

Efficiënter voorraadbeheer bij Pierik Techniek

Een hogere beschikbaarheid van onderdelen door
gebruikmaking van een beslisboom

1-9-2016

Auteur: D. L. Voorwinden

Studentnummer: XXX

Opleiding: Technische Bedrijfskunde

Faculteit: Behavioural, Management and Social Sciences

Onderwijsinstelling: Universiteit Twente

1^e begeleider Universiteit Twente: Dr.ir. L.L.M. van der Wegen

2^e begeleider Universiteit Twente: Dr. M.C. van der Heijden

Bedrijf: Pierik Techniek

Externe begeleider: Niek Pierik



Voorwoord

Voor u ligt het rapport 'Efficiënter voorraadbeheer bij Pierik Techniek'. Dit rapport is geschreven in het kader van mijn bacheloropdracht van de studie Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. Het uitvoeren van de opdracht was voor mij een ontzettend leuk en leerzaam proces. Ik wil graag iedereen bedanken die, direct of indirect, heeft bijgedragen aan het tot stand komen van dit rapport. Allereerst wil ik Niek Pierik bedanken voor de kans die hij mij heeft gegeven om mijn onderzoek bij Pierik Techniek uit te voeren en voor de tijd die hij hiervoor heeft vrijgemaakt. Daarnaast wil ik graag mijn begeleider vanuit de Universiteit Twente, Leo van der Wegen, bedanken voor de tijd en moeite die hij heeft genomen om mij te begeleiden tijdens dit onderzoek. Verder wil ik graag alle werknemers van Pierik Techniek bedanken voor hun tijd om mij te voorzien van informatie en voor alle gezelligheid. Tot slot wil ik mijn vrienden en familie bedanken voor hun afleiding tijdens het doen van dit onderzoek.

Daphne Voorwinden

Enschede, september 2016

Managementsamenvatting

Aanleiding en onderzoeksvraag

Pierik Techniek is een technische groothandel en gespecialiseerd in hydraulieksystemen. Het is een relatief jong bedrijf en doordat het bedrijf groeit, zijn er meer werknemers in dienst dan de jaren ervoor en komen er meer orders binnen dan voorheen. Dit zorgt ervoor dat verschillende processen inefficiënt verlopen, wat resulteert in een verminderde delivery performance richting de klant. Dit wil zeggen dat producten niet altijd (op tijd) geleverd kunnen worden. Binnen Pierik Techniek worden producten ingekocht op basis van gevoel en ervaring. Door de groei van het bedrijf zal het voorraadbeheer complexer worden en is deze methode niet op lange termijn haalbaar. Met het oog op de toekomst is het belangrijk dat Pierik Techniek geholpen wordt aan een standaardproces voor het bepalen van bestelpunten en bestelgroottes van producten. Om deze reden is ervoor gekozen een beslisboom op te stellen waarmee per product de optimale bestelmethode gekozen kan worden. Met behulp van deze beslisboom kunnen de bestelpunten en bestelgroottes van producten bepaald worden. De optimale bestelmethode wil zeggen dat de gemiddelde voorraad minimaal is en er voldaan wordt aan een bepaald servicelevel. De hoofdvraag die in dit onderzoek centraal staat is:

‘Hoe kan Pierik Techniek door gebruikmaking van een beslisboom bepalen wanneer er welke hoeveelheid besteld moet worden van een product, om zo te kunnen voldoen aan het beoogde servicelevel?’

Onder het servicelevel verstaan we de maximale kans dat er tijdens een bestelcyclus geen tekort optreedt. In dit onderzoek wordt er een aanbeveling gedaan aan de hand van literatuur voor dit servicelevel, maar dit kan later bij worden gesteld door Pierik Techniek.

Methode van aanpak

In de literatuur is op zoek gegaan naar welke voorraadmodellen er zijn. In het boek van Winston (2004) staan drie modellen die in dit onderzoek zijn besproken. Bij deze modellen zijn er grofweg twee soorten te onderscheiden. Daar waarbij het voorraadmiveau continu in de gaten gehouden moet worden en daar waarbij er periodiek naar het voorraadmiveau gekeken wordt. In het (r,Q) model wordt er een ordergrootte Q bijbesteld op het moment dat het voorraadmiveau op of onder het bestelpunt r komt. In het (R,S) model wordt er op vaste momenten naar het voorraadmiveau gekeken en wordt deze aangevuld tot het order-up-to level S. In het (s,S) model wordt er bijbesteld tot het maximumniveau S wanneer het voorraadmiveau op of onder het minimumniveau s belandt. In het geval dat er direct bijbesteld wordt op het moment dat er vraag is, wordt het (S-1,S) model toegepast.

Om per product het juiste model te kunnen bepalen, moet de beslisboom opgesteld worden. In de beslisboom staan splitsingspunten die bepalen welk model voor welk product toegepast wordt. De kenmerken van producten die relevant zijn voor het kiezen van een voorraadmodel voor de producten zijn vastgesteld. Op basis hiervan zijn de splitsingspunten voor de beslisboom bepaald. Dit zijn de inkoop prijs en het verbruik. In plaats van gebruik wordt dit splitsingspunt vraagfrequentie genoemd. Vraagfrequentie wil zeggen in welk percentage van de maanden er vraag is geweest. Door de producten in te delen aan de hand van hun vraagfrequentie, worden producten met dezelfde vraagverdeling (Normaal, Poisson en overig) en levertijd automatisch in dezelfde groep ingedeeld. In de beslisboom worden de producten eerst ingedeeld op basis van hun inkoop prijs, omdat zo bepaald wordt of het product in de A, B of C klasse valt. Producten met een inkoop prijs $>€120$ worden gezien als dure producten en vallen in de A klasse. Deze grens is zo bepaald dat de producten die in de huidige situatie als duur gezien worden in de A klasse vallen. Dit zijn de professionele uitvoeringen van de producten in de B klasse. Producten met een inkoop prijs $<€15$ worden gezien als goedkope

producten en vallen in de C klasse. Dit zijn de goedkope producten die klein zijn van omvang. Alle producten hiertussenin vallen in de B klasse. Deze grenzen zijn vastgesteld door gesprekken te voeren en het assortiment te analyseren. Per klasse is een servicelevel vastgesteld dat als uitgangspunt genomen wordt bij het berekenen van de bestelgroottes en bestelmomenten. Uit de literatuur blijkt dat het voor relatief goedkope producten voordeliger is een hoger servicelevel te behalen dan voor relatief dure producten, omdat het voor goedkope producten relatief goedkoop is hoge veiligheidsvoorraden aan te houden (Winston, 2004). De servicelevels die zijn vastgesteld voor de A, B en C producten zijn respectievelijk 0.90, 0.95 en 0.98. Voor de hardlopers is het order-up-to level berekend voor verschillende servicelevels. Zo is de invloed van het verhogen of het verlagen van het servicelevel zichtbaar. Omdat de vraag laag is, is er voor het verhogen van het servicelevel relatief weinig extra veiligheidsvoorraad nodig. Voor de goedkope C producten kan er vanuit dit punt in de beslisboom direct de optimale bestelmethode bepaald worden. Verdere kenmerken van producten zijn niet belangrijk voor het vaststellen van de optimale bestelmethode.

De goedkope producten zijn relatief goedkoop om op voorraad te hebben. Hierdoor is het zonde om niet te kunnen leveren of teveel tijd te steken in het doen van nauwkeurige vraagvoorspellingen. Om deze reden is er voor deze producten gekozen een (S-1,S) model toe te passen. Bij dit model wordt er direct bijbesteld op het moment dat er vraag is geweest van het product. Als order-up-to level wordt het maximale aantal stuks dat in een maand gevraagd wordt genomen. De A en B producten worden nader gespecificeerd aan de hand van hun vraagfrequentie. De grenswaarden voor dit splitsingspunt zijn zodanig bepaald, dat de producten in de groep terechtkomen met dezelfde vraagverdeling. Producten in meer dan 9 maanden van de 12 zijn verkocht zijn hardlopers en volgen een normale verdeling. Producten die tussen de 2 en de 9 van de 12 maanden zijn verkocht zijn langzaamlopers en volgen een Poisson verdeling. De overige producten die in minder dan 2 van de 12 maanden zijn verkocht zijn nonmovers. De hardlopers zijn 22 producten die allemaal geïmporteerd worden uit China. Hier geldt een minimale bestelhoeveelheid van 50 stuks. Bij deze producten wordt het (R,S) model toegepast. De vaste kosten zijn bij deze producten hoog t.o.v. de variabele kosten. Met het (R,S) model kunnen bestellingen gecombineerd worden en de bestelkosten hierdoor gereduceerd. Voor het bepalen van de reviewperiode R moet er rekening mee gehouden worden dat bestellingen gecombineerd kunnen worden. Langzaamlopers zijn 222 producten die bij verschillende leveranciers in de buurt kunnen worden ingekocht. Voor deze groep producten passen wij het (S-1,S) model toe. Op het moment dat er besteld wordt, moet de voorraad worden aangevuld tot het order-up-to level S. Het order-up-to level wordt zodanig bepaald, dat aan het servicelevel voldaan wordt. De groep nonmovers zijn 405 producten waarvan er sporadisch vraag is. Voor deze producten wordt het aangeraden deze per order te bestellen, omdat de levertijd kort is en de voorraadkosten relatief hoog.

Resultaten

Met behulp van Excel zijn bovenstaande modellen voor alle producten doorberekend. Er is een tool ontwikkeld waarmee het bedrijf in de toekomst de bestelmethode kan bepalen en doorrekenen voor alle producten. Het bepalen van de bestelmethode voor de producten gebeurt middels een beslisboom. De beslisboom kan in de toekomst gebruikt worden om te bepalen welke producten met welke bestelmethode beheerd kunnen worden. In dit onderzoek is de beslisboom uitgewerkt voor alle producten die op dit moment in het systeem staan. De groep hardlopers heeft het grootste verbeterpotentieel in zich. In de A klasse zijn er 5 producten die in de groep hardlopers vallen. Deze producten worden middels het (R,S) model beheerd. In de B klasse zijn er 9 producten die in de groep hardlopers vallen en middels het (R,S) model beheerd worden. Deze producten worden allemaal geïmporteerd uit China, waarbij hoge vaste bestelkosten gelden ten opzichte van de variabele kosten. Na implementatie van het (R,S) model zullen deze vaste bestelkosten gereduceerd worden. De producten in de groep langzaamlopers en nonmovers zijn geanalyseerd en hiervoor is bepaald of en hoeveel er op voorraad gelegd moet worden.

Conclusie en aanbevelingen

Na het toepassen van de optimale bestelstrategieën zijn er nog enkele aanbevelingen om dit model zo goed mogelijk toe te kunnen passen: Vraagvoorspellingen van producten moeten zo nauwkeurig mogelijk gedaan worden, hiervoor moeten veranderingen in de markt in de gaten gehouden worden en meegenomen worden in de voorspelling. Ook moet hiervoor bijgehouden worden hoe vaak er niet uit voorraad geleverd kan worden en er hierdoor een klant misgelopen wordt. Zo weten we wat de daadwerkelijke vraag was, wat anders kan zijn dan de historische afzet. Met dit gegeven kan er tevens het huidige servicelevel vastgesteld worden. Zo kan de nieuwe situatie vergeleken worden met de huidige situatie. Wanneer gegevens veranderen die gebruikt zijn voor het bepalen van bestelpunten, zoals de inkoopprijs of leverancier, moeten deze producten worden herzien. Tot slot zal een overzicht van producten en hun leveranciers met prijzen uit de groepen langzaamlopers en nonmovers resulteren in nauwkeurigere resultaten.

Inhoud

Voorwoord	3
Managementsamenvatting.....	5
Verklarende woordenlijst	11
1. Inleiding.....	13
1.1. Bedrijfsbeschrijving.....	13
1.2. Aanleiding van dit onderzoek	13
1.3. Probleemidentificatie	13
1.3.1 Probleemkluwen	13
1.4. De doelstelling	16
2. Voorraadbeheer bij Pierik Techniek.....	17
2.1. Bestelproces.....	17
2.2. Producten en vraagpatroon	18
2.3. Voorraden	19
2.4. Conclusie	19
3. Theoretisch kader	21
3.1. Soorten en functies van voorraad.....	21
3.2. Classificatie.....	22
3.3. Bestelmethodeken	22
3.3.1. Deterministische vraag	22
3.3.2. Stochastische vraag.....	23
3.4. Vraagpatronen	27
3.5. Conclusie	28
4. De beslisboom.....	29
4.1. Het opstellen van de beslisboom.....	29
4.2. De beslisboom.....	36
4.3. Resultaat	37
4.4. Implementatieplan.....	44
4.5. Conclusie	44
5. Conclusie en aanbevelingen	47
5.3. Conclusie	47
5.4. Discussie.....	48
5.5. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	48
Bibliografie	51

Bijlagen.....	52
Bijlage 1 - Voorraadkosten.....	52
Bijlage 2- Resultaten	52
Bijlage 3 – Toelichting Excel sheet voor implementatie	61

Verklarende woordenlijst

ABC-analyse – Een methode om het assortiment aan de hand van een criterium in drie klassen te verdelen. Veel gebruikte criteria hiervoor zijn verbruik, omzet of winst.

Backorder - Een bestelling van een artikel dat niet op voorraad ligt, wordt een backorder genoemd. Zodra het desbetreffende artikel binnen is wordt deze geleverd.

Beslisboom - Een model waarmee op basis van kenmerken van producten bepaald kan worden wat de bestelpunten en bestelgroottes van producten zijn.

Bestelmethode – Een methode waarmee bepaald kan worden hoeveel er wanneer besteld moet worden van een product.

Bestelpunt - Het niveau van de voorraad op het moment dat er een nieuwe bestelling geplaatst moet worden. Hiermee wordt de economische voorraad bedoeld.

Cycle Service Level (SLM₂) – De fractie van de bestelcycli waarin geen tekort plaatsvindt.

Delivery performance – Een manier om uit te drukken hoe vaak er op de juiste datum aan de vraag van de klant voldaan kan worden.

Economic Order Quantity (EOQ) - De bestelgrootte waarbij de totale voorraad- en bestelkosten zijn geminimaliseerd.

Economische voorraad - De voorraad waarover prijsrisico gelopen wordt. Dit is de werkelijke voorraad die in het magazijn ligt, de technische voorraad, plus de voorinkopen min de voorverkopen. Voorinkopen zijn de producten die al wel ingekocht zijn, maar nog geleverd moeten worden. Hier wordt prijsrisico over gelopen. Voorverkopen zijn de producten die al verkocht zijn en nog geleverd moeten worden, hier wordt geen prijsrisico meer over gelopen.

ERP-systeem – Enterprise Resource Planning. Dit is een softwareprogramma dat ondersteunend is aan alle processen binnen een bedrijf. Door het gebruik van ERP-systemen zijn organisaties in staat om het gebruik van bedrijfsmiddelen te controleren en de efficiëntie van de activiteiten te verbeteren.

Leverbetrouwbaarheid – De mate waarin de juiste artikelen op het afgesproken tijdstip en de afgesproken dag door de leverancier geleverd worden.

Levertijd – De tijd tussen het moment van bestelling en de levering van de order.

Minimale bestelhoeveelheid – Het minimale aantal stuks van een product dat per order besteld moet worden.

Veiligheidsvoorraad (vv) – De voorraad die aangehouden wordt boven de gemiddeld gevraagde hoeveelheid om fluctuaties in de vraag en levertijd op te kunnen vangen. Dit is het voorraadniveau net voordat een volgende order van de leverancier arriveert (Silver, Pyke & Peterson, 1998).

1. Inleiding

Dit hoofdstuk bevat de inleiding van het onderzoek. In paragraaf 1.1 wordt een korte beschrijving gegeven van het bedrijf zelf en in paragraaf 1.2 wordt de aanleiding gegeven voor het onderzoek. Vervolgens wordt in paragraaf 1.3 met behulp van een probleemkluwen het probleem geïdentificeerd dat aangepakt gaat worden, dat vervolgens geformuleerd wordt als de hoofdvraag van dit onderzoek. Tot slot wordt deze hoofdvraag gesplitst in drie deelvragen, welke na beantwoording samen het antwoord geven op de hoofdvraag.

1.1. Bedrijfsbeschrijving

Pierik Techniek B.V is een technische groothandel die gevestigd is in Enschede. Pierik Techniek is gespecialiseerd in aandrijfmotoren en hydraulieksystemen. In 2008 is het bedrijf opgericht door Niek Pierik. In eerste instantie is Pierik Techniek vanuit huis begonnen, maar na twee jaar trok Pierik Techniek in een pand aan de Marssteden in Enschede. Door de snelle uitbreiding is het bedrijf sinds 2015 gevestigd in een pand aan de Wethouder Beverstraat te Enschede. Op deze locatie bevindt zich zowel de opslag- en werkplaats als het kantoor. Niek Pierik deelt dit pand met zijn tweelingbroer en een vriend, respectievelijk eigenaars van Pierik Elektro bv en TL Besparen. De ontvangthal en het kantoor worden gedeeld door de drie bedrijven. In de opslagruimte, tevens werkplaats, bevindt zich een duidelijke scheiding wat bij welk bedrijf hoort.

1.2. Aanleiding van dit onderzoek

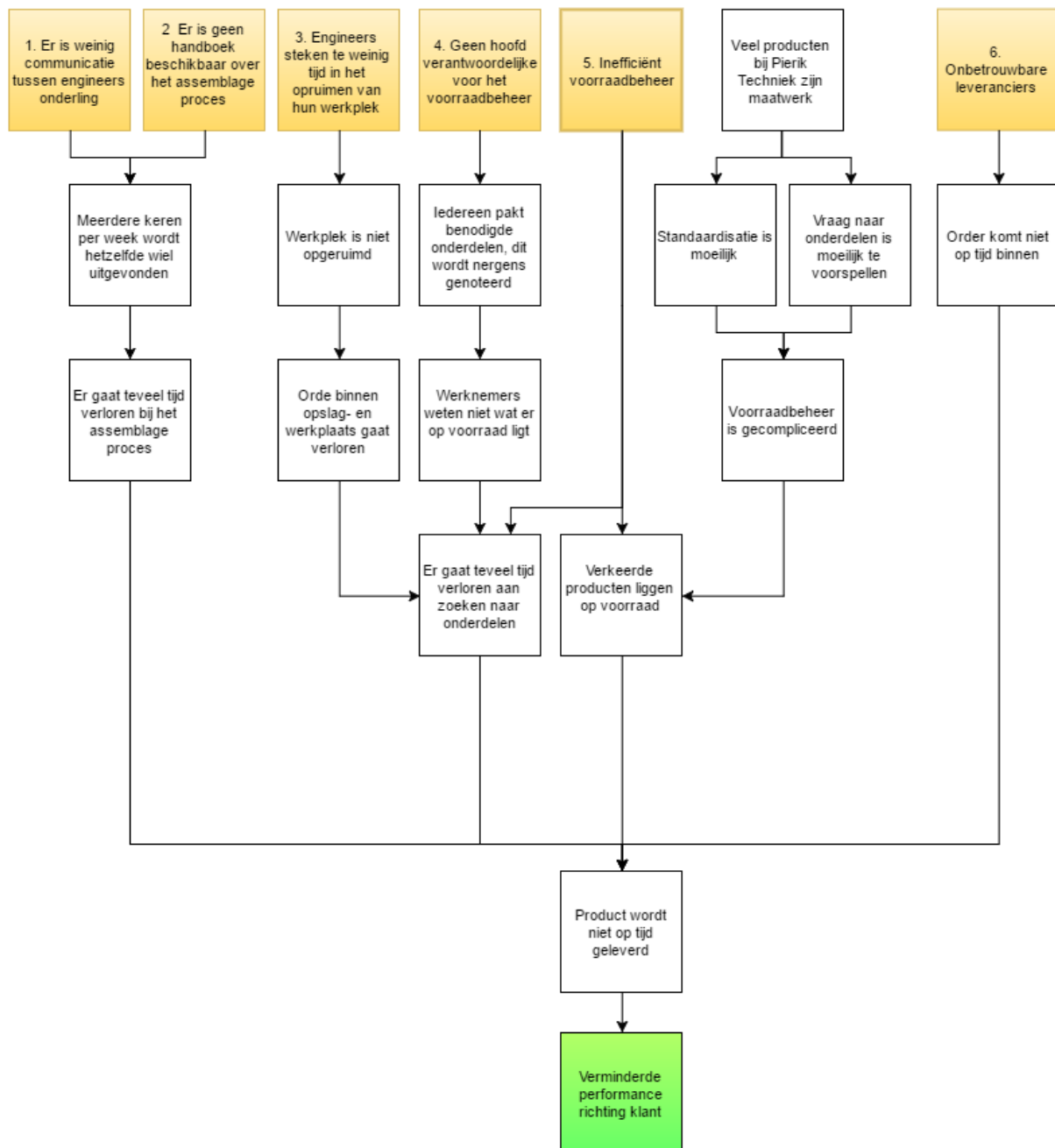
Pierik Techniek is een relatief jong bedrijf. Doordat Pierik Techniek groeit, zijn er meer werknemers in dienst dan de jaren ervoor en komen er meer orders binnen dan voorheen. Er doet zich het probleem voor dat er verschillende processen inefficiënt verlopen wat resulteert in een verminderde delivery performance richting de klant. Dit wil zeggen dat producten niet altijd (op tijd) geleverd kunnen worden. Er is veel concurrentie in de hydrauliek, daarom is het belangrijk dat onderzocht wordt wat de oorzaak is van het probleem en op welke wijze dit opgelost kan worden. Om de oorzaken van dit probleem in kaart te brengen zijn er gesprekken gevoerd met mensen binnen het bedrijf. In de gesprekken is het belang dat processen efficiënter gaan verlopen duidelijk naar voren gekomen. Het draagt bij aan de verbetering van de performance richting de klant. Bijkomende voordelen zijn dat de voorraadkosten geminimaliseerd worden en dat de werkomstandigheden voor de werknemers verbeteren, omdat de benodigde onderdelen dan beschikbaar zullen zijn. Om erachter te komen waar het probleem precies ligt en hoe dit opgelost kan worden, is er behoefte aan een onderzoek.

