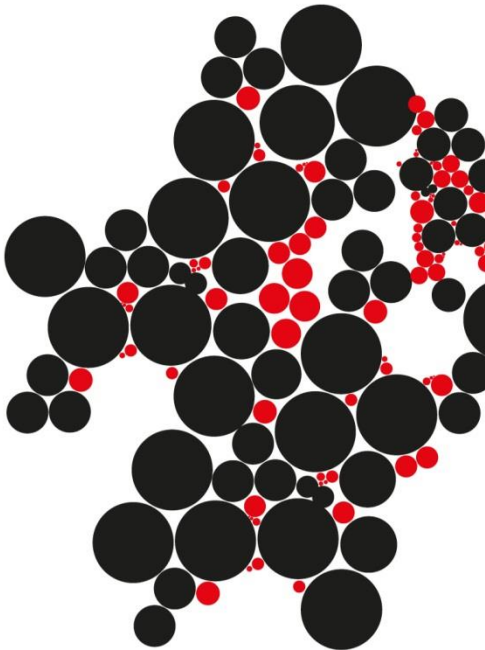


BACHELOROPDRACHT
TECHNISCHE BEDRIJFSKUNDE



REPLENISHMENT METHODEN; OP WELKE WIJZE KAN AERONAMIC B.V. HET BEST HAAR VOORRAAD HOUDEN?

A.C. Koopman
s1019449

FACULTEIT MANAGEMENT EN BESTUUR

EXAMENCOMMISSIE

Universiteit Twente:

Dr. Ir. S.J.A. Löwik

Dr. P.C. Schuur

Aeronamic B.V.:

Dhr. F. Hospers

EINDVERSLAG

12 JUNI 2013

AERONAMIC
AIRCRAFT SUBSYSTEMS

UNIVERSITEIT TWENTE.

Voorwoord

Voor u ligt het verslag met daarin de resultaten van mijn onderzoek dat ik uitgevoerd heb ter afronding van mijn bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente te Enschede. Het onderzoek voor dit verslag is uitgevoerd in opdracht van Aeronamic B.V. te Almelo.

De afgelopen maanden heb ik binnen Aeronamic mogen werken aan dit onderzoek. Vanaf het begin heb ik contact gehad met verschillende mensen, die ieder met hun eigen achtergrond, kennis en inzichten mij hebben geholpen bij het uitvoeren van mijn onderzoek. Ik wil daarom ook iedereen binnen Aeronamic B.V. bedanken die de afgelopen maanden tijd heeft vrij gemaakt om mij op enige wijze te ondersteunen.

In het bijzonder wil ik graag mijn begeleider, Fred Hospers, bedanken dat hij mij de mogelijkheid gegeven heeft om binnen dit mooie bedrijf mijn opdracht uit te mogen voeren. Ook heeft hij gedurende mijn opdracht steeds kritisch feedback gegeven, waarmee hij mij in staat heeft gesteld een beter eindresultaat neer te zetten.

Daarnaast wil ik graag mijn dank uitspreken naar Sandor Löwik, mijn eerste begeleider vanuit de Universiteit Twente. In eerste instantie ben ik bij hem langs geweest om te kijken welke mogelijkheden er waren voor het uitvoeren van een bacheloropdracht. Dankzij hem ben ik in contact gekomen met Aeronamic. Daarnaast heeft hij gedurende het gehele proces mij geholpen bij het verbeteren van de inhoud van mijn verslag en heeft hij tips gegeven wanneer ik zelf niet wist hoe ik verder moest.

Ook wil ik dank uitspreken aan Peter Schuur. Als tweede begeleider vanuit de Universiteit Twente, heeft hij in korte tijd een belangrijke bijdrage geleverd voor het behalen van dit eindresultaat.

Als laatste wil ik graag Lars Dekker, Regina van Boerdonk, Marjon Pol en mijn ouders bedanken. Zij hebben mij gedurende dit proces gesteund en op verschillende momenten geholpen bij het schrijven van dit verslag.

Anniek Koopman

Almelo, juni 2013

Management samenvatting

Aeronamic B.V. produceert verschillende systemen welke in vliegtuigen gebruikt worden. Voor de productie van deze systemen wordt een groot aantal onderdelen besteld, waarvan een deel intern bewerkt wordt. Vanwege de grote diversiteit aan onderdelen is eenzelfde vorm van aansturing voor het beheren van voorraad van de verschillende onderdelen niet altijd mogelijk. In dit onderzoek staat de volgende onderzoeksvraag centraal:

Welke replenishment methode is het meest geschikt, voor de onderdelen ten behoeve van de productie van de LC350 op de afdeling Original Equipment Manufacturing, waarbij men streeft naar een optimum tussen de kans op tekorten, de hoeveelheid voorraad en de kosten?

Om antwoord te kunnen geven op deze vraag wordt eerst bekeken welke replenishment methoden te onderscheiden zijn op basis van theorie. Een replenishment methode heeft betrekking op de wijze waarop voorraad wordt beheerst en aangevuld. Algemeen zijn er vijf replenishment methoden te onderscheiden.

Op dit moment wordt binnen Aeronamic de voorraad aangestuurd op basis van twee methoden, namelijk Kanban en Material requirements planning (MRP). Kanban omvat een besturingssysteem dat er voor zorgt dat voorraad wordt aangevuld op basis van verbruik. Er wordt een kleine voorraad aangelegd op basis van de verwachte vraag, hierna wordt deze voorraad steeds aangevuld op basis van het werkelijke verbruik bij de productie. Binnen MRP wordt getracht een adequaat voorraadmiveau te houden zodat alle materialen direct beschikbaar zijn wanneer deze nodig zijn. De nadruk van deze methode ligt op de betrouwbaarheid van de bevoorradings.

Binnen Aeronamic geldt dat onderdelen met een levertijd korter dan drie maanden worden aangestuurd door middel van Kanban en onderdelen met een levertijd langer dan drie maanden worden aangestuurd door middel van MRP.

De hierboven beschreven methoden hebben ieder hun eigen sterke en zwakke kanten. Aan de hand van diverse 'performance indicatoren' is het mogelijk om de methoden te analyseren en te vergelijken. Uit analyse blijkt dat de huidige vormen van voorraadbeheersing, mede op basis van de gestelde randvoorwaarden, geschikt zijn voor de onderdelen die zij aansturen. In het onderzoek wordt daarom ook vastgehouden aan voorraadbesteding op basis van Kanban en MRP.

Echter doen zich bij het toepassen van Kanban enkele problemen voor. De belangrijkste problemen zijn dat er gewerkt wordt met verouderde gegevens en daarbij dat er te weinig rekening is gehouden met de benodigde ruimte voor het op voorraad houden van de onderdelen. Deze twee problemen zorgen ervoor dat er inconsistent gehandeld wordt, er onduidelijkheid is over de exacte aansturing en er wordt geschoven met voorraden in verband met ruimte tekort. Om deze problemen aan te pakken wordt gekeken naar de richtlijnen waarop de Kanban aansturing gebaseerd is en waar verbetering mogelijk is.

Om deze problemen op te lossen is het allereerst belangrijk dat binnen er Aeronamic vaste richtlijnen wordt aangehouden voor de aansturing van de voorraad. Hierbij is het nodig om de minimale voorraad en de bestelhoeveelheid in te stellen. De minimale voorraad is gelijk aan het bestelpunt. De bestelhoeveelheid is afhankelijk van de prijs van het onderdeel. Indien een onderdeel minder dan €10,- per stuk kost, wordt er een hoeveelheid gelijk aan ordergrootte 1 besteld. Indien een onderdeel meer dan €10,- per stuk kost, wordt er een hoeveelheid gelijk aan ordergrootte 2 besteld.

Voor het stellen van vaste richtlijnen wordt gekeken naar de kosten gerelateerd aan het houden van voorraad. Er wordt getracht deze kosten te reduceren, waarbij voornamelijk gelet wordt op de bestuurslast en de voorraadwaarde.

Op basis van een vast bestelpunt en vaste bestelhoeveelheden kunnen diverse alternatieven worden opgesteld, waarbij met deze waarden gevarieerd wordt. Aan de hand van gestelde randvoorwaarden en wensen zijn onderstaande alternatieven te onderscheiden:

- Alternatief 1; bestelpunt 6 maanden, ordergrootte 1 bedraagt 12 maanden en ordergrootte 2 bedraagt 6 maanden. Dit levert op jaarbasis een totale kostenreductie op van € 1.655,-. Op jaarbasis blijft de relatieve bestuurslast gelijk. De maximale voorraad bedraagt hier 18 respectievelijk 12 maanden.
- Alternatief 2; bestelpunt 4,5 maand, ordergrootte 1 bedraagt 12 maanden en ordergrootte 2 bedraagt 6 maanden. Dit levert op jaarbasis een totale kostenreductie op van € 34.525,-. Op jaarbasis neemt de relatieve bestuurslast met 14 procent toe. De maximale voorraad bedraagt hier 16,5 respectievelijk 10,5 maand.
- Alternatief 3; bestelpunt 6 maanden, ordergrootte 1 bedraagt 11 maanden en ordergrootte 2 bedraagt 6 maanden. Dit levert op jaarbasis een totale kostenreductie op van € 6.350,-. Op jaarbasis neemt de relatieve bestuurslast met 5 procent toe. De maximale voorraad bedraagt hier 17 respectievelijk 12 maanden.
- Alternatief 4.1; bestelpunt 4,5 maand, ordergrootte 1 bedraagt 12 maanden en ordergrootte 2 bedraagt 9 maanden. Dit levert op jaarbasis een totale kostenreductie op van € 15.755,-. Op jaarbasis neemt de relatieve bestuurslast met 10 procent toe. De maximale voorraad bedraagt hier 16,5 respectievelijk 13,5 maand.
- Alternatief 4.2; bestelpunt 6 maanden, ordergrootte 1 bedraagt 9 maanden en ordergrootte 2 bedraagt 6 maanden. Dit levert op jaarbasis een totale kostenreductie op van € 15.755,-. Op jaarbasis neemt de relatieve bestuurslast met 10 procent toe. De maximale voorraad bedraagt hier 15 respectievelijk 12 maanden.

Voor het aansturen van de voorraad dient door Aeronamic één alternatief gekozen te worden. Het gekozen alternatief geeft het vaste bestelmoment en de vaste ordergroottes, beide weergegeven in maanden (op basis van aantal onderdelen dat per maand verbruikt wordt).

Om deze richtlijnen ook inzichtelijk en toepasbaar te maken is een rekenkundig model opgesteld. In dit model wordt, aan de hand van het verbruik en de prijs van een onderdeel, de werkelijke bestelhoeveelheid, het bestelpunt en de veiligheidsvoorraad (allemaal in aantal onderdelen) berekend. Deze gegevens geven direct weer hoe de voorraad moet worden aangestuurd.

Op basis van bovenstaande gegevens gaat de voorkeur uit naar alternatief 2, dit omdat de besparing aanzienlijk is en de maximale voorraad, in vergelijking tot de anderen, minimaal is. De maximale voorraad binnen dit alternatief is gemiddeld gelijk aan de maximale voorraad binnen alternatief 4.2, echter is het houden van de voorraad binnen alternatief 2 gunstiger gezien de verdeling van onderdelen (lager of hoger dan €10,-).

Hier wordt het tweede probleem aangehaald. Voor de opslag van voorraad wordt binnen Aeronamic gebruik gemaakt van paternosters. Een paternoster is een compacte opslagmethodiek volgens het 'goederen naar de man' principe. De hoogte van de maximale voorraad is van belang voor het indelen van de voorraad in de paternoster. Voor opslag van de maximale voorraad is opslagruimte nodig. Wanneer er bij het indelen van onderdelen op voorraad rekening gehouden wordt met de maximale voorraad, kan een vaste indeling gemaakt worden voor opslag van de onderdelen. Er hoeft op deze manier niet meer geschoven te worden met voorraden en het is altijd duidelijk waar een onderdeel opgeslagen dient te worden. De maximale voorraad die aangehouden wordt volgens de richtlijnen van het alternatief, wordt tevens meegenomen in het opgestelde model.

Wanneer bekend is hoeveel ruimte er nodig is voor de opslag van alle separate onderdelen, kan een indeling gemaakt worden voor de opslag van alle onderdelen in de paternoster. Een mogelijke indeling wordt aangedragen als uitkomst van het model, de toewijzing van locaties is echter niet bindend en kan nog verder geoptimaliseerd worden.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	II
Management samenvatting.....	III
1 Inleiding	1
1.1 Bedrijfsprofiel	1
1.2 Motivatie onderzoek	1
1.3 Onderzoeksvragen	2
1.4 Afbakening	3
2 Mogelijke replenishment methoden	4
2.1 Algemene replenishment principes	4
2.1.1 Supplier managed inventory	5
2.1.2 Sequence delivery	5
2.1.3 Demand based triggers	6
2.1.4 Consumption based Kanban.....	7
2.1.5 Material requirements planning – pull	8
2.2 Analyse van methoden	11
2.2.1 Variabelen	11
2.2.2 Beoordeling methoden aan de hand van variabelen	13
3 Beschrijving huidige situatie.....	15
3.1 Huidige toepassing replenishment.....	15
3.2 Operationalisatie van de huidige vorm van replenishment.....	17
3.3 Analyse huidige toepassing replenishment	17
3.4 Conclusie voor keuze replenishment methode	23
4 Probleemidentificatie binnen huidige toepassing van Kanban	27
5 Aanpak van problemen met betrekking tot Kanban	29
5.1 Werken met verouderde gegevens	29
5.1.1 Input gegevens voor Kanban-aansturing	29
5.1.2 Output gegevens voor Kanban-aansturing	30
5.1.3 Alternatieven	31
5.2 Plaatsen van onderdelen op voorraad	38
5.3 Overige problemen	42
6 Conclusie en discussie	44
6.1 Conclusie	44
6.2 Discussie	46
6.2.1 Resultaten van het onderzoek	46
6.2.2 Beperkingen en verder onderzoek	47
Bibliografie	48
Appendices.....	50
Appendix A, Afkortingen	50
Appendix B, organigram Aeronamic B.V.	51
Appendix C, Productieproces LC350	52

Appendix D, Algemeen bedrijfskundige aanpak	53
Appendix E, Voorbeeld PFEF data.....	54
Appendix F, Keuze voor huidige vorm van replenishment.....	55
Appendix G, Stakeholder analyse.....	56
Appendix H, Berekening bij Kanban in hoofdstuk 5	59
Appendix I, Absolute veranderingen bestuurslast.....	61
Appendix J, Alternatieven Kanban kaart	62

1 Inleiding

In het kader van deze bacheloropdracht wordt onderzoek gedaan naar de toepassing van replenishment methoden binnen Aeronamic. Dit hoofdstuk bevat een algemene introductie van Aeronamic B.V. te Almelo en beschrijft de aanleiding voor het onderzoek dat zal worden uitgevoerd, in paragraaf 1.1. Paragraaf 1.2 beschrijft het probleem en geeft de doelstelling voor het onderzoek. De gestelde onderzoeksvragen worden gegeven in paragraaf 1.3, waarna in paragraaf 1.4 een afbakening van het onderzoeksgebied zal plaatsvinden. Paragraaf 1.5 beschrijft kort de methodiek, waarop dit verslag gebaseerd wordt.

1.1 Bedrijfsprofiel

Aeronamic is een Nederlandse onderneming die al vele decennia (25 jaar) actief is in het ontwerpen, ontwikkelen, produceren, onderhouden en leveren van luchtvaart Air Management systemen. Hieronder vallen onder andere de airconditioning, startmotoren, load compressoren en turbines voor vliegtuigen om licht, lucht en koeling te regelen en ondersteuning te bieden bij het opstarten. De hoofdvestiging van Aeronamic bevindt zich in Almelo (Nederland), een tweede vestiging bevindt zich in Sibiu (Roemenië). Op dit moment zijn er in totaal ongeveer 130 mensen in dienst van het bedrijf.

Binnen de vestiging in Almelo (AEC) zijn diverse departementen aanwezig. In grote lijnen zijn de volgende departementen aanwezig; directie, financieel, verkoop, planning, kwaliteit, ontwerp (engineering), logistiek en productie. Met betrekking tot de productie van de strategische systemen zijn activiteiten als het inspecteren en opslaan van inkomende onderdelen, halffabricaten en samengestelde systemen en het uitvoeren van speciale (machinale) bewerkingen te onderscheiden. Het vervaardigen van nieuwe onderdelen of samengestelde systemen vindt plaats op de afdelingen Large Serie Manufacturing (LSM) en Small Serie Manufacturing (SSM).

Binnen het productie-departement zijn nog twee montage afdelingen te onderscheiden, namelijk Repair and Overhaul (R&O) en Original Equipment Manufacturing (OEM). Gedurende het onderzoek zal gekeken worden naar deze laatst genoemde afdeling. Op de afdeling R&O worden reparaties en inspecties uitgevoerd op onderdelen die retour zijn gezonden. De afdeling OEM vervaardigt afgewerkte systemen door diverse onderdelen te assembleren. Het aantal producten dat op beide afdelingen verwerkt wordt is, zeker in vergelijking met LSM, relatief laag. Zo worden er van de load compressor 350 (LC350) jaarlijks 120 nieuwe systemen geproduceerd en 220 systemen gerepareerd. Een overzicht van Aeronamic als organisatie wordt weergegeven in appendix B.

De voorraad van onderdelen voor de afdelingen R&O en OEM wordt op dit moment gehouden in verschillende paternosters. Een paternoster is een compacte opslagmethodiek volgens het 'goederen naar de man' principe (Freetly, 2013). De aansturing van deze voorraad is afhankelijk van een aantal factoren, welke later in het onderzoek gespecificeerd zullen worden. Op dit moment wordt bij de besturing van voorraad onderscheid gemaakt tussen Kanban en Material Requirements Planning (MRP).

1.2 Motivatie onderzoek

De keuze om een scheiding te maken tussen diverse type onderdelen en de wijze waarop de voorraad wordt aangevuld, is in het verleden gemaakt door de afdeling inkoop. Of deze keuze op dit moment nog juist is, dient onderzocht te worden.

Kanban en MRP zijn beide voorbeelden van een replenishment methode, maar zijn gebaseerd op andere principes. Een replenishment methode heeft betrekking op de wijze waarop voorraad wordt beheerst en aangevuld. Uit dit onderzoek moet blijken welke methode het meest geschikt is voor de aansturing van de voorraad van onderdelen. Hierbij zal gedurende het onderzoek specifiek gekeken worden naar onderdelen betrokken bij de nieuwbouw van de LC350 op de afdeling OEM. Een beschrijving van het productieproces van de LC350 wordt gegeven in appendix C.

De beperking tot de onderdelen betrokken bij de nieuwbouw van de LC350 is gemaakt in overleg met medewerkers van de afdelingen inkoop, R&O (reparaties) en OEM (nieuwbouw). De keuze voor

de LC350 is gemaakt omdat voor deze onderdelen de data het meest accuraat is met betrekking tot replenishment. De specificatie om alleen naar onderdelen betrokken bij nieuwbouw te kijken, is gemaakt wegens de scheiding tussen onderdelen betrokken bij nieuwbouw en onderdelen betrokken bij reparatie. Deze scheiding van deze onderdelen is wettelijk vastgelegd. Binnen AEC liggen de onderdelen noodzakelijk voor nieuwbouw en reparatie in verschillende paternosters.

Bij dit onderzoek dient een plan opgesteld te worden, waaruit blijkt op welke manier Aeronamic in de toekomst het voorraadsysteem kan optimaliseren. Binnen dit onderzoek dient rekening gehouden te worden met diverse randvoorwaarden die gesteld worden vanuit AEC en dienen verschillende belangen zo goed mogelijk behartigd te worden.

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van een geschikte replenishment methode ten behoeve van de opslag van onderdelen betrokken bij de productie van de LC350 op de afdeling Original Equipment Manufacturing bij Aeronamic B.V. te Almelo.

Hierbij dient een plan opgesteld te worden waaruit blijkt hoe de gekozen replenishment methode toepasbaar is binnen de genoemde afdelingen. Ook moet blijken welke voorwaarden/eisen er gesteld worden aan de implementatie van de gekozen replenishment methode. De uitkomst van dit onderzoek kan als basis dienen om de paternoster opnieuw in te delen. Deze indeling is afhankelijk van een aantal factoren die afgeleid kunnen worden uit de voorraadbesturing, hieronder vallen bijvoorbeeld de hoeveelheid voorraad, de bijbehorende kosten, de levertijd en de doorlooptijd.

Samenvattend dient het resultaat van dit onderzoek de volgende elementen te bevatten:

- Een geschikte replenishment methode; welke vorm van aansturing is het meest geschikt met betrekking tot opslag van de onderdelen betrokken bij de productie van de LC350, waarbij rekening wordt gehouden met andere andere voorraadniveau, kosten, levertijd en doorlooptijd.
- Een (rekenkundig) model dat gebruikt kan worden voor de aansturing volgens een geselecteerde replenishment methode.

1.3 Onderzoeksvragen

Om bovenstaande doelstelling(en) te behalen dient antwoord gegeven te worden op de volgende onderzoeksvraag;

Welke replenishment methode is het meest geschikt, voor de onderdelen ten behoeve van de productie van de LC350 op de afdeling Original Equipment Manufacturing, waarbij men streeft naar een optimum tussen de kans op tekorten, de hoeveelheid voorraad en de kosten?

Om deze onderzoeksvraag naar behoren te kunnen beantwoorden zijn deelvragen opgesteld.

- 1) Welke factoren, gerelateerd aan een replenishment methode, zijn bepalend voor de wijze waarop een replenishment methode functioneert?
 - a. Welke replenishment methoden zijn in hoofdlijnen te onderscheiden? En wat zijn de relatieve voor- en nadelen?
 - b. Welke richtlijnen worden aan deze replenishment methoden gesteld?
 - c. Welke toepassingsseisen worden aan deze replenishment methoden gesteld?
 - d. Welke risico's zijn aan deze replenishment methoden verbonden?
 - e. Welke replenishment methode is het meest geschikt als toepassing binnen de afdeling OEM?
- 2) Welke vorm van replenishment wordt op dit moment toegepast en hoe wordt dit vormgegeven?
 - a. Waarom is in het verleden gekozen voor de huidige replenishment methode?
 - b. Welke personen of groepen hebben direct of indirect met replenishment te maken en op welke wijze zijn zij betrokken?
 - c. Welke relatieve voor- en nadelen brengt deze vorm van replenishment met zich mee?
 - d. Welke problemen doen zich voor bij de operationalisatie van de huidige replenishment methode?
- 3) Welke aanbevelingen kunnen gedaan worden om de meest geschikte replenishment methode (vraag 1e) vorm te geven/ te optimaliseren bij OEM binnen AEC?
- 4) Welke resultaten worden verwacht bij implementatie van de gedane aanbevelingen binnen AEC?

Om deze deelvragen te beantwoorden wordt, zover van toepassing, gewerkt volgens de stappen gesteld binnen de AlgemeenBedrijfskundige Probleemaanpak (ABP) (Heerkens, H. ; Geersink, J., 1994). Deze aanpak biedt goede richtlijnen om het geformuleerde probleem systematisch op te lossen. De verschillende stappen binnen deze aanpak worden weergegeven in appendix B.

Grofweg zijn twee fasen te onderscheiden binnen dit onderzoek. De eerste fase betreft de analyse van diverse replenishment methoden, geformuleerd in deelvraag 1 en 2. Om antwoord te kunnen geven op de gestelde deelvragen zijn diverse bronnen nodig. De eerste deelvraag zal beantwoord worden aan de hand van literatuur. De tweede deelvraag zal beantwoord worden aan de hand van interviews gehouden onder medewerkers, observaties en beschikbare data.

De tweede fase betreft aanbevelingen en geeft verwachtingen, geformuleerd in deelvraag 3 en 4. De verschillende deelvragen zullen chronologische beantwoord worden in de hoofdstukken 2 tot en met 5. Naar aanleiding van deze hoofdstukken zal in hoofdstuk 6 een algemene conclusie worden gevormd.

1.4 Afbakening

Allereerst bekijken we de huidige replenishment methode. Uit interviews en data moet blijken welke replenishment methode er op dit moment wordt toegepast en welk idee hierachter zit. Op basis van de verkregen informatie kan een specifiekere afbakening gemaakt worden voor het tweede onderzoeksdeel. Indien uit eerder onderzoek blijkt dat bepaalde replenishment methoden niet geschikt zijn voor toepassing bij Aeronamic, is het niet nuttig om deze methoden te betrekken bij het onderzoek. Op basis van deze afbakening kan een gericht onderzoek gedaan worden naar de mogelijkheden van diverse replenishment methoden en een eventuele toepassing/vormgeving binnen Aeronamic.

Een eerste afbakening kan al direct gemaakt worden op basis van de eisen die gesteld worden aan het onderzoek. Dit betreft de volgende punten:

- Het onderzoek heeft enkel betrekking op de onderdelen betrokken bij de productie van de LC350, gerelateerd aan de afdeling OEM.
- Er wordt niet gekeken naar een nieuw Enterprise Resource Planning (ERP)-systeem. Het huidige ERP-systeem moet het voorraadsysteem op enige wijze kunnen ondersteunen.
- Het proces begint bij het contact met een leverancier.
- Het proces eindigt zodra de voorraad in productie wordt genomen.
- De voorraad wordt aangehouden in de beschikbare paternosters. De laden in de paternosters blijven in stand volgens de huidige indeling.
- Er wordt niet gekeken naar de wijze van productie, het type proces blijft dus gelijk.

Daarnaast zijn er een aantal algemene randvoorwaarden opgesteld waarmee rekening gehouden moet worden, deze zijn opgesteld aan de hand van interviews met diverse medewerkers binnen AEC. De randvoorwaarden zijn:

- Aanpassingen in de wijze van voorraadbesturing dienen voordelen op te leveren voor AEC.
- De inhoud van de paternosters dient gereduceerd te worden ten behoeve van de montage.
- De intergrale kosten van voorraadbesturing dienen verlaagd te worden.
- De kwaliteit van het proces en het product moet tenminste behouden blijven.
- Aanpassingen in de wijze van voorraadbesturing dienen ergonomisch verantwoord te zijn voor monteurs.
- Aanpassingen in de wijze van voorraadbesturing dienen te zorgen voor minder tekorten aan materiaal.
- De wijze van voorraadbesturing dient te voldoen aan de eisen gesteld tot traceability.
- Aanpassingen in de wijze van voorraadbesturing dienen uitvoerbaar te zijn met het huidige personeelsbestand.
- Aanpassingen in de wijze van voorraadbesturing mogen geen belemmering opleveren voor de productie van het huidige productievolume.
- AEC blijft eigenaar van de voorraad van strategische/kritieke onderdelen. Er wordt niet gekeken naar mogelijkheden om voorraadbeheersing uit te besteden aan een derde partij.

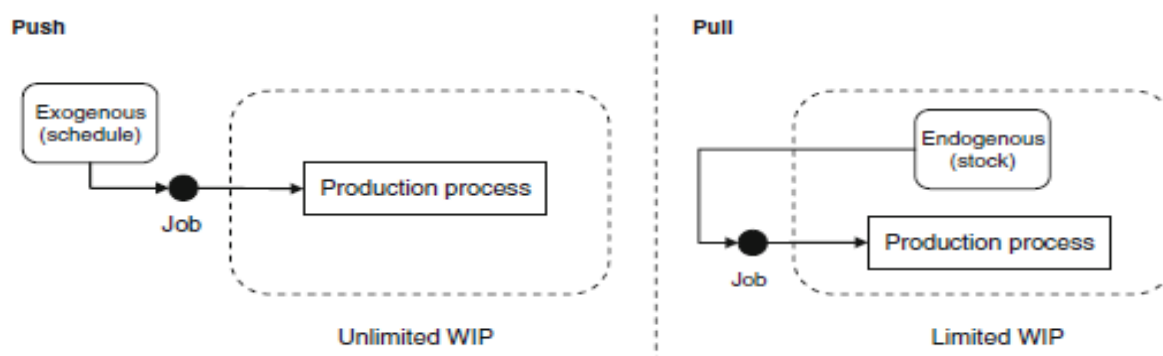
2 Mogelijke replenishment methoden

In dit hoofdstuk worden diverse replenishment methoden besproken. Paragraaf 2.1 geeft een algemene introductie op de principes binnen replenishment. Ook wordt een aantal methoden beschreven. In paragraaf 2.2 worden de methoden vervolgens geanalyseerd.

2.1 Algemene replenishment principes

Bij voorraadbesteding wordt een globaal onderscheid gemaakt tussen het push- en het pull-principe. Dit onderscheid wordt gemaakt op basis van de bron waarop zij reageren. Volgens Goddard en Brooks (1984) betekent 'push' dat actie wordt ondernomen als anticipatie op verwachte behoeften. Bij 'pull' wordt echter alleen actie ondernomen indien daar verzoek toe is. Dit lijkt duidelijk, echter worden de definities van beide principes inconsistent omschreven door diverse onderzoekers (Bonney, M.C.; Zongmao Zhang; Head, M.A.; Tien, C.C.; Barson, R.J., 1999). Volgens hen heeft dit mede te maken met het feit dat de argumentatie, met betrekking tot de prestaties van een dergelijk gestuurd systeem, vaak berust op cirkelredeneringen. Binnen deze principes wordt gefocust op de besturing van de voorraad en de doorstroom van goederen binnen het productieproces, en niet op de besturing van de gehele organisatie.

Een veel gebruikte definitie voor deze principes is die van Hopp en Spearman (2008). De principes worden door hen als volgt gedefinieerd: "a pull system establishes an a priori limit on the work in process, while a push-system does not". Het onderscheid wordt door hen gemaakt in de wijze waarop de productie wordt getriggerd. Dit komt aardig overeen met bovenstaande verwijzing naar Goddard en Brooks. In onderstaand figuur zijn deze twee principes, zoals geschetst door Hopp en Spearman schematisch weergegeven.



Figuur 1 Push en pull mechanisme (Hopp, W.J.; Spearman, M.L., 2008)

Deze twee principes kunnen én worden in de praktijk op diverse wijzen gecombineerd. Het is volgens Bonney en anderen (1999) bijna niet mogelijk om een totaal push- of pull-systeem te introduceren.

Binnen voorraadbeheer wordt vaak gesproken over replenishment en de daarbij horende methoden. Door Leone en Rahn (2002) wordt onderscheid gemaakt tussen vijf replenishment methoden. Deze methoden zijn voornamelijk gericht op het pull-principe. Binnen dit principe wordt gestreefd naar een maximale doorvoer van producten, met zo min mogelijk voorraad en tijd.

Dat de focus van deze methoden ligt bij het pull-principe is niet verwonderlijk, gezien diverse ontwikkelingen met betrekking tot bedrijfsvoering. De voornaamste ontwikkelingen zijn de invoering van het just-in-time principe (JIT), lean-productie en het Six Sigma principe. Daarnaast brengt invoering van een methode volgens het pull-principe, in het algemeen, betrekkelijk veel voordelen met zich mee. Globaal gezien maakt het pull-principe het mogelijk om gericht te produceren naar wens van de klant, welke specifieke voordelen er zijn is afhankelijk van de toegepaste methode.

Binnen dit onderzoek wordt enkel gekeken naar de onderdelen betrokken bij de productie van de LC350. Eventuele voorraad van tussenproducten wordt hierbij dus niet meegenomen. Onderdelen

die zowel nodig zijn voor productie als reparatie van de LC350 worden wel meegenomen in dit onderzoek. De methoden die gesteld worden, zullen hieronder kort besproken worden. Tevens zal direct gekeken worden naar de voor- en nadelen van de betreffende methode en eventuele fundamentele bezwaren vanuit AEC.

2.1.1 Supplier managed inventory

Supplier managed inventory (SMI) betreft een samenwerkingsovereenkomst tussen een leverancier en zijn klant. Onder deze overeenkomst wordt het controleren en aansturen van voorraad qua verantwoordelijkheid volledig overgeheveld naar de leverancier. Deze besluit vervolgens zowel de kwantiteit als de timing van leveringen. Leveringen vinden hierbij plaats op basis van de productieplanning van de leverancier. (Aghezzaf, 2008)

Deze methode is gebaseerd op de relatie tussen klant en leverancier. Om deze methode succesvol te laten zijn, is het belangrijk dat beide partijen genoeg aandacht besteden aan het onderhouden van de relatie en elkaar vertrouwen (Kuk, 2004). Wanneer op enige wijze inbreuk gedaan wordt aan de relatie tussen klant en leverancier, kan dit grote gevolgen hebben voor het effect van de methode.

Binnen SMI worden tussen leverancier en klant afspraken gemaakt die betrekking hebben op onder andere het minimum en het maximum voorraadniveau. Deze afspraken gaan onder andere over de overdracht van onderdelen (wanneer is iemand eigenaar) en over de verantwoordelijkheid voor het beheer van de voorraad. Binnen SMI zal een aantal kostenposten dalen, waaronder de administratieve- en productiekosten (Pohlen, T.; Goldsby, T., 2003). Daarnaast zal het zogeheten opslingereffect verminderen doordat de informatieoverdracht binnen de bedrijfsketen verbeterd zal worden.

Omdat de verantwoordelijkheid van de voorraad geheel bij de leverancier ligt, heeft de klant (fabrikant) hier zelf minder grip op. Dit wordt door klanten vaak als nadeel gezien (Sari, 2008). Tevens is het voor de klant lastig omgaan met een wisselende vraag. Een ander nadeel heeft betrekking op kennis en informatieoverdracht. Om een juiste afstemming te creëren tussen leverancier en klant is het nodig dat er voldoende inzicht verworven wordt over de positie van de wederpartij. Hierbij moet gedacht worden aan het niveau van detail, de hoeveelheid en welke informatie er gedeeld moet worden. Indien deze afspraken niet goed zijn opgesteld/worden nagekomen, kan dit diverse gevolgen hebben. Het kan onder andere leiden tot hoge administratieve kosten, een inefficiënt bestelproces of inbreuk doen op het vertrouwen tussen klant en leverancier.

Door Van Nyen en anderen (2009) worden vijf typen relaties tussen leverancier en klant beschreven. Het eerste type is niet-SMI, hierbij is de afdeling zelf verantwoordelijk voor het bestellen en opslaan van de eigen onderdelen. Het tweede type is SMI-non consignment, hierbij is de leverancier verantwoordelijk voor het voorraadbeheer op de afdeling, maar heeft niets te maken met voorraadkosten. Het derde type is SMI-storage, hierbij is de leverancier verantwoordelijk voor het beheer en de opslag van onderdelen op de afdeling. Het vierde type is SMI-consignment, hierbij is de leverancier verantwoordelijke voor het voorraadbeheer op de afdeling. Daarbij is de leverancier eigenaar van de onderdelen in voorraad totdat zij worden ontnomen uit de voorraad. Het laatste type is SMI-full, hierbij is de leverancier verantwoordelijk voor het beheer en de opslag van onderdelen voor de afdeling. Daarbij is de leverancier eigenaar van de onderdelen in voorraad totdat zij worden ontnomen uit de voorraad.

2.1.2 Sequence delivery

Sequence delivery is beter bekend als just-in-sequence (JIS) en is een verfijning van het JIT principe. Hierbij streeft men ernaar om te voldoen aan de vraag wanneer dit werkelijk nodig is, waarbij de kwaliteit en het reduceren van afval voorop staan. Binnen JIS wordt er naar gestreefd om onderdelen niet alleen op het juiste moment, op de juiste plaats, in de juiste hoeveelheid en in de juiste kwaliteit te leveren, maar ook in de juiste volgorde te leveren (Thun, J.; Marble, R.P.; Silveira - Camargos, V., 2007).

Het primaire doel van JIS is, evenals bij JIT, om enige vorm van afval te elimineren. Hierbij wordt getracht een proces te creëren dat sneller, betrouwbaarder, van hogere kwaliteit en kosten besparend is. Vaak wordt het proces zodanig vormgegeven dat er een one-piece-flow ontstaat, hierbij zijn er geen tussenvoorraden meer. Onderdelen worden hierbij geleverd naar een exacte plaats in een vooraf gedefinieerde volgorde. Door onderdelen direct uit levering te gebruiken is er minder ruimte nodig voor de opslag van onderdelen en work-in-progress (WIP). Deze vorm van aansturing biedt vooral voordelen wanneer de fabrikant veel variatie heeft binnen zijn productie. Op deze manier wordt de voorraad en de benodigde ruimte geminimaliseerd.

JIS kan zowel voor de leverancier als de fabrikant voordelen opleveren. Wanneer er goede afspraken zijn tussen leverancier en klant, wordt het voor de klant/fabrikant relatief gemakkelijker om met variatie binnen de productie om te gaan. Daarnaast zal de complexiteit van het assemblageproces gereduceerd worden. Dit komt omdat de onderdelen op volgorde binnenkomen en er dus niet meer gepickt hoeft te worden, hierdoor creëert men overzichtelijkheid in het proces. Zoals aangegeven is er ook minder ruimte nodig voor het houden van (tussen)voorraad.

Toepassing van JIS brengt echter ook risico's met zich mee, zowel voor de klant als de leverancier (Thun, J.; Marble, R.P.; Silveira - Camargos, V., 2007). Deze risico's zijn grotendeels gelijkwaardig met de risico's van JIT, maar de impact is groter binnen JIS. Een belangrijk element van het productieproces is het waarborgen van kwaliteit, binnen JIS is het echter nauwelijks mogelijk om kwaliteitsproblemen te compenseren. Hierdoor is het van groot belang dat de leverancier een zeer hoge kwaliteit kan garanderen. Dit vraagt echter veel vertrouwen van de klant in haar leverancier.

Daarnaast berust het succes van JIS erg op het functioneren medewerkers. Voor medewerkers is het van groot belang dat zij de juiste kwalificaties hebben om handelingen uit te voeren, maar daarnaast is training nodig om het kwalificatieniveau op peil te houden. Ondanks alle kwalificaties worden medewerkers gezien als bron van potentiële fouten. Wanneer er fouten worden gemaakt in het productieproces, ligt de gehele productie stil tot het specifieke onderdeel geleverd is.

Een ander risico van JIS is gerelateerd aan het informatietechnologie-systeem (IT-systeem). Het IT-systeem, dat gebruikt wordt door leverancier en klant, moet goede datatransmissie verzekeren. Problemen met het functioneren van het IT-systeem kan leiden tot verkeerde of late leveringen, welke zorgen voor een onderbreking in het productieproces. Daarnaast is het belangrijk dat zowel leverancier als klant over de juiste informatie beschikken. Op dit moment zijn de meeste IT-systemen nog niet in staat om de gegevens benodigd voor JIS te verwerken en het proces zodoende te ondersteunen dat de mogelijkheden van JIS werkelijk benut worden.

Vanuit strategisch perspectief, is het belangrijk om te kijken naar de wederzijdse afhankelijkheid die wordt aangegaan bij JIS. Voor de leverancier geldt dat de fabrikant meer afhankelijk wordt van zijn productie en dat iedere ontwrichting in het eigen proces doorwerkt in het proces van de fabrikant. Hierdoor groeit de kans op productie-onderbreking bij de fabrikant, wat weer gevolgen heeft wat betreft zijn leveringen naar derden. Tot slot dient de hele keten betrokken bij JIS zeer flexibel te zijn, aangezien alles op maat geregeld wordt. Iedere kleine veranderingen dient doorgevoerd te worden door de gehele keten.

2.1.3 Demand based triggers

Binnen demand based triggers (DBT) wordt de voorraad aangevuld volgens het min/max principe. Voorraad wordt hierbij aangevuld op basis van de (huidige) werkelijke productie en het verbruik van materiaal. Deze proactieve houding wordt vaak gerelateerd aan het push-principe.

Er zijn twee vormen van herziening te onderscheiden, namelijk continu en periodiek (Grubbström, R.W.; Wikner, J., 1996). Binnen continue systemen worden beslissing met betrekking tot voorraad genomen wanneer deze een bepaald niveau (trigger-level) bereikt. Binnen periodieke systemen worden beslissingen met betrekking tot voorraad genomen op basis van een vast tijdsinterval. (Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R., 2007, p. 386) De meest bekende vormen bevatten de volgende variabelen; $\hat{s}$ minimale voorraadmiveau, $\hat{S}$ het maximale voorraadmiveau, Q de vaste

bestelhoeveelheid, n het aantal bestellingen van de bestelhoeveelheid en R het aantal tijdseenheden dat verstrijkt tussen de herziening van de voorraad.

Binnen een continu systeem zijn $(\hat{s}, Q)$ en $(\hat{s}, \hat{S})$ de bekendste modellen. Het $(\hat{s}, Q)$ -model plaatst een bestelling met hoeveelheid Q wanneer het voorraadniveau $\hat{s}$ bereikt wordt. Het $(\hat{s}, \hat{S})$ -model plaatst een bestelling wanneer de voorraad kleiner of gelijk is aan $\hat{s}$, er wordt dan bestelling geplaatst die de voorraad aanvult tot $\hat{S}$.

Binnen een periodiek systeem zijn $(nQ, \hat{s}, R)$, $(\hat{S}, R)$ en $(\hat{s}, \hat{S}, R)$ de bekendste modellen. Het $(nQ, \hat{s}, R)$ -model werkt met vaste inventarisatiemomenten, met tijdsinterval R . Wanneer op een van deze momenten blijkt dat het voorraadniveau kleiner of gelijk is aan $\hat{s}$, worden er n hoeveelheden van Q besteld zodanig dat het voorraadniveau tussen de tijdsintervallen gelijk is aan $(\hat{s}, \hat{s}+Q)$. Het $(\hat{S}, R)$ -model werkt ook met vaste inventarisatiemomenten. Op ieder inventarisatiemoment wordt een bestelling geplaatst om het voorraadniveau aan te vullen tot niveau $\hat{S}$. Het $(\hat{s}, \hat{S}, R)$ -model werkt ook met vaste inventarisatiemomenten. Indien de voorraad op een van de inventarisatiemomenten kleiner of gelijk is aan $\hat{s}$, wordt het voorraadniveau aangevuld tot $\hat{S}$.

Om de waarden voor $\hat{s}$, $\hat{S}$, Q , n en R te stellen worden gebruikt gemaakt van allerlei rekenkundige technieken. Daarbij wordt tevens vaak gebruik gemaakt van het Economic Order Quantity (EOQ) model en het Economic Lot Size (ELS) model (Corbey, M.; Jansen, R., 1993). Wanneer een van de modellen binnen DBT eenmaal geïmplementeerd is, stuurt de methode in principe zichzelf. De berekeningen achter het model moeten echter regelmatig worden herzien.

In vergelijking met voorgaande methoden heeft deze methode veel minder interactie met de leverancier. Dit heeft mede te maken met het feit dat in de opstellen van modellen binnen deze methode veel veronderstellingen zitten. Deze veronderstellingen hebben bijvoorbeeld te maken met vraag, welke als constant wordt gezien. Dit wordt gezien als een groot nadeel van deze methode. Door alle veronderstellingen ontstaat bij toepassingen van DBT vaak een gat tussen de het model en de werkelijkheid. Om dit gat te dichten is er veel controle nodig, dit verhoogt de besturingslast bij toepassing van de methode sterk. Binnen de scope van dit onderzoek worden geen methoden gegeven op welke manier eventuele correcties gedaan moeten worden.

2.1.4 Consumption based Kanban

Consumption based Kanban, kortweg Kanban, is de meest toegepaste replenishment methode, die veelal als gemakkelijk te implementeren wordt beschreven. Het toepassen van 5S-terminologie, gericht op het reduceren van afval, wordt hierbij gezien als vereiste. Dit model kan gebruikt worden voor het aansturen van voorraad van zowel ruwe materialen, als van WIP.

Kanban is eenvoudig te omschrijven als een besturingssysteem dat er voor zorgt dat voorraden worden aangevuld op basis van verbruik. In eerste instantie wordt een kleine voorraad aangelegd op basis van de verwachte vraag, hierna wordt deze voorraad steeds aangevuld op basis van het verbruik bij de werkelijke productie. Onderdelen die benodigd zijn om te voldoen aan de vraag worden uit de voorraad onttrokken. Wanneer de voorraad tot een bepaald punt is gedaald, wordt er een signaal (Kanban) afgegeven aan het proces stroomopwaarts om de voorraad bij te vullen naar desgewenst niveau (LeanEnt B.V., 2013). Kanban zorgt voor inzicht in de voorraadstroom doordat gewerkt wordt met fysieke kaarten. Dit zorgt ervoor dat mensen zich (visueel) beter bewust zijn van de goederenstromen.

Deze vorm van aansturing is voornamelijk geschikt voor onderdelen met een relatief lage stuksprijs. Binnen productiebedrijven wordt gestreefd naar een zo laag mogelijke waarde van de voorraad. Aangezien bij Kanban een voorraad wordt aangehouden, streeft men er naar om zo min mogelijk (waarde) op voorraad te hebben liggen. Hierdoor is Kanban niet geschikt voor het aansturen van kostbare onderdelen.

Binnen Kanban zijn drie typen te onderscheiden, namelijk de vervoer-Kanban, de productie-Kanban en vendor-Kanban (Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R., 2007, p. 480). Deze vormen kunnen zowel los van elkaar als gecombineerd ingezet worden. Het eerste type van Kanban wordt gebruikt om aan te geven, naar een vorige fase, dat materiaal kan worden onttrokken uit de voorraad en naar een specifieke plek kan worden gebracht. Het tweede type van Kanban is meer gericht op

productie. Hierbij wordt een signaal afgegeven dat het productieproces gestart kan worden, waarna onderdelen op voorraad worden gelegd. Bij het derde type van Kanban wordt bij een leverancier aangegeven wanneer er behoefte is dat zij materiaal of onderdelen stuurt. Dit lijkt sterk op de eerste vorm van Kanban, deze vorm heeft echter (meestal) te maken met externe leveranciers.

Kanban wordt vaak gelijk gesteld aan *two bin*, terwijl dit niet hetzelfde is. Een gecombineerde toepassing vindt wel vaak plaats. In het *two bin* proces worden goederen (veelal) aangeleverd in standaard bakken (verpakkingen), welke kunnen variëren in grootte. De wijze van verpakking heeft niet alleen een emballage functie, maar is eveneens sturend. De methodiek van Kanban is wel in *two bin* verwerkt (Schreuder, 2013). De functie van de bakken van *two bin* is gelijk aan de functie van de kaarten bij Kanban. De methode van *two bin* kan ook met andere nummers worden vormgegeven, ook *three bin* komt regelmatig voor. Hierbij dient een bak als veiligheidsvoorraad, een tweede bak als onderhanden-voorraad en een derde bak voor tijds aanvulling van de voorraad.

Een vorm van Kanban waarin niet gewerkt wordt met fysieke kaarten is elektronisch Kanban (e-Kanban). E-Kanban werkt volgens hetzelfde principe als Kanban, alleen wordt hier een barcode gekoppeld aan onderdelen (per batch) op voorraad. De invoering van e-Kanban brengt diverse voordelen met zich mee. Allereerst zorgt dit er voor dat er minder/geen kaarten meer kwijt raken. Daarbij wordt de werklast voor het verwerken van de signalen verminderd en wordt de transparantie van de productieketen verhoogd. Echter zijn er ook nadelen verbonden aan de invoering van e-Kanban. Voor de invoering is een grote investering nodig, daalt de inzichtelijkheid voor problemen en de flexibiliteit van de productie.

2.1.5 Material requirements planning – pull

MRP is een voorraad-systeem dat tracht een adequaat voorraadmiveau te houden zodat alle materialen direct beschikbaar zijn wanneer nodig. Het grote verschil met Kanban is dat er geen 'automatische' signalen worden afgegeven wanneer aansturing nodig is. De belangrijkste doelstellingen van MRP, die tegelijkertijd gerealiseerd dienen te worden, zijn a) zorg voor voldoende beschikbaarheid van materiaal, componenten en producten om te voldoen aan de geplande productie en leveringen, b) houd een zo laag mogelijk voorraadmiveau aan en c) plan activiteiten met betrekking tot productie, leveringen en inkoop (Gallego, 2003). Door nadruk te leggen op de betrouwbaarheid van de bevoorrading, voornamelijk op de kritieke punten in het proces, probeert men stilstand van het productieproces te voorkomen en op die manier kosten te besparen. Toepassing van het MRP pull-principe levert het meeste voordeel op wanneer men de onderdelen op de kritieke punten in het proces hiermee kan aansturen. Aansturing door MRP pull is gebaseerd op geplande productie, eventuele correcties ten opzichte van de werkelijkheid dienen handmatig gedaan te worden.

Aansturing door middel van MRP vergt dat binnen de organisatie een centraal-gestuurd, vaak complex, computersysteem beschikbaar is. De mate van functioneren van MRP is sterk afhankelijk van de mate van nauwkeurigheid van gebruikte data.

MRP wordt normaliter geplaatst onder het push-principe. Het idee van MRP pull is gebaseerd op voorspellingen, maar biedt meer mogelijkheden met betrekking onderdelen met langere levertijden. Door de specificatie van 'pull' wordt materiaal ingekocht zodanig dat het voorraadmiveau voldoet aan de werkelijke productieplannen. Eventuele fluctuaties in levertijd kunnen hierbij meegenomen worden.

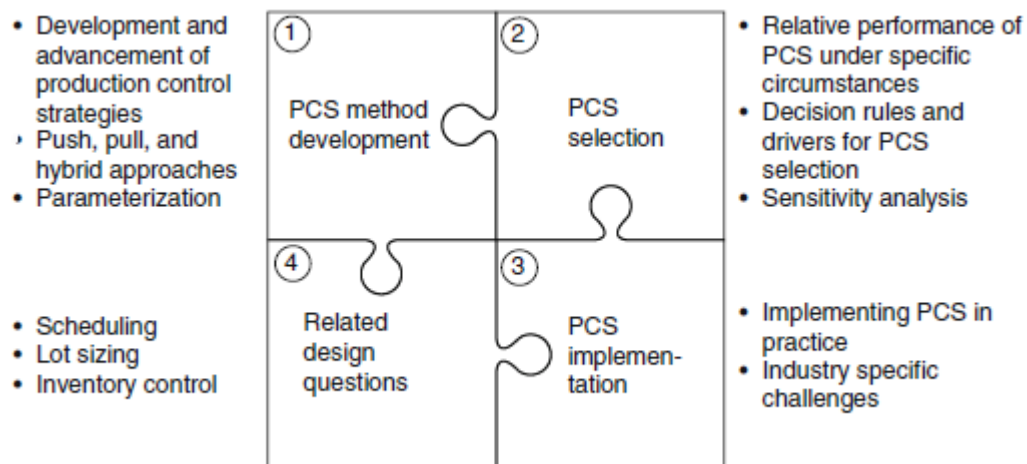
Doordat MRP vaak wordt geplaatst onder het push-principe, is het lastig om MRP geheel volgens het pull-principe toe te passen. Om MRP pull toe te passen wordt vaak een combinatie gemaakt met bepaalde elementen uit het JIT-principe. Een dergelijk combinatie wordt vaak omschreven als hybride systeem.

Binnen hybride systemen zijn twee variaties te onderscheiden, namelijk horizontaal geïntegreerde systemen en verticaal geïntegreerde systemen (Karrer, 2012). Het verschil tussen deze twee variaties wordt veroorzaakt door de mate waarin het push- of het pull-principe wordt toegepast. Het verticaal geïntegreerde systeem wordt algemeen aangestuurd door het push-principe, waarna

de sub-processen zo veel mogelijk volgens het pull-principe worden aangestuurd. Binnen het horizontaal geïntegreerde systeem worden diverse processen direct geheel volgens het push- of het pull-principe aangestuurd.

Vijf methoden: mogelijkheden en limieten

Door Karrer (2012) wordt, binnen de literatuur met betrekking tot het ontwerpen van productie- en voorraadbeheer, onderscheid gemaakt tussen vier segmenten (figuur 2). Deze indeling van segmenten wordt gemaakt om overzicht te verkrijgen over de grote hoeveelheid literatuur die beschikbaar is over het aansturen van productie en voorraad. Dit overzicht is volgens Karrer van essentieel belang om een praktisch toepasbaar kader te ontwikkelen voor het beheren van productie en voorraad.



Figuur 2 Segmentatie van literatuur volgens Karrer (2012) (PCS = production control strategy)

Het eerste segment bevat elementen over de ontwikkeling en vooruitgang van verschillende methoden. Hierbij wordt (in hoofdlijnen) onderscheid gemaakt tussen toepassing van push-, pull- en hybride methoden. Door onderscheid te maken tussen deze methoden wordt duidelijk welke type (productie)proces wordt uitgevoerd. De verschillende methoden kunnen aan de hand van diverse parameters geïdentificeerd worden. Welke parameters dat zijn, is in het kader van dit onderzoek niet van belang. Dit onderzoek is immers niet gericht op het type proces dat uitgevoerd wordt, maar op de wijze waarop de voorraad daarbij wordt aangestuurd.

Het tweede segment bekijkt de relatieve prestatie van een methode onder specifieke omstandigheden en stelt beslisseregels op voor de selectie van een juiste toepassing van de methode. Hierbij kan toepassing van een gevoeligheidsanalyse ondersteuning bieden. De relatieve prestatie wordt bekeken door verschillende methoden in een hypothetisch productiesysteem te plaatsen en vervolgens te bekijken welke invloed systeemkenmerken hebben op de prestatie. Hierbij wordt geanalyseerd of en op welke manier de methode in staat is om te gaan met invloed van diverse omgevingsfactoren. Deze analyse kan zowel gedaan worden op kwalitatieve, als op kwantitatieve basis.

Het derde segment gaat over de implementatie van de gekozen methode. Hierbij moet rekening gehouden worden met kenmerken van de industrie waarin de methode wordt geïmplementeerd.

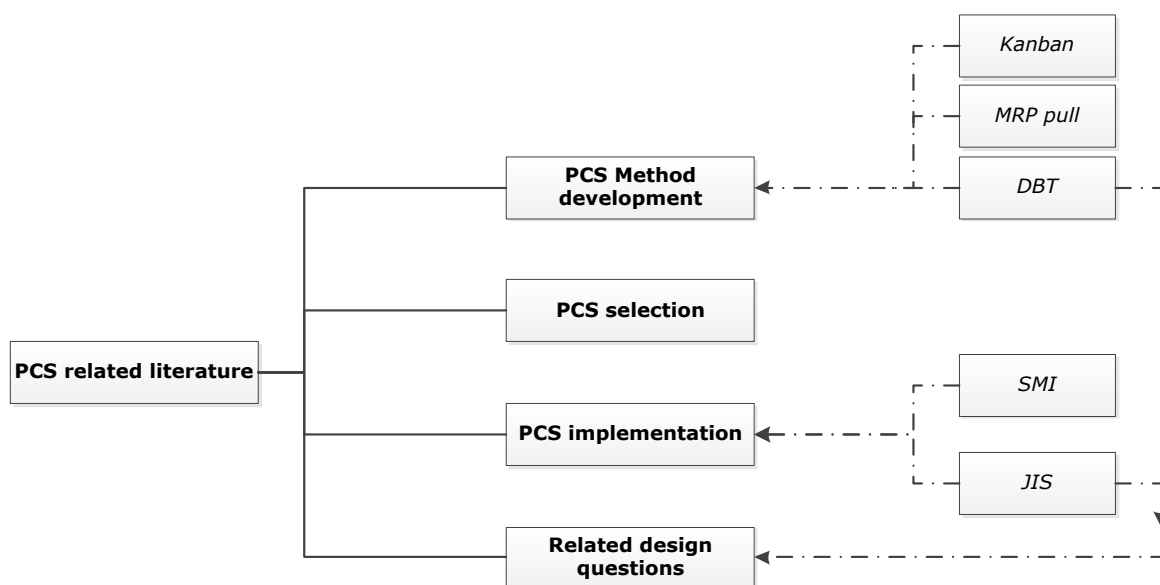
Het vierde segment heeft betrekking tot het ontwerp/de uitvoering van de methode. Hierbij gaat het bijvoorbeeld over de invulling van de planning, de hoogte van de bestelhoeveelheid, de minimale en maximale voorraad en de timing van de bestelmomenten. In het kader van dit onderzoek zijn vooral het tweede (selectie) en het vierde (vormgeving) segment van belang.

Dit onderscheid tussen deze segmenten is door Leone en Rahn (2002) niet gemaakt. De visie van Karrer is voornamelijk gericht op het onderscheid op de wijze waarop het productieproces is ingericht. De wijze waarop voorraad beheerd wordt, wordt afgeleid uit de wijze waarop het productieproces is ingericht. Daarbij wordt onderscheid gemaakt op een (redelijk) algemeen

niveau. Leone en Rahn zijn echter meer gericht op de wijze waarop de voorraad beheerd wordt en daarbij zijn ze direct meer gericht op pull-methoden.

De door Leone en Rahn genoemde methoden zijn echter wel onder te delen bij de verschillende segmenten genoemd door Karrer. Dat een methode onderverdeeld kan worden binnen het model van Karrer, geeft niet aan dat de methode geheel gelijk staat aan de betekenis van een segment. De segmentatie die door Karrer gemaakt wordt, wordt schematisch weergegeven in figuur 3 (dikgedrukt). Hierbij worden de verschillende methoden toegevoegd op de plaats waar zij de beste koppeling hebben.

Vooral SMI en JIS zijn lastig te plaatsten binnen de segmenten. Het model van Karrer is voornamelijk gericht op de inrichting van het productieproces, zowel SMI als JIS hebben weinig relatie met de werkelijke productie. Beide methoden zijn opgesteld volgens het pull-principe, waarbij geen voorraad wordt aangehouden. Toch worden ze binnen het model van Karrer geschaald als hybride methode, omdat beide methoden de (gehele) keten betrekken bij het beheren van voorraad.



Figuur 3 Taxonomie van productie- en voorraadbeheer gerelateerd aan literatuur (Karrer, 2012), inclusief persoonlijke bewerkingen op basis van Leone en Rahn (2002)

Het is mogelijk om methoden, genoemd door Leone en Rahn en ingedeeld in verschillende segmenten van Karrer, op enige manier te combineren. Het is echter niet mogelijk om verschillende methoden uit hetzelfde segment te combineren. Dit komt omdat een onderdeel slechts op één manier kan worden aangestuurd. De aansturing van verschillende methoden uit hetzelfde segment is wel mogelijk binnen één bedrijf, enkel wanneer zij niet dezelfde onderdelen aansturen. Wanneer methoden in een ander segment zijn ingedeeld, zegt dit niet dat een combinatie mogelijk is. De volgende combinaties van methoden zijn niet mogelijk op basis van het model van Karrer: SMI en JIS, JIS en DBT en Kanban en MRP pull. Ondanks dat SMI en JIS wezenlijk van elkaar verschillen zijn zij in het model van Karrer zo geplaatst dat zij dezelfde uitgangswaarden hebben. De reden dat zij bij elkaar geplaatst zijn is dat ze beide gericht zijn op het voorraadbeheersingsproces binnen de keten, daarbij bieden zij echter geen inzicht met betrekking tot het voorraadmiveau en/of de wijze waarop voorraad daadwerkelijk beheerd of aangevuld wordt.

SMI is te combineren met DBT. De gegevens voor DBT zullen hierbij in samenwerking met de leverancier tot stand moeten komen en worden opgenomen in een contract. De leverancier wordt dan verantwoordelijk voor het bijhouden van de voorraad, op basis van de gegevens van DBT, die zijn opgesteld aan de hand van de data van de klant.

Een combinatie tussen JIS en een andere methoden is onwaarschijnlijk. JIS heeft betrekking op de voorraad die gehouden wordt gezien over de gehele productieketen. Hierbij wordt in principe geen voorraad aangehouden. De overige methoden zijn echter gericht op het houden van (een minimale) voorraad zodat het productieproces zo efficiënt mogelijk kan verlopen.

Op basis van bovenstaande informatie is SMI te combineren met Kanban of MRP pull. Een combinatie tussen SMI en MRP pull is onwaarschijnlijk. Beide methoden brengen relatief veel bestuurslast met zich mee, waardoor het besturen van voorraad veel tijd en geld zal gaan kosten. Een combinatie tussen SMI en Kanban is wel mogelijk. Het beheren van de voorraad zal hierbij (deels) overgedragen worden naar de leverancier, welke de voorraad aanvult volgens het Kanban principe.

De combinatie tussen MRP pull en Kanban is zoals aangegeven in figuur 2 niet mogelijk. MRP pull en Kanban zijn beide (apart) wel te combineren met DBT. MRP pull en Kanban zijn meer gericht op de wijze waarop voorraad aangevuld wordt, terwijl DBT gericht is op hoogte van het voorraadniveau en het moment waarop besteld moet worden. Aangezien DBT berust op veel veronderstellingen, ontstaat er vaak een afwijking ten opzichte van de werkelijkheid. Berekeningen gebruikt voor DBT kunnen goed gebruikt worden als basis voor Kanban en MRP pull, zonder DBT verder toe te passen. Hierbij wordt DBT gebruikt als wiskundige tool om het voorraadbestedingsproces op te baseren, in plaats van dat de methode gebruikt wordt om het proces werkelijk te besturen.

In tabel 1 is weergegeven welke methoden (niet) met elkaar gecombineerd kunnen worden.

Tabel 1 Overzicht mogelijke combinaties replenishment methoden

	JIS	DBT	Kanban	MRP pull
SMI	--	+	+	--
JIS	X	--	--	--
DBT	X	X	+	+
Kanban	X	X	X	--

2.2 Analyse van methoden

In deze paragraaf zullen de verschillende methoden uit paragraaf 2.1 geanalyseerd worden. Hiervoor zal in paragraaf 2.2.1 een aantal variabelen worden opgesteld. In paragraaf 2.2.2 worden de methoden vervolgens beoordeeld aan de hand van de variabelen. Door de methoden te analyseren worden de voor- en nadelen van iedere methoden inzichtelijk.

2.2.1 Variabelen

De beschreven replenishment methoden hebben allemaal hun eigen sterke en zwakke kanten. Deze zijn in paragraaf 2.1.1 tot en met 2.1.5 beschreven. Om te analyseren welke methoden het beste bij AEC kunnen worden toegepast dienen de verschillende methoden gescoord te worden op een aantal variabelen. Deze variabelen hebben betrekking op het functioneren van de methode en hebben dus geen relatie met (specifieke) onderdelen. Door Swaminathan, Smith en Sadeh (1998) en Beamon (1998) worden diverse 'performance indicatoren' genoemd. Deze indicatoren zijn zowel kwalitatief als kwantitatief van aard en bieden de mogelijkheid om een toegepaste methode binnen de productieketen te beschrijven. De volgende variabelen komen voort uit Swaminathan e.a. (1998) en Beamon (1998):

- Betrekkingen met leverancier
- Afhankelijkheid van leverancier
- Contractuele overeenkomsten

Het beheersen en aanvullen van voorraad kan geheel in eigen beheer gedaan worden of in samenwerking met een leverancier. Het is van belang om te kijken hoe de relatie tussen klant en leverancier is en in welke mate men afhankelijk is van elkaar. Tevens moet duidelijk zijn welke gegevens contractueel vastgelegd moeten worden en op welke wijze dit weergegeven moet worden en hoe de informatiestroom vormgegeven moet worden.

- Integratie informatiestromen
 - Behoeftte aan informatiedeling
 - Behoeftte nauwkeurigheid van data
 - Benodigde IT-ondersteuning

Het beheren en aanvullen van voorraad wordt gedaan op basis van verschillende informatiebronnen. Deze informatie wordt binnen een replenishment methode verwerkt, wat resulteert in een materiaalstroom. Deze variabelen geven aan in welke mate behoefte is aan het delen van informatie en welke ondersteuning er nodig is om de informatie juist te verwerken. Het gaat hier niet om welke informatie voor klant (en leverancier) nodig is om replenishment toe te passen.

- Mogelijkheid om in te spelen bij fluctuatie
 - Fluctuatie in productie (flexibiliteit)
 - Fluctuatie in levertijd

De vliegtuigindustrie is erg klein waardoor het voor producenten erg belangrijk is om orders binnen te halen. Hierdoor is het belangrijk dat zij zich flexibel op kunnen stellen en dus kunnen fluctueren in de productie. Het is hierbij zeer handig als het proces in staat is fluctuatie in de levertijd op te vangen.

- Kostenposten
 - Besturingskosten
 - Implementatiekosten
 - Voorraadkosten
 - Productwaarde
 - Opslagkosten

Het beheersen en aanvullen van voorraad brengt kosten met zich mee. Het is gunstig om de replenishment methode zodanig in te richten dat de prestatie optimaal is, maar de kosten zo laag mogelijk. Deze variabelen geven de diverse kostenposten weer die replenishment met zich meebrengt.

- Voorraadniveau
 - Gemiddeld voorraadniveau
 - Kans op vertraging/voorraadtekort

Door voorraad aan te houden probeert men de kans op productiestilstand door een tekort aan materiaal te minimaliseren. Aangezien het houden van voorraad kosten met zich meebrengt, is het belangrijk de juiste balans te vinden tussen het voorraadniveau, de bijbehorende kosten en de kans op voorraadtekort.

- Bestuurslast
 - Vereiste discipline
 - Eenvoudig bijhouden traceability
 - Bijkomende taken
 - Gebruiksvriendelijkheid

Het houden van voorraad brengt verschillende taken met zich mee. Onder bestuurslast wordt het aantal en de tijdsduur van taken die het aansturen van voorraad met zich meebrengt verstaan. Binnen dit onderzoek bekijken we taken verdeeld over de volgende facetten: discipline, traceability en andere bijkomende taken. Er wordt getracht de totale bestuurslast te minimaliseren, waarbij traceability zo eenvoudig mogelijk wordt.

- Mate waarin methode berust op veronderstellingen

Wanneer een replenishment methode berust op veel veronderstellingen, is de kans op afwijkingen tussen werkelijkheid en model groter dan wanneer er relatief weinig veronderstellingen zijn gedaan. Bij afwijkingen stijgt de bestuurslast van een methode, aangezien aanpassingen nodig zijn. Het is daarom beter een methode toe te passen die direct aansluit op de werkelijkheid.

- Bewustwording van het replenishment-proces

Indien medewerkers zich bewust worden van het replenishment-proces wordt de kans op fouten kleiner. Daarnaast worden fouten eerder opgemerkt en is correctie eenvoudiger. De mate waarin medewerkers zich bewust zijn van het proces hangt daarbij samen met de discipline. Indien men geen (toegevoegde) waarde ziet in bepaalde handelingen, zal de motivatie, de betrokkenheid en het verantwoordelijkheidsgevoel dalen. Deze handelingen zullen hierdoor minder nauwkeurig uitgevoerd worden. (Heron Technologies B.V., 2013)

- Gebruiksvriendelijkheid toepassing

Dit betreft de eenvoud om een methode te implementeren en te operationaliseren. Wanneer de methode niet gebruiksvriendelijk is, zal implementatie (en operationalisatie) de bestuurslast verhogen.

- Geschikt voor het aansturen van type materiaal
(1 =basisonderdeel of grondstof, 2 = strategisch/kritiek onderdeel)

Een replenishment methode is niet altijd geschikt voor het beheren en aansturen van ieder type materiaal. Hierbij wordt onderscheid gemaakt op basis van de functie van het onderdeel. Basisonderdelen en grondstoffen zijn daarbij vaak goedkoop en hebben een relatief korte levertijd. Strategische/kritieke onderdelen zijn vaak duur (vaak vanwege complexiteit) en hebben een relatief lange levertijd.

2.2.2 Beoordeling methoden aan de hand van variabelen

De variabelen afkomstig uit de literatuur, paragraaf 2.2.1, kunnen beoordeeld worden aan de hand van de (huidige) situatie bij AEC. Deze beoordeling geschiedt op basis van kennis en inzicht verkregen binnen AEC. Hierbij is gebruik gemaakt van informatie verkregen uit gesprekken met diverse medewerkers van de afdelingen inkoop, expeditie en productie.

De gestelde variabelen worden gescoord aan de hand van een driepuntschaal (+, o, -). Een positieve score (+) geeft aan dat de variabele van toepassing is binnen de methode, een negatieve score (-) geeft aan dat de variabele niet van toepassing is binnen de methode. De middelste scoringsmogelijkheid (o) geeft aan dat een variabele niet van toepassing is of dat deze geen effecten heeft binnen de getoetste methode. De behaalde scores worden weergegeven in tabel 2. Een positieve score geeft hierbij echter niet aan of het effect ook wenselijk is. De wenselijk van de effecten wordt later besproken. Daarnaast zijn alle scores algemeen toegedeeld, waarbij geen rekening is gehouden met de verhouding tot andere methoden. Alle scores worden per methode weergegeven in tabel 2.

De onderzoeksvraag, opgesteld in paragraaf 1.3, geeft drie specifieke richtingen waarop de replenishment methode gericht dient te zijn. Deze richtingen zijn het minimaliseren van tekorten, het minimaliseren van voorraad en het minimaliseren van de kosten. Bij het analyseren van de replenishment methoden dient extra aandacht besteed te worden aan deze variabelen. De bijbehorende variabelen zijn daarom schuin gearceerd.

De besturingskosten is een van de variabelen die extra aandacht verdient. Hierbij moet rekening gehouden worden met andere variabelen. De variabele besturingskosten wordt namelijk beïnvloed door de verschillende variabelen genoemd onder de bestuurslast. Wanneer de bestuurslast toeneemt, nemen de kosten voor de besturing ook toe. Wanneer men streeft om de besturingskosten te minimaliseren, dient ook de totale bestuurslast geminimaliseerd te worden.

Tabel 2 Scoring variabelen per methode

Variabelen	SMI	JIS	DBT	Kanban	MRP pull
Betrekkingen met leverancier					
Afhankelijkheid	+	0	-	-	-
Contractuele overeenkomsten	+	+	-	-	-
Integratie stromen					
Behoeftte informatiedeling	+	+	-	-	-
Behoeftte nauwkeurigheid data	0	+	0	-	0
Benodigde IT-ondersteuning	-	+	+	0	-
Inspelen op fluctuatie					
Fluctuatie in productie	-	+	-	+	0
Fluctuatie in levertijd	-	-	-	0	+
Kostenposten					
<i>Besturingskosten</i>	Laag	Hoog	Laag	Laag	Matig
Implementatiekosten	Hoog	Hoog	Laag	Matig	Matig
Voorraadkosten					
- Productwaarde	Matig	Laag	Hoog	Laag	Hoog/Matig
- Opslagkosten	Contract	Laag	Hoog	Matig	Matig
Voorraadniveau					
<i>Gemiddeld voorraadniveau</i>	Contract	Laag	Hoog	Matig	Matig
<i>Kans op vertraging/voorraadtekort</i>	Matig	Hoog	Laag	Laag	Matig
Bestuurslast					
Vereiste discipline	-	+	-	0	0
Eenvoudig bijhouden traceability	-	0	-	0	0
Bijkomende taken	-	+	+	0	+
Gebruiksvriendelijkheid	+	-	0	+	0
Berusting op veronderstellingen	0	-	+	0	0
Bewustwording van proces	-	+	-	0	0
Geschikt voor type materiaal	1, 2	1, 2	1, 2	1	2*

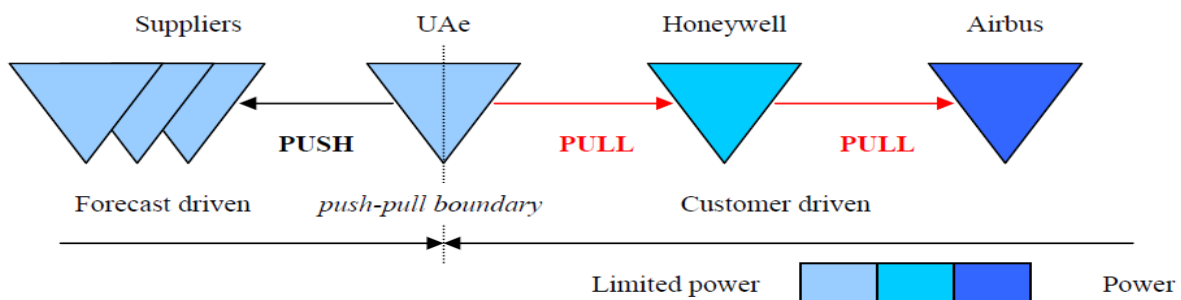
*MPR pull is voornamelijk geschikt voor het aansturen van onderdelen op de kritieke punten in het proces. De kritieke onderdelen in het proces zijn vaak onderdelen met een lange levertijd. Het aansturen van onderdelen met een korte levertijd kan ook via de methode MRP pull, maar vereist veel bestuurslast ten opzichte van de voordelen die MRP pull kan bieden.

3 Beschrijving huidige situatie

Dit hoofdstuk heeft betrekking op de huidige replenishment methode die gebruikt wordt voor de onderdelen betrokken bij de productie van de LC350. In paragraaf 3.1 wordt de huidige replenishment methode, met betrekking tot de onderdelen betrokken bij de productie van de LC350, besproken. Paragraaf 3.2 beschrijft op welke manier de replenishment methode wordt vormgegeven. In paragraaf 3.3 analyseren we de huidige toepassing aan de hand van een aantal variabelen. Tot slot worden enkele voorlopige conclusies getrokken in paragraaf 3.4.

3.1 Huidige toepassing replenishment

Binnen AEC is onderzoek gedaan naar de positie in de supply chain. Om deze positie weer te geven is het volgende figuur opgesteld. De positie van AEC wordt weergegeven met UAe (Urenco Aerospace B.V.). Zoals uit de figuur blijkt, bevindt AEC zich op de scheiding van push- en pull systemen.



Figuur 4 Positie van AEC in de supply chain (Aeronamic B.V., 2013)

Voor het beheren van de voorraad maakt AEC gebruik van een ERP-systeem genaamd ISAH. Daarbij wordt, met betrekking tot de voorraadbestedingswijze, onderscheid gemaakt tussen drie groepen. De eerste groep bevat onderdelen en materiaal waarvan geen voorraad aangehouden hoeft te worden, dit zijn vaak taak-ondersteunende materialen zoals bureaus en dergelijke. De tweede groep bevat onderdelen waarvan de voorraad wordt aangevuld op basis van Kanban, de derde groep bevat onderdelen waarvan de voorraad wordt aangestuurd door middel van MRP. Dit wordt in het ISAH aangegeven als de voorraadbestedingswijze (0 = geen voorraad, 1 = Kanban, 3 = MRP). De onderdelen en materialen waarvan geen voorraad aangehouden wordt, worden in de rest van dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

De keuze om een aantal productieonderdelen volgens Kanban op voorraad te houden is in het verleden gemaakt door de afdeling inkoop. Men heeft destijds gerekend aan de besturingskosten die MRP met zich meebrengt en de tijd die (voor inkoop) bespaard kan worden door Kanban in te voeren. Uit deze berekening bleek dat het voor een gedeelte van de onderdelen gunstig(er) is om deze volgens Kanban aan te sturen.

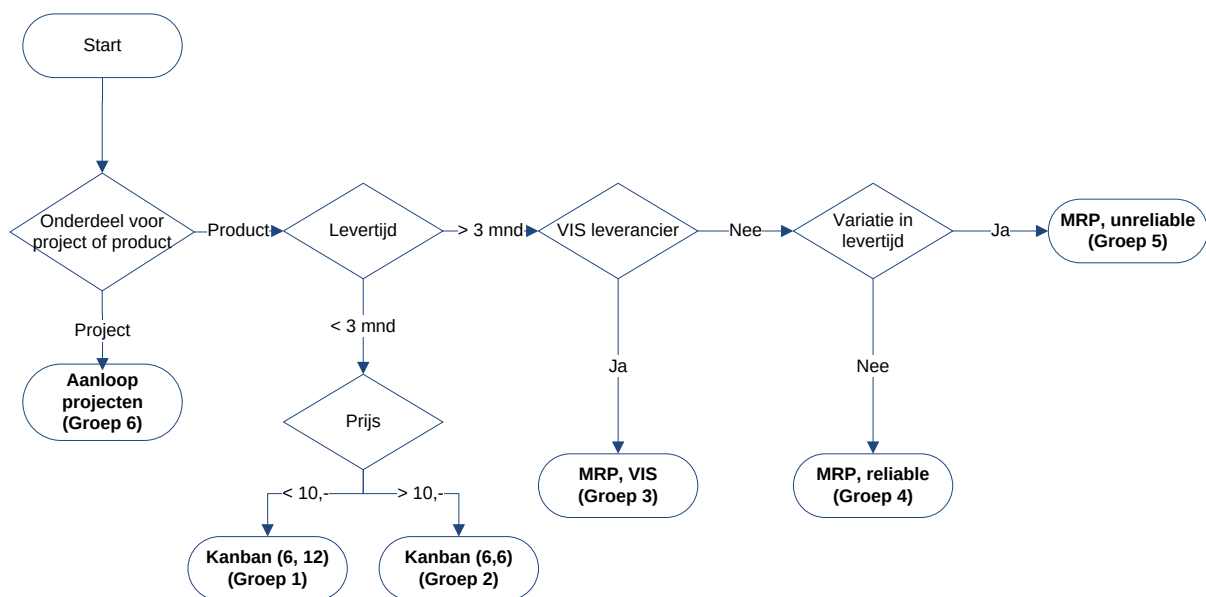
Bij het bepalen welke onderdelen aangestuurd worden, door Kanban of MRP, hebben meerdere specificaties van onderdelen een rol gespeeld. Specificaties als de prijs en levertijd zijn meegenomen bij het verdelen van onderdelen over zes groepen, welke ieder verschillend worden gestuurd met betrekking tot de voorraad (Turn over Stock, 2012).

Van deze groepen worden er twee aangestuurd met Kanban en vier met MRP. Onderdelen met een betrekkelijk korte levertijd (korter dan drie maanden) worden aangestuurd door middel van Kanban. De onderdelen die met Kanban worden aangestuurd hebben daarnaast bijna altijd een stuks prijs onder de €100, -. Daarnaast zijn deze onderdelen gemakkelijk verkrijgbaar en kunnen ze bij diverse leveranciers besteld worden. De hoeveelheid onderdelen, aangestuurd door Kanban, die op voorraad ligt, is deels afhankelijk van de prijs. Onderdelen die minder dan €10, - per stuk kosten, worden zodanig ingekocht dat er gemiddeld voor een jaar voorraad ligt. Onderdelen met een prijs per stuk tussen de €10, - en de €100, - worden zodanig ingekocht dat er gemiddeld voor negen maanden voorraad ligt. De keuze om een relatief hoge voorraad van goedkope en goed verkrijgbare onderdelen aan te houden, is gemaakt omdat men ernaar streeft het

assemblageproces nooit te laten vastlopen op deze onderdelen. De vertraging die zou ontstaan, zou meer kosten dan het aanhouden van een hogere voorraad.

De overige vier groepen met onderdelen worden aangestuurd door MRP, dit betreft de groepen 1) very important supplier (VIS) delen, 2) long lead items reliable, 3) long lead items unreliable en 4) aanloop projecten. Het aanleggen van voorraad van deze onderdelen is gebaseerd op de verwachte vraag en de vorderingen binnen het project. Deze groepen hebben een levertijd langer dan drie maanden en zijn daarnaast vaak duurder dan €100,- per stuk. De eerste groep omvat de strategisch onderdelen, welke vaak nog voor een speciale behandeling naar een externe firma gestuurd worden. Voor deze groep onderdelen is het gemiddelde voorraadniveau viereneenhalve maand. De tweede groep omvat onderdelen met een lange levertijd (meer dan drie maanden), maar waarbij de deviatie van de gestelde levertijd beperkt is. Voor deze groep onderdelen is ook een gemiddeld voorraadniveau van viereneenhalve maand gesteld. De derde groep omvat eenzelfde type onderdelen als de tweede groep, hierbij is er echter meer en grotere deviatie in de levertijd. Voor de groep onderdelen wordt een gemiddeld voorraadniveau aangehouden van zeveneneenhalve maand. Voor deze drie groepen is het belangrijk de positie van AEC in de markt mee te nemen. AEC heeft bij sommige leveranciers een zeer beperkte invloed aangezien ze geen grote afnemer zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor gietstukken, lagers en afdichtingen. De vierde groep omvat onderdelen die aangeschaft dienen te worden in verband met nieuwe projecten. Deze producten worden opgenomen op de zogenoemde Engineering BOM en worden gebruikt voor prototype bouw, testen en het 'First Article Inspection Report' (FAIR). Gezien de afbakening van dit onderzoek, valt de laatste groep onderdelen buiten beschouwing. In het vervolg van dit verslag worden daarom steeds vijf groepen besproken.

De verdeling van deze groepen is schematisch weergegeven in figuur 5.



Figuur 5 Richtlijnen huidige indeling onderdelen over verschillende groepen (Kanban(x,y):x=bestelpunt, y= ordergrootte))

Deze verdeling van groepen is van toepassing voor de inkoop en het beheren van voorraad op alle afdelingen binnen AEC. Bij de afdeling R&O en OEM is de verhouding tussen Kanban en MRP gestuurde onderdelen relatief hoog, wanneer men de afdelingen vergelijkt met LSM en SSM. De verhouding tussen Kanban en MRP gestuurde onderdelen bedraagt ongeveer 2:3.

De huidige verdeling van onderdelen over verschillende groepen is gemaakt op basis van 'kennis' van de onderdelen en wordt door de afdeling inkoop gebruikt. Door Geldermalsen en Van Dam (2002) wordt voor het groeperen van onderdelen de Kraljic-benadering geïntroduceerd. Deze benadering heeft geresulteerd in de zogenoemde Kraljic matrix, welke twee dimensies onderscheid. Op basis van de invloed op de winst en het inkooprisico worden producten verdeeld over deze matrix. Voor iedere aparte categorie worden bijpassende strategische aanbevelingen verstrekt, met

betrekking tot inkoopmanagement. De volgende vier groepen zijn te onderscheiden (Van Ee, 2009):

- Routine items; groot aanbod, diversiteit en bewegelijkheid zijn groot.
- Hefboom items; veel alternatieve leveranciers, veel substitutie mogelijkheden
- Knelpunt items; monopolie op markt, hoge barrières voor entree
- Strategische items; moeilijk van leverancier te wisselen, kritisch voor kostprijs en levering

Uit deze grove omschrijving lijkt dat AEC dit onderscheid deels al maakt. De precieze details voor het categoriseren van onderdelen volgens de methode van Kraljic valt niet binnen de scope van dit onderzoek, maar kan zeker de moeite waard zijn voor vervolg onderzoek.

3.2 Operationalisatie van de huidige vorm van replenishment

Voor uitwerking van Kanban zijn er bij AEC groene en rode kaarten geïntroduceerd. Een reden dat er met deze fysieke kaarten wordt gewerkt, is dat ISAH niet voldoende mogelijkheden biedt om het Kanban systeem inzichtelijk/buikbaar te maken zonder fysieke toevoegingen.

De groene kaart geeft een actiegrens aan van zes maanden. Dit betekent dat er, op het moment dat de kaart wordt afgegeven, nog voldoende voorraad is voor de verwachte productie van de komende zes maanden. De rode kaart geeft een actiegrens aan van drie maanden. De hoogte van de voorraad wordt bepaald op basis van productieaantallen van twee jaar geleden. Deze voorraadhoogte moeten regelmatig herzien worden, aangezien de productieaantallen kunnen wijzigen aan de hand van de vraag. Eventuele wijzigingen worden doorgevoerd indien de vraag structureel wijzigt, voor incidentele schommelingen wordt een directe oplossing gezocht.

De onderdelen die volgens Kanban worden ingekocht, worden na ontvangst ingedeeld in drie bakken. De eerste bak is voor huidig verbruik, de tweede bak betreft voorraad met de groene Kanban kaart (onderhandenvoorraad) en de derde bak betreft voorraad met de rode Kanban kaart (veiligheidsvoorraad). De voorraad dient FIFO ("*first in, first out*") aangevuld te worden, dit houdt in dat de ontvangen onderdelen in het laatste bakje (met rode Kanban kaart) worden opgeslagen. Dit betekent ook dat bij iedere aanvulling van de voorraad, het aantal artikelen per bak moet worden uitgeteld. Op deze manier blijft het aantal onderdelen achter een Kanban kaart gelijk aan het gestelde aantal onderdelen. Daarnaast moet bij het inruimen van de onderdelen rekening gehouden worden met (verschillende) lotnummers. Het lotnummer is een uniek nummer dat gekoppeld wordt aan een levering van een onderdeel. Indien onderdeel A geleverd wordt, krijgt de eerste levering bijvoorbeeld lotnummer 1. Een volgende levering van onderdeel A zal lotnummer 2 ontvangen. De lotnummers zijn ingevoerd in verband met traceability. Wanneer AEC een product levert, moet het te allen tijde kunnen aantonen welke onderdelen gebruikt zijn. Verschillende lotnummers mogen in eenzelfde bak liggen, maar dienen altijd gescheiden te zijn.

Op de Kanban kaarten bij AEC staat de volgende informatie standaard vermeldt: het artikelnummer, de artikelnaam, de veiligheidsvoorraad, het bestelpunt, de bestelgrootte en de (gemiddelde) levertijd. Op de meeste kaarten staat daarnaast een foto van het artikel. Ook wordt de locatie, waar het artikel opgeslagen dient te worden of opgeslagen wordt, soms ook bijgeschreven op de kaart. Deze informatie is opgesteld aan de hand van *plan for every part* (PFEP) data. Een voorbeeld van een PFEP-data bestand is te vinden in appendix E.

Onderdelen die met behulp van MRP worden aangestuurd, vergen meer tijd van de inkoper. Daarnaast bevatten deze groepen onderdelen, veel onderdelen die bewerkt zijn of moeten worden en/of onderdelen waar een inspectie nodig is om de kwaliteit te garanderen. Voor de expeditie geldt dat deze onderdelen vaker bij hen langs komen (zowel bij levering als na inspectie). Voor de productie zit er in principe geen verschil tussen Kanban en MRP gestuurde onderdelen, enkel dat de gemiddelde voorraad van de Kanban gestuurde onderdelen hoger is.

3.3 Analyse huidige toepassing replenishment

Om de effecten te onderzoeken die een replenishment methode met zich meebrengen, is het belangrijk om deze effecten te meten. Hiervoor maken we gebruik van de variabelen, welke zijn

opgesteld in paragraaf 2.2. In deze paragraaf beschrijven we hoe de variabelen uit paragraaf 2.2 op dit moment worden/zijn vormgegeven binnen AEC. De gegevens zijn afkomstig uit intern onderzoek, dat is uitgevoerd door middel van gesprekken met medewerkers van de diverse betrokken afdelingen.

Betrekkingen met de leverancier

AEC is bij veel van haar leveranciers slechts een kleine afnemer van producten, hierdoor is de marktpositie relatief slecht en heeft AEC weinig invloed op de handelswijze van de leverancier. Op basis hiervan is AEC erg afhankelijk van de leveringsmogelijkheden die de leverancier te bieden heeft. Dat AEC veel contact heeft met verschillende leveranciers heeft ook voordelen. Door de vele contacten heeft AEC (voor sommige) onderdelen keuze uit meerdere leveranciers, hierbij kan AEC vaak zelf de afweging maken, op basis van bijvoorbeeld kosten en kwaliteit, bij welke leverancier zij een order plaatsen. Ook is AEC hierdoor minder afhankelijk van een leverancier.

AEC geeft voorkeur aan leveranciers waarvan het productievolume van vergelijkbaar niveau is, omdat dit bevorderlijk is voor hun klant-status. Alle leveranciers moeten ten minste voldoen aan een aantal eisen, daarnaast wordt een afstemming gezocht met betrekking tot inzage/deling van informatie, betalingsvoorwaarden, leveringsvoorwaarden en de duur van het contract. De eisen en voorkeuren voor leveranciers zijn binnen AEC samengevat en gemodelleerd (Aeronamic B.V., 2013). Het verschil tussen een eis en een voorkeur wordt duidelijk wanneer men kijkt naar bijvoorbeeld de certificering van de leverancier. Een leverancier van AEC moet ISO9001 gecertificeerd zijn, maar een specifieke certificering voor de luchtvaart industrie (zoals AS9100 en AS9110) is niet verplicht. Indien een leverancier wel aan deze certificeringen voldoet, verkrijgt deze leverancier wel voorkeur.

Er zijn verschillende leveranciers die een bod gedaan hebben om een (groot) deel van de onderdelen te leveren en te beheren. Hier is door AEC echter niet op ingegaan. Het meest belangrijke argument dat AEC aanvoert om het beheren van een (groot) deel van de voorraad in eigen beheer te houden is dat zij een leverancier-onafhankelijk systeem willen. Een andere reden hiervoor is dat AEC langlopende contracten heeft met verschillende leveranciers, hier kan niet zomaar van afgeweken worden. Daarnaast heeft AEC verschillende leveranciers en bezit het daardoor de mogelijkheid om voor 'de beste' prijs in te kopen. In het geval dat AEC een contract aangaat, verdwijnt deze mogelijkheid.

Integratie informatiestromen

Voor het beheren van voorraad wordt veel data bijgehouden in ISAH. Naast ISAH wordt door medewerkers van de afdeling inkoop een aparte lijst gemaakt met artikelen die extra aandacht verdienen. Deze lijst is niet geheel geïntegreerd met ISAH. Daarnaast bevat ISAH veel data die overbodig of niet up-to-date is. Dit zorgt voor onoverzichtelijkheid.

De data gebruikt voor het berekenen van bijvoorbeeld de minimale voorraad wordt niet regelmatig ge-update. Hierdoor wordt het voorraadbeheersingsproces vaak pas bijgestuurd indien opvalt dat de voorraad afwijkt van de standaard. De wijze van voorraadbeheer reageert dus passief, grote wijzigingen in de productieaantallen worden (op basis van de prognose) wel actief verwerkt.

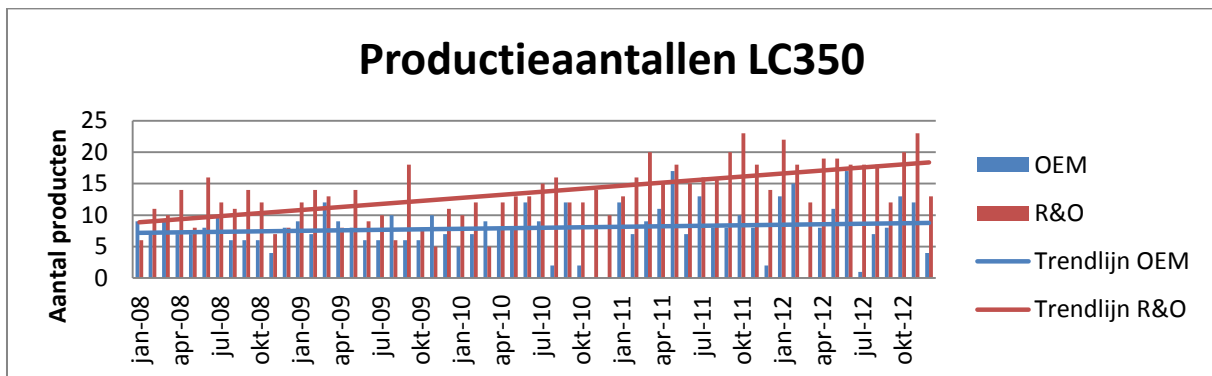
Alle informatie die intern beschikbaar gesteld moet worden, wordt verspreid via ISAH. Informatie die van een externe partij binnen komt, wordt omgezet naar ISAH. Deze informatie bevat bijvoorbeeld de productieprognose van de klanten. Er wordt weinig informatie naar een externe partij toegezonden. Er wordt pas informatie verzonden indien daar een verzoek toe is, of dat het vanuit AEC belangrijk is dat de andere partij inzicht heeft in bepaalde zaken.

De data in ISAH is op sommige punten verouderd, dit geldt voornamelijk voor data die weinig gebruikt wordt bij de huidige vorm van voorraadbeheersing. Een voorbeeld hiervan is de levertijd. De Kanban gestuurde onderdelen worden zo aangestuurd omdat de levertijd relatief laag is, hier wordt verder niet meer naar gekeken. De MRP gestuurde onderdelen variëren zodanig in levertijd, plus dat AEC afhankelijk is van de leverancier, dat hierover vaak specifieke afspraken worden gemaakt. Voor alle onderdelen geldt dat deze data, over de levertijd, op dit moment niet nauwkeurig wordt bijgehouden. Wijzigingen in bijvoorbeeld inkoopprijs worden meestal niet direct

doorgevoerd, hiervoor maakt het systeem gebruik van een (jaarlijks bijgewerkte) vaste verreken prijs (VVP).

Inspelen op fluctuatie

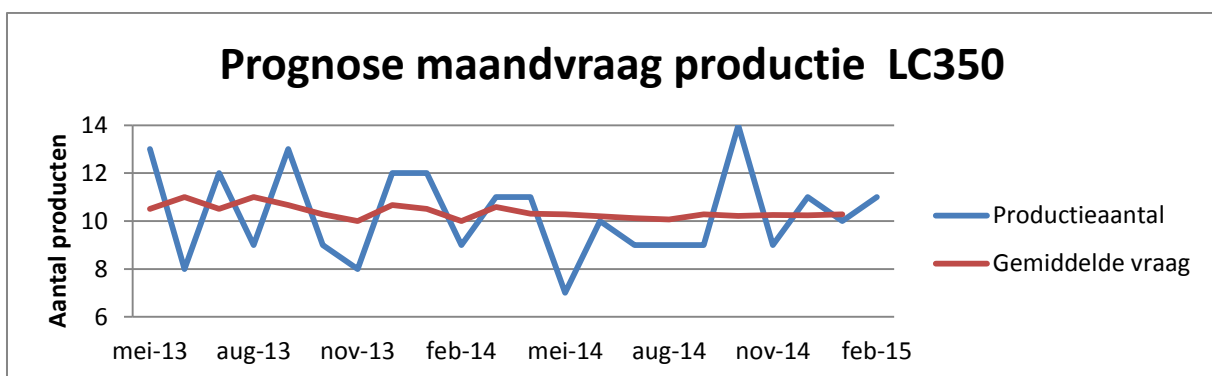
De mate waarin voorraad wordt aangehouden is afhankelijk van een aantal specificaties van het onderdeel en de frequentie waarin deze verbruikt wordt. Bij ontvangst van een klantenorder wordt deze vertaald naar de productieplannen. Deze klantenorders worden vastgelegd in zogenoemde raamcontracten, waarbij de jaarvraag vast ligt maar variatie in de maandvraag mogelijk is. Deze wijze van aansturing maakt het voor AEC mogelijk om binnen bepaalde grenzen rekening te houden met (variaties in) de wensen van hun klanten. Aangezien de exacte orders niet regelmatig in tijd en vraag binnenkomen, is er sprake van fluctuatie in de maandvraag. De maandvraag naar de LC350, zowel van OEM als R&O, is weergegeven in figuur 6.



Figuur 6 Maandvraag en trend LC350

Uit deze gegevens blijkt dat de gemiddelde vraag geleidelijk is gestegen. Voor OEM ging het gemiddeld aantal producten per maand van 7 naar (ruim) 9, voor R&O ging dit aantal van 11 naar 18. Het aantal producten dat gemiddeld per maand bewerkt wordt fluctueert. De grootste afwijking (ten opzichte van het gemiddelde) is de productie in de maand december. Opmerkelijk is dat de fluctuaties voor OEM en R&O nagenoeg gelijk lopen.

De vraag naar productie van de LC350 is redelijk goed voorspelbaar. De jaarvraag is nagenoeg constant, er zijn echter wel fluctuaties in de maandvraag. De maandvraag van de afgelopen jaren en de daarbij horende trend is weergegeven in figuur 6. Zoals blijkt uit dit figuur zal de gemiddelde vraag naar de LC350 stijgen naar 10 per maand. Dit gemiddelde ligt nu nog op 8 producten.



Figuur 7 Prognose maandvraag LC350 nieuwbouw

Voor de komende twee jaar is er een prognose opgesteld voor de maandproductie van de LC350, figuur 7. Zoals blijkt uit de figuur is de gemiddelde vraag (ongeveer) 10 producten per jaar, waarbij een minimale maandvraag van 7 producten en een maximale maandvraag van 14 producten wordt verwacht. Deze prognose wordt maandelijks bijgesteld, de afdeling inkoop verwerkt de eventuele wijzigingen en houdt daar (voor zover mogelijk) rekening mee bij het plaatsen van orders.

Onderdelen uit groep 1 en 2 liggen (in principe) in voldoende mate op voorraad om met deze fluctuaties in de productie om te gaan. Voor de Kanban gestuurde onderdelen ligt immers voor minimaal 6 maanden voorraad.

Men streeft er naar om onderdelen die met behulp van MRP worden aangestuurd voor twee maanden op voorraad te hebben. Echter zijn veel onderdelen, die met MRP worden aangestuurd, halffabricaten (intern ook wel maakdelen genoemd). Enkele van deze halffabricaten hebben een relatief hoog percentage afkeur, waardoor de hoeveelheid voorraad soms lager is dan nodig voor de productie van één maand. Deze producten zijn daarnaast vaak erg complex en kunnen daarom niet snel geleverd worden. Het betreft hier voornamelijk gietdelen.

Bij het plaatsen van orders wordt rekening gehouden met eventuele fluctuatie in de levertijd van de leverancier. Voor de onderdelen uit groep 1 en 2 geldt dat zij een relatief korte levertijd hebben en dat er voldoende voorraad aanwezig is om eventuele fluctuaties in de levertijd op te vangen. Er wordt voor deze onderdelen in eerste instantie geen aandacht besteedt aan de gevolgen van fluctuaties in levertijd. Er wordt pas extra aandacht aan (de levering van) deze onderdelen besteed op het moment dat er nog drie maanden voorraad is (rode Kanban kaart). Voor de onderdelen uit groep 3 tot en met 5 wordt wel extra aandacht besteed aan orders wanneer er kans is op fluctuatie in de levertijd. De voorraadhoogte van MRP gestuurde onderdelen (groep 3 tot en met 5) wordt zodanig bestuurd dat er voor twee maanden aan voorraad is, met uitzondering van de 'long lead items unreliable' waarvoor gestuurd wordt op een voorraadhoogte voor 6 maanden.

Kosten

De kosten voor het besturen van voorraad hangen samen met de bestuurslast. De bestuurslast verschilt per afdeling en per type aansturing. De kosten gerelateerd aan de bestuurslast zijn uit te drukken in uren. Er is echter geen exact aantal uur te binden aan het besturen van Kanban of MRP, er wordt daarom in deze paragraaf verder gesproken over een hoeveelheid tijd.

Een medewerker van de afdeling inkoop is wel significant meer tijd kwijt aan het besturen van onderdelen uit groep 3 tot en met 5 (de MRP gestuurde onderdelen). Bij MRP gestuurde onderdelen is er meer contact nodig met een leverancier om tot goede afspraken te komen. Het inkopen van onderdelen volgens Kanban is relatief eenvoudig, waardoor het weinig tijd kost.

Voor een medewerker van de afdeling expeditie kosten de onderdelen uit groep 1 en 2 (de Kanban gestuurde onderdelen) echter meer tijd. Dit komt omdat deze onderdelen geteld moeten worden, terwijl dit niet hoeft bij MRP gestuurde onderdelen. Binnen AEC blijkