ omgeschreven worden naar k met de volgende formule:

$$k = \frac{a_0 + a_1z + a_2z^2 + a_3z^3}{b_0 + b_1z + b_2z^2 + b_3z^3 + b_4z^4} = 0,2778 \quad (33)$$

Hierbij is:

$$\begin{aligned} z &= \sqrt{\ln(25/(G_u(k))^2)} = 2,4079 & b_0 &= 1 \\ a_0 &= -5,3925569 & b_1 &= -0,72496485 \\ a_1 &= 5,6211054 & b_2 &= 0,507326622 \\ a_2 &= -3,8836830 & b_3 &= 0,0669136868 \\ a_3 &= 1,0897299 & b_4 &= -0,00329129114 \end{aligned}$$

Met behulp van formule (33) is factor k berekend: $k = 0,2778$. Nu is het bestelniveau ook te berekenen. Dit gebeurt als volgt:

$$s = 18,20 + 0,2778 * 10,17 = 22 \text{ stuks} \quad (34)$$

Het (s,Q) -voorraadmodel voor de CMEM met een fill rate van 95,0% is dan het $(22,56)$ -voorraadmodel.

4.6 Conclusie

Er is gekozen voor het beslismodel om de onderdelen onder te verdelen in drie categorieën. In dit model zijn twee criteria opgenomen, namelijk de levertijd van de onderdelen van de leverancier naar LaadstationXL en het usage-value ratio van de onderdelen. Op basis hiervan worden de onderdelen onder verdeeld in A-, B- en C-onderdelen.

Bij deze indeling worden de A-onderdelen uit China besteld en de B- en C-onderdelen van West-Europese leveranciers. De A-onderdelen worden behandeld met het (R,s,S) -voorraadmodel en de B- en C-onderdelen met het (s,Q) -voorraadmodel. Daarnaast is er onderscheid gemaakt tussen fast movers en slow movers. De berekening van de verwachte jaarvraag, de verwachte vraag gedurende de levertijd en de standaarddeviatie gedurende de levertijd verschilt voor de fast movers en slow movers.

Doordat een aantal producten van LaadstationXL ook via de andere webwinkels wordt aangeboden, hebben deze producten een andere naam en een ander productnummer ook al is het product exact hetzelfde. Hier moet rekening mee worden gehouden bij het bepalen van de verwachte jaarvraag voor de EOQ.

Er is gekeken op welke manier de reviewperioden van de A-onderdelen het best kan worden bepaald zodat het mogelijk wordt om verschillende onderdelen gezamenlijk te bestellen en op deze manier de bestelkosten te drukken.

Hoofdstuk 5 –Resultaten en Analyse

In dit hoofdstuk wordt gezocht naar een antwoord op de onderstaande drie deelvragen om vervolgens onderzoeksvraag 4 te kunnen beantwoorden

1. Wat zijn de veranderingen ten opzichte van de huidige situatie?
2. Zijn de nieuwe voorraadmodellen valide?
3. Welke bijzondere resultaten zijn er te vinden in de nieuwe voorraadmodellen?

Met behulp van het antwoord op deze vragen kan een antwoord worden geformuleerd op onderzoeksvraag 4: Wat zijn de resultaten van de voorraadmodellen?

In paragraaf 5.1 zullen de resultaten van de voorraadmodellen voor de A-, B- en C-onderdelen worden geïntroduceerd. In paragraaf 5.2 zal een vergelijking worden gemaakt van de nieuwe voorraadmodellen met de huidige situatie. Vervolgens wordt in paragraaf 5.3 de nieuwe voorraadmodellen gevalideerd. Dan worden in paragraaf 5.4 de nieuwe voorraadmodellen geanalyseerd en tot slot wordt in paragraaf 5.5 een conclusie gegeven

5.1 Resultaten

In bijlage 9, 10 en 11 zijn de resultaten van de voorraadmodellen te zien voor de A-, B- en C-onderdelen. Hierin staan per onderdeel de waarden van de parameters van het (R,s,S)-voorraadmodel voor de A-onderdelen en de waarden van de parameters van het (s,Q)-voorraadmodel voor de B- en C-onderdelen.

5.2 Vergelijking met de huidige situatie

A-onderdelen

Voor de A-onderdelen geldt dat de minimale bestelhoeveelheid gelijk is aan de gekozen bestelhoeveelheid. In dit opzicht is er niets veranderd ten opzichte van de huidige situatie. Wel zijn de bestelniveaus van de A-onderdelen aangepast. Deze bestelniveaus lagen tussen de 0 en 151 stuks en ligt in de nieuwe voorraadmodellen tussen de 8 en 466 stuks. Deze hoeveelheden lopen zo erg uiteen omdat de vraag naar deze onderdelen ook erg varieert.

Nog een ander verschil voor de A-onderdelen is het feit dat de reviewperiode van alle onderdelen langer is geworden. In de huidige situatie wordt elke maand gekeken welke onderdelen bijbesteld moeten worden. In de nieuwe voorraadmodellen wordt dit nog maar voor één onderdeel om de 2 maanden gedaan, voor twee onderdelen om de vier maanden en voor de rest van de onderdelen eens per jaar. Hierdoor is de periode tussen twee reviewmomenten toegenomen, waardoor de 'undershoots' ook groter zijn. Dit is ook een oorzaak van de hogere bestelniveaus in de nieuwe voorraadmodellen.

B- en C-onderdelen

Voor de B- en C-onderdelen wordt in de huidige situatie geen gebruik gemaakt van een voorraadbeheersysteem. Er wordt altijd besteld met de minimale bestelhoeveelheid of een veelvoud hiervan en er wordt opnieuw een bestelling geplaatst als de onderdelen op zijn of bijna op zijn. Dit bestelniveau is variabel en afhankelijk van de magazijnmedewerkers. Dit bestelniveau ligt voor de B- en C-onderdelen ongeveer tussen de 0 en 20 stuks.

In de nieuwe voorraadmodellen ligt de bestelhoeveelheid voor 50% van de B-onderdelen en 71% van de C-onderdelen hoger dan de minimale bestelhoeveelheid. Daarnaast ligt het bestelniveau van de meeste onderdelen ook hoger dan in de huidige situatie. In de nieuwe voorraadmodellen ligt het bestelniveau van de B- en C-onderdelen tussen de 0 en 76 stuks.

Omdat de bestelhoeveelheid van sommige onderdelen hoger is dan de minimale bestelhoeveelheid wordt er over het algemeen gezien grotere hoeveelheden besteld dan in de huidige situatie. Daarnaast

ligt het bestelniveau van de meeste onderdelen hoger dan in de huidige situatie. Hierdoor is de gemiddelde voorraadwaarde hoger en de omloopsnelheid van de onderdelen lager dan in de huidige situatie.

Tot slot wordt er in de huidige situatie voor de C-onderdelen bijbesteld als de magazijnmedewerkers constateren dat de voorraad bijna op was. In de nieuwe voorraadmodellen wordt voor alle C-onderdelen pas bijbesteld als de voorraad van het onderdeel helemaal op is.

5.3 Validatie

Het is erg lastig om dit model te valideren, aangezien er erg weinig data bekend zijn van de huidige situatie. Er kan wel worden gekeken of de som van de bestelkosten en de voorraadkosten van het nieuwe voorraadmodel is gestegen of gedaald. Er wordt hierbij van uitgegaan dat er in de huidige situatie een bestelling wordt geplaatst op het moment dat er van de B- en C-onderdelen nog tien stuks in voorraad zijn en dat er altijd wordt besteld met de minimale bestelhoeveelheid.

Er zal voor de B- en C-onderdelen worden gekeken of de som van de bestelkosten en voorraadkosten zijn gestegen of gedaald. Allereerst wordt gekeken naar het 'CMEM'-onderdeel. De jaarvraag van dit onderdeel is 2215 stuks en de verwachte vraag gedurende de levertijd is 18,2 stuks. In de huidige situatie is de bestelgrootte van dit onderdeel 50 stuks en is het bestelniveau 10 stuks. Met een bestelgrootte van 50 stuks zal er $2215/50 = 45$ keer moeten worden besteld. De bestelkosten zijn dan $€15,00 \cdot 45 = €675,00$. Er wordt bijbesteld als er nog 10 stuks op voorraad zijn. Vervolgens is de vraag gedurende de levertijd 18 stuks en zal de voorraad bij -8 stuks worden aangevuld tot 42 stuks. De gemiddelde voorraad is dan $(-8 + 50)/2 = 21$ stuks. De voorraadkosten zijn dan $21 \cdot €101,00 \cdot 0,25 = €530,25$.

In het nieuwe voorraadmodel worden er 52 stuks per keer besteld en is het bestelniveau 29 stuks. Er worden in het nieuwe voorraadmodel $2215/52 = 43$ bestellingen geplaatst. De bestelkosten zijn dan $€15,00 \cdot 43 = €645,00$. De voorraadkosten zullen wel hoger liggen. Er komt hier gemiddeld een nieuwe bestelling binnen als het voorraadniveau $29 - 18 = 11$ stuks is. Op dat moment wordt de voorraad aangevuld tot $11 + 52 = 63$ stuks. De gemiddelde voorraad voor het nieuwe model is dan $63/2 = 31,5$ stuks. De voorraadkosten per jaar zijn: $31,5 \cdot €101,00 \cdot 0,25 = €795,38$.

Totaal zijn de kosten in de huidige situatie $€675,00 + €530,25 = €1205,50$ en in de nieuwe situatie $€645,00 + €795,38 = €1440,38$. Dit betekent dat de jaarlijkse kosten zijn gestegen met €234,88. Daartegenover staat wel dat er nu wordt voldaan aan een fill rate van ten minste 95%. Dit is belangrijker dan een relatief kleine stijging van de kosten omdat er in de huidige situatie gemiddeld $8 \cdot 45 = 360$ keer te laat zal worden geleverd. In de huidige situatie is de fill rate dan ongeveer $(2215 - 360) / 2215 = 84\%$. Aangezien LaadstationXL veel waarde hecht aan een hoog servicelevel, is het nieuwe voorraadmodel een verbetering ten opzichte van de huidige situatie.

Voor de A-onderdelen geldt hetzelfde verhaal. Als LaadstationXL hun huidige situatie blijven gebruiken zal er regelmatig een tekort ontstaan. De som van de bestelkosten en voorraadkosten zal lager uitkomen dan bij het gebruik van de nieuwe voorraadmodellen maar de gewenste fill rate zal met de huidige situatie nooit worden bereikt. Door de invoering van het nieuwe voorraadmodel zal zelden een spoedtransport moeten worden aangevraagd waardoor er ook hierop wordt bespaard.

5.4 Analyse

In Tabel 7 zijn de resultaten van een aantal A, B en C-onderdelen te zien. In deze tabel zijn ook de in paragraaf 4.4 uitgewerkte 'Stekker type 1, 16A, Female' en 'CMEM' te zien. Wat opvalt uit deze resultaten is dat de optimale bestelhoeveelheid bij veel onderdelen een stuk lager ligt dan de minimale bestelhoeveelheid. De optimale bestelhoeveelheid ligt zo laag omdat de bestelkosten in vergelijking tot de voorraadkosten relatief klein zijn.

ABC-Classificatie	Stekker type 1 (16A)-Fem.	Stekker type 1 (32A)-Fem.	Voeding	CMEM	Rails 270mm dubbel
ABC-criteria	62088	1741	17517	223670.1	268
ABC-product	A	A	B	B	C
Verdeling	Normaal	Poisson	Normaal	Normaal	Poisson
EOQ					
D (Jaarvraag)	907.315	25	2215	2215	141
F (Bestelkosten)	€ 145.00	€ 145.00	€ 15.00	€ 15.00	€ 15.00
J (Reviewkosten)	€ 15.00	€ 15.00	-	-	-
p (Inkoopprijs)	€ 68.43	€ 68.43	€ 7.91	€ 101.00	€ 1.90
h (Voorraadkosten per jaar als percentage van de inkoopprijs)	25%	25%	25%	25%	25%
Q (Optimale bestelhoeveelheid)	131	22	184	52	95
Minimale bestelhoeveelheid	240	240	240	50	50
Q (Gekozen bestelhoeveelheid)	240	240	240	52	95
D/Q (Aantal bestellingen per jaar)	3.8	0.1	9.2	42.6	1.5
Data-analyse					
E(X) (Verwachte vraag tijdens de levertijd)	139.20	3.90	18.20	18.20	0.39
$\sigma(D)$ (Standaarddeviatie van de vraag per jaar)	59.26	7.34	112.15	112.15	40.67
$\sigma(X)$ Standaarddeviatie van de vraag gedurende de levertijd	23.212	2.877	10.168	10.168	2.129
Levertijd in dagen	56	56	3	3	1
L (Levertijd in jaar)	0.1534	0.1534	0.0082	0.0082	0.0027
R (periode in jaar tussen twee opeenvolgende reviewmomenten)	0.26	9.43	-	-	-
Reviewperiode bij gekoppelde bestellingen	0.33	1.00	-	-	-
Verwachte vraag gedurende reviewperiode	302	25	-	-	-
Standaarddeviatie gedurende reviewperiode	34.21	7.34	-	-	-
Verwachte vraag gedurende review en levertijd	441.6	29.3	-	-	-
Standaarddeviatie gedurende review en levertijd	41.34	7.89	-	-	-
(R,s,S)-model met 97.5% fill rate voor de A-onderdelen					
R (Reviewperiode in jaar)	0.33	1.00	-	-	-
s (Bestelniveau)	377	14	-	-	-
S (Order-up-to-level)	617	254	-	-	-
(s,Q)-model met 95% fill rate voor de B en 90% C-onderdelen					
s (Bestelniveau)	-	-	7	22	0
Q (Optimale bestelhoeveelheid)	-	-	240	56	105
Data voor de berekening van s (Minimale bestelniveau)					
z (benodigde parameter voor de $G_u(k)$ en de $J_u(k)$)	3.478058	5.189223	1.699268	2.407921	0.164287
k (Factor om het s (minimale bestelhoeveelheid) te berekenen)	-1.58011	-2.0482	-1.1135	0.27779	-5.1058
Advies voor bestellen					
Huidige voorraadniveau (virtuele niveau)	390	26	12	0	30
Nieuwe bestelling plaatsen?	(A) Nog niet bestellen	(A) Bestellen van 243 stuks	Nog niet bestellen	Bestellen van 56 stuks	Nog niet bestellen

Tabel 7: Tabel met resultaten

Daarnaast valt op dat een aantal onderdelen een bestelniveau heeft van 0 stuks. Dit houdt in dat er pas moet worden bijbesteld als de voorraad op is. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de Rails 270mm. Voor dit C-onderdeel wordt een (s,Q)-voorraadmodel met een fill rate van 90% gebruikt. De oorzaak van het feit dat een bestelniveau van 0 stuks wordt geadviseerd is de korte levertijd van dit product van slechts 1 dag. Daarnaast is de standaarddeviatie gedurende de levertijd ook erg klein en is de jaarvraag niet zo groot. Als de voorraad op is en er wordt op dat moment direct 138 stuks bijbesteld, zal af en toe iemand zijn/haar bestelling te laat ontvangen. Voor dit onderdeel zal de fill rate alsnog minimaal 90% zijn.

Tot slot valt op dat het bestelniveau s van de A-onderdelen kleiner is dan de verwachte vraag gedurende de reviewperiode en levertijd. In eerste instantie lijkt dit niet te kloppen. Voor de 'Stekker type 1, 16A, Female' is het minimale bestelniveau 387 en de verwachte vraag gedurende de reviewperiode en de levertijd 442 stuks. Als er op een reviewmoment nog maar 390 stuks aanwezig zijn, zal er niet worden bijbesteld. Er zal dan zo goed als zeker een tekort optreden. Echter is de kans vrij klein dat de voorraad op het moment van een reviewmoment vlak boven het minimale bestelniveau ligt. Als de voorraad onder het minimale bestelniveau ligt op een reviewmoment zal er weer worden bijbesteld tot het order-up-to-level van 627 stuks en zal er enige tijd geen tekort optreden. Door de hoge cyclusvoorraad zal de fill rate alsnog minimaal 97,5% zijn voor dit voorraadmodel.

5.5 Conclusie

In de nieuwe voorraadmodellen zijn de reviewperiode, de bestelhoeveelheid en het bestelniveau voor de meeste onderdelen gestegen ten opzichte van de huidige situatie. De optimale bestelhoeveelheid ligt bij 61% van de onderdelen lager dan de minimale bestelhoeveelheid. Voor deze onderdelen is verder gerekend met de minimale bestelhoeveelheid.

Het bestelniveau voor de A-onderdelen ligt in de huidige situatie tussen de 0 en 151 stuks en in de nieuwe voorraadmodellen tussen de 8 en 466 stuks. Dit bestelniveau is ruim toegenomen, omdat er in deze situatie rekening wordt gehouden met de gewenste fill rate van 97,5% en omdat de reviewperiode van de onderdelen langer is dan in de huidige situatie.

Het bestelniveau van de B- en C-onderdelen ligt in de huidige situatie tussen ongeveer 0 en 20 stuks en in de nieuwe voorraadmodellen tussen de 0 en 76 stuks. Hierdoor zal minder vaak uit voorraad worden geraakt voor de onderdelen met een langere levertijd en een hoge jaarvraag. Voor alle C-onderdelen is het bestelniveau 0 stuks. Dit komt door de korte levertijd en de kleine vraag naar dit product.

In de nieuwe voorraadmodellen zal de som van de bestelkosten en de voorraadkosten toenemen ten opzichte van de huidige situatie. Dit komt door het feit dat er eerder wordt bijbesteld, waardoor de gemiddelde voorraad hoger is. Hierdoor raken de onderdelen minder vaak uit voorraad waardoor de fill rate zal stijgen ten opzichte van de huidige situatie. Aangezien LaadstationXL veel waarde hecht aan service zullen de nieuwe voorraadmodellen een verbetering zijn ten opzichte van de huidige situatie.

Hoofdstuk 6 - Implementatie van het voorraadbeheersysteem

In dit hoofdstuk wordt gezocht naar een antwoord op onderzoeksvraag 5: Op welke manier moet het nieuwe voorraadbeheersysteem worden geïmplementeerd?

Voor de implementatie van de voorraadmodellen voor de 31 onderdelen waar dit onderzoek op is gefocust moeten er een aantal stappen worden uitgevoerd. Deze stappen worden behandeld in paragraaf 6.1.

6.1 Stappenplan voor de implementatie

Stap 1: De laadstations die via LaadstationXL, ElektroXL of StoppenkastXL worden besteld moeten dezelfde productnaam en productnummer krijgen. Zo wordt het veel gemakkelijker om de verwachte jaarvraag per product te bepalen. De data van de verschillende productnamen en productnummers voor hetzelfde product zijn beschikbaar en te zien in bijlage 8.

Stap 2: Alle opties die de klant aanvinkt bij het plaatsen van een bestelling moeten kunnen worden geëxporteerd naar Excel. Zo is er van alle onderdelen in de laadstations bekend hoe groot de vraag naar deze onderdelen is.

Stap 3: Er moet een systeem worden ontwikkeld zodat bij een binnenkomend order direct de benodigde onderdelen worden afgeschreven uit de voorraad. Hiervoor moet bekend zijn welke onderdelen en hoeveel daarvan in welk product zitten verwerkt. Deze data zijn beschikbaar en te vinden in bijlage 12. Voor de complete data wordt verwezen naar het Excel document. Er is dus nog een systeem nodig die de orders in Excel importeert en vervolgens de onderdelen van deze orders afschrijft van de voorraad.

Stap 4: De werknemers van het bedrijf moeten worden ingelicht dat er een nieuw voorraadbeheersysteem gebruikt gaat worden voor de onderdelen van de laadstations. Daarnaast moeten ze ook een uitleg krijgen hoe hun werkwijze moet veranderen bij de invoering van het nieuwe voorraadbeheersysteem. De grootste veranderingen zijn de volgende:

- Binnenkomende orders moeten direct worden verwerkt in het voorraadbeheersysteem.
- Als er onderdelen kapot gaan tijdens de assemblage of defect worden geleverd moet dit direct worden verwerkt in het voorraadbeheersysteem.
- Elke bestelling bij een leverancier moet direct worden verwerkt in het voorraadbeheersysteem.
- Op het moment van een reviewmoment moeten alle A-onderdelen die op dat reviewmoment aan de beurt zijn worden geteld en het exacte aantal worden doorgegeven aan de inkoopafdeling. Dit aantal wordt ingevuld in het voorraadbeheersysteem en hierin wordt aangegeven of er moet worden bijbesteld tot het order-up-to-level of dat er niet moet worden bijbesteld.
- Er moet voor de B-onderdelen direct (op dezelfde dag) worden bijbesteld op het moment dat het voorraadbeheersysteem aangeeft dat er moet worden bijbesteld.
- Op het moment dat het laatste C-onderdeel uit de voorraad wordt gehaald moet dit direct worden aangekaart bij de inkoopafdeling. De onderdelen waarvoor dit moet worden aangegeven zijn weergegeven in bijlage 10.

De productiemedewerkers en inkoopafdeling moeten deze taken zorgvuldig uitvoeren, zodat de gewenste fill rates van de onderdelen kunnen worden gehaald.

Stap 5: Controleer of de gewenste gegevens zijn gebruikt. Alle formules voor de berekening van de voorraadmodellen zijn gelinkt. Als bijvoorbeeld de levertijd wordt aangepast zal daarmee ook de minimale bestelhoeveelheid en het order-up-to-level worden aangepast. Daarnaast is in te stellen wat de gewenste fill rate is voor de A-, B- en C-onderdelen. Deze staan nu ingesteld op respectievelijk

97,5%, 95% en 90%. Ook is de kleinste reviewperioden voor de A-onderdelen aanpasbaar en momenteel ingesteld op 0,1667 jaar. Deze reviewperioden staan ingesteld in het Excel document in het tabblad 'Parameters'. Als LaadstationXL deze reviewperiode net als in de huidige situatie eens per maand wilt hebben moet dit getal worden aangepast naar 0,0833 jaar. Hierdoor zullen de reviewperioden van de andere A-onderdelen ook mee veranderen. Daarnaast kunnen variabelen als de bestelkosten, reviewkosten, inkoopprijs, voorraadkosten en levertijd worden aangepast mocht de situatie veranderen, bijvoorbeeld als LaadstationXL een nieuwe leverancier kiest. Als deze gegevens worden aangepast is het mogelijk dat de classificatie van een onderdeel verandert waardoor deze op een andere manier zal moeten worden gemanaged. Deze gegevens moeten worden beschermd zodat de werknemers geen aanpassingen kunnen maken. Aanpassingen mogen alleen worden gemaakt door de eigenaar en de voorraadbeheerder. Als alle gegevens naar wens zijn ingevuld kan worden doorgegaan met stap 6.

Stap 6: Vervolgens moet worden gekeken op welke momenten de reviewperioden voor de A-onderdelen zullen plaats vinden. Het voorraadbeheersysteem is ontwikkeld voor het voorraadbeheer van 1 mei 2016 tot en 30 april 2017. Naar verwachting kan dit voorraadbeheersysteem worden ingevoerd vanaf 1 september. De reviewmomenten die op basis van deze verwachting zijn gekozen zijn te vinden in bijlage 13.

Stap 7: De beginvoorraad voor de onderdelen zal moeten worden geteld. Hier zal naar inschatting een week de tijd voor moeten worden uitgetrokken. In deze periode zal de voorraad voor alle A- en B-onderdelen worden bepaald (zie bijlage 9 en 10). Hierbij moet ook rekening worden gehouden met de bestellingen van deze onderdelen die tijdens deze week binnen komen. Als de voorraad van een order is bepaald zal vanaf dat moment ook de voorraad moeten worden bijgehouden door de eerste drie punten van stap 4 direct toe te passen op dit onderdeel. Als dit voor alle A- en B-onderdelen is gedaan kan verder worden gegaan naar stap 8.

Stap 8: Nu kunnen de voorraadmodellen daadwerkelijk worden gebruikt. Vul in het Excel document in rij 75 van het Tabblad 'Voorraadbeheersysteem' het huidige virtuele voorraadniveau in. In rij 76 van dit tabblad zal dan komen te staan of er bijbesteld moet worden en zo ja, met hoeveel stuks. Als er volgens het systeem moet worden bijbesteld, moet dit wel op dezelfde dag gebeuren als bekend is dat er moet worden bijbesteld. Zo is het bedrijf er zeker van dat de gewenste fill rates worden gehaald. In tabel 8 is een voorbeeld te zien wanneer er een bestelling moet worden geplaatst.

Advies voor bestellen	Stekker type 2 (16A)-M	Stekker type 2 (32A)-M	Laadkabel 7-aderig, 3	Laadkabel 4-aardig, 1	Laadkabel 4-aardig, 1
Huidige voorraadniveau (virtuele niveau)	550	250	0	30	0
Nieuwe bestelling plaatsen?	(A) Nog niet bestellen	(A) Nog niet bestellen	Bestellen van 200 stuks	Nog niet bestellen	Bestellen van 257 stuks

Tabel 8: Bestelhoeveelheden bij huidig virtueel voorraadniveau

Stap 9: Evalueer na 1 jaar het voorraadbeheersysteem om te kijken of er van een bepaald onderdeel altijd erg veel voorraad is of dat een bepaald onderdeel vaak uit voorraad blijkt te zijn. Daarnaast moet er worden gekeken of de gegevens van de tabel nog kloppen. Als er andere leveranciers worden gekozen moet dit worden aangepast in het voorraadbeheersysteem door onder andere de levertijd, inkoopprijs en bestelkosten aan te passen.

Stap 10: Bepaal over één jaar de verwachte jaarvraag voor alle onderdelen opnieuw. De jaarvraag moet voor de slow movers worden bepaald volgens de Poisson verdeling en voor de fast movers met behulp van de lineaire trendlijn. Voor de slow movers moet de gemiddelde maandvraag vanaf de maand dat het onderdeel voor het eerst is verkocht tot en met 30 april 2017 worden vermenigvuldigd met 12. Voor de fast movers moet er een grafiek worden gemaakt van de maandvraag van het moment dat het onderdeel voor het eerst werd verkocht tot en met 30 april 2017. Vervolgens moet hier een lineaire trendlijn doorheen worden getrokken. Daarnaast kan de verwachte jaarvraag ook met behulp van formules (2), (3) en (4) worden berekend. Als de jaarvraag bekend is kan deze worden aangepast in het voorraadbeheersysteem en kan het geüpdate voorraadbeheersysteem opnieuw worden gebruikt.

Hoofdstuk 7 - Conclusie en Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusie, discussie en aanbevelingen van het onderzoek behandeld. Hiervoor zal hoofdstuk 7.1 ingaan op de deelvragen en de hoofdvraag. In hoofdstuk 7.2 worden enkele discussiepunten behandeld en hoofdstuk 7.3 sluit af met een aantal aanbevelingen voor het voorraadbeheer van LaadstationXL.

7.1 Conclusie

In dit onderzoek is een beslismodel gebruikt op basis van de levertijd en het usage-value ratio om de onderdelen in drie categorieën te verdelen. De A-onderdelen zijn de onderdelen uit China. Deze onderdelen zijn behandeld volgens het (R,s,S)-voorraadmodel met als doel om de bestelkosten en de voorraadkosten te minimaliseren bij een gewenste fill rate. De fill rate voor de A-onderdelen is ingesteld op 97,5%.

De B- en C-onderdelen worden behandeld volgens het (s,Q)-voorraadmodel. Hierbij is ook het doel om de som van de bestelkosten en de voorraadkosten te minimaliseren bij een gewenste fill rate. De fill rate van de B- en C-onderdelen is ingesteld op respectievelijk 95% en 90%.

Het voorraadniveau van de A-onderdelen hoeft alleen tijdens de reviewmomenten worden geteld. Als deze bekend is moet deze worden ingevuld in het Excel document in het tabblad 'Voorraadbeheersysteem'. Vervolgens zal er automatisch worden berekend of en zo ja hoeveel er moet worden bijbesteld. Voor de B-onderdelen moet het voorraadniveau continue in de gaten worden gehouden. Als deze daalt onder het bestelniveau moet er direct worden bijbesteld. Ook dit wordt aangegeven in het voorraadbeheersysteem. Voor de C-onderdelen hoeft de voorraad niet worden bijgehouden. Hiervoor moet er worden bijbesteld als het voorraadniveau 0 stuks bedraagt. Ook voor deze onderdelen wordt in het voorraadbeheersysteem aangegeven hoeveel er moet worden bijbesteld.

7.2 Discussie

Hieronder staan enkele discussiepunten met betrekking tot het onderzoek.

De vraag naar laadstations en onderdelen voor laadstations is in november 2015 en december 2015 erg sterk toegenomen. Dit komt doordat de bijtelling op elektrische auto's vanaf 1 januari 2016 verhoogd is van 7% naar 15%. Vanaf januari 2016 is de vraag weer afgenomen. Naar verwachting komt dit doordat de mensen die in deze periode een elektrische auto en laadstation zouden aanschaffen, al in eind 2015 hun auto en laadstation hebben gekocht. Daarnaast is de vraag naar elektrische auto's en laadstations afgenomen door de hogere bijtelling. Deze vraag zal weer bijtrekken, omdat de elektrische auto steeds populairder wordt. Toch zijn de elektrische auto's en laadstations nog een relatief nieuw product waardoor de vraag naar deze onderdelen redelijk fluctueert. Er is gekozen om de verwachte jaarvraag van fast moving te voorspellen met behulp van een lineaire trendlijn. Deze trendlijn geeft de werkelijke vraag waarschijnlijk niet volledig juist weer. Hierdoor zal de verwachte jaarvraag waarschijnlijk iets boven of onder de werkelijke jaarvraag liggen.

Er is in dit onderzoek geen rekening gehouden met de standaarddeviatie van de levertijd. De onderdelen die uit China worden besteld hebben een maximale levertijd van acht weken. Echter kan deze levertijd ook zes weken zijn. De standaarddeviatie van de levertijd van de verschillende leveranciers is niet bekend bij LaadstationXL en daarom is er uitgegaan van de maximale levertijd per leverancier.

De voorraadkosten per jaar voor de berekening van de EOQ zijn niet bekend bij het bedrijf. Het is niet mogelijk om deze exact uit te rekenen vandaar dat er besloten is om deze voorraadkosten te schatten. Er is hier gekozen voor een algemene benadering van de voorraadkosten door de inkoop prijs van de onderdelen te vermenigvuldigen met 25%.

Tot slot is het mogelijk om via de website laadkabels te bestellen per automerk. Hierbij klikt de klant zijn automerk aan om vervolgens de gewenste lengte van de laadkabel te kiezen. In de lijst met bestellingen die geëxporteerd kunnen worden naar Excel is echter niet te zien welke lengte de klant heeft gekozen. In de website van het besteloverzicht is dit wel te zien. Er is gekeken naar alle bestellingen waarbij de klanten de laadkabels hebben besteld via het aanklikken van hun automerk. Vervolgens is voor alle bestellingen gekeken welke lengte te klanten hebben besteld in de periode van 1 januari 2016 tot en met 30 april 2016. Hiervan is een gemiddelde genomen en dit is de lengte die gebruikt is om de het verwachte aantal meter laadkabel per jaar te kunnen berekenen. Er is hier gekeken naar de bestellingen van een periode van vier maanden waarbij 58 laadkabels zijn besteld die geselecteerd zijn per automerk. Deze methode zal een redelijk schatting geven van de lengte van de gekozen laadkabel geselecteerd per automerk.

7.3 Aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek zijn een aantal aanbevelingen opgesteld voor LaadstationXL.

Allereerst wordt aanbevolen om contact op te nemen met de leveranciers waarbij de optimale bestelhoeveelheid hoger ligt dan de minimale bestelhoeveelheid. Met deze leveranciers kan worden gekeken of het mogelijk is om de minimale bestelhoeveelheid te verlagen. Momenteel is de optimale bestelhoeveelheid bij 65% van de onderdelen kleiner dan de minimale bestelhoeveelheid. Doordat er per bestelling meer onderdelen besteld moeten worden, zullen de voorraadkosten stijgen. LaadstationXL moet voor sommige onderdelen waar een kleine vraag naar is een zeer grote voorraad aanhouden, wat veel kosten met zich mee brengt.

Voor de onderdelen waarbij de optimale bestelhoeveelheid meer dan twee keer zo klein is als de minimale bestelhoeveelheid, zal er moeten worden gezocht naar nieuwe leveranciers. Ook als de inkoopprijs van de onderdelen bij deze nieuwe leveranciers iets hoger is, kunnen de voorraadkosten sterk afnemen, waardoor het toch goedkoper is om deze onderdelen duurder in kleinere hoeveelheden in te kopen.

Daarnaast is het aan te bevelen om in het nieuwe voorraadbeheersysteem direct bij te bestellen op het moment dat het systeem dit aangeeft. Daarnaast is het belangrijk dat er elk jaar opnieuw de verwachte jaarvraag wordt uitgerekend, zodat de voorraadmodellen de juiste bestelhoeveelheid en het juiste bestelniveau aangeven.

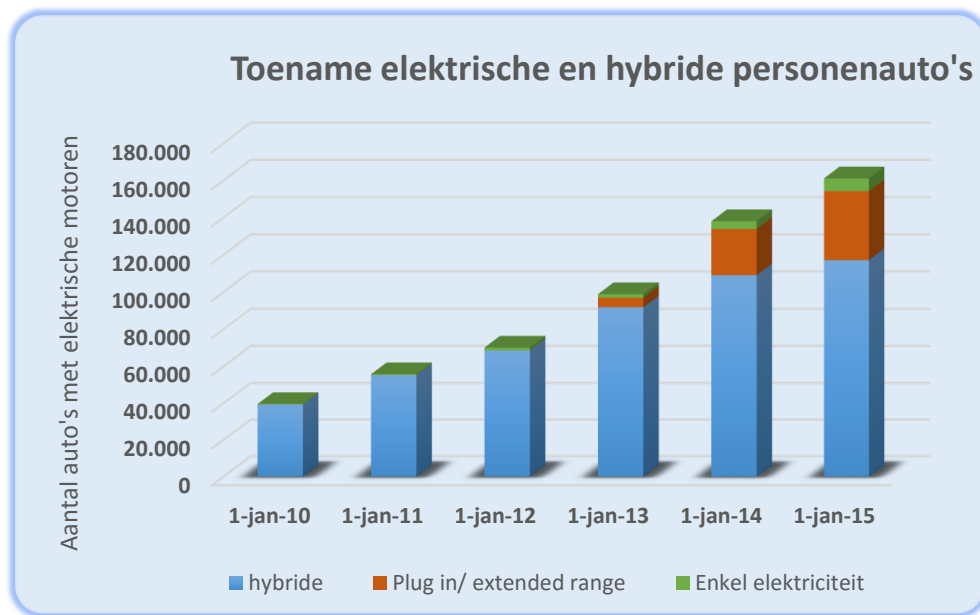
Tot slot is het aan te bevelen om een soortgelijk voorraadbeheersysteem te maken voor de onderdelen in de laadstations die ook gebruikt worden in de producten van de andere bedrijven van de eigenaar. Als er voor alle onderdelen een voorraadbeheersysteem is, zullen de producten nog vaker op tijd worden geleverd.

Bronnen

- Chopra, S. & Meindl, P. (2013). Supply Chain Management. Strategy, Planning, and Operation.
- Durlinger, P. (2013). Effectief voorraadbeheer - Een stappenplan -. Posterholt: Durlinger Consultancy.
- Flores, B. E., Olson, D. L., & Dorai, V. K. (1992). Management of multicriteria inventory classification. *Mathematical and Computer modelling*, 16(12), 71-82.
- Platt, D.E., Robinson, L.W., Freund, R.B., (1997). Tentacle (Q,R) Heuristic Models for Constrained Service Levels. *Management Science*, 43(7), p. 951-956.
- Robbins, S. P., & Barnwell, N. (2006). Organisation theory: Concepts and cases. Pearson Education Australia. p. 19.
- Silver E, D. Pyke, R. Peterson (1998) Inventory Management and Production Planning and Scheduling John Wiley & Sons, New York. 3.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. "Operations management." (2013).
- Winston, W. L., & Goldberg, J. B. (2004). *Operations research: Applications and Algorithms* (Vol. 4). Belmont, CA: Duxbury press.

Bijlagen

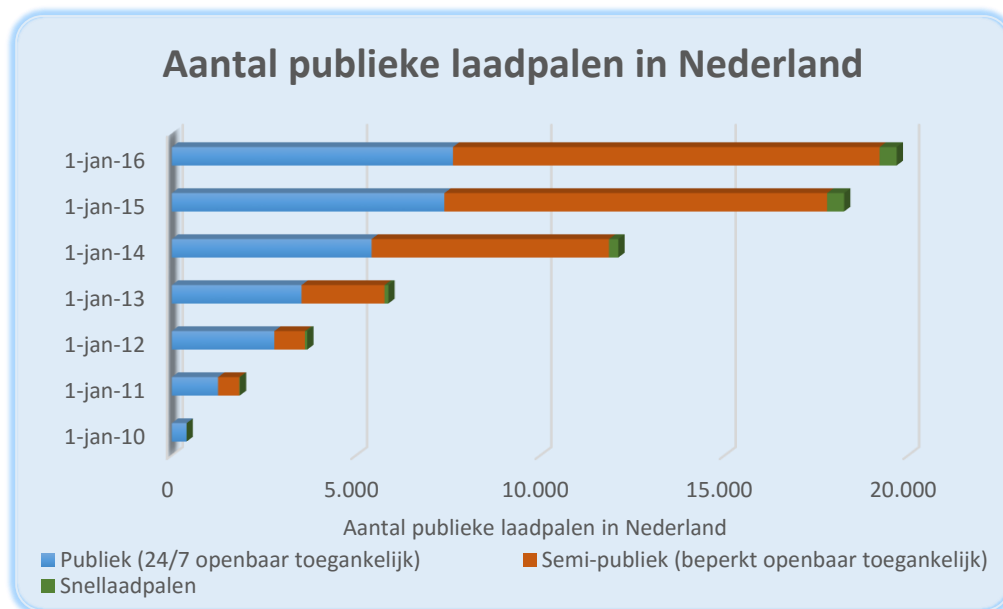
Bijlage 1 – Verkoop van elektrische en hybride personenauto's



Figuur 9: Toename elektrische en hybride personenauto's

Bron: Kennisplatform Verkeer en Vervoer (KPVV). (2015, maart). *Groei schone en zuinige auto's zet door*. <http://kpvdashboard-3.blogspot.nl/2011/04/explosieve-groei-schone-voertuigen.html>

Bijlage 2 – Aantal publieke laadpalen



Figuur 10: Aantal publieke laadpalen in Nederland

Bron: Orders en voorraadbeheer digitaal zichtbaar maken voor werknemers Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2016, 29 februari). *Cijfers elektrisch vervoer*. <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers>

Bijlage 3 – Handelingsproblemen en impact/effort matrix

Handelingsproblemen

Uit de probleemkluwen zijn drie handelingsproblemen naar voren gekomen, waar ik onderzoek naar kan doen in deze bachelor opdracht. Hieronder zal ik ze alle drie kort behandelen.

1. *Het magazijn is niet logisch ingedeeld*

Voor de onderdelen van de laadpalen is een klein magazijn en een groot magazijn. Het kleine magazijn is gekoppeld aan de werkplaats en hier liggen ongeveer 90% van de onderdelen voor de laadstations. De overige 10% aan onderdelen liggen in het grote magazijn. Dit magazijn is niet logisch ingedeeld waardoor het veel tijd kost voor de werknemers om het juiste onderdeel te vinden. Zij vragen hiermee vaak hulp aan de magazijnmedewerkers.

2. *Er wordt niet goed gebruik gemaakt van het voorraadbeheersysteem*

Er is sinds kort wel een voorraadbeheersysteem in gebruik, maar hier zijn lang niet alle onderdelen in opgenomen. Het komt nu regelmatig voor dat bepaalde onderdelen niet aanwezig zijn in het magazijn. Dit komt doordat, deze onderdelen niet op tijd zijn besteld door de inkoopafdeling of de werkplaats heeft het tekort aan onderdelen te laat doorgegeven aan de inkoopafdeling. Als de juiste onderdelen niet op tijd aanwezig zijn, moet de productie soms gestaakt worden totdat deze onderdelen arriveren. Volgens de werknemers gebeurt dit veel te vaak en kan er veel tijd bespaard worden als de onderdelen altijd op voorraad zijn.

3. *Er zijn geen vervangende leveranciers voor de leveranciers die hun afspraken niet nakomen.*

LaadstationXL heeft drie leveranciers uit China en de rest van de leveranciers komt uit Europa. Dit zijn er ongeveer 20 waarvan ook een aantal in Nederland gevestigd. Over een aantal van deze leveranciers is LaadstationXL niet tevreden. Deze leveranciers houden zich namelijk niet aan hun levertermijn. Aangezien LaadstationXL afhankelijk is van deze leverancier kunnen ze niet het contract beëindigen. De levertijd van deze leveranciers heeft een grote onzekerheid. Soms duurt het drie dagen voordat een groep onderdelen aankomt en soms duurt het ruim een maand voor dezelfde groep onderdelen aankomt.

Impact/Effort matrix

Vervolgens moet gekozen worden welk handelingsprobleem aangepakt gaat worden. Door te kijken naar de impact en de effort van elk handelingsprobleem kan hier een keuze in gemaakt worden. Door elk handelingsprobleem een plek te geven in de impact/effort matrix kan afgelezen worden welk probleem de grootste impact heeft en de minste moeite kost om te implementeren.

1. *Het magazijn is niet logisch ingedeeld*

Om dit probleem op te lossen moet er een nieuwe indeling van het magazijn gemaakt worden. Hiervoor zal ik me moeten verdiepen in de indeling die er nu is en welke onderdelen niet logisch zijn ingedeeld. Vervolgens moet er gekeken worden waar deze onderdelen wel, logisch gezien, zouden horen. De magazijnmedewerkers moeten leren waar de onderdelen in het nieuwe magazijn zijn opgeslagen. De effort voor dit handelingsprobleem is redelijk tot hoog. Er moet met veel aspecten rekening worden gehouden en er moet gekeken worden naar een overzichtelijke plattegrond voor de magazijnmedewerkers. Daartegenover staat de impact. Aangezien er voor LaadstationXL maar ongeveer 10% van de onderdelen opgeslagen staat in het grote magazijn, zal de impact niet zo groot zijn. Daarnaast zijn de magazijnmedewerkers een groot deel van de tijd wel aanwezig waardoor de LaadstationXL medewerkers aan hen kunnen vragen waar een onderdeel ligt. De impact van dit handelingsprobleem is daardoor klein tot matig.

2. *Er wordt niet goed gebruik gemaakt van het voorraadbeheersysteem*

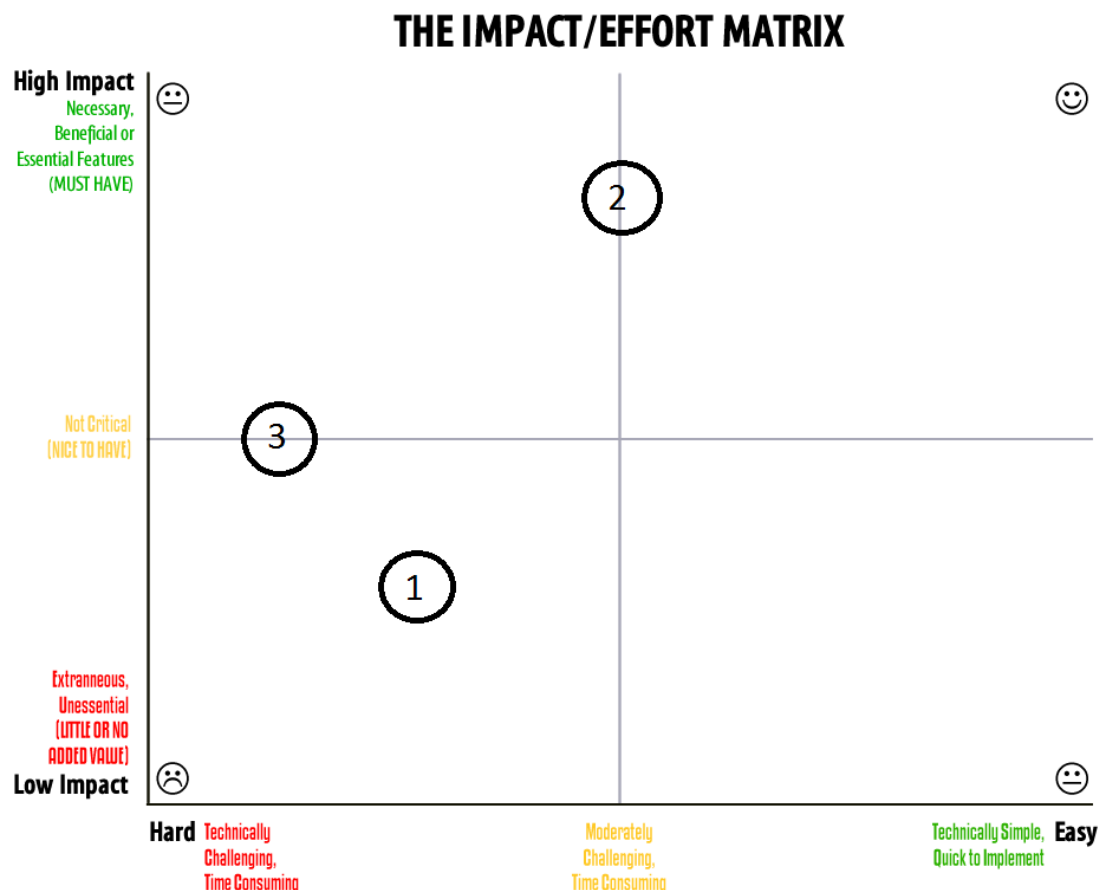
Door het verbeteren en uitbreiden van het huidige voorraadbeheersysteem met de ontbrekende producten, zal er voor elk onderdeel bij worden gehouden hoeveel er nog aanwezig is. Daarnaast moet de bestelhoeveelheid en het bestelniveau per onderdeel berekend worden rekening houdend met de verwachting van de vraag en de levertijd. De effort voor dit handelingsprobleem is redelijk.

Er moeten vooral veel berekeningen (MET DATA) worden uitgevoerd en gekeken worden hoe het nieuwe voorraadbeheersysteem moet worden geïmplementeerd. Daarnaast zal de impact groot zijn. De hoeveelheid onderdelen die te laat aankomt, zal namelijk geminimaliseerd worden en hierdoor zullen werknemers niet meer hoeven te wachten op de onderdelen en gelijk door kunnen met een volgend order, waardoor de lead time van de laadstations zal afnemen.

3. *Er zijn geen vervangende leveranciers voor de leveranciers die hun afspraken niet nakomen.*

Door de leveranciers die niet consequent op tijd leveren te vervangen met andere leveranciers die zich wel aan hun levertijden houden, zal de inschatting van de levertijd verbeteren. Hierdoor zullen onderdelen minder vaak te laat aankomen. De effort om nieuwe leveranciers te vinden en hiermee een contract af te sluiten kost echter wel veel tijd en moeite. De effort zal hoog zijn. Daarnaast zal het effect voor een aantal onderdelen hoog zijn, maar dit zal voor de meeste onderdelen, van leveranciers die wel op tijd leveren, geen verschil maken. De impact van het zoeken en vinden van andere leveranciers zal redelijk zijn.

In Figuur 11 is de impact/effort matrix te zien met de drie genummerde handelingsproblemen. Uit de matrix blijkt dat handelingsprobleem 2 het grootste effect heeft op het probleem dat er vaak niet de juiste onderdelen aanwezig zijn. Dit handelingsprobleem komt het dichtst in de buurt van het vierkant rechtsboven. De impact van dit probleem zal hoog zijn en de effort die daarbij gepaard gaat zal redelijk zijn.



Figuur 11: Impact/effort matrix voor de drie handelingsproblemen bij LaadstationXL

Bijlage 4 - Interviews

Interview met Ruud

Kunnen jullie momenteel de vraag wel aan of willen jullie nu al meer produceren zodat jullie in de toekomst ook aan de vraag kunnen voldoen?

Momenteel kunnen we de vraag nog wel aan, maar de vraag blijft stijgen, dus in de toekomst niet meer.

Hebben jullie momenteel een eigen voorraadbeheersysteem?

Op dit moment hebben we wel een voorraadbeheersysteem namelijk www.besteloverzicht.nl. Dit systeem hebben we pas kort, nog geen half jaar. Hierin zijn ook niet alle onderdelen opgenomen.

Wordt er rekening gehouden met de levertijd van de leveranciers?

Er wordt wel rekening gehouden met de levertijd, maar niet voor elke leverancier apart. Er wordt wel apart gekeken naar de producten die uit China worden besteld.

Wanneer bestellen jullie nieuwe onderdelen in het huidige systeem?

Dit doen we op eigen inzicht. Er zit momenteel geen formule achter, maar we passen de bestelhoeveelheid en het bestelniveau aan als we zien dat deze niet goed is.

Zijn er onderdelen die regelmatig niet op voorraad zijn?

Ja, de onderdelen die bij ons vaak niet op voorraad zijn, zijn de voeding voor de laadstations en de CMEM-onderdelen.

Zijn er leveranciers waar jullie niet tevreden over zijn?

Ja, die hebben we zeker, maar hier hoeft jij niet verder naar te kijken.

Zijn er vaak onderdelen kwijt in het magazijn die er wel zouden moeten zijn?

Ja, dat komt soms wel voor. Als je nog tijd over hebt kan je ook naar een nieuwe magazijn indeling kijken.

Interview met Erik

Waarmee denkt u dat de meeste tijdswinst te behalen valt?

Meeste winst te behalen met het in elkaar zetten van de stekkers van de laadkabels.

Hoe kan het in elkaar zetten van de stekkers versneld worden?

Dit kan eigenlijk niet sneller, het grootste tijdsverlies treedt eigenlijk op bij het wachten op onderdelen die niet op voorraad zijn. Het bestellen van de onderdelen moet van te voren gebeuren in plaats van op het moment dat de voorraad op is.

Hoe kan dit volgens u opgelost worden?

Er kan een soort van barcode systeem komen, als er een doos onderdelen aan komt kan deze worden gescand en dan worden de onderdelen direct uit het systeem afgeschreven. Een andere oplossing is om het inkoop en order systeem direct te verbinden met het voorraadbeheersysteem.

Is het mogelijk om in een rustige periode zelf een voorraad aan te leggen?

Nee, daar hebben we helaas geen tijd voor.

Interview met Rudy

Waarmee denkt u dat de meeste tijdswinst behaald kan worden?

Het maken van de stekkers kost gewoonweg veel tijd. Dit kan eigenlijk niet sneller. Maar volgens mij kan het wel geautomatiseerd of uitbesteed worden. Daarnaast zijn de onderdelen die nodig zijn voor de laadstations niet altijd op voorraad wat ook voor vertraging zorgt.

Wat doen jullie als de onderdelen niet op voorraad zijn?

Dan gebruiken we andere onderdelen die de onderdelen die niet op voorraad zijn kunnen vervangen. Als dit niet kan, wachten we tot de onderdelen geleverd worden.

Interview met Mark

Waarmee denkt u dat de meeste tijdswinst behaald kan worden?

Er is veel miscommunicatie tussen ons en de werknemers boven, hierdoor komt het vaak voor dat een product niet gereed is voor de klant.

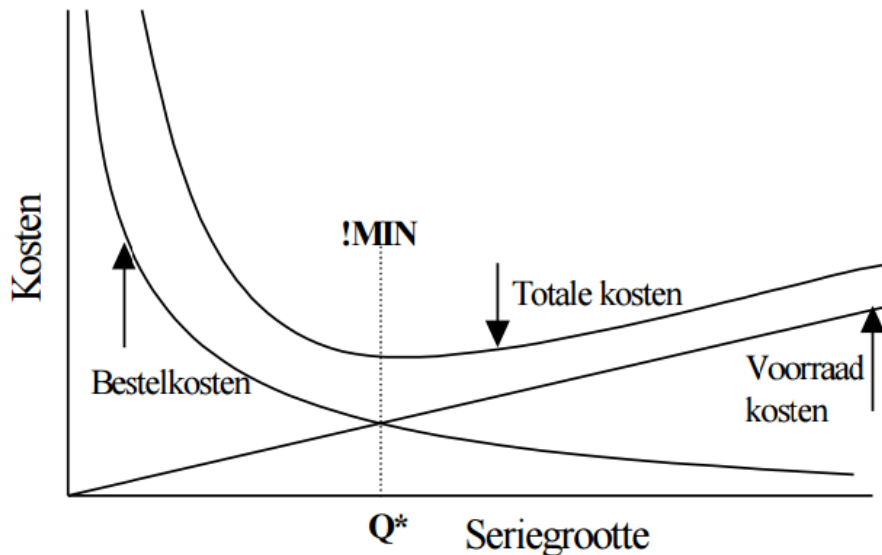
Zijn er nog andere oorzaken?

Ja, het is hier niet opgeruimd. Er wordt ook niet goed schoongemaakt, omdat er geen warm water is. Tenslotte is het grote magazijn niet logisch ingedeeld, waardoor het moeilijk is om hier onderdelen in te vinden.

Hoe kan dit volgens u het beste opgelost worden?

Een betere planning is erg belangrijk. Misschien is het ook handig om een prioriteitsindeling voor alle orders aan te geven. Tot slotte moet de communicatie worden verbeterd tussen de werknemers beneden en boven. Dit kan door email te gebruiken voor nieuwe orders en het voorraadbeheersysteem te digitaliseren voor alle werknemers.

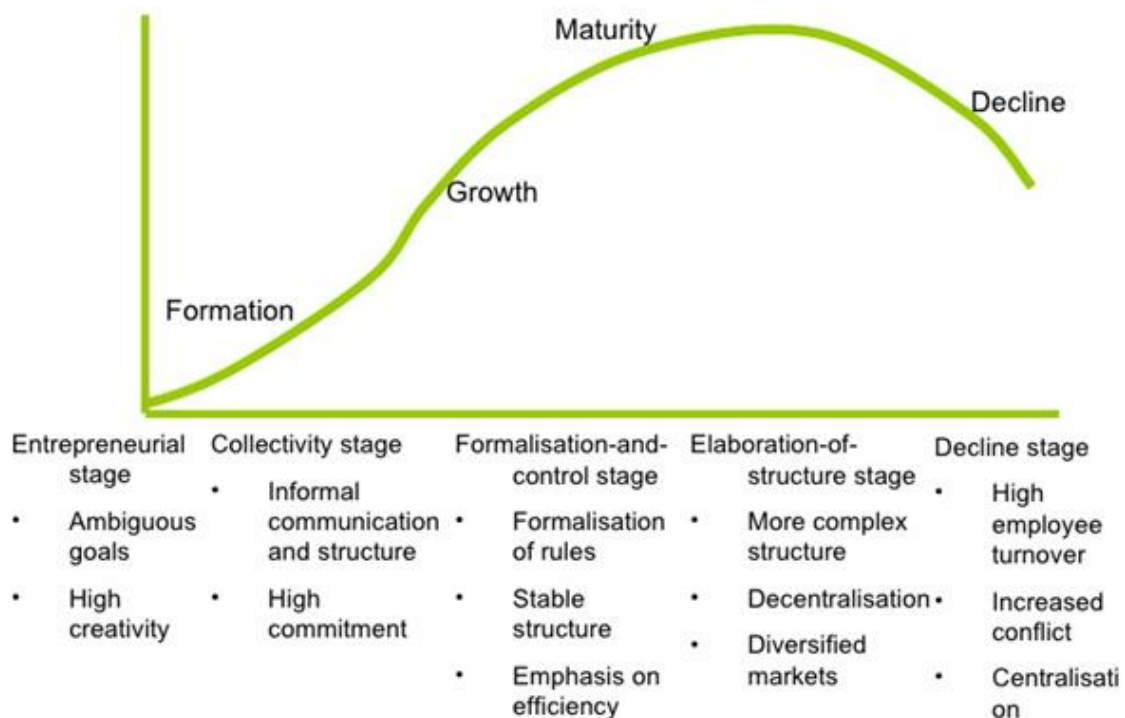
Bijlage 5 – Totale kosten per bestelhoeveelheid



Figuur 12: Grafiek van de totale kosten per bestelhoeveelheid

Bron: Durlinger, P. (2013). Effectief voorraadbeheer - Een stappenplan -. Posterholt: Durlinger Consultancy. p. 30

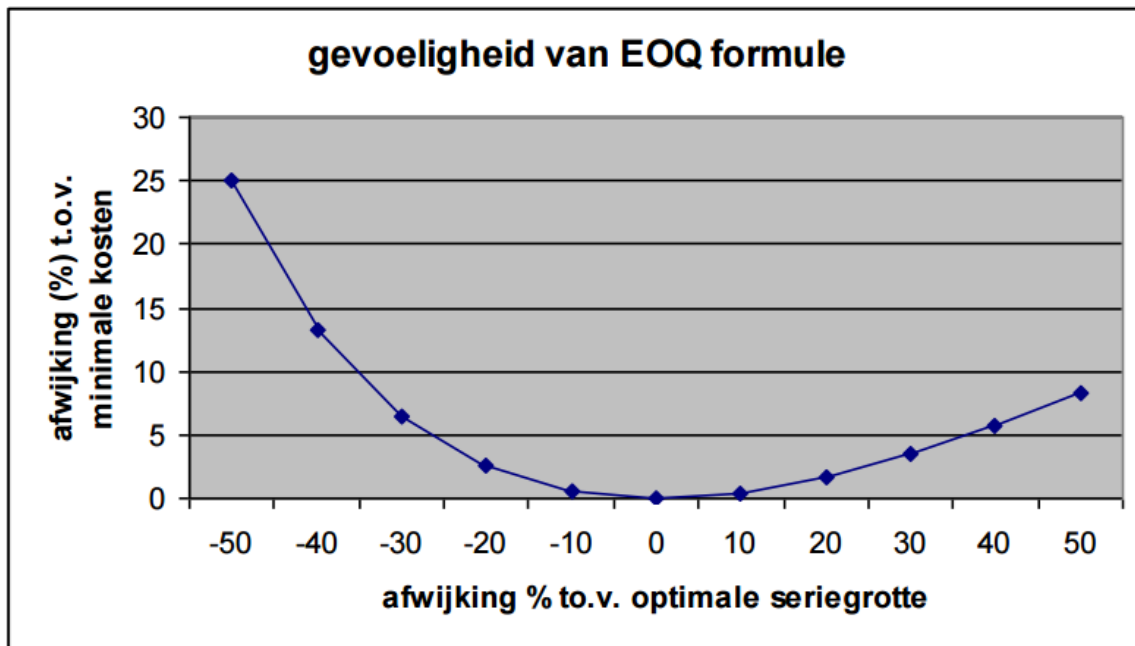
Bijlage 6 – Levenscyclus van een bedrijf



Figuur 13: Levenscyclus van een bedrijf

Bron: Robbins, S. P., & Barnwell, N. (2006). *Organisation theory: Concepts and cases*. Pearson Education Australia. p. 19.

Bijlage 7 – Ongevoeligheid van de EOQ



Figuur 14: Ongevoeligheid van de EOQ-formule

Bron: Durlinger, P. (2013). Effectief voorraadbeheer - Een stappenplan -. Posterholt: Durlinger Consultancy. p. 32.

Bijlage 8 – Productnaam en productnummer (Vertrouwelijk)

Bijlage 9 – Voorraadmodellen voor A-onderdelen (Vertrouwelijk)

Bijlage 10 – Voorraadmodellen voor B-onderdelen (Vertrouwelijk)

Bijlage 11 – Voorraadmodellen voor C-onderdelen (Vertrouwelijk)

Bijlage 12 – Onderdelen per product (Vertrouwelijk)

Bijlage 13 – Reviewmomenten van A-onderdelen

Onderdeel	Reviewperiode	Data voor de reviewmomenten
Stekker type 1 (16A) - Female	0,333	1 september 2016, 1 januari 2017, 1 april 2017
Stekker type 1 (32A) - Female	1	1 september 2016
Stekker type 2 (16A) - Female	0,1667	1 september 2016, 1 november 2016, 1 januari 2017, 1 maart 2017
Stekker type 2 (32A) - Female	1	1 september 2016
Stekker type 2 (16A) - Male	0,333	1 september 2016, 1 januari 2017, 1 april 2017
Stekker type 2 (32A) - Male	1	1 september 2016
Stekkerhouder type 1	1	1 september 2016
Stekkerhouder type 2	1	1 september 2016
Schuko 7,5 m type 1	1	1 september 2016
Schuko 7,5m type 2	1	1 september 2016

Tabel 14: Data waarop de voorraad van de A-onderdelen moet worden geteld

Bijlage 14 - Overzicht van het voorraadbeheersysteem (Vertrouwelijk)