1.3. Probleemidentificatie

Volgens de Algemene Bedrijfskundige Probleemaanpak (ABP) van Heerkens en Van Winden (2012), is het bovengenoemde probleem een handelingsprobleem: een door de probleemhebber waargenomen discrepantie tussen norm en werkelijkheid. Om dit handelingsprobleem op te lossen wordt de Algemene Bedrijfskundige Probleemaanpak (ABP) van Heerkens en Van Winden (2012) doorgelopen. Paragraaf 1.3.1 geeft de probleemkluwen weer, waaruit de mogelijke kernproblemen naar voren komen. Deze mogelijke kernproblemen worden toegelicht en vervolgens wordt het kernprobleem gekozen dat opgelost gaat worden in dit onderzoek.

1.3.1 Probleemkluwen

Om het probleem goed in kaart te brengen is de probleemkluwen in figuur 1 opgesteld. Dit is om ervoor te zorgen dat het juiste probleem aangepakt wordt. Dat wilt zeggen dat het probleem aangepakt moet worden dat zo ver mogelijk achter in de probleemkluwen zit, dat zelf geen oorzaak meer heeft en waar nog wel invloed op uitgeoefend kan worden (Heerkens & Van Winden (2012). Onderstaande probleemkluwen is opgesteld n.a.v. interviews met mensen binnen het bedrijf.



Figuur 1: Probleemkluwen opgesteld n.a.v. interviews bij Pierik Techniek

1.3.2 Het kernprobleem

In de probleemkluwen zijn alle oorzaken weergegeven die invloed hebben op het hoofdprobleem: 'verminderde performance bij levering richting klant'. De geel gekleurde blokken zijn mogelijke kernproblemen. Het blok 'veel producten bij Pierik Techniek zijn maatwerk' is niet geel gekleurd omdat dit geen kernprobleem is. Dit probleem is niet beïnvloedbaar. Met het blok 'verkeerde producten liggen op voorraad' wordt er bedoeld dat producten die nodig zijn vaak niet op voorraad liggen, terwijl producten die nooit besteld worden wel op voorraad liggen. Hieronder worden alle mogelijke kernproblemen toegelicht. Tevens dient dit als een toelichting op de probleemkluwen in figuur 1.

Probleembeschrijving

- 1 Verschillende engineers werken aan soortgelijke projecten; het in elkaar zetten van powerpacks. Hoewel deze powerpacks maatwerk zijn en allemaal iets verschillen van elkaar, zijn er handigheden bij het assemblageproces die voor meerdere powerpacks gelden. Door de geringe communicatie van de engineers, worden opgedane handigheden niet aan collega engineers gecommuniceerd, wordt meerdere keren per week hetzelfde wiel uitgevonden. Dit kost onnodig veel tijd.
- 2 Dit probleem hangt samen met probleem één. Alle powerpacks zijn verschillend, maar hebben toch veel overeenkomsten. Er is geen handboek beschikbaar over het standaard assemblageproces waardoor er onnodig tijd verloren gaat.
- 3 De onderdelen die op voorraad liggen hebben vaste opslagplaatsen en onderdelen die vaak in combinatie met andere onderdelen gebruikt worden liggen bij elkaar. Doordat de powerpacks zo snel mogelijk in elkaar gezet moeten worden, wordt er te weinig tijd besteed aan het netjes houden van de werkplek. Dit heeft tot gevolg dat er onnodig tijd besteed moet worden aan het zoeken naar benodigde onderdelen.
- 4 Er is geen hoofdverantwoordelijke voor het voorraadbeheer. Als er tijdens het assemblageproces misgegrepen wordt, dan worden de betreffende onderdelen bijbesteld door degene die deze nodig heeft. Soms wordt er gekeken wat er nog meer nodig is maar dit gebeurt niet altijd. Er is geen voorraadlijst beschikbaar die met regelmaat gecontroleerd wordt. Verder worden onderdelen gepakt wanneer deze nodig zijn, en wordt er nergens bijgehouden welke onderdelen gebruikt zijn en dus niet meer op voorraad liggen. Hierdoor zijn werknemers niet op de hoogte van wat er op voorraad ligt en wat niet. Dit resulteert in tijdverspilling door het zoeken naar onderdelen die al dan niet op voorraad liggen.
- 5 Er is sprake van inefficiënt voorraadbeheer. De grote hoeveelheid onderdelen wordt niet geclusterd en er worden geen vaste bestelhoeveelheden, bestelpunten en veiligheidsvoorraden gehanteerd. Hierdoor liggen onderdelen die vrijwel nooit gebruikt worden wel op voorraad, terwijl onderdelen die nodig zijn niet op voorraad liggen.
- 6 Het komt regelmatig voor dat leveranciers later leveren dan afgesproken. Dit gebeurt met name bij de leveranciers die ver weg zitten, zoals in Turkije, Italië en China.

Probleem vijf gaat in dit onderzoek opgelost worden, omdat dit probleem het grootste verbeterpotentieel in zich heeft in verhouding tot de effort die in het oplossen van dit probleem gestoken moet worden. In de huidige situatie gebeurt het voorraadbeheer op basis van gevoel en ervaring, zonder standaardprocedure. Het voorraadbeheer kan veel efficiënter en dit is belangrijk voor de toekomst van Pierik Techniek met het oog op doorgroeimogelijkheden.

1.4. De doelstelling

Dit onderzoek beoogt een bijdrage te leveren aan het verhogen van de beschikbaarheid van onderdelen bij Pierik Techniek. Er is gekozen om een beslisboom te gebruiken. Dit is een model waarmee op basis van kenmerken van producten de optimale bestelmethode kan worden bepaald. Het model is eenvoudig en snel te begrijpen en kan Pierik Techniek ondersteunen bij het ontwikkelen van een standaardprocedure voor het bepalen van de optimale bestelmethode per product.

Om de doelstelling te kunnen halen is het noodzakelijk de volgende hoofdvraag te beantwoorden:

‘Hoe kan Pierik Techniek door gebruikmaking van een beslisboom bepalen wanneer er welke hoeveelheid besteld moet worden van een product, om zo te kunnen voldoen aan het beoogde servicelevel?’

Onder het servicelevel verstaan we de maximale kans dat er tijdens een bestelcyclus geen tekort optreedt. In dit onderzoek wordt er een aanbeveling gedaan aan de hand van literatuur voor dit servicelevel, maar dit kan later bij worden gesteld door Pierik Techniek.

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden is deze gesplitst in de volgende deelvragen:

1. Hoe is het voorraadbeheer in de huidige situatie georganiseerd?
 - 1.1. Wat is de huidige bestelmethode?
 - 1.2. Wat is er te zeggen over de producten en het vraagpatroon hiervan?
 - 1.3. Op welke wijze wordt de huidige voorraadbepaling vormgegeven?
2. Wat is er in de literatuur bekend met betrekking tot het voorraadbeheer?
 - 2.1. Welke soorten en functies van voorraad zijn er te onderscheiden?
 - 2.2. Hoe kunnen producten geclassificeerd worden?
 - 2.3. Welke bestelmethoden staan er beschreven in de literatuur?
 - 2.4. Welke vraagpatronen staan er beschreven in de literatuur?
3. Hoe kan het bedrijf het voorraadbeheer efficiënter inrichten?
 - 3.1. Hoe kan de literatuur toegepast worden op de situatie bij Pierik Techniek?
 - 3.2. Hoe ziet de beslisboom eruit?
 - 3.3. Wat is het resultaat van de beslisboom?
 - 3.4. Hoe kan Pierik Techniek de beslisboom implementeren?

Elke deelvraag zal in een hoofdstuk van dit verslag opgenomen worden. In hoofdstuk 2 t/m hoofdstuk 4 worden deelvraag 1 t/m deelvraag 3 besproken, gevolgd door een conclusie, discussie en aanbevelingen in hoofdstuk 5. Specifieker wordt in hoofdstuk 2 deelvraag 1 uitgewerkt. Dit hoofdstuk geeft alle informatie van de huidige situatie weer, die nodig is om de juiste literatuur te kunnen zoeken om de beslisboom op te kunnen stellen en uit te kunnen werken. In hoofdstuk 3 wordt deelvraag 2 uitgewerkt. Dit hoofdstuk geeft alle informatie uit de literatuur weer, die aansluit bij het bedrijf en het doel van dit onderzoek. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 de literatuur toegepast op de situatie bij Pierik Techniek. Zo kan vervolgens de beslisboom opgesteld worden en uitgewerkt worden voor de producten. Tot slot wordt beschreven hoe dit model geïmplementeerd kan worden.

2. Voorraadbeheer bij Pierik Techniek

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvragen 1.1 t/m 1.3. Samen geven zij alle informatie over de huidige situatie bij Pierik Techniek die relevant is voor het opstellen en uitwerken van de beslisboom. De informatie in dit hoofdstuk is verkregen met interviews en analyse van het ERP systeem. In paragraaf 2.1 wordt de huidige bestelmethode beschreven, gevolgd door paragraaf 2.2 met informatie over de producten en de vraagpatronen hiervan. In paragraaf 2.3 wordt er informatie gegeven over de huidige voorraadbepaling. Tot slot wordt in paragraaf 2.4 de conclusie gegeven van dit hoofdstuk, wat het antwoord vormt op deelvraag 1: 'Hoe is het voorraadbeheer in de huidige situatie georganiseerd?'

2.1. Bestelproces

We willen het voorraadbeheer optimaliseren, dit wil zeggen dat wij bestelmethodeken moeten vaststellen en uitwerken voor producten. Een bestelmethodek is een methode waarmee bepaald kan worden wanneer er hoeveel van een product besteld moet worden. Om de bestelmethode te kunnen verbeteren is het belangrijk om inzicht te hebben in de huidige praktijk van bestellen. Daarom wordt in deze paragraaf beschreven hoe het bestelproces eruit ziet.

Pierik Techniek verkoopt standaardproducten en maatwerkproducten die in de werkplaats geassembleerd moeten worden. Voor het toelichten van het bestelproces moeten deze twee groepen apart bekeken worden. De bestelprocessen voor de standaardproducten en de maatwerkproducten zijn schematisch weergegeven in respectievelijk figuur 2 en figuur 3, die opgesteld zijn naar aanleiding van interviews.

Standaardproducten

Onder standaardproducten verstaan wij de producten die gereed staan in het magazijn en rechtstreeks verzonden kunnen worden naar de klant. Deze producten worden verkocht op de website halvewerk.nl, die vooral gericht is op consumenten. Een order die geplaatst wordt, is zichtbaar op de achterkant van de website: halvewerk.nl/onderhoud. Het bestelproces wordt aan de hand van onderstaand figuur toegelicht.



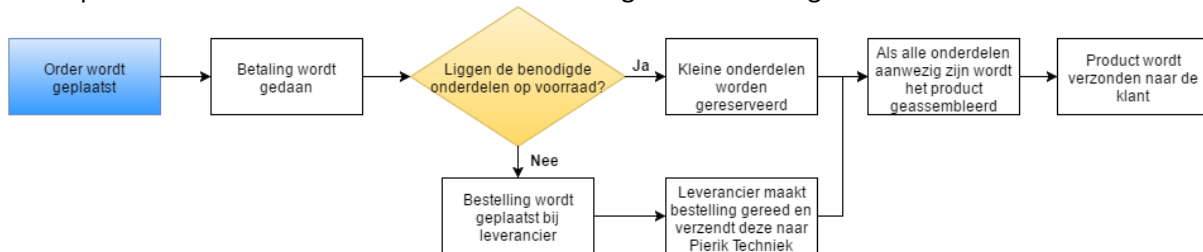
Figuur 2: bestelproces voor losse onderdelen.

Voor de standaardproducten geldt dat op het moment dat een order geplaatst wordt, er in de voorraad gekeken wordt of dit product aanwezig is. Hoewel de voorraadniveaus van producten niet (online) bijgehouden worden, hoeft er niet altijd in de voorraad gekeken te worden of een product aanwezig is. Vaak hebben de werknemers bij Pierik Techniek wel ongeveer een idee van wat er op voorraad ligt. Op het moment dat een order geplaatst is en de betaling hiervan binnen is, wordt de bestelling gereed gemaakt. Dit wil zeggen dat het product ingepakt wordt en nog dezelfde dag verzonden wordt naar de klant. Het product is dan de volgende dag bij de klant in huis. Op het moment dat een product niet op voorraad ligt, wordt het product, wanneer mogelijk, besteld bij een leverancier die in de buurt zit. Het product wordt dan rechtstreeks vanaf deze leverancier naar de

klant verzonden. Zo heeft de klant het product alsnog de volgende dag in huis. Dit levert Pierik Techniek echter wel extra spoedkosten op. Een marketingtechnisch aspect hierbij is dat er bij direct zending van leverancier naar klant, het label van Pierik Techniek op het product ontbreekt. Wanneer een klant een product bestelt dat niet op voorraad ligt en een dit product een langere levertijd heeft dan één werkdag, wordt de klant gebeld en gevraagd of hij akkoord gaat met deze langere levertijd. Het streven bij Pierik Techniek is namelijk om producten die op werkdagen voor 17.00 besteld zijn, de volgende dag bij de klant in huis te hebben. Bij het niet op voorraad hebben van deze producten, kan het voorkomen dat de klant niet akkoord gaat met de langere levertijd en hierdoor naar een concurrent gaat. Het reeds betaalde bedrag wordt in dat geval geretourneerd.

Maatwerk

Pierik Techniek verkoopt veel maatwerkproducten die in de werkplaats geassembleerd worden. Deze producten worden aangeboden op de website pieriktechniek.nl, welke voornamelijk gericht is op particulieren. Orders die op deze website binnenkomen worden vaak telefonisch of via de mail geplaatst, zodat er overleg tussen de klant en het bedrijf plaats kan vinden over het maatwerkproduct. Vervolgens worden deze orders handmatig in het systeem ingevoerd. Het bestelproces wordt aan de hand van onderstaand figuur verder toegelicht.



Figuur 3: bestelproces voor maatwerkproducten.

Voor de maatwerkproducten wordt een assemble-to-order methode gehanteerd. Wanneer er een grote order binnenkomt worden de kleine benodigde onderdelen alvast apart gelegd en zo 'gereserveerd'. Wanneer er onderdelen niet op voorraad liggen, worden deze bij de leverancier besteld. Er wordt altijd gekeken naar mogelijkheden om bestellingen te combineren om zo de transportkosten te minimaliseren. Hier bestaat geen systeem voor, maar het bestellen wordt altijd door de twee hoofdverantwoordelijken van het voorraadbeheer gedaan, die een goed beeld hebben van wat er op voorraad ligt en dit combineren met hun jarenlange ervaring. Wanneer alle benodigde onderdelen aanwezig zijn, wordt de bestelling overgedragen aan een engineer die het product assembleert. Vervolgens wordt het product verzonden naar de klant.

2.2. Producten en vraagpatroon

Nu we globaal weten welke twee soorten producten er zijn, willen we nader inzicht krijgen in de kenmerken van de producten. Dit is nodig om de juiste bestelmethode te kunnen bepalen. Daarom wordt er in deze paragraaf inzicht verkregen in de producten die verkocht worden. De paragraaf bestaat uit twee delen. Allereerst worden de producten op de website globaal geanalyseerd, daarna wordt het vraagpatronen van de producten geanalyseerd.

Producten

De productlijst uit halvewerk.nl is geëxporteerd naar Excel, om een goed overzicht te krijgen van de historische afzet van alle standaardproducten. Uit het ERP systeem van halvewerk.nl blijkt dat er 2568 producten in het systeem staan. Hier staan 183 producten tussen die niet op de website aangeboden worden. Deze staan nog wel in het systeem, zodat deze in de toekomst nog met één klik op de knop terug op de site staan. Van de producten die op de site aangeboden worden, zijn er 1736 producten die niet verkocht zijn in 2015 en 2016. Het bedrijf is zich hiervan bewust, maar heeft deze producten toch op de site staan om een zo'n breed mogelijk deel van de markt te kunnen

dekken en tevens een hogere vindbaarheid in zoekmachines te kunnen realiseren. Veelgevraagde motoren, ladders en brouwers, worden geïmporteerd uit China, omdat het merk dat Pierik Techniek verkoopt, alleen in dat land geproduceerd wordt. Bij deze leverancier geldt een minimale bestelgrootte van 50 stuks per type, omdat het voor de leverancier voor minder dan 50 stuks prijstechnisch niet interessant is deze motoren te produceren. Alle overige producten worden relatief weinig besteld en kunnen bij verschillende leveranciers in de buurt gekocht worden, met een gemiddelde levertijd van enkele dagen. Door de relatief lage afzet van deze producten is het prijstechnisch niet interessant om deze producten bij een leverancier ver weg te bestellen, omdat hier hoge bestelkosten gelden. Over deze producten zijn, behalve de historische vraag, weinig data beschikbaar met betrekking tot leveranciers en hun prijzen.

Vraagpatroon

Nu weten we welke data er beschikbaar zijn en hoe deze data geanalyseerd kunnen worden. Aan het hebben van efficiënt voorraadbeheer ligt een zo nauwkeurig mogelijke voorspelling van de vraag ten grondslag. Om in de literatuur gericht op zoek te kunnen gaan naar wat er allemaal over bekend is over vraagpatronen, gaan we eerst globaal kijken naar de vraagpatronen van de producten bij Pierik Techniek.

Om de vraagpatronen te achterhalen is gekeken naar de historische vraag per maand en niet per jaar. Het voordeel hiervan is dat gekeken kan worden naar de aanwezigheid van een trend of seizoenpatroon. Bovendien staan sommige producten nog niet zo lang op de site en zijn er meer data beschikbaar wanneer deze per maand geanalyseerd worden. Zoals hierboven vermeld staat, zijn er duidelijk producten die vaker verkocht worden dan andere. Sommige producten worden maandelijks verkocht in grote aantallen, terwijl er bij andere producten vaak enkele maanden zit tussen twee orders en de vraag van het product dan vaak slechts één of twee stuks is.

2.3. Voorraden

Nu weten we hoe het bestelproces verloopt en met welke producten en vraagpatronen het bedrijf te maken heeft. Om het voorraadbeheer te kunnen optimaliseren, is het van belang inzicht te hebben in wat voor voorraden er op dit moment in het magazijn liggen en hoe deze bepaald worden.

Bij Pierik Techniek zijn twee werknemers verantwoordelijk voor de voorraad. Zij hebben enigszins een idee van wat er op voorraad ligt en wat niet. Het ERP systeem bevat de mogelijkheid om voorraden bij te houden. Deze wordt op dit moment niet gebruikt. Uit paragraaf 2.2 is gebleken dat van de producten die uit China komen, minimaal 50 stuks per type besteld moet worden. Van deze producten liggen dus relatief hoge aantallen op voorraad. De relatief goedkope en kleinere producten worden in het algemeen op voorraad gehouden. Echter komt het hier geregeld voor dat een goedkoop onderdeel niet op voorraad ligt, omdat hier te weinig aandacht aan besteed wordt en dit pas ontdekt wordt wanneer het product besteld is. Het bepalen van welke producten op voorraad liggen en in welke aantallen gebeurt in de huidige situatie op basis van eigen inzicht en ervaring. Wanneer een product besteld wordt die niet meer op voorraad ligt, wordt er bijbesteld en wordt er in de voorraad gekeken wat er nog meer bijbesteld kan worden. Anderzijds komt het ook voor dat producten die ooit ingekocht zijn en vervolgens nooit verkocht zijn, ook op voorraad liggen.

2.4. Conclusie

In dit hoofdstuk is er antwoord gegeven op deelvraag 1: “Hoe is het voorraadbeheer in de huidige situatie georganiseerd?”. Uit de analyse van de huidige situatie is gebleken dat het voorraadbeheer bij Pierik Techniek complex is door het grote productaanbod en de geringe hoeveelheid van bruikbare data. In overleg met het bedrijf is besloten om in dit onderzoek te focussen op de standaardproducten die op halverwerk.nl verkocht worden, zijnde 649 producten. In de huidige situatie worden er geen kwantitatieve methoden gebruikt om de vraag van producten te voorspellen. Er zal in de literatuur onderzocht moeten worden hoe dit verbeterd kan worden. De

voornaamste focus van dit onderzoek zal liggen op de producten die veel verkocht worden, omdat deze de meeste bruikbare data hebben en het grootste verbeterpotentieel in zich hebben. Voor de andere producten zal op basis van de beschikbare data een zo goed mogelijke analyse gedaan worden, waardoor er een beter inzicht ontstaat in het vraagpatroon en de optimale bestelmethode.

3. Theoretisch kader

Nu de huidige situatie beschreven is, kan er in de literatuur gericht op zoek gegaan worden naar bruikbare modellen om het voorraadbeheer te optimaliseren. In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvragen 2.1 t/m 2.4. Deze deelvragen geven samen alle informatie uit de literatuur weer die nodig is om de beslisboom op te kunnen stellen en de hoofdvraag te kunnen beantwoorden. Tevens kunnen nieuwe inzichten die verkregen worden uit de literatuur gebruikt worden om de huidige situatie bij Pierik Techniek te beschrijven. Dat kan helpen bij het opstellen van de beslisboom. Er is gekozen om onder andere de literatuur te gebruiken die aangeschreven staat als studiemateriaal voor de bachelor Technische Bedrijfskunde. Dit zijn de boeken van Winston (2004), Slack, Chambers & Johnston (2013) en Chopra & Meindl (2013). Deze boeken zijn aan bod gekomen tijdens de bachelor en zijn betrouwbare bronnen die veel bruikbare informatie bevatten voor dit onderzoek. Daarnaast is het boek van Silver, Pyke en Peterson (1998) gebruikt omdat dit nauw aansluit bij de aard van dit onderzoek. In paragraaf 3.1 worden de verschillende soorten en functies van voorraad beschreven, paragraaf 3.2 beschrijft vervolgens hoe een groot scala aan producten geclassificeerd kan worden. In paragraaf 3.3 worden de verschillende bestelmethodeken aan de hand van het boek van Winston (2004) besproken. Tot slot wordt er in paragraaf 3.4 aandacht besteed aan vraagpatronen zoals bekend uit de literatuur.

3.1. Soorten en functies van voorraad

Om het voorraadbeheer efficiënter te maken, is het van belang om zich er bewust van te zijn welke verschillende soorten voorraden er kunnen voorkomen, welke beslissingen genomen moeten worden om voorraden te beheren en welke functies van voorraden er zijn. Daarom worden alle soorten voorraden die bekend zijn aan de hand van het boek van Slack, Chambers & Johnston (2013) in deze paragraaf besproken.

In het boek van Slack, Chambers & Johnston (2013) wordt voorraad als volgt gedefinieerd: “De opgeslagen verzameling van materiële middelen in een transformatie systeem”. Voorraad is dus een brede term en kan nader ingedeeld worden in verschillende type voorraad, deze zijn grondstoffen en componenten, onderhanden werk en afgewerkte eindproducten. Deze voorraden kunnen verschillende functies vervullen. Slack et al. (2013) onderscheiden hierbij vijf functies:

- Veiligheidsvoorraad is de voorraad die wordt aangelegd om onzekerheid in de vraag en/of de doorlooptijd respectievelijk de levertijd op te kunnen vangen. Wanneer de werkelijke vraag de voorspelde vraag overtreft of de doorlooptijd in de productie langer is dan gepland kan er uit de veiligheidsvoorraad geleverd worden.
- Seriegrootte of cyclusvoorraad ontstaat als er meer wordt geproduceerd of gekocht dan er nodig is om aan de vraag te voldoen. Dit kan uit kostenoverwegingen of productietechnische redenen zijn.
- Ontkoppelingsvoorraad dient om activiteiten in opeenvolgende schakels in de goederenstroom onafhankelijk van elkaar te maken.
- Anticipatievoorraad wordt aangelegd om op een verwachte ontwikkeling te kunnen reageren, bijvoorbeeld seizoenspatronen of pieken rond feestdagen.
- Pijplijnvoorraad is de voorraad van goederen die onderweg is van leverancier naar de klant of van goederen die in bewerking zijn en op de werkvloer liggen.

Volgens Slack et al. (2013) zijn er drie belangrijke beslissingen die genomen moeten worden om voorraden te beheren, namelijk hoeveel en wanneer besteld moet worden en hoe dit systeem beheerd moet worden. Om deze beslissingen te kunnen nemen, zijn er tussenstappen nodig. Allereerst moet vastgesteld worden hoe belangrijk een product is. In de volgende paragraaf worden twee methoden beschreven waarmee producten kunnen worden geclassificeerd.

3.2. Classificatie

Uit de vorige paragraaf is gebleken dat er vastgesteld moet worden hoeveel er wanneer besteld moet worden. In de literatuur zijn er verschillende modellen bekend waarmee deze parameters berekend kunnen worden, echter zal het inefficiënt zijn voor alle producten hetzelfde model te gebruiken. Daarom is het zinvol om onderscheid te maken tussen belangrijke producten en minder belangrijke producten, zo kan per soort het voorraadbeheer toegespitst worden. Een veel gebruikte methode hiervoor is de ABC-classificatie (Winston, 2004). In het boek van Chopra & Meindl (2013) wordt er onderscheid gemaakt tussen hardlopers en langzaamlopers. Deze classificaties worden in deze paragraaf besproken.

ABC- analyse

In de ABC-analyse wordt er onderscheid gemaakt tussen belangrijke (A-klasse) producten, minder belangrijke (B-klasse) producten en onbelangrijke (C-klasse) producten. Belangrijk zegt in dit geval alleen iets in relatie tot de besturingsaandacht en niks over hoe belangrijk het product zelf zou zijn (Durlinger, 2013). Vaak is er een 80/20 verhouding. Dit wil zeggen dat 20% van de totale verzameling producten verantwoordelijk is voor 80% van een bepaald criterium, bijvoorbeeld de omzet of verbruik. Het is belangrijk dat het gekozen criterium goed aansluit bij het doel van het onderzoek. Hoewel A producten in de belangrijkste groep vallen, worden hier vaak de laagste servicelevels voor gehanteerd (Winston, 2004). Hoge servicelevels voor A producten zullen resulteren in zeer hoge veiligheidsvoorraden en dus tot zeer hoge kosten, daarom wordt in de praktijk juist voor C producten een hoog servicelevel gehanteerd, omdat het verhogen van de veiligheidsvoorraad voor deze groep relatief goedkoop is. Het kiezen van het criterium is voor deze analyse essentieel en kan soms lastig zijn, daarom kan ervoor gekozen worden om meerdere criteria te gebruiken.

Hardlopers en langzaamlopers

In het boek van Chopra & Meindl (2013) wordt een andere methode besproken die gebruikt kan worden om producten te classificeren. Hier wordt er onderscheid gemaakt tussen hardlopers en langzaamlopers. Artikelen met een hoge vraag van meer dan 10 stuks per jaar worden ook wel hardlopers genoemd en artikelen met een lage vraag van 10 of minder stuks per jaar worden langzaamlopers genoemd.

Nu zijn er twee methoden besproken waarmee producten geclassificeerd kunnen worden. Per klasse kan het voorraadbeheer toegespitst worden. Om te kunnen bepalen wanneer er welke hoeveelheid besteld moet worden, worden in de volgende paragraaf verschillende bestelmethodeïken besproken uit het boek van Winston (2004).

3.3. Bestelmethodeïken

In deze paragraaf worden verschillende bestelmethodeïken besproken. Er zijn grofweg twee soorten vragen te onderscheiden: de vraag die op voorhand bekend (deterministisch), is en de vraag die niet bekend (stochastisch) is (Winston, 2004). Voor beide soorten vraag zijn er modellen die aansluiten bij het karakter hiervan en welke apart bekeken moeten worden. Dit gebeurt in paragraaf 3.3.1 en paragraaf 3.3.2.

3.3.1. Deterministische vraag

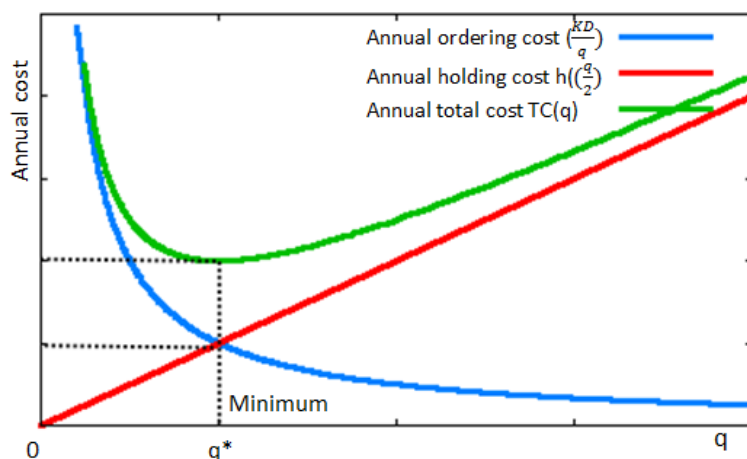
Wanneer de vraag naar producten op voorhand bekend, dus deterministisch, is, wordt de Economic Order Quantity (EOQ) formule gebruikt voor het bepalen van de optimale bestelgrootte (Winston, 2004). Een voorwaarde voor het gebruiken van de EOQ is dat de vraag per tijdperiode constant is. De EOQ formule heeft als doel de optimale bestelgrootte te bepalen, waarbij de totale kosten geminimaliseerd worden. Om de optimale bestelgrootte te kunnen bepalen, moet er bepaald worden hoeveel het kost om een product één jaar op voorraad te houden (h). Tevens moeten de

kosten voor het plaatsen van een bestelling in kaart gebracht worden (K). Als de vraag per tijdseenheid D is, kan de optimale bestelgrootte (q) bepaald worden.

De totale kosten bestaan uit bestelkosten, aanschaffkosten en voorraadkosten.

- De totale bestelkosten per jaar zijn: $K * \frac{D}{q}$, dit zijn de setupkosten * het aantal keer per jaar dat er een bestelling geplaatst wordt. Een cyclus is de tijd tussen twee bestellingen, en is de fractie $\frac{q}{D}$. Het aantal cycli per jaar is: $\frac{\text{cycli}}{\text{jaar}} = \frac{1}{\frac{q}{D}} = \frac{D}{q}$
- De totale aanschaffkosten per jaar zijn: $p * D$, dit is het aantal producten dat per jaar besteld wordt * de prijs per product.
- De totale voorraadkosten per jaar zijn: $\frac{h * q}{2}$, deze formule zal hieronder toegelicht worden:
De gemiddelde voorraad per jaar is de helft van de bestelhoeveelheid (bij constante vraag), dus: $\frac{q}{2}$. De voorraadkosten per jaar zijn: $\frac{\text{voorraadkosten}}{\text{cyclus}} * \frac{\text{cycli}}{\text{jaar}} = \left(\frac{q}{2} * \frac{q}{D} * h\right) * \left(\frac{D}{q}\right) = \frac{h * q}{2}$

De totale kosten zijn dus: $TC(q) = \frac{KD}{q} + p * D + \frac{h * q}{2}$, ter illustratie zijn deze kosten weergegeven in figuur 4.



Figuur 4: De EOQ totale kosten lijn

Zoals te zien is in figuur 4 vormt deze kostenfunctie een dalparabool. Om de waarde van q te berekenen waarbij de totale kosten geminimaliseerd worden, moet de afgeleide van de totale kosten functie $TC(q)$ gelijk gesteld worden aan 0. Dit is op het punt q^* in figuur 1, waar de helling van de totale kostenfunctie gelijk is aan 0. De optimale bestelhoeveelheid q wordt dan gegeven door de EOQ-formule:

$$q = EOQ = \sqrt{\frac{2DK}{h}}$$

In één jaar dienen er dan D/EOQ orders geplaatst te worden.

De EOQ is zeer geschikt als eerste indicator voor het bepalen van de bestelgrootte, omdat deze formule ongevoelig is voor eventuele afwijkingen in bestelgrootte (Durlinger, 2013). Bovendien zullen kleine afwijkingen in het schatten van voorraadkosten en bestelkosten niet resulteren in een significant grote afwijking van de optimale bestelgrootte (Slack, Chambers, & Johnston, 2013).

3.3.2. Stochastische vraag

Wanneer de vraag op voorhand onbekend is, is er sprake van stochastische vraag. Bij een stochastische vraag kan het bestellen op verschillende manieren plaatsvinden. Er wordt onderscheid gemaakt tussen het continu- of periodiek kijken naar het voorraadniveau en tussen het bestellen in vaste bestelgroottes of in variabele bestelgroottes.

In deze paragraaf worden onderstaande modellen beschreven uit het boek van Winston (2004).

- (r,Q): Wanneer het minimale voorraadniveau r wordt bereikt, wordt er een vaste bestelgrootte Q besteld.
- (s,S): Wanneer de voorraad op of onder het minimale niveau s belandt, wordt het aantal bijbesteld dat het voorraadniveau op het maximale niveau S brengt.
- (R,S): Elke periode R wordt het voorraadniveau bekeken en aangevuld tot het niveau S .

Allereerst zal er gekeken worden naar de eerste twee modellen, waar het voorraadniveau continu in de gaten gehouden wordt. Vervolgens kijken we naar het periodiek in de gaten houden van het voorraadniveau. Tot slot worden de modellen met elkaar vergeleken.

3.3.2.1. Continu bestellen

Bij een continu systeem wordt elke transactie (online) bijgehouden, hierdoor is er continu bekend hoeveel er van het product op voorraad ligt. Allereerst zal het model besproken worden waarbij een vaste bestelgrootte besteld zal worden. Vervolgens zal het model met een variabele bestelgrootte kort toegelicht worden.

Continu kijken, vaste bestelgrootte: (r, Q)- model

Bij dit (r,Q)-model wordt het voorraadniveau continu aangevuld met een vaste bestelgrootte Q als het bestelpunt r wordt bereikt. De EOQ formule uit paragraaf 3.3.1 geeft een goede benadering voor q en wordt daarom vaak gebruikt voor het bepalen van de vaste bestelgrootte Q . Omdat de vraag nu op voorhand onbekend is, wordt er in plaats van de vraag D per jaar nu de verwachte vraag per jaar $E(D)$ gebruikt. Met het bestelpunt r wordt de hoogte van de economische voorraad op het moment van bestellen bedoeld, dit is de voorraad waarover prijsrisico gelopen wordt.

In deze paragraaf wordt uitgelegd hoe het bestelpunt r berekend kan worden en welke veiligheidsvoorraad gehanteerd moet worden om aan het beoogde servicelevel te kunnen voldoen.

Om fluctuaties in de vraag en levertijd op te kunnen vangen, wordt er een veiligheidsvoorraad (vv) gehanteerd. Dit is extra fysieke voorraad die wordt aangehouden boven de gemiddeld gevraagde hoeveelheid. De veiligheidsvoorraad is afhankelijk van de vraag tijdens de levertijd, met de standaarddeviatie en de kans dat er geen stockout plaatsvindt tijdens een bestelcyclus. Hierbij nemen we aan dat als de vraag van een product per jaar normaal verdeeld is, X ook normaal verdeeld is. Hier is X een random variabele die de vraag voorstelt gedurende de levertijd.

Gemiddelde vraag tijdens de levertijd:

$$E(X) = L * E(D)$$

Hierbij is:

L = levertijd als fractie van een jaar.

Standaarddeviatie van de vraag tijdens de levertijd:

$$\sigma(x) = \sigma(D) * \sqrt{L}$$

Als de vraag normaal verdeeld is, kan uit bovenstaande gegevens het bestelpunt r bepaald worden:

$$r = \text{NORMINV}(SL, E(X), \sigma(x))$$

Hierbij staat SL staat voor SLM_3 = Cycle Service Level = de fractie van de bestelcycli waarin geen tekort plaatsvindt. Ofwel $1 -$ de kans dat er een tekort optreedt tijdens de bestelcyclus. Er vindt een tekort plaats wanneer de vraag gedurende een levertijd groter of gelijk is aan het bestelpunt r . In formule vorm ziet dit er als volgt uit:

$$SLM_3 = (1 - P(X \geq r))$$

De veiligheidsvoorraad die aangehouden moet worden bij dit servicelevel is dan:

$$vv = r - E(X) = \text{NORMINV}(SL, E(X), \sigma(x)) - E(X)$$

Continu kijken, variabele bestelgrootte: (s, S)-model

Bij het (s,S)- model wordt het voorraadniveau continu aangevuld tot het maximumniveau S als de voorraad op of onder het minimumniveau s komt. Dit systeem staat ook wel bekend als het 'min-max systeem', omdat het voorraadniveau altijd tussen het minimum s en het maximum S in zit. (Silver, Pyke & Peterson, 1998). Een (S-1,S)- model is een speciale vorm van een (s,S)-model, waarbij direct bij het verbruik van een product een nieuw product besteld en geleverd wordt. Bij producten waarbij de vraag Poisson verdeeld is, kunnen het minimale (S-1) en het maximale (S) voorraadniveau als volgt berekend worden. Er moet het aantal producten op voorraad gelegd worden, zodat de vraag tijdens levertijd zodanig opgevangen kan worden dat er aan het beoogde servicelevel (SLM₃) voldaan wordt.

$P(X_L > S-1)$ = De kans dat de vraag gedurende de levertijd groter is dan het minimale voorraadniveau S-1. Dit kan berekend worden door de volgende formule:

$$P(X_L > S-1) = 1 - SLM_3$$

Hierbij is:

X_L = Vraag gedurende de levertijd L als fractie van een maand.

S-1 = minimale voorraadniveau, wanneer het voorraadniveau op of onder S-1 komt, wordt er bijbesteld tot S.

Bovenstaande formule kan omgeschreven worden tot de volgende formule:

$$1 - \sum_{k=0}^{S-1} P(X_L = k) = 1 - SLM_3$$

Hierbij is:

k = alle waarden die de vraag tijdens levertijd kan aannemen, k = 0, 1, ..., S-1

De kans dat de vraag tijdens levertijd gelijk is aan k, kan berekend worden door de dichtheidsfunctie van de Poissonverdeling te gebruiken:

$$P(X_L = k) = \frac{e^{-\lambda L} * (\lambda L)^k}{k!}$$

Hierbij is:

λ = De gemiddelde vraag per jaar.

In de praktijk zijn bovenstaande voorraadmodellen eenvoudig toepasbaar, echter is het nadeel hier dat iedere voorraadmutatie (online) bijgehouden moet worden wat tijd en geld kost (Durlinger, 2013). Het (r,Q) model kan toegepast worden wanneer de vraag van een product per order gelijk is aan één. Wanneer de vraag groter is dan één, bijvoorbeeld 10 stuks, per order kan dit bij het (r,Q) model leiden tot een 'undershoot' van het bestelpunt, het voorraadniveau zakt dan tot onder het bestelpunt r (Winston, 2004). In zo'n geval kan beter het (s, S)-model toegepast worden.

3.3.2.2. Periodiek bestellen

Bij periodieke bestelmethode wordt het voorraadsniveau elke R tijdsperioden beoordeeld, bijvoorbeeld wekelijks of maandelijks (Winston, 2004). R staat in dit geval voor de reviewperiode en is de tijd tussen twee beoordelingsmomenten.

Periodiek kijken, variabele bestelhoeveelheid: (R,S)-model

Bij het (R,S)-model wordt er besteld wat er gedurende die periode afgenomen is. Elke R tijdsperiodes wordt de voorraad aangevuld tot een vast niveau S. Om S te bepalen moeten er enkele nieuwe parameters gedefinieerd worden, deze moeten worden bepaald of berekend:

L = Levertijd voor elke order (is constant).

R = Tijd (in jaren) tussen reviews, $\frac{1}{R}$ is het aantal reviews per jaar.

Doordat er bij periodiek bestellen niet elk moment besteld kan worden, moet het aanvulniveau S in principe de vraag over een periode L + R op kunnen vangen. Daarom wordt de volgende variabele gedefinieerd:

$E(X_{L+R})$ = Gemiddelde vraag gedurende een tijdsinterval van lengte L + R (X_{L+R}), met standaardafwijking: $\sigma_{X(L+R)}$. Hierbij wordt $\sigma_{X(L+R)}$ berekend door:

$$\sigma_{X(L+R)} = \sigma_X * \sqrt{L + R}$$

De gemiddelde ordergrootte q wordt in dit geval bepaald door $E(D) * R$, want als er x keer per jaar een order geplaatst wordt, moet er in elke order $\frac{1}{x}$ e deel van de totale jaarvraag worden besteld.

Het aanvulniveau S wordt bepaald door:

$$S = \text{NORMINV}(SL, E(X_{L+R}), \sigma_{X_{L+R}})$$

Het voordeel van dit model is dat het, in verhouding tot het continu kijken model, niet veel tijd en geld kost, omdat er slechts op bepaalde momenten in de voorraad gekeken wordt en niet continu. Het nadeel van dit model is dat er bij periodieke bestelmethodeken meer veiligheidsvoorraad nodig is dan bij continu bestelmethodeken om aan hetzelfde servicelevel te kunnen voldoen. Dit betekent dus dat bij periodieke modellen de voorraadkosten gemiddeld hoger liggen dan bij de continue modellen. Het voordeel van periodieke bestelmethodeken is dat het mogelijk is om bestellingen die bij dezelfde leverancier geplaatst worden te combineren, zo worden de bestelkosten verdeeld over meerdere producten, mits ervoor gezorgd wordt dat de reviewperiodes van producten gelijk zijn of een veelvoud van de kleinste reviewperiode. In onderstaande tabel zijn de voor- en nadelen van de bestelmethodeken samengevat.

Model	Voordelen	Nadelen	Wanneer gebruiken
(r,Q) Vast/continu	- Kan direct inspelen op fluctuaties in de vraag. - Relatief lage voorraadkosten.	- Relatief hoge bestelkosten. - Voorraadniveau moet continu in de gaten gehouden worden.	- Bij belangrijke producten met regelmatige vraag.
(s,S) Variabel/continu	- Voorraadkosten zijn relatief laag. - Kan ingespeeld worden op fluctuaties in de vraag.	- Voorraadniveau moet continu in de gaten gehouden worden. - Relatief hoge bestelkosten - Leveranciers hebben voorkeur voor een vaste bestelgrootte, er worden sneller fouten gemaakt dan bij een vaste bestelgrootte.	- Bij belangrijke producten met onregelmatige vraag.
(R,S) Variabel/periodiek	- Biedt de mogelijkheid tot combineren van bestellingen, hierdoor kunnen de bestelkosten gereduceerd worden.	- Er worden vaak erg kleine bestellingen geplaatst, waardoor de bestelkosten hoog uitvallen. - Leveranciers hebben	- Bij producten met onregelmatige vraag. - Minder belangrijke producten of producten met hoge bestelkosten.

- Voorraadniveau hoeft niet continu in de gaten gehouden worden wat tijd en geld bespaard.	voorkeur voor een vaste bestelgrootte, er worden sneller fouten gemaakt dan bij een vaste bestelgrootte.
--	--

Tabel 1: Overzicht voor-en nadelen bestelmethodeken

Het bepalen van hoeveel er van welke producten op voorraad moet liggen en besteld moet worden, heeft alles te maken met de verwachte vraag. Deze voorspellingen zijn altijd gebaseerd op historische vraaggegevens. Om de verwachte vraag te kunnen bepalen moet de vraagvoorspelling gedaan worden en moet het vraagpatroon van een product bekend zijn. In de volgende paragraaf wordt een kort overzicht gegeven van verschillende vraagpatronen die voorkomen in de literatuur.

3.4. Vraagpatronen

Met historische gegevens van producten kan inzicht verkregen worden in de trend, bijvoorbeeld of deze lineair, cyclisch of constant is. Dit inzicht kan zorgen voor betere resultaten van de vraagvoorspelling. Hieronder wordt uitgelegd hoe een voorspelling gedaan kan worden bij een model van vraag met trend. Het berekenen van de voorspelling van de vraag van een product met trend, wordt uitgelegd aan de hand van het boek van Silver, Pyke en Peterson (1998). De trendlijn kan geplot worden in Excel. Voor elk product individueel kan dit veel tijd kosten en kan er gekozen worden om de onderstaande formule te gebruiken. De vraag in periode t is in dit geval slechts afhankelijk van één variabele, de vraag in maand t , daarom spreken we van enkelvoudige regressie.

$$X_t = a + bt + \varepsilon_t$$

Hierbij is:

t = maand t , $t = 1, 2, 3, \dots, n+1$.

X_t = grootte van de vraag in maand t , $t = 1, 2, 3, \dots, n+1$.

ε_t = onafhankelijke random variabele met gemiddelde 0 en constante variantie σ^2 , deze symboliseert dat de waargenomen uitkomsten niet precies op de lijn hoeven te liggen.

a = een level

b = een (lineaire) trend

Hierbij worden de parameters a en b berekend volgens de volgende formules:

$$b = \frac{\sum_{t=1}^n t * X_t - \left(\frac{n+1}{2}\right) * \sum_{t=1}^n X_t}{n * (n^2 - 1)/12}$$

Hierbij is:

n = het aantal historische observaties.

Vervolgens wordt a berekend door:

$$a = \sum_{t=1}^n \frac{X_t}{n} - b * \frac{n+1}{2}$$

Hierbij wordt b berekend door de formule die hierboven staat beschreven.

De voorspelling van de vraag in maand t kan, zoals hierboven weergegeven, berekend worden door:

$$X_t = a + bt + \varepsilon_t$$

Wanneer de gemiddelde vraag gedurende de levertijd L of levertijd + reviewperiode $L+R$ minder is dan 10 units, kan een discrete verdeling zoals de Poisson verdeling een betere benadering geven van de verdeling (Silver, Pyke & Peterson, 1998). De methode van Croston (Silver, Pyke & Peterson, 1998) kan gebruikt worden voor producten waarbij er een groot tijdsinterval zit tussen twee orders.

Bij deze methode wordt het gemiddelde aantal perioden tussen twee transacties berekend en de gemiddelde grootte van een transactie. Met deze variabelen kan vervolgens een voorspelling gedaan worden. Wanneer een product sporadisch wordt verkocht, is het soms beter om geen voorspelling te doen. Op basis van criticality of levertijd van het product kan dan gekozen worden voor het al dan niet op voorraad leggen van enkele stuks.

3.5. Conclusie

In dit hoofdstuk is antwoord gegeven op deelvraag 2: 'Wat is er in de literatuur bekend met betrekking tot het voorraadbeheer?'. Uit het onderzoek uit de literatuur is gebleken dat er drie belangrijke beslissingen genomen moeten worden:

1. Hoeveel moet er besteld worden?
2. Wanneer moet er besteld worden?
3. Hoe moet de voorraad beheerd worden?

In de literatuur zijn er verschillende modellen bekend waarmee bovenstaande vragen beantwoord kunnen worden. Omdat niet alle producten binnen een bedrijf dezelfde eigenschappen en kenmerken hebben, is het inefficiënt om hetzelfde model voor alle producten te gebruiken en moet er een classificatie toegepast worden. De classificatie gebeurt op basis van meerdere criteria, welke zelf gekozen worden en goed aansluiten bij het doel van het onderzoek. Tevens geeft deze classificatie een indicatie van welke producten gezien moeten worden als belangrijk en welke als minder belangrijk, zodat vervolgens de servicelevels hierop afgestemd kunnen worden. Uit het boek van Winston (2004) blijkt dat het voor goedkope producten relatief goedkoop is hogere servicelevels te behalen dan voor dure producten. Deze servicelevels kunnen vervolgens als uitgangspunt genomen worden bij het toepassen van een bestelmethode op een groep producten. Voorraadniveaus van producten kunnen periodiek of continu in de gaten gehouden worden. Bij deze methodieken wordt aan de hand van het gewenste servicelevel de bestelpunten en bestelgroottes berekend, waaruit weer een veiligheidsvoorraad volgt. Voor Pierik Techniek is het servicelevel een handige parameter om als uitgangspunt te nemen en hiermee de variabelen aan de hand van de modellen te laten bepalen. Om deze technieken te kunnen toepassen, moet de vraag geschat worden.

4. De beslisboom

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op deelvraag 3: 'Hoe wordt het bedrijf geholpen aan efficiënter voorraadbeheer?'. In paragraaf 4.1 wordt de literatuur uit hoofdstuk 3 toegepast op de situatie bij Pierik Techniek en worden zo alle stappen doorlopen die nodig zijn om de beslisboom op te kunnen stellen. In paragraaf 4.2 wordt de beslisboom weergegeven, welke in paragraaf 4.3 uitgewerkt wordt voor de producten. Tot slot wordt in paragraaf 4.4 een implementatieplan gegeven.

4.1. Het opstellen van de beslisboom

In dit onderzoek wordt de beslisboom gebruikt om per product het juiste voorraadmodel te bepalen waarmee bestelpunten en bestelgroottes vastgesteld kunnen worden. In deze paragraaf wordt de literatuur uit hoofdstuk 3 toegepast op Pierik Techniek. Zo wordt in stappen de beslisboom opgesteld waarmee het voorraadbeheer geoptimaliseerd wordt.

Allereerst worden de splitsingspunten die in de beslisboom moeten staan bepaald. . Splitsingspunten in de beslisboom zijn, zoals de naam al zegt, de punten in de beslisboom die gesplitst worden in twee nieuwe splitsingspunten.

Stap 1 (paragraaf 4.1.1): om de relevante splitsingspunten te kunnen vaststellen, worden de kenmerken van de producten vastgesteld. In figuur 5 zijn de splitsingspunten prijs en volume als voorbeeld weergegeven.

Stap 2 (paragraaf 4.1.2): het inzicht in de kenmerken van de producten wordt gecombineerd met informatie verkregen uit interviews, om zo de relevante splitsingspunten voor de beslisboom te kunnen vaststellen.

Vervolgens moeten de grenswaarden vastgesteld worden. Grenswaarden geven in een beslisboom aan met welke waarde van het splitsingspunt het product naar welk volgend splitsingspunt gaat.

Stap 3 (paragraaf 4.1.3): het vaststellen van de grenswaarden. Dit zijn de waarden a, b, c, x, y en z in figuur 5. Als de prijs $< x$, wordt in de beslisboom de bovenste tak gevolgd.

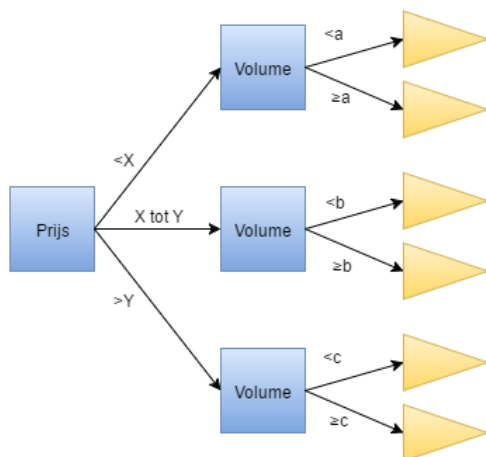
Als alle relevante splitsingspunten zijn vastgesteld, moet per uitgang van de beslisboom de optimale bestelmethode worden vastgesteld.

Stap 4 (paragraaf 4.1.4): het kiezen van een model per uitgang van de beslisboom.

Omdat het servicelevel als uitgangspunt gebruikt wordt, zullen de servicelevels voor de producten vastgesteld moeten worden. De servicelevels zullen als uitgangspunt dienen voor het berekenen van de bestelgroottes en bestelpunten.

Stap 5 (paragraaf 4.1.5): het vaststellen van de servicelevels voor de producten.

Aan de hand van onderstaand figuur 5 worden bovenstaand genoemde definities toegelicht. De blauwe blokken zijn de splitsingspunten en de letters bij de uitgaande takken van de splitsingspunten de grenswaarden. De gele driehoeken zijn de 'eindknopen' welke aangeven welk model er voor dit product het meest geschikt is.



Figuur 5: Voorbeeld van een framework van een beslisboom

4.1.1. Kenmerken van de producten

Om de juiste bestelmethode per product te kunnen vaststellen is het belangrijk dat de beslisboom ervoor zorgt dat producten met dezelfde kenmerken in dezelfde groep terechtkomen. Per groep kan er dan een optimale bestelmethode vastgesteld en uitgewerkt worden. Om ervoor te zorgen dat producten met dezelfde kenmerken in dezelfde groep vallen, is een overzicht gemaakt van de kenmerken van alle 649 producten bij Pierik Techniek. Dit overzicht is weergegeven in tabel 2. Onderstaande aandachtspunten zijn belangrijk om tabel 2 correct te kunnen interpreteren.

1. Uit de analyse van de huidige situatie is gebleken dat er veel producten zijn die niet elke maand verkocht worden. Daarom is er naast de gemiddelde grootte van de vraag per jaar ook gekeken naar de vraagfrequentie. De vraagfrequentie geeft aan in hoeveel van de 12 maanden per jaar er vraag is geweest naar dit product.
2. De definitie van hardlopers, langzaamlopers en nonmovers wijkt enigszins af van de literatuur. Hardlopers zijn geclassificeerd volgens het boek van Silver, Pyke & Peterson (1998). Dit wil zeggen dat hardlopers producten zijn met een vraag van meer dan tien stuks per jaar. Producten met een vraag per jaar van 10 stuks of minder worden afhankelijk van hun soort verdeling geclassificeerd als langzaamlopers of nonmovers. De producten met een Poisson verdeling worden geclassificeerd als langzaamlopers, producten met een verdeling anders dan normaal of Poisson worden nonmovers genoemd.
3. De laatste kolom 'Inkoopprijs' laat het volgende zien:
Goedkoop: producten met een inkoopprijs $< \text{€}15$
Midden: producten met een inkoopprijs tussen de $\text{€}15$ en de $\text{€}120$
Duur: producten met een inkoopprijs $> \text{€}120$
De toelichting op deze waarden volgt in paragraaf 4.1.3.

Aantal producten	Soort verdeling	Vraag-frequentie	Soort product	Levertijd	Trend Ja/ Nee	Inkoopprijs
Aantal: 22	Normaal	> 9	Hardlopers	China: 10 weken.	Ja	Goedkoop: 7 Midden: 9 Duur: 6
Aantal: 222	Poisson	2 tot en met 9	Langzaamlopers	Kort. Verschillende leveranciers	Nee	Goedkoop: 94 Midden: 91 Duur: 38
Aantal: 405	Overig	< 2	Nonmovers	Kort. Verschillende leveranciers	Nee	Goedkoop: 134 Midden: 161 Duur: 110

Tabel 2: Kenmerken van de producten

Hieronder volgt een toelichting op tabel 2 en worden de relevante splitsingspunten voor de beslisboom vastgesteld.

Er zijn 22 producten waarbij de vraag normaal verdeeld is, dit zijn producten die veel verkocht worden. Producten die in deze groep vallen zijn met name motoren, broyeurs en ladders. Door de grote vraag naar deze producten heeft Pierik Techniek ervoor gekozen deze te laten importeren uit China met een levertijd van 10 weken. Deze producten worden in grote aantallen in meer dan 9 maanden per jaar verkocht en er is een toenemende vraag te zien in het vraagpatroon. De overige 627 producten worden relatief weinig verkocht. Voor deze producten is het prijstechnisch niet voordelig deze producten van ver te importeren, daarom worden deze producten allemaal ingekocht bij leveranciers die in de buurt zitten. De levertijd bij deze leveranciers is kort en ligt tussen de 1 en de 4 werkdagen. Deze groep producten heeft een vraag van minder dan 10 stuks per jaar en wordt volgens het boek van Silver, Pyke & Peterson (1998) geclassificeerd als langzaamlopers. Echter, wij nemen het soort verdeling als uitgangspunt. De groep langzaamlopers bestaat uit producten die Poisson verdeeld zijn en producten die een 'random' verdeling volgen. Met random wordt in dit geval bedoeld dat het product zowel geen normale verdeling als Poisson verdeling volgt. De producten die Poisson verdeeld zijn worden vanaf nu langzaamlopers genoemd, de overige producten nonmovers. Producten met een hoge vraagfrequentie hebben een trend in hun vraagpatroon, producten met een lage vraagfrequentie worden zo weinig verkocht dat hier geen trend in het vraagpatroon is te ontdekken.

4.1.2. Relevante splitsingspunten

Uit bovenstaande tabel kunnen we nu de relevantie splitsingspunten bepalen, welke hieronder worden weergegeven.

Verbruik

Uit de literatuur die weergegeven is in paragraaf 3.2 is gebleken dat er onderscheid gemaakt wordt tussen belangrijke en minder belangrijke producten (Winston, 2004). Hoe vaker een product wordt verkocht, hoe relevanter het is om een adequaat voorraadbeheer te hebben. Voor het verbruik van de artikelen kunnen de producten ingedeeld worden in de groepen hardlopers, langzaamlopers en nonmovers (Chopra & Meindl). Dit zal later nader worden gespecificeerd.

Inkoopprijs

Voor de prijs van het product geldt hetzelfde als hierboven genoemd is. Er moet een onderscheid gemaakt worden tussen belangrijke en minder belangrijke producten, omdat het inefficiënt is alle producten op dezelfde manier te behandelen (Winston, 2004). Voor relatief dure producten is het relevanter een adequaat voorraadbeheer te hanteren. Voor de inkoopprijs van producten kunnen de producten ingedeeld worden aan de hand van de ABC analyse (Winston, 2004). Producten worden ingedeeld in dure producten (aangeduid met een A), goedkope producten (aangeduid met een C) en de overige producten in het midden (aangeduid met een B) op basis van hun inkoopprijs.

Levertijd en leveranciers

De voorraad van producten is afhankelijk van levertijden van de leveranciers (Slack et al., 2010). Voor producten die een lange levertijd hebben moeten er meer producten op voorraad gehouden worden dan voor producten die een kortere levertijd hebben. Bovendien is uit de literatuur gebleken dat het (R,S) model de mogelijkheid biedt tot het combineren van bestellingen. Dit is echter alleen relevant wanneer producten bij dezelfde leverancier afgenomen worden.

Vraagpatroon

Uit de analyse van de huidige situatie is gebleken dat er verschillende vraagpatronen in de producten te ontdekken zijn. Uit de literatuur is vervolgens gebleken dat hier verschillende bestelmethodeken zijn die geschikt zijn voor deze vraagpatronen.

Hierboven zijn de vier punten vastgesteld die kunnen dienen als splitsingspunten in de beslisboom. Deze zijn vastgesteld door de literatuur te koppelen aan de situatie binnen het bedrijf. Echter moet er nagegaan worden of deze vier punten daadwerkelijk opgenomen moeten worden in de beslisboom. Uit de samenvatting van de kenmerken van producten in tabel 2 blijkt dat enkele splitsingspunten overlap hebben. Daarom wordt hieronder toegelicht welke splitsingspunten in de beslisboom moeten staan, zodat er met alle kenmerken van de producten die relevant zijn voor de beslisboom rekening wordt gehouden.

Vraagfrequentie

Uit tabel 2 blijkt dat de twee bovengenoemde splitsingspunten 'levertijd' en 'verbruik' samenvallen. Producten met een hoog verbruik hebben allemaal een lange levertijd en producten met een laag verbruik hebben allemaal een korte levertijd. De reden hiervoor is dat de producten die volgens de literatuur geclassificeerd worden als hardlopers, wegens schaalvoordelen in China gekocht worden. De overige producten worden aanzienlijk minder verkocht en worden hierdoor bij leveranciers in de buurt afgenomen.

Het indelen van de producten op basis van vraagfrequentie zorgt ervoor dat producten direct in de groep terechtkomen met producten die dezelfde verdeling van de vraag (normaal, Poisson of 'overig') hebben. Het indelen van de producten op basis van hun gemiddelde afzet per jaar zou hierin tegen alleen onderscheid maken tussen de producten die normaal verdeeld zijn en de overige producten. Dit terwijl de groep overige producten in werkelijkheid nog bestaat uit producten waarvan de vraag Poisson verdeeld is en de overige producten.

Inkoopprijs

De prijs van het product is belangrijk om te weten om zo per prijsklasse een adequaat voorraadsysteem te kunnen vaststellen. Uit de analyse van de huidige situatie is gebleken dat producten in elke groep (hardlopers, langzaamlopers en nonmovers) nog veel variëteit hebben in inkoopprijs, daarom is het belangrijk dat dit splitsingspunt in de beslisboom wordt opgenomen.

De splitsingspunten die relevant zijn voor de beslisboom zijn vastgesteld: vraagfrequentie en inkoopprijs. Omdat er maar twee splitsingspunten zijn, heeft de volgorde van de splitsingspunten in de beslisboom geen invloed op het resultaat. Voor het overzicht is ervoor gekozen de producten allereerst in te delen aan de hand van hun inkoopprijs, omdat de servicelevels op basis hiervan worden vastgesteld. Nu moeten de grenswaarden voor deze splitsingspunten vastgesteld worden, die bepalen welke kant het product op gaat in de beslisboom.

4.1.3. Vaststellen van grenswaarden

Het vaststellen van de grenswaarden voor de splitsingspunten zal eerst gebeuren voor de vraagfrequentie en daarna voor de inkoopprijs van het product.

4.1.3.1. Grenswaarden voor 'vraagfrequentie'

Het splitsingspunt 'vraagfrequentie' bepaalt of een product in de groep 'hardlopers', 'langzaamlopers' of 'nonmovers' valt. De grenzen van de vraagfrequentie die bepalen in welke groep een product valt, worden als volgt bepaald. Er zit een duidelijke scheiding tussen producten die vaak (meer dan 10 stuks per jaar) verkocht worden en de andere producten. Deze scheiding ligt bij een vraagfrequentie van 9 van de 12 maanden. De scheiding tussen producten die in de groep langzaamlopers vallen of in de groep nonmovers worden vastgesteld door te kijken naar het vraagpatroon. Producten met een vraagfrequentie tussen de 2 en de 9 van de 12 maanden hebben een vraag die Poisson verdeeld is, bij producten met een lagere vraagfrequentie is geen normale of Poisson verdeling in het vraagpatroon te ontdekken. De grens ligt dus bij een vraagfrequentie van 2 en 9 maanden.

4.1.3.2. Grenswaarden voor 'inkoopprijs'

Het splitsingspunt 'inkoopprijs' bepaalt of een product in de groep duur (A klasse), goedkoop (C klasse) of hiertussen in valt (B klasse). Het assortiment producten bij Pierik Techniek bestaat uit verschillende producten, uiteenlopend van kleine schroefjes tot grote machines. In de huidige situatie wordt er geprobeerd de producten die klein zijn in omvang op voorraad te houden. Dit zijn goedkope producten, zoals schroefjes en boutjes, die een lage inkoopprijs hebben. Deze grens willen wij aanhouden en uit de interviews is gebleken dat producten met een inkoopprijs van < €15,- relatief klein van omvang zijn en op voorraad gehouden moeten worden. De grens tussen A en B producten is vastgesteld door het productassortiment te analyseren en interviews af te nemen. Van de motoren zijn er standaarduitvoeringen en luxe/professionele uitvoeringen. In de huidige situatie worden de luxe/professionele uitvoeringen gezien als dure producten. De grens tussen A en B producten ligt bij €120,-. Een overzicht van het aantal producten dat in elke klasse valt is weergegeven in onderstaande tabel.

Vraagfrequentie	Goedkoop C	Midden B	Duur A
≥10	7	9	6
2 t/m 9	94	91	38
<2	134	161	110

Tabel 3: Aantal producten per klasse

4.1.4. Vaststellen van de bestelmethode

De splitsingspunten en grenswaarden zijn vastgesteld en het raamwerk voor de beslisboom is zo opgesteld. De producten zijn 'gefilterd' en per groep producten die uit de beslisboom komt moet nu een bestelmethode gekozen worden dat het beste past bij deze groep producten.

Dure A producten

Deze producten worden nader ingedeeld aan de hand van hun vraagfrequentie, zodat het voorraadbeheer per groep kan worden toegespitst.

Hardlopers

Een belangrijk kenmerk van de groep hardlopers is dat deze producten allemaal bij dezelfde leverancier in China worden afgenomen. Uit gesprekken binnen het bedrijf is gebleken dat het bedrijf het bij deze groep producten belangrijk vindt dat er zoveel mogelijk bestellingen gecombineerd worden, omdat de vaste bestelkosten hier hoog zijn t.o.v. de variabele bestelkosten. Het combineren van bestellingen zorgt ervoor dat de bestelkosten verdeeld kunnen worden over meerdere producten, waardoor de bestelkosten gereduceerd worden. Het model dat hier het beste bij aansluit is het (R,S) model. Om ervoor te zorgen dat dit model er daadwerkelijk de bestelkosten reduceert, moet de reviewperiode R bepaald worden zodanig dat alle hardlopers een reviewperiode hebben dat een veelvoud is van de kleinste reviewperiode.

Langzaamlopers

Kenmerken van deze groep producten is dat deze producten in 9 of minder maanden per jaar verkocht worden en de afzet in een maand 0, 1, 2 of 3 stuks is geweest in de afgelopen jaren. De vraag is Poisson verdeeld en door de lage vraag heeft het bedrijf ervoor gekozen leveranciers te zoeken die in de buurt zitten, zodat de levertijd kort is en er zo snel gereageerd kan worden op de vraag. Met behulp van de dichtheidsfunctie van Poisson kunnen we de verwachte vraag tijdens de levertijd berekenen en het aantal stuks dat op voorraad moet liggen om aan het servicelevel te voldoen. Op het moment dat er vraag is, moet de voorraad direct aangevuld worden. Het model uit de literatuur dat hierbij aansluit is het (S-1, S) model.

Nonmovers

Deze producten worden sporadisch verkocht. Daarom moet er nagegaan worden of dat het zinvol is om hier een vraagvoorspelling over te doen. Om dit te bepalen is er gekeken naar hoe vaak de producten in deze groep zijn besteld per jaar, dit overzicht is weergegeven in onderstaande tabel.

Aantal keer verkocht per jaar	A klasse
≤1	68
>1 en ≤2	37
>2	5

Tabel 4: Overzicht nonmovers uit de A klasse

Bovenstaande tabel wil dus zeggen dat er 68 producten in de A klasse één keer of minder per jaar zijn verkocht. Omdat deze producten zo sporadisch worden verkocht en de levertijd van deze producten kort is, wordt ervoor gekozen deze producten per order te bestellen en een meer geavanceerde voorspelmethode in dit onderzoek buiten beschouwing te laten. Voor de producten die meer dan één keer besteld zijn, kan ervoor gekozen worden om één product op voorraad te leggen en bij te bestellen wanneer er vraag naar het product is. Het model uit de literatuur dat hierbij aansluit is het (S-1,S) model. Meer informatie over dit product, zoals de exacte spoedkosten, voorraadkosten en de extra tijd dat klanten bereid zijn te wachten op dit product zou een betere indicatie geven of het zinvol is hier producten van op voorraad te leggen. Het model van Croston (Silver, Pyke & Peterson, 1998) zou dan toegepast kunnen worden.

Middenprijs B producten

Ook deze groep producten wordt nader verdeeld aan de hand van hun vraagfrequentie. Per groep wordt vervolgens het optimale model gekozen.

Hardlopers

Voor deze groep producten geldt hetzelfde als de hardlopers uit de A klasse. Deze producten worden allemaal bij dezelfde leverancier ingekocht, daarom wordt ook hier het (R,S) model toegepast. Op deze manier kunnen de bestellingen gecombineerd worden en zo bestelkosten gereduceerd worden.

Langzaamlopers

Voor deze groep producten geldt tevens hetzelfde als voor de langzaamlopers uit de A klasse. We leggen het aantal stuks op voorraad zodat aan het servicelevel voldaan kan worden. Op het moment dat er besteld wordt, wordt het voorraadniveau direct bijgevuld. Het model dat hier toegepast wordt is het (S-1, S) model.

Nonmovers

Er moet worden nagegaan of het zinvol is om een vraagvoorspelling te doen voor deze producten. Daarom is er gekeken naar hoe vaak de producten in deze groep zijn besteld per jaar. Dit overzicht is weergegeven in onderstaande tabel.

Aantal keer verkocht per jaar	B klasse
≤1	161
>1 en ≤2	0
>2	0

Tabel 5: Overzicht nonmovers uit de B klasse

Bovenstaande tabel wil dus zeggen dat er 161 producten in de B klasse minder dan één keer per jaar worden verkocht. Omdat deze producten zo sporadisch worden verkocht en de levertijd van deze

producten kort is, wordt ervoor gekozen deze producten per order te bestellen en een meer geavanceerde voorspelmethode in dit onderzoek buiten beschouwing te laten. Wanneer in de toekomst meer B producten vaker dan één keer verkocht worden, kan er gekeken worden naar een nader patroon volgens de theorie van Croston (Silver, Pyke & Peterson, 1998).

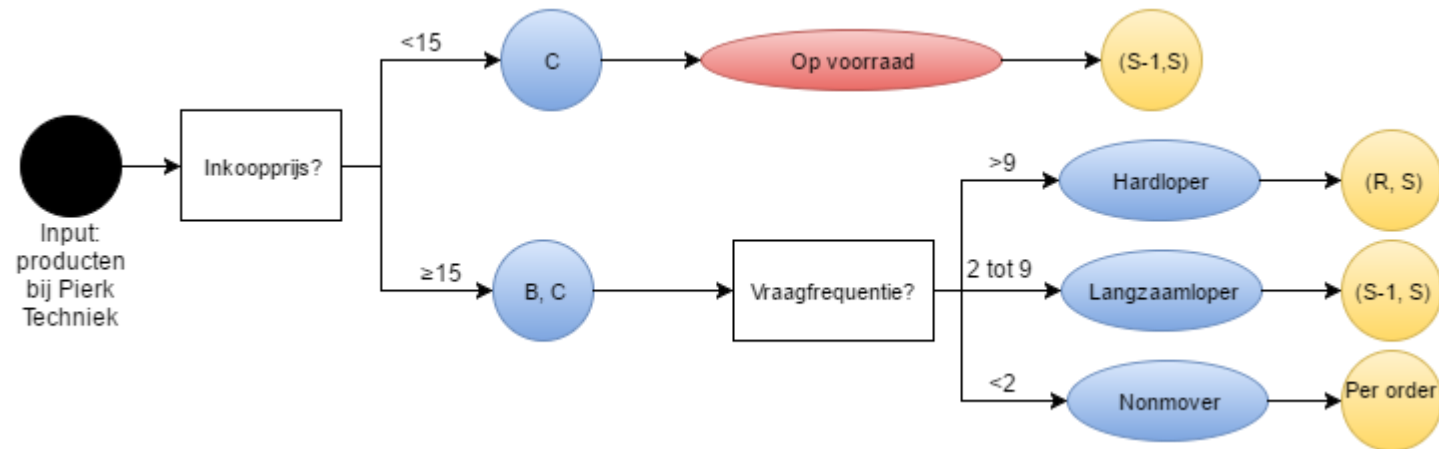
Goedkope C producten

Deze producten zijn relatief goedkoop om op voorraad te hebben liggen en het zou daarom zonde zijn als niet kan worden geleverd. Daarom willen we deze producten, ongeacht hoe vaak ze besteld worden, altijd op voorraad hebben. De vraag van deze groep producten is moeilijk te voorspellen, omdat de grootte hiervan erg varieert. Kleine schroefjes en boutjes kunnen maanden niet verkocht worden en als er dan vraag is kan deze ineens erg groot zijn. Om deze reden is het belangrijk dat we snel kunnen inspelen op de vraag, maar we toch zo min mogelijk tijd kwijt zijn aan het beheer van deze groep producten. Het model uit de literatuur dat hier het best bij aansluit is het (S-1,S) systeem. Bij iedere verkoop wordt de voorraad direct aangevuld tot het maximumniveau S. Voor het maximumniveau S kiezen wij de maximale vraag die in een maand geweest is van het product. Hiervoor wordt gekozen omdat de kans dat de vraag groter is dan dat de vraag in het verleden is geweest erg klein is.

4.1.5. Vaststellen van het servicelevel.

Om de bestelpunten en bestelgroottes vast te stellen wordt het servicelevel als uitgangspunt gebruikt. Uit interviews is gebleken dat het bedrijf te allen tijde wil kunnen leveren aan de klant. Dit is niet rendabel, daarom wordt de informatie uit de literatuur gekoppeld aan de situatie bij Pierik Techniek om zo servicelevels voor de producten vast te stellen. Uit de literatuur blijkt dat het voor relatief goedkope producten voordeliger is een hoger servicelevel te behalen dan voor relatief dure producten, omdat het voor goedkope producten relatief goedkoop is hoge veiligheidsvoorraden aan te houden (Winston, 2004). Daarom wordt op basis van de prijs van het product bepaald welk servicelevel er aangehouden moet worden. We zullen laten zien wat de invloed is van het verhogen of het verlagen van de servicelevels op de hoogte van de veiligheidsvoorraden. Als uitgangspunt zal voor A producten het servicelevel vastgesteld worden op 0.90, voor B producten op 0.95 en voor C producten op 0.98.

4.2. De beslisboom



Figuur 6: Beslisboom voor het bepalen van een bestelmethodek per product

4.3. Resultaat

In deze paragraaf wordt de beslisboom uitgewerkt voor elke mogelijke oplossing. Zo wordt zichtbaar hoe de bestelmethodeken die uit de beslisboom komen uitgewerkt kunnen worden. Met behulp van Excel is de beslisboom voor elk product uitgewerkt. De resultaten hiervan staat in bijlage 2.

Uitwerking voor product 1.

De beslisboom wordt uitgewerkt voor product 1. Dit product heeft een inkoop prijs van €289,59 en valt hierdoor in de A klasse. Vervolgens moeten we de vraagfrequentie van het product berekenen, dit kan door onderstaande formule:

$$\text{Vraagfrequentie} = \frac{\text{Aantal maanden waarin er vraag is geweest}}{\text{Totaal aantal maanden dat het product aangeboden is}} * 12$$

Dit product is in elke maand verkocht en wordt dus geclassificeerd als hardloper. Uit de beslisboom volgt vervolgens dat dit product met een (R,S) model beheerd moet worden.



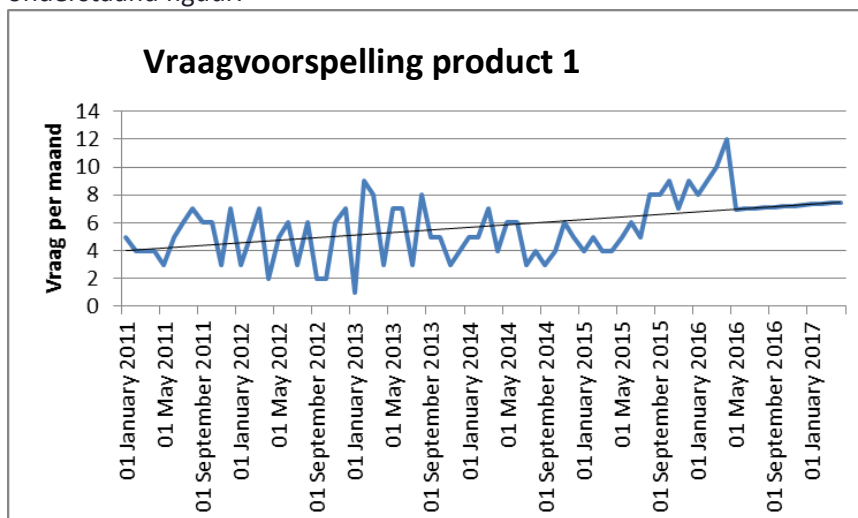
Dit product wordt geïmporteerd uit China, waar een minimale bestelhoeveelheid van 50 stuks geldt. De andere hardlopers worden ook uit China geïmporteerd en we moeten ervoor zorgen dat het mogelijk is deze bestellingen te combineren. Het aantal reviews R wordt zodanig bepaald dat deze een veelvoud van elkaar zijn. Om een indicatie te krijgen van de reviewperiode voor het product, wordt het aantal reviews $\frac{1}{R}$ bepaald door: $\frac{E(D)}{EOQ}$. Voor het bepalen van de EOQ wordt de benadering uit paragraaf 3.3.1 gebruikt. De bestelkosten zijn €200,00 de voorraadkosten worden geschat op 25% van de inkoop prijs: $0.25 * 289,59 = €72,00$. De verwachte jaarvraag $E(D)$ voor de maanden mei 2016 t/m april 2017 is berekend door het model met trend uit paragraaf 3.4 toe te passen. De parameters a en b worden in Excel berekend met de volgende formules:

$$b = \frac{\sum_{t=1}^{64} t * X_t - \left(\frac{64+1}{2}\right) * \sum_{t=1}^{64} X_t}{n * (n^2 - 1) / 12} = 0.04647$$

Vervolgens wordt a berekend door:

$$a = \sum_{t=1}^{64} \frac{X_t}{64} - b * \frac{64+1}{2} = 3.9271$$

De trendlijn heeft dus een functie van $X_t = 3.9271 * t + 0.04647$, het resultaat hiervan is te zien in onderstaand figuur.



Figuur 7: Vraagvoorspelling product 1

Uit deze voorspelling is de verwachte jaarvraag $E(D)$ gedaan. Deze voorspelling wordt gedaan door de verwachte vraag van de maanden mei 2016 t/m april 2017 te sommeren. Dit geeft: $\sum_{t=65}^{76} X_t = 86$. De standaarddeviatie van de vraag, $\sigma(D)$ is berekend met de formule stdev: $\sqrt{\frac{\sum (x-\bar{x})^2}{(n-1)}}$ in Excel, $\sigma(D) = 2.1885$. De gegevens van dit artikel staan weergegeven in onderstaande tabel.

Variabele	Afkorting	Waarde
Verwachte jaarvraag (stuks)	$E(D)$	86
Standaardafwijking van de vraag per jaar	σ_D	2.1885
Levertijd (fractie van een jaar)	L	$\frac{10}{52} = 0.19$
Voorraadkosten (€/artikel/jaar)	h	72.00
Bestelkosten (€)	K	200

Tabel 6: Gegevens product 1

Nu wordt de optimale bestelgrootte berekend:

$$q = EOQ = \sqrt{\frac{2DK}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 86 * 200}{72.00}} = 22$$

Dit product wordt geïmporteerd uit China, hier geldt een minimale bestelgrootte van 50 stuks. Het aantal reviews R per jaar wordt bepaald door: $\frac{E(D)}{EOQ}$. Hier moet rekening gehouden worden met de minimale bestelgrootte, dus wordt het: $\frac{E(D)}{EOQ} = \frac{86}{50} = 1.72$. Dit getal wordt afgerond naar een veelvoud ($\neq 1$) van het kleinste aantal reviews dat van een product geplaatst wordt. Voor dit product gaat er dus 2 keer per jaar in de voorraad gekeken worden.

De verwachting van de vraag gedurende de levertijd en reviewperiode:

$$E(D_{L+R}) = \left(\frac{10}{52} + \frac{1}{2}\right) * 86 = 170$$

De standaardafwijking van de vraag gedurende de levertijd en reviewperiode:

$$\sigma(D_{L+R}) = \sqrt{L + R} * \sigma_D = \sqrt{\frac{10}{52} + \frac{1}{2}} * 2.1885 = 1.82$$

Het niveau S wordt bepaald door onderstaande formule, omdat dit een A product is wordt hier een servicelevel van 90% gehanteerd:

$$S = \text{NORMINV}(SL, E(D_{L+R}), \sigma_{D_{L+R}}) = \text{NORMINV}(0.90, 86, 1.82) = 63.$$

In onderstaande tabel worden de gegevens voor de optimale bestelstrategie van dit product samengevat.

Variabele:	Afkorting	Waarde
Cycle Service Level	SLM_3	90%
Order-up-to Level	S	63
Aantal reviews per jaar	1/R	2
De tijd tussen het reviewen van de voorraad	R	1/2

Tabel 7: Bestelstrategie voor product PTM390EPRO

Dit wil zeggen dat om een Cycle Service Level van 0.90 te kunnen hanteren, er 2 keer per jaar naar de voorraad gekeken moet worden en de voorraad dan aangevuld moet worden tot de 63. In onderstaande tabel is de invloed van het verhogen of het verlagen van het servicelevel op het order-up-to level weergegeven. Hieruit is af te lezen dat naar mate het servicelevel hoger wordt, er relatief

meer producten op voorraad gelegd moeten worden. In onderstaande tabel is te zien dat er twee extra producten op voorraad gelegd moeten worden om het servicelevel te verhogen van 0.90 naar 0.99. Deze twee extra producten op voorraad kosten natuurlijk geld, maar het verhogen van het servicelevel kan geld opleveren doordat je op deze manier bijvoorbeeld minder klanten verliest en aantrekkelijker bent voor klanten.

CSL	Order-up-to level S
0.8	62
0.85	62
0.9	63
0.95	63
0.98	64
0.99	65
0.9999	67
1	∞

Tabel 8: Invloed van het verhogen of verlagen van het CSL

Uitwerking voor product 2.

De beslisboom wordt uitgewerkt voor product 2. Het product heeft een inkoop prijs van €90,49 en valt hierdoor in de B klasse. Het product is in 1 van de 64 maanden niet verkocht. Dit geeft een vraagfrequentie van:

$$\text{Vraagfrequentie} = \frac{\text{Aantal maanden waarin er vraag is geweest}}{\text{Totaal aantal maanden dat het product aangeboden is}} * 12 = \frac{63}{64} * 12 = 11.81$$

De vraagfrequentie $11.81 > 9$, dus dit product is een hardloper. Uit de beslisboom volgt vervolgens dat dit product met een (R,S) model beheerd moet worden.



Dit product wordt geïmporteerd uit China, waar een minimale bestelhoeveelheid van 50 stuks geldt. De andere hardlopers worden ook uit China geïmporteerd en we moeten ervoor zorgen dat het mogelijk is deze bestellingen te combineren. Het aantal reviews R wordt zodanig bepaald dat deze een veelvoud van elkaar zijn.

Om een indicatie te krijgen van de reviewperiode voor het product, wordt het aantal reviews R bepaald door: $\frac{E(D)}{EOQ}$. Voor het bepalen van de EOQ wordt de benadering uit paragraaf 3.3.1 gebruikt.

De bestelkosten zijn €200,00, de voorraadkosten worden geschat op 25% van de inkoop prijs: $0.25 * 90.49 = €22,62$. De verwachte jaarvraag $E(D)$ voor mei 2016- april 2017 is berekend door het model met trend uit paragraaf 3.4 toe te passen. De parameters a en b worden in Excel berekend met de volgende formules:

$$b = \frac{\sum_{t=1}^{64} t * X_t - \left(\frac{64+1}{2}\right) * \sum_{t=1}^{64} X_t}{n * (n^2 - 1) / 12} = 0.5682$$

Vervolgens wordt $\hat{a}$ berekend door:

$$\hat{a} = \sum_{t=1}^{64} \frac{X_t}{64} - b * \frac{64+1}{2} = -0.7024$$

De trendlijn heeft dus een functie van $X_t = 0.5682 * t - 0.7024$, het resultaat hiervan is te zien in onderstaand figuur.



Figuur 8: Vraagvoorspelling product 2

Uit deze voorspelling is de verwachte jaarvraag $E(D)$ gedaan. Deze voorspelling wordt gedaan door de verwachte vraag van de maanden mei 2016 t/m april 2017 te sommeren. Dit is: $\sum_{t=65}^{76} X_t = 472$.

De standaarddeviatie van de vraag, $\sigma(D)$ is berekend met de formule $\text{stdev} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$ in Excel, $\sigma(D) = 12.40$.

De gegevens van dit artikel staan weergegeven in onderstaande tabel.

Variabele	Afkorting	Waarde
Verwachte jaarvraag (stuks)	$E(D)$	472
Standaardafwijking van de vraag per jaar	σ_D	12.40
Levertijd (fractie van een jaar)	L	$\frac{10}{52} = 0.19$
Voorraadkosten (€/artikel/jaar)	h	22.62
Bestelkosten (€)	K	200

Tabel 9: Gegevens product p600h2

Nu wordt de optimale bestelgrootte berekend:

$$q = EOQ = \sqrt{\frac{2DK}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 472 * 200}{22.62}} = 91.36$$

Nu kan het aantal review R per jaar bepaald worden: $\frac{E(D)}{EOQ} = \frac{472}{91.36} = 5.17$. Dit getal wordt afgerond naar een veelvoud ($\neq 1$) van het kleinste aantal reviews dat van een product geplaatst wordt. Omdat het product dat uitgewerkt is in voorbeeld 1 een reviewperiode van 2 heeft, moet de reviewperiode van dit product hier een veelvoud van zijn. Dit betekent dat 5.17 afgerond wordt naar 6 en er 6 keer per jaar in de voorraad gekeken wordt.

De verwachting van de vraag gedurende de levertijd en reviewperiode:

$$E(D_{L+R}) = \left(\frac{10}{52} + \frac{1}{6}\right) * 472 = 170$$

De standaardafwijking van de vraag gedurende de levertijd en reviewperiode:

$$\sigma(D_{L+R}) = \sqrt{L + R} * \sigma_D = \sqrt{\frac{10}{52} + \frac{1}{6}} * 12.40 = 7.43$$

Het niveau S wordt bepaald door onderstaande formule, omdat dit een B product is wordt hier een servicelevel van 95% gehanteerd:

$$S = \text{NORMINV}(SL, E(D_{L+R}), \sigma_{D_{L+R}}) = \text{NORMINV}(0.95, 170, 7.43) = 182.$$

In onderstaande tabel worden de gegevens voor de optimale bestelstrategie van dit product samengevat.

Variabele:	Afkorting	Waarde
Cycle Service Level	SLM ₃	95%
Order-up-to Level	S	182
Aantal reviews per jaar	1/R	6
De tijd tussen het reviewen van de voorraad	R	1/6

Tabel 10: Bestelstrategie voor product p600h2

Dit wil zeggen dat om een Cycle Service Level van 0.95 te kunnen hanteren, er 6 keer per jaar naar de voorraad gekeken moet worden en de voorraad dan aangevuld moet worden tot de 182.

In onderstaande tabel is de invloed van het verhogen of het verlagen van het servicelevel op het order-up-to level weergegeven. Uit deze tabel is af te lezen dat er voor dit product meer producten extra op voorraad gelegd moeten worden om het servicelevel te verhogen van 0.90 naar 0.99 dan bij product 1.

CSL	Order-up-to level S
0.8	176
0.85	178
0.9	180
0.95	182
0.98	185
0.99	187
0.9999	198
1	∞

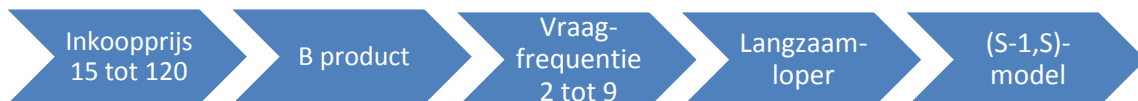
Tabel 11: Invloed van het verhogen of het verlagen van het CSL

Uitwerking voor product 3

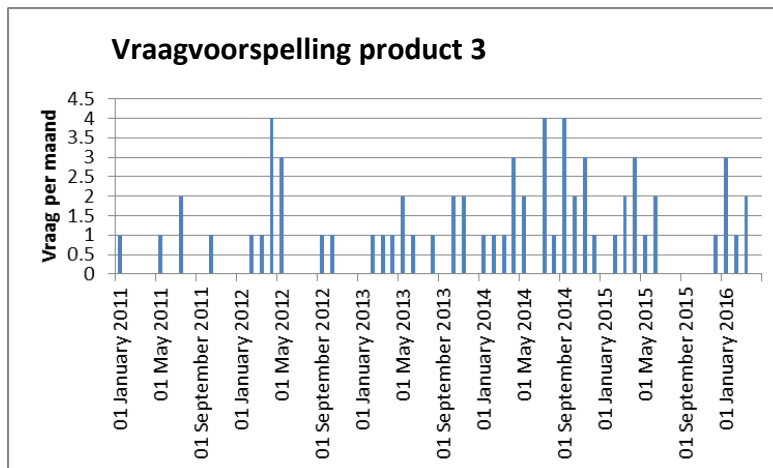
De beslisboom wordt uitgewerkt voor product 3. Het product heeft een inkoop prijs van €29.41 en valt hierdoor in de B klasse. Het product is in 26 van de 64 maanden niet verkocht. Dit geeft een vraagfrequentie van:

$$\text{Vraagfrequentie} = \frac{\text{Aantal maanden waarin er vraag is geweest}}{\text{Totaal aantal maanden dat het product aangeboden is}} * 12 = \frac{38}{64} * 12 = 7.12$$

De vraagfrequentie 7.12, dus dit product is een langzaamloper. Uit de beslisboom volgt vervolgens dat dit product met een (S-1,S) model beheerd moet worden.



Het verloop van de vraag uit het verleden is weergegeven in onderstaande diagram.



Figuur 9: Historische vraag product 3

Allereerst wordt λ , de gemiddelde vraag per maand, berekend door het totaal aantal keer dat één artikel is gevraagd te delen door het totaal aantal maanden dat het product op de site staat. Hieruit volgt $\lambda = 1.031$. Er moet het aantal producten op voorraad gelegd worden, zodat de vraag tijdens levertijd zodanig opgevangen kan worden dat er aan het beoogde servicelevel (SLM_3) voldaan wordt. De levertijd van dit product is $\frac{1}{15}$ maand, waardoor $\lambda * L = 1.03125 * \frac{1}{15} = 0.4063$. Met onderstaande formule wordt berekend wat de kans is dat de vraag gedurende levertijd k stuks is.

$$P(X_L = k) = \frac{e^{-\lambda L} * (\lambda L)^k}{k!}$$

$$P(X_L = 0) = \frac{e^{-0.4063} * (0.4063)^0}{0!} = 0.93356$$

$$P(X_L = 1) = \frac{e^{-0.4063} * (0.4063)^1}{1!} = 0.064181$$

$$P(X_L = 2) = \frac{e^{-0.4063} * (0.4063)^2}{2!} = 0.002206$$

$$P(X_L = 3) = \frac{e^{-0.4063} * (0.4063)^3}{3!} = 0.0000506$$

$$P(X_L = 4) = \frac{e^{-0.4063} * (0.4063)^4}{4!} = 0.000000869$$

$$P(X_L > 4) = 0$$

In Excel kunnen deze waarden berekend worden met de functie: '=POISSON(x; gemiddelde; cumulatief)'. Het resultaat hiervan is te zien in onderstaande tabel.

k	$P(X_L = k)$	$P(X_L > k)$	CSL bij k op voorraad
0	0.93356	0.06644	0.93356
1	0.064181	0.002258	0.997742
2	0.002206	0.0000514	0.999949
3	0.0000506	0.000000869	0.999999
4	0.000000869	0	1
>4	0	0	1

Tabel 12: Poisson verdeling voor product 3

Vervolgens kan de kans uitgerekend worden dat de vraag groter is dan het aantal stuks k op voorraad. Voor $k = 0$ geldt hier: $P(X > 0) = P(X=1) + P(X=2) + P(X=3) + P(X=4) = 0.06644$. In Excel wordt dit vervolgens herhaald voor $k = 1, 2, 3$ en 4 . De laatste stap is te kijken naar hoeveel stuks er op voorraad gelegd moet worden om aan een bepaald CSL te voldoen. $1 - P(X_L > k) \geq \text{CSL}$. Omdat dit een B product is, wordt hier een servicelevel van 0.95 gehanteerd. Uit de tabel blijkt dat er 1 stuks op voorraad gelegd moet worden om aan het servicelevel te kunnen voldoen.

Uitwerking voor product 4

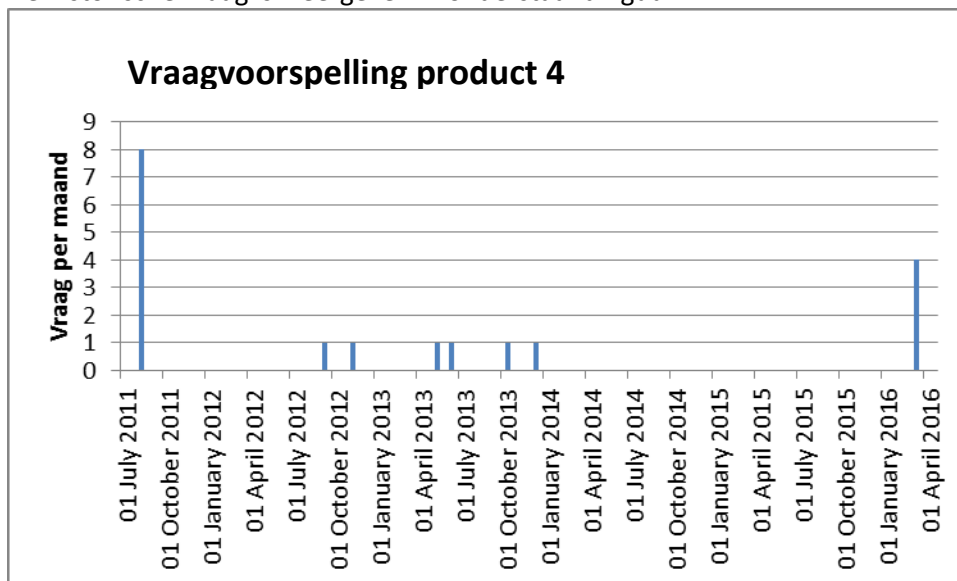
Het volgende product dat uitgewerkt gaat worden is product 4. Dit product heeft een inkoopprijs van €199,00 en komt hierdoor in de A klasse. Het product is 50 van de 58 maanden niet verkocht. De vraagfrequentie komt hierbij op:

$$\text{Vraagfrequentie} = \frac{\text{Aantal maanden waarin er vraag is geweest}}{\text{Totaal aantal maanden dat het product aangeboden is}} * 12 = \frac{8}{58} * 12 = 1.66$$

De vraagfrequentie is 1.66, het product wordt daarom ingedeeld in de groep nonmovers.



De historische vraag is weergegeven in onderstaand figuur.



Figuur 5: Historische vraag product 4

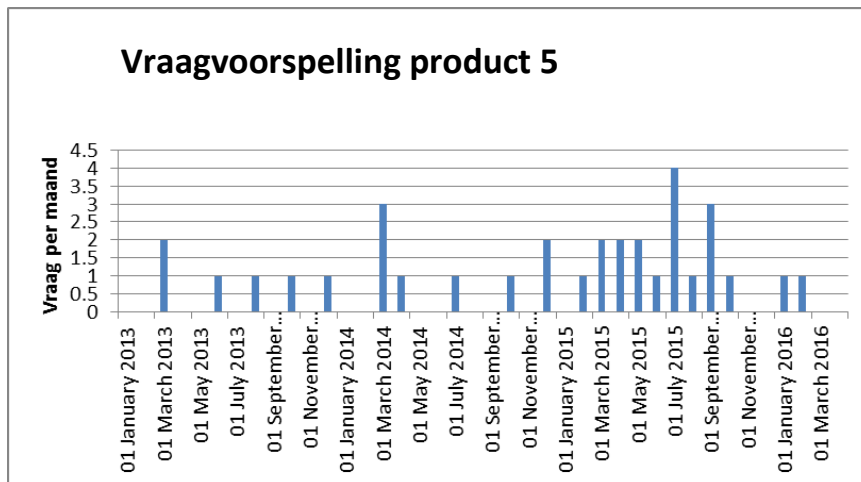
Uit dit figuur blijkt dat er van dit product in de laatste twee jaar maar in één maand vraag is geweest. Omdat dit een A product is zijn de voorraadkosten relatief hoog, en kan het beter zijn dit product per order te leveren. Het product wordt geleverd vanuit een magazijn in België. Hier zijn motoren opgeslagen die ingekocht zijn in China en geleverd worden tegen een hogere prijs, maar met kortere levertijd en geen restrictie van minimale bestelhoeveelheid.

Uitwerking voor product 5

Het volgende product dat uitgewerkt gaat worden is product 5. Dit product heeft een inkoopprijs van €11,00 en komt hiermee in de C klasse.



Voor dit product wordt een (S-1,S) model gehanteerd. Voor het maximumniveau S nemen wij het maximale aantal stuks dat in één maand is gevraagd. In onderstaand figuur is de historische vraag van dit product weergegeven.



Figuur 6: Historische vraag product 5

De maximale vraag in één maand is 4 stuks. Het maximumniveau S wordt vastgesteld op 4 stuks en wanneer er vraag is van dit product wordt er direct bijbesteld.

4.4. Implementatieplan

De beslisboom is opgesteld en tevens uitgewerkt voor een aantal representatieve producten. Om ervoor te zorgen dat dit model geïmplementeerd kan worden, wordt in deze paragraaf beschreven wat er gedaan moet worden met nieuwe en bestaande producten. Deze paragraaf bestaat uit twee delen. In het eerste deel wordt beschreven hoe er nieuwe producten aan de beslisboom toegevoegd kunnen worden en in het tweede deel wordt beschreven wat er met de huidige producten moet gebeuren.

Nieuwe producten

Met dit onderzoek is een tool in Excel ontwikkeld waarmee de beslisboom doorgerekend kan worden voor alle producten. Zo wordt de optimale bestelmethode per product bepaald en de hierbij horende waarden berekend. Wanneer een nieuw product in het assortiment komt, moet deze toegevoegd worden aan het model. Hierbij is het noodzakelijk dat historische data van het product beschikbaar zijn. Het product moet dus al enige periodes aangeboden staan voordat dit model gebruikt kan worden. Hoe meer historische data er zijn, des te nauwkeuriger de voorspelling van de juiste bestelmethode zal zijn. De bestelmethode kan op twee manieren bepaald worden, door handmatig de beslisboom te volgen of door het product in te voeren in Excel. Het handmatig doorlopen van de beslisboom is in paragraaf 4.3 beschreven en wordt niet aangeraden, omdat dit onnodig veel tijd kost. Het nieuwe product kan ingevoerd worden in het Excel model. In dit model wordt de optimale bestelmethode voor het product bepaald en de hierbij behorende variabelen.

Huidige producten

Voor de producten die op dit moment aangeboden worden op de website is de juiste bestelmethode bepaald. Bij een verandering van gegevens die van invloed zijn op de beslisboom of de uitwerking hiervan, zoals leverancier of prijs van het product, dient dit direct te worden doorgevoerd in het bovengenoemde model.

4.5. Conclusie

In dit hoofdstuk is er antwoord gegeven op deelvraag 3: Hoe wordt het bedrijf geholpen aan efficiënter voorraadbeheer? Door de literatuur te koppelen aan de situatie bij Pierik Techniek is een beslisboom opgesteld. De vraagfrequentie en inkoop prijs van producten bleken alle kenmerken van producten te dekken om het juiste voorraadmodel per product te kunnen vaststellen. Vervolgens zijn er gesprekken gevoerd binnen het bedrijf en is het assortiment geanalyseerd. Hieruit zijn de grenswaarden voor de splitsingspunten vastgesteld. Producten met een inkoop prijs van >€120 vallen

in de A klasse, producten met een inkoopprijs van $<€15$ vallen in de C klasse en de producten hiertussen in de B klasse. Producten met een vraagfrequentie van >9 zijn hardlopers, producten met een vraagfrequentie van <2 nonmovers en de producten hiertussen zijn langzaamlopers. De voorraadmodellen die gebruikt worden zijn het (S-1,S) model en het (R,S) model. Ook kan het soms beter zijn per order te bestellen. De beslisboom is een tool die in de toekomst gebruikt kan worden door Pierik Techniek. De tool die is opgesteld in Excel is bruikbaar om zo op een snelle manier de beslisboom te kunnen doorrekenen voor alle producten. Er kunnen nieuwe producten aan het model toegevoegd worden. Tevens dienen wijzigingen in gegevens die invloed hebben op het model direct te worden doorgevoerd in het model.

5. Conclusie en aanbevelingen

Dit hoofdstuk is opgedeeld in drie paragrafen. Paragraaf 5.1 vat de conclusies van dit verslag samen en geeft daarmee antwoord op de hoofdvraag. Vervolgens worden in paragraaf 5.2 enkele punten ter discussie gesteld die van invloed geweest kunnen zijn op de resultaten van dit onderzoek. Tot slot worden er in paragraaf 5.3 aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

5.3. Conclusie

Om Pierik Techniek op lange termijn te kunnen helpen aan efficiënt voorraadbeheer, is er behoefte aan een standaardproces waarmee bestelpunten en bestelgroottes van producten bepaald kunnen worden. De beslisboom is een model waarmee op basis van kenmerken van producten de bestelpunten en bestelgroottes van producten bepaald worden. Deze bestelpunten en bestelgroottes dienen zo bepaald te worden, dat er aan het beoogde servicelevel voldaan wordt. De onderzoeksvraag die hieruit volgt is:

“Hoe kan Pierik Techniek door gebruikmaking van een beslisboom bepalen wanneer er welke hoeveelheid besteld moet worden van een product, om zo te kunnen voldoen aan het beoogde servicelevel?”

Het antwoord op deze hoofdvraag is een beslisboom waarmee per product kan worden bepaald wanneer er hoeveel besteld moet worden. Het bepalen van wanneer er hoeveel besteld moet worden van welk product, gebeurt in de huidige situatie op basis van gevoel en ervaring. Hiervoor worden geen kwantitatieve analyses uitgevoerd. Uit de literatuur volgt welke punten belangrijk zijn voor het kiezen van een optimale bestelmethode voor een product. Deze punten worden in de beslisboom splitsingspunten genoemd. De relevante splitsingspunten voor in de beslisboom zijn de vraagfrequentie en de inkoop prijs van het product. Onder vraagfrequentie verstaan we het aantal maanden per jaar waarin er vraag is geweest van het product. In de beslisboom worden de producten eerst ingedeeld op basis van hun inkoop prijs. Dit bepaalt of het product in de A, B of C klasse valt. Producten met een inkoop prijs $>€120$ worden gezien als dure producten en vallen in de A klasse. Producten met een inkoop prijs $<€15$ worden gezien als goedkope producten en vallen in de C klasse. Alle producten hiertussenin vallen in de B klasse. Per klasse is een servicelevel vastgesteld dat als uitgangspunt genomen wordt bij het berekenen van de bestelgroottes en bestelmomenten. Uit de literatuur is gebleken dat het voor A producten relatief duur is hoge servicelevels te behalen. Voor C producten is het verhogen van de veiligheidsvoorraad relatief goedkoop. Hierdoor wordt aangeraden het servicelevel voor C producten hoger te nemen dan voor A producten. De servicelevels die zijn vastgesteld voor de A, B en C producten zijn respectievelijk 0.90, 0.95 en 0.98. Voor de goedkope C producten kan er vanuit dit punt in de beslisboom direct de optimale bestelmethode bepaald worden. Verdere kenmerken van producten zijn niet belangrijk voor het vaststellen van de optimale bestelmethode. De goedkope producten zijn relatief goedkoop om op voorraad te hebben. Hierdoor is het zonde om niet te kunnen leveren of teveel tijd te steken in het doen van nauwkeurige vraagvoorspellingen. Om deze reden is er voor deze producten gekozen een (S-1,S) model toe te passen. Bij dit model wordt er direct bijbesteld op het moment dat er vraag is geweest van het product. Als order-up-to level wordt het maximale aantal stuks dat in een maand gevraagd wordt genomen. De A en B producten worden nader gespecificeerd aan de hand van hun vraagfrequentie. Producten in meer dan 9 maanden van de 12 zijn verkocht zijn hardlopers. Producten die tussen de 2 en de 9 van de 12 maanden zijn verkocht zijn langzaamlopers en de producten die in minder dan 2 van de 12 maanden zijn verkocht zijn nonmovers. De hardlopers zijn producten die allemaal geïmporteerd worden uit China. Hier geldt een minimale bestelhoeveelheid van 50 stuks. Bij deze producten wordt het (R,S) model toegepast. Zo kunnen bestellingen gecombineerd worden en de bestelkosten hierdoor gereduceerd. Langzaamlopers zijn producten die bij verschillende leveranciers in de buurt kunnen worden ingekocht. Voor deze groep producten passen wij het (S-1,S) model toe. Op het moment dat er besteld wordt, moet de voorraad worden

aangevuld tot het order-up-to level S . Het order-up-to level wordt zodanig bepaald, dat aan het servicelevel voldaan wordt. Deze groep producten heeft een vraag die Poisson verdeeld is. Met de dichtheidsfunctie $P(X_L = k) = \frac{e^{-\lambda L} (\lambda L)^k}{k!}$ is het aantal stuks berekend dat op voorraad gelegd moet worden. De groep nonmovers zijn producten waarvan er sporadisch vraag is. Voor deze producten wordt het aangeraden deze per order te bestellen, omdat de levertijd kort is en de voorraadkosten relatief hoog. Met behulp van Excel zijn bovenstaande modellen voor alle producten doorgerekend. Tevens is dit omgezet in een handige tool waarmee de optimale bestelmethode voor alle producten volgens de beslisboom bepaald worden en doorgerekend. Zo is het bedrijf voorzien van een standaardprocedure voor het voorraadbeheer.

5.4. Discussie

Bij dit onderzoek zijn er enkele beperkingen die wellicht van invloed zijn geweest op de resultaten van dit onderzoek, deze beperkingen noemen we discussiepunten en zullen hieronder kort besproken worden.

Het eerste discussiepunt van dit onderzoek is dat de historische afzet beschikbaar is en deze gebruikt is als basis voor het doen van vraagvoorspellingen. Echter zal de historische afzet waarschijnlijk lager zijn dan de daadwerkelijke historische vraag, doordat er door het niet-beschikbaar zijn van producten verkopen misgelopen zijn.

Een tweede discussiepunt is dat er geen kwantitatieve verbetering aangetoond kan worden, omdat er weinig data beschikbaar zijn over de huidige situatie. Zo kunnen kosten, voorraadmiveaus en servicelevels van de situatie na gebruikmaking van de beslisboom niet vergeleken worden met de huidige situatie. Er wordt daarom aangeraden om in de toekomst meer gegevens over de producten bij te houden, namelijk de volgende: het aantal keer dat er niet geleverd kan worden en de voorraadmiveaus van producten.

Een derde discussiepunt is dat producten uit de groepen 'langzaamlopers' en 'nonmovers' bij verschillende leveranciers tegen verschillende prijzen ingekocht kunnen worden. Voor deze producten zou per leverancier een overzicht gemaakt kunnen worden met exacte levertijden, bestelkosten en kosten van de producten per leverancier. Zo kunnen deze groepen producten nauwkeuriger geanalyseerd worden.

Een vierde discussiepunt is het vaststellen van de servicelevels per klasse. In dit onderzoek is een aanbeveling gedaan voor de servicelevels. Het kan verstandig zijn te onderzoeken hoe hoog concurrenten hun servicelevels hebben, zodat hierop ingespeeld kan worden. Om deze reden zijn de servicelevels als variabel gezet in het model, zodat deze eenvoudig aangepast kunnen worden.

Een vijfde en laatste discussiepunt zijn de grenswaarden bij de splitsingspunten in de beslisboom. Deze waarden zijn bepalend voor welk voorraadmodel er toegepast wordt en kunnen op verschillende manieren vastgesteld worden. In dit onderzoek zijn deze waarden vastgesteld door de natuurlijke vraagpatronen van het product te volgen en gesprekken te voeren binnen het bedrijf.

Na het doen van dit onderzoek en het ter discussie stellen van enkele punten van dit onderzoek, kunnen er enkele aanbevelingen gedaan worden betreft de beslisboom en het voorraadbeheer bij Pierik Techniek.

5.5. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Met oog op de toekomst is het verstandig één persoon verantwoordelijk te maken voor het voorraadbeheer. Het is verstandig om iemand van sales verantwoordelijk te laten zijn voor het voorraadbeheer, omdat sales het beste zicht heeft op de markt en zo kan inspelen op veranderingen van concurrenten of van de markt en hier rekening mee kan houden met inkopen.

De basis van deze beslisboom zijn betrouwbare data. Voor de hardlopers is het voorspellen van de vraag een essentieel onderdeel voor het verdere invullen van de bestelmethode. Om deze voorspelling nauwkeuriger te maken, zal de daadwerkelijke vraag bijgehouden moeten worden en zal eigen inzicht in veranderingen in de markt of concurrenten ook meegenomen moeten worden,

tevens moet er bij het zien van veranderingen in de markt nagegaan worden of de servicelevels aangepast moeten worden. Er is geen rekening gehouden met de levenscyclus van een product. De levenscyclus van een product kan invloed hebben op de toekomstige vraagvoorspelling. Als een product in de aanloopfase zit, zal deze informatie niet betrouwbaar zijn om toekomstige voorspellingen op te doen, omdat er wellicht tekorten zijn geweest bij de aanloop of omdat de marketing te laat begon.

De bestelpunten voor de producten zijn berekend met behulp van gegevens die nu bekend zijn over het product, zoals inkoopprijs en historische vraag. Wanneer gegevens veranderen die gebruikt zijn voor het bepalen van bestelpunten, moeten deze worden herzien.

Om een kwantitatieve verbetering te kunnen zien van gebruikmaking van dit model, zullen er meer data bijgehouden moeten worden. Zo kunnen de voorraadniveaus in de nieuwe situatie vergeleken worden met de huidige situatie, evenals de servicelevels. Voor het vaststellen van de servicelevels in de huidige situatie en na implementatie van dit model in de nieuwe situatie, zal er bijgehouden moeten worden hoeveel backorders en neen-verkopen er zijn geweest. Op dit moment is dit eenvoudig bij te houden, wanneer een product niet op voorraad ligt wordt de klant gebeld of dat hij akkoord gaat met een langere levertijd, of wordt het product met spoed gekocht. Op zo'n moment zal dit dus bijgehouden moeten worden. Op lange termijn zal het mogelijk zijn de voorraadniveaus van producten te integreren met de website, zodat de klant zelf ziet of dit product op voorraad ligt of niet, echter sluit je zo het plaatsen van spoedorder, en het dus alsnog leveren van het product, uit.

Voor de producten uit de groepen langzaamlopers en nonmovers zullen er meer data verzameld moeten worden om hier nauwkeurige analyses op uit te kunnen voeren. Zo zal er een overzicht gecreëerd kunnen worden van welke producten bij welke leveranciers af te nemen zijn met prijzen die hierbij horen. Wanneer veel producten bij dezelfde leverancier afgenomen kunnen worden kan er onderzoek gedaan worden naar hoe deze producten het best gecombineerd kunnen worden in een bestelling om de kosten lager te houden (Winston, 2004).

Voor de producten uit de groep nonmovers zal er bijgehouden moeten worden welke producten in deze groep vallen en hoe vaak deze besteld worden. De exacte levertijden van deze producten moeten vastgesteld worden. Zo kan er nagegaan worden of dat deze het beste per order besteld kunnen worden of dat hier beter een voorspelling over gedaan kan worden, bijvoorbeeld met de theorie van Croston (Silver, Pyke & Peterson, 1998).

Er kan onderzocht worden wat de invloed is van het wijzigen van de grenswaarden bij de splitsingspunten in de beslisboom. Zo kan het voorkomen dat producten in een andere groep terechtkomen en hierdoor een andere voorraadmodel toegewezen krijgen.

Bibliografie

Chopra, S. & Meindle, P. (2013). *Supply Chain Management* (5e editie). Pearson.

Durlinger, P.P.J. (2013). Effectief voorraadbeheer - een stappenplan - . Posterholt: Durlinger Consultancy.

Durlinger, P.P.J. (2016) *Formule van Camp: onbegrepen en onterecht verguisd*. Geraadpleegd op 16 juni 2016, van logistiek.nl: <http://www.logistiek.nl/supply-chain/blog/2011/8/formule-van-camp-onbegrepen-en-onterecht-verguisd-101131892>

Durlinger, P.P.J. (2014). Productie en voorraadbeheer 1 – Forecasting -. Posterholt: Durlinger Consultancy

Van Goor, A.R., Kruijtzter, A.H.L.M. & Esmeijer, G.W. (1993). *Goederenstroombesturing, voorraadbeheer en materials handling* (tweede druk). Stengert Kroese.

Halvewerk. (2016). Opgeroepen op Mei/Juni 2016, van <http://halvewerk.nl/>

Heerkens, J.M.G., & Van Winden, A. (2012) *Geen probleem, een aanpak voor alle bedrijfskundige vragen en mysteries*. Buren: Business School Nederland.

Pierik Techniek. (2016). Opgeroepen op Mei/Juni 2016, van <http://www.pieriktechniek.nl/>

Silver, E.A., Pyke, D.F., & Peters on, R. (1998) *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* (Third Edition). New York: John Wiley & Sons.

Slack, N., Brandon-Jones, A., Johnston, R. (2013). *Operations Management* (7e editie). Hardlow: Pearson Education Limited.

Troost, Seijer (2016). *Kies de juiste voorspellingstechniek en bespaar flink op de voorraad*. Geraadpleegd op 13 juni 2016, van logistiek.nl: <http://www.logistiek.nl/supply-chain/blog/2007/11/kies-de-juiste-voorspellingstechniek-en-bespaar-flink-op-de-voorraad-101131923>

Troost, Seijer (2016). *Vraagvoorspelling in Excel: hoe doe je dat?* Geraadpleegd op 15 juni 2016, van logistiek.nl: <http://www.logistiek.nl/supply-chain/blog/2007/3/vraagvoorspelling-in-excel-hoe-doe-je-dat-101131947>

Winston, Wayne L. (2004). *Operations Research* (4^e editie). Brooks/Cole, Cengage Learning.

Bijlagen

Bijlage 1 - Voorraadkosten

De voorraadkosten worden onderverdeeld in drie categorieën, deze worden ook wel de '3R's' genoemd (Durlinger, 2013). Om de voorraadkosten goed in te kunnen schatten is het belangrijk dat deze drie kostenposten individueel bekeken worden.

- Rentekosten: dit zijn de kosten van het kapitaal. Hiermee wordt ook wel bedoeld wat de onderneming had kunnen verdienen als ze het geld niet in voorraad had gestopt.
- Ruimtekosten: dit zijn de kosten die verbonden zijn aan de opslag van de voorraden in een magazijn, bijvoorbeeld: huur, afschrijving, onderhoud en personeel.
- Risicokosten: dit zijn de kosten die ontstaan doordat goederen minder waard worden door beschadiging of simpelweg doordat ze niet meer nodig zijn.

In de praktijk blijkt het vaak lastig de voorraadkosten exact te bepalen, daarom worden de voorraadkosten vaak uitgedrukt in een percentage van de totale waarde van de voorraad. In de literatuur wordt voor voorraadkosten vaak 25% van de inkoopprijs van een product genomen. (Durlinger, 2013). Dit is een empirisch gemiddelde, berekend op basis van een groot aantal verschillende bedrijven. Omdat de voorraadkosten bij Pierik Techniek niet bekend zijn, wordt er in dit onderzoek aangenomen dat de voorraadkosten 25% van de inkoopprijs bedragen.

Bijlage 2- Resultaten

A producten

Hardlopers

In onderstaande tabel staan de resultaten van de A producten uit de groep hardlopers die met het (R,S)-methode uitgewerkt zijn voor een Cycle Service Level van 0.90. Hierbij er bij de optimale bestelgrootte q rekening gehouden met de minimale bestelgrootte. Als de optimale bestelgrootte kleiner was dan de minimale bestelgrootte, is de minimale bestelgrootte gebruikt als q . Vervolgens is het aantal keer dat er in de voorraad gekeken wordt bepaald door onderstaande formule:

$R = \frac{E(D)}{q}$, dit is voor alle producten gedaan. De R is vervolgens bepaald door de uitkomst van $E(D)/q$ af te ronden naar een veelvoud van de kleinste reviewperiode $\neq 1$, die een product heeft. Zo wordt er op gelijke momenten naar verschillende producten in de voorraad gekeken worden en kunnen bestellingen gecombineerd worden.

Productnummer	E(D)	σ_D	q^*	$E(D_{L+R})$	σ_{DL+R}	1/R	R	S
Product 1	86	2.1885	50	60	1.82	2	0.50	63
Product 2	70	2.5596	50	48	2.13	2	0.50	51
Product 3	74	2.1760	50	51	1.81	2	0.50	54
Product 4	71	2.7409	50	49	2.28	2	0.50	52
Product 5	85	2.3057	50	59	1.92	2	0.50	62

Tabel 13: Resultaten van (R,S)-methode voor B producten in de groep hardlopers.

In onderstaande tabel is de invloed van het CSL op het order-up-to level S weergegeven. De reviewperiode blijft hierbij onveranderd.

CSL	Product 1 S	Product 2 S	Product 3 S	Product 4 S	Product 5 S
0.8	62	50	53	51	61
0.85	62	51	54	52	61
0.9	63	51	54	52	62
0.95	63	52	55	53	62
0.98	64	53	56	54	63
0.99	65	54	56	55	64
0.9999	67	57	59	58	66
1	∞	∞	∞	∞	∞

Tabel 14: Invloed van het CSL op het order-up-to level

Langzaamlopers

In onderstaande tabel staan de resultaten van de A producten uit de groep langzaamlopers die met het (S-1,S)-model uitgewerkt zijn voor een Cycle Service Level van 0.90.

Productnummer	Op voorraad	Productnummer	Op voorraad
Product 6	1	Product 25	1
Product 7	1	Product 26	1
Product 8	1	Product 27	1
Product 9	1	Product 28	1
Product 10	1	Product 29	2
Product 11	1	Product 30	0
Product 12	1	Product 31	0
Product 13	2	Product 32	0
Product 14	1	Product 33	1
Product 15	1	Product 34	1
Product 16	1	Product 35	1
Product 17	1	Product 36	1
Product 18	1	Product 37	1
Product 19	1	Product 38	1
Product 20	1	Product 39	1
Product 21	1	Product 40	1
Product 22	1	Product 41	1
Product 23	1	Product 42	1
Product 24	1	Product 43	1

Tabel 15: Aantal stuks op voorraad van A producten

Nonmovers

Onderstaande producten hebben verschillende leveranciers in de buurt en dienen door hun sporadische vraag per order te worden besteld.

Productnummer	Productnummer	Productnummer
Product 44	Product 85	Product 125
Product 45	Product 86	Product 126
Product 46	Product 87	Product 127
Product 47	Product 88	Product 128
Product 48	Product 89	Product 129
Product 49	Product 90	Product 130
Product 50	Product 91	Product 131
Product 51	Product 91	Product 132
Product 52	Product 92	Product 133
Product 53	Product 93	Product 134
Product 54	Product 94	Product 135
Product 55	Product 95	Product 136
Product 56	Product 96	Product 137
Product 57	Product 97	Product 138
Product 58	Product 98	Product 139
Product 59	Product 99	Product 140
Product 60	Product 100	Product 141
Product 61	Product 101	Product 142
Product 62	Product 102	Product 143
Product 63	Product 103	Product 144
Product 64	Product 104	Product 145
Product 65	Product 105	Product 146
Product 66	Product 106	Product 147
Product 67	Product 107	Product 148
Product 68	Product 108	Product 149
Product 69	Product 109	Product 150
Product 70	Product 110	Product 151
Product 71	Product 111	Product 152
Product 72	Product 112	Product 153
Product 73	Product 113	Product 154
Product 74	Product 114	Product 155
Product 75	Product 115	Product 156
Product 76	Product 116	Product 157
Product 77	Product 117	Product 158
Product 78	Product 118	Product 159
Product 79	Product 119	Product 160
Product 80	Product 120	Product 161
Product 81	Product 121	Product 162
Product 82	Product 122	Product 163
Product 83	Product 123	Product 164
Product 84	Product 124	Product 165

Product 166	Product 181	Product 195
Product 167	Product 182	Product 196
Product 168	Product 183	Product 197
Product 169	Product 184	Product 198
Product 170	Product 185	Product 199
Product 171	Product 186	Product 200
Product 172	Product 187	Product 201
Product 173	Product 188	Product 202
Product 174	Product 189	Product 202
Product 175	Product 190	Product 203
Product 176	Product 191	Product 204
Product 177	Product 192	Product 205
Product 178	Product 193	Product 206
Product 179	Product 194	Product 207
Product 180		

Tabel 16: Producten per order bestellen

B producten

Hardlopers

In onderstaande tabel staan de resultaten van de B producten uit de groep hardlopers die met het (R,S)-methode uitgewerkt zijn voor een Cycle Service Level van 0.95. Hierbij er bij de optimale bestelgrootte q rekening gehouden met de minimale bestelgrootte. Als de optimale bestelgrootte kleiner was dan de minimale bestelgrootte, is de minimale bestelgrootte gebruikt als q. Vervolgens is het aantal keer dat er in de voorraad gekeken wordt bepaald door onderstaande formule:

$R = \frac{E(D)}{q}$, dit is voor alle producten gedaan. De R is vervolgens bepaald door de uitkomst van $E(D)/q$ af te ronden naar een veelvoud van de kleinste reviewperiode $\neq 1$, die een product heeft. Zo wordt er op gelijke momenten naar verschillende producten in de voorraad gekeken worden, en kunnen bestellingen gecombineerd worden.

Productnummer	E(D)	σ_D	q *	E(D _{L+R})	σ_{DL+R}	1/R	R	S
Product 208	1072	29.84	135	340	16.81	8	0.13	368
Product 209	222	5.57	55	98	3.71	4	0.25	105
Product 210	472	12.40	92	170	7.43	6	0.17	182
Product 211	200	4.92	53	88	3.27	4	0.25	94
Product 212	26	1.22	30	31	1.33	1	1	34
Product 213	70	4.06	10	14	1.79	6	0.17	17
Product 214	83	4.26	50	57	3.54	2	0.5	64
Product 215	317	6.13	66	140	4.08	4	0.25	147
Product 216	486	5.03	161	215	3.35	4	0.25	221

Tabel 17: Resultaten van (R,S)-methode voor B producten in de groep hardlopers.

Onderstaande tabellen laten de invloed van het CSL op het order-up-to level S zien. De reviewperiode blijft hierbij onveranderd.

CSL	Product 208 S	Product 209 S	Product 210 S	Product 211 S	Product 212 S
0.8	355	102	176	92	48
0.85	358	102	178	92	49
0.9	362	103	180	93	49
0.95	368	105	182	94	50
0.98	375	106	185	96	51
0.99	380	107	187	96	52
0.9999	403	112	198	101	55
1	∞	∞	∞	∞	∞

Tabel 18: Invloed van het CSL op het order-up-to level

CSL	Product 213 S	Product 214 S	Product 215 S	Product 216 S
0.8	37	61	144	218
0.85	37	62	145	219
0.9	38	63	146	220
0.95	39	64	147	221
0.98	40	65	149	222
0.99	40	66	150	223
0.9999	43	71	156	228
1	∞	∞	∞	∞

Tabel 19: Invloed van het CSL op het order-up-to level

Langzaamlopers

Het voorraadniveau is bepaald aan de hand van een servicelevel van 0.95

Productnummer	Op voorraad	Productnummer	Op voorraad
Product 217	1	Product 236	1
Product 218	1	Product 237	1
Product 219	1	Product 238	1
Product 220	1	Product 239	1
Product 221	1	Product 240	1
Product 222	1	Product 241	1
Product 223	1	Product 242	1
Product 224	1	Product 243	1
Product 225	1	Product 244	1
Product 226	1	Product 245	1
Product 227	1	Product 246	1
Product 228	1	Product 247	1
Product 229	1	Product 248	0
Product 230	1	Product 249	0
Product 231	1	Product 250	0
Product 232	1	Product 251	1
Product 233	1	Product 252	1
Product 234	1	Product 253	1
Product 235	1	Product 254	1

Tabel 20: Aantal stuks op voorraad met het (S-1,S) systeem

Nonmovers

Onderstaande producten hebben verschillende leveranciers in de buurt en dienen door hun sporadische vraag per order te worden besteld.

Productnummer	Productnummer	Productnummer	Productnummer
Product 255	Product 277	Product 299	Product 321
Product 256	Product 278	Product 300	Product 322
Product 257	Product 279	Product 301	Product 323
Product 258	Product 280	Product 302	Product 324
Product 259	Product 281	Product 303	Product 325
Product 260	Product 282	Product 304	Product 326
Product 261	Product 283	Product 305	Product 327
Product 262	Product 284	Product 306	Product 328
Product 263	Product 285	Product 307	Product 329
Product 264	Product 286	Product 308	Product 330
Product 265	Product 287	Product 309	Product 331
Product 266	Product 288	Product 310	Product 332
Product 267	Product 289	Product 311	Product 333
Product 268	Product 290	Product 312	Product 334
Product 269	Product 291	Product 313	Product 335
Product 270	Product 292	Product 314	Product 336
Product 271	Product 293	Product 315	Product 337
Product 272	Product 294	Product 316	Product 338
Product 273	Product 295	Product 317	Product 339
Product 274	Product 296	Product 318	Product 340
Product 275	Product 297	Product 319	Product 341
Product 276	Product 298	Product 320	

Tabel 21: B producten die per order moeten worden besteld

C producten

Alle producten uit de C klasse worden middels het (S-1,S) model behandeld. Hierbij wordt het maximale aantal stuks dat in een maand gevraagd is als maximumniveau S genomen. Op het moment dat er vraag is, wordt er bijbesteld tot S.

Hardlopers

Productnummer	Aantal stuks op voorraad	Productnummer	Aantal stuks op voorraad
Product 342	6	Product 345	14
Product 343	9	Product 346	4
Product 344	7	Product 347	4

Tabel 22: Aantal stuks op voorraad C producten hardlopers

Langzaamlopers

Productnummer	Aantal stuks op voorraad	Productnummer	Aantal stuks op voorraad
Product 348	4	Product 353	1
Product 349	3	Product 354	100
Product 350	2	Product 355	16
Product 351	4	Product 356	3
Product 352	5	Product 357	5

Product 358	3	Product 398	6
Product 359	2	Product 399	2
Product 360	3	Product 400	5
Product 361	4	Product 401	2
Product 362	2	Product 402	6
Product 363	2	Product 403	4
Product 364	2	Product 404	2
Product 365	2	Product 405	23
Product 366	2	Product 406	4
Product 367	2	Product 407	8
Product 368	4	Product 408	8
Product 369	5	Product 409	36
Product 370	6	Product 410	14
Product 371	6	Product 411	4
Product 372	27	Product 412	12
Product 373	74	Product 413	4
Product 374	15	Product 414	4
Product 375	85	Product 415	7
Product 376	16	Product 416	1
Product 377	4	Product 417	1
Product 378	3	Product 418	1
Product 379	2	Product 419	1
Product 380	4	Product 420	4
Product 381	4	Product 421	40
Product 382	5	Product 422	4
Product 383	6	Product 423	1
Product 384	3	Product 424	2
Product 385	4	Product 425	4
Product 386	4	Product 426	7
Product 387	5	Product 427	8
Product 388	2	Product 428	4
Product 389	2	Product 429	12
Product 390	11	Product 430	1
Product 391	5	Product 431	2
Product 392	2	Product 432	1
Product 393	26	Product 433	3
Product 394	16	Product 434	6
Product 395	1	Product 435	1
Product 396	1	Product 436	5
Product 397	3		

Tabel 23: Aantal stuks op voorraad langzaamlopers uit C klasse

Nonmovers

Productnummer		Productnummer		Productnummer	
Product 437	1	MR100C	1	Product 439	1
Product 438	1	1174513	1	Product 440	1

Product 441	1	Product 487	1	Product 533	1
Product 442	1	Product 488	1	Product 534	1
Product 443	1	Product 489	1	Product 535	1
Product 444	1	Product 490	1	Product 536	4
Product 445	1	Product 491	1	Product 537	1
Product 446	1	Product 492	1	Product 538	1
Product 447	1	Product 493	1	Product 539	1
Product 448	2	Product 494	1	Product 540	1
Product 449	1	Product 495	1	Product 541	1
Product 450	1	Product 496	1	Product 542	1
Product 451	1	Product 497	1	Product 543	2
Product 452	1	Product 498	1	Product 544	2
Product 453	1	Product 499	1	Product 545	2
Product 454		Product 500	1	Product 546	1
Product 455	15	Product 501	1	Product 547	2
Product 456	1	Product 502	1	Product 548	1
Product 457	1	Product 503	2	Product 549	1
Product 458	4	Product 504	4	Product 550	1
Product 459	7	Product 505	1	Product 551	1
Product 460	8	Product 506	3	Product 552	1
Product 461	8	Product 507	2	Product 553	1
Product 462	20	Product 508	4	Product 554	1
Product 463	2	Product 509	50	Product 555	1
Product 464	1	Product 510	4	Product 556	1
Product 465	1	Product 511	1	Product 557	1
Product 466	1	Product 512	28	Product 558	1
Product 467	1	Product 513	22	Product 559	1
Product 468	2	Product 514	20	Product 560	1
Product 469	2	Product 515	2	Product 561	1
Product 470	1	Product 516	10	Product 562	1
Product 471	1	Product 517	9	Product 563	1
Product 472	1	Product 518	40	Product 564	1
Product 473	1	Product 519	4	Product 565	1
Product 474	1	Product 520	2	Product 566	1
Product 475	1	Product 521	1	Product 567	1
Product 476	1	Product 522	1	Product 568	1
Product 477	1	Product 523	3	Product 569	1
Product 478	1	Product 524	3	Product 570	1
Product 479	1	Product 525	6	Product 571	2
Product 480	1	Product 526	6	Product 572	1
Product 481	1	Product 527	2	Product 573	1
Product 482	1	Product 528	4	Product 574	1
Product 483	2	Product 529	1	Product 575	1
Product 484	1	Product 530	1	Product 576	1
Product 485	1	Product 531	1	Product 577	1
Product 486	1	Product 532	2	Product 578	1

Product 579	1	Product 625	1	Product 671	1
Product 580	1	Product 626	15	Product 672	1
Product 581	2	Product 627	20	Product 673	1
Product 582	2	Product 628	10	Product 674	15
Product 583	1	Product 629	4	Product 675	2
Product 584	5	Product 630	1	Product 676	2
Product 585	1	Product 631	1	Product 677	2
Product 586	1	Product 632	5	Product 678	2
Product 587	1	Product 633	22	Product 679	2
Product 588	1	Product 634	1	Product 680	2
Product 589	1	Product 635	1	Product 681	2
Product 590	1	Product 636	2	Product 682	2
Product 591	1	Product 637	2	Product 683	2
Product 592	1	Product 638	2	Product 684	1
Product 593	2	Product 639	2	Product 685	2
Product 594	1	Product 640	1	Product 686	2
Product 595	1	Product 641	2	Product 687	1
Product 596	1	Product 642	4	Product 688	2
Product 597	1	Product 643	1	Product 689	4
Product 598	7	Product 644	1	Product 690	1
Product 599	1	Product 645	1	Product 691	4
Product 600	1	Product 646	2	Product 692	2
Product 601	1	Product 647	1	Product 693	1
Product 602	1	Product 648	2	Product 694	12
Product 603	1	Product 649	3	Product 695	1
Product 604	1	Product 650	1	Product 696	2
Product 605	1	Product 651	1	Product 697	4
Product 606	1	Product 652	2	Product 698	1
Product 607	4	Product 653	1	Product 699	1
Product 608	4	Product 654	2	Product 700	1
Product 609	1	Product 655	2	Product 701	5
Product 610	1	Product 656	1	Product 702	1
Product 611	1	Product 657	1	Product 703	2
Product 612	1	Product 658	1	Product 704	2
Product 613	1	Product 659	1	Product 705	2
Product 614	1	Product 660	1	Product 706	20
Product 615	1	Product 661	1	Product 707	1
Product 616	2	Product 662	1	Product 708	10
Product 617	4	Product 663	1	Product 709	8
Product 618	1	Product 664	1	Product 710	2
Product 619	2	Product 665	1	Product 711	10
Product 620	1	Product 666	1	Product 712	12
Product 621	2	Product 667	1	Product 713	1
Product 622	1	Product 668	2	Product 714	1
Product 623	2	Product 669	1	Product 715	20
Product 624	3	Product 670	1	Product 716	2

Product 717	2	Product 721	20	Product 725	4
Product 718	1	Product 722	1	Product 726	100
Product 719	1	Product 723	1	Product 727	4
Product 720	1	Product 724	1	Product 728	1

Tabel 24: Aantal stuks op voorraad nonmovers uit C klasse

Bijlage 3 – Toelichting Excel sheet voor implementatie

In deze bijlage staat een toelichting op de Excel sheet waarmee er per product de juiste bestelmethode bepaald en doorerekend wordt. Hiermee kunnen huidige producten herzien worden en nieuwe producten toegevoegd worden. Wanneer nodig wordt er hier dieper in gegaan op de formules die gebruikt zijn in Excel.

Nieuwe producten

Voor het toevoegen van een nieuw product aan dit model, is het noodzakelijk dat er historische data van het product beschikbaar zijn. Het product moet dus al enige periode aangeboden staan voordat dit model gebruikt kan worden. Hoe meer historische data er zijn, hoe nauwkeuriger de voorspelling van de juiste bestelmethode zal zijn. De bestelmethode kan op twee manieren bepaald worden, door handmatig de beslisboom te volgen of door het product in te voeren in Excel. Het handmatig doorlopen van de beslisboom is in paragraaf 4.4 beschreven en wordt niet aangeraden, omdat dit onnodig veel tijd kost. Het nieuwe product kan ingevoerd worden in het Excel model. Dit model bevat vier werkbladen: "Producten", "Hardlopers", "Langzaamlopers" en "Intermittent". Deze vier werkbladen zullen afzonderlijk van elkaar toegelicht worden.

Producten

Dit tabblad heeft twee functies:

1. Het veranderen van het servicelevel per klasse (A, B of C). Het aanpassen van dit servicelevel in cel B3, C3 en D3 wordt automatisch meegenomen in de hieropvolgende berekeningen.
2. Het plaatsen van een product in de juiste groep: hardlopers, langzaamlopers, of nonmovers.

Om functie twee te laten slagen, zijn er twee formules die nader toegelicht moeten worden.

Elke kolom van kolom E op dit tabblad geeft een product weer, met de productnaam in rij 2, het productnummer in rij 3 en de afzet in rij 4 t/m rij 67. Het plaatsen van een product in een groep gebeurt zoals bij het opstellen van de beslisboom is uitgelegd, door het percentage nullen te bepalen dat de tijdreeks bevat. De formule in Excel die dit percentage berekent is de eerste formule. Deze formule staat rij 69 en is als volgt: '=AANTAL.ALS(E4:E67,0)/AANTAL(E4:E67)'. Deze formule houdt rekening met het aantal maanden dat het product op de site staat. De volgende stap is te kijken naar binnen welke grenswaarden dit percentage valt. De keuze van dit percentage is eerder toegelicht en zal hier worden herhaald. Als het percentage nullen van de tijdsreeks minder is dan 25%, wordt dit product ingedeeld in de groep hardloper, is dit percentage hoger dan 83.3%, wordt dit product in de groep Nonmovers gedeeld. Alles hiertussen in valt in de groep langzaamloper.

In Excel gebeurt dit door de volgende (tweede) formule:

'=EN(E69>0.25,E69<0.833,E69=0.25),"Langzaamloper","Nonmovers")'

Een nieuw product kan toegevoegd worden achter de laatste kolom waarin een product staat. In rij 67 staat de afzet van de maand april 2016. Bij het toevoegen van een kolom met een product en de afzet van bepaalde maanden, moeten er onder rij 67 nieuwe rijden worden toegevoegd die een nieuwe maand voorstellen. De eerste formule dient dan te worden aangepast: '=AANTAL.ALS(E4:E67,0)/AANTAL(E4:E67)'. De cel E67 zal moeten worden aangepast naar de nieuwe cel waarin de afzet van de laatste maand die bekend is staat. Door het toevoegen van nieuwe maanden, verandert de tweede formule: '=EN(E69>0.25,E69<0.833,E69=0.25)'. Cel 69 dient veranderd te worden in de cel waarin de eerste formule nu staat. Nu kunnen beide formules

doorgetrokken worden over de kolom waarin het nieuwe product is toegevoegd. Vervolgens dient het product geplaatst te worden in het werkblad met de groep waarin dit product valt.

Hardlopers

Dit werkblad heeft drie functies:

1. Het doen van een vraagvoorspelling door het model met trend (Silver, Pyke & Peterson, 1998) te gebruiken.
2. Het bepalen van de juiste bestelmethode.
3. Het doorrekenen van deze bestelmethode.

Voor het toevoegen van een product dienen in de eerste lege kolom de volgende gegevens ingevuld te worden: Rij 1 productnaam, rij 2: productnummer, rij 3: leverancier, rij 4: levertijd als fractie van een jaar. Dit wil zeggen dat als de levertijd X weken is, er ' $=X/52$ ' ingevuld moet worden. Is de levertijd bekend in dagen, wordt er ' $=X/365$ ' ingevuld. In rij 5 wordt de minimale bestelhoeveelheid ingevuld, rij 7 de kostprijs, rij 8 bestelkosten en tot slot de voorraadkosten in rij 9 als deze bekend zijn. Op dit moment worden deze automatisch berekend als 25% van de kostprijs. Vervolgens moet de historische afzet per maand ingevuld worden. Hiermee kan door middel van de formule uit paragraaf X de waarde van a en b berekend worden, waarmee een voorspelling per maand gedaan kan worden.

De tweede functie van dit blad is het kiezen van de juiste bestelmethode per product. Dit gebeurt zoals bij het opstellen van de beslisboom is gekozen, op basis van prijs. Wanneer een product een inkoopprijs heeft van <15 , valt dit product in de C klasse en wordt dient deze op voorraad gehouden te worden. Producten met een inkoopprijs >120 vallen in klasse A en worden met het (r,Q) model berekend. Alle producten met een inkoopprijs hiertussen in vallen in klasse B en worden middels het (R,S) model geanalyseerd. De formule die dit bepaald is als volgt:

$=\text{ALS}(E7>15, "(R,S)", "", "Voorraad")$. Cel E7 verwijst naar de inkoopprijs. Deze formule spreekt verder voor zich.

Nu zijn we aangekomen bij de derde functie van dit werkblad: het doorrekenen van de bestelmethode. Hierbij worden enkele gegevens voor elk product doorgerekend, ongeacht of dit een A, B of C product is. Deze staan weergegeven in onderstaande tabel

Cel	Definitie	Afkorting
D156	Verwachte jaarvraag	E(D)
D157	Standaarddeviatie jaarvraag	σ_D
D158	EOQ	q
D159	Bestelgrootte rekening gehouden met minimum bestelgrootte	

Tabel 25: Algemene gegevens

De verwachte jaarvraag wordt berekend door de som te nemen van de eerste 12 maanden die voorspeld zijn met behulp van het model met trend. De standaarddeviatie van de jaarvraag is berekend door de functie ' $=\text{STDEV}(E10:E173)$ '. Hierbij dient cel E173 aangepast te worden naar de cel waarin de laatste maand van de vraag bekend was. De EOQ is berekend door de formule zoals deze in paragraaf X beschreven staat. De bestelgrootte waar verder mee doorgerekend kan worden dient rekening te houden met de minimale bestelgrootte, daarom wordt hier gekeken of de berekende bestelgrootte q groter is dan de minimale bestelgrootte in rij 5. Is dit het geval, dan wordt in rij 159 de berekende bestelgrootte q geplaatst, anders wordt de minimale bestelgrootte hier geplaatst. Vervolgens kunnen de cellen doorgetrokken worden waarin onderstaande gegevens staan. Deze worden dan automatisch doorgerekend voor het nieuwe product. Als dit model niet van toepassing is voor het product, worden deze cellen leeggehouden. Onderstaande tabel geeft het overzicht weer uit Excel voor de B producten die met het (R,S)- model behandeld worden.

Rij	(R,S) model	Variabele
163	Het aantal reviews per jaar	1/R
164	Aantal reviews per jaar rekening met combineren	1/R

165	Tijd als fractie van een jaar tussen het reviewen van de voorraad	R
166	Verwachting van vraag tijdens levertijd en reviewperiode	$E(D_{L+R})$
167	Standaardafwijking van vraag tijdens levertijd en reviewperiode	σ_{DL+R}
167	Order-up-to-level	S

Tabel 26: Gegevens in Excel voor B producten

In Excel wordt op rij 179 het aantal stuks dat op voorraad gehouden moet worden van een C product weergegeven.

Langzaamlopers

Op dit werkblad kan in een lege kolom een nieuw product toegevoegd worden. Alle cellen in rij 72 t/m rij 136 dienen doorgetrokken te worden, zo wordt in rij 136 automatisch het aantal stuks weergegeven dat op voorraad gehouden moet worden om aan het servicelevel te kunnen voldoen dat ingevoerd is op het tabblad 'producten'.

Nonmovers

Op dit werkblad kan in een lege kolom een nieuw product toegevoegd worden. De formule in rij 79 kan doorgetrokken worden over dit product. Wanneer de inkoopprijs van dit product hoger is of gelijk aan €15,00, verschijnt in deze cel 'Per order', anders verschijnt hier het maximale aantal stuks dat in een maand is verkocht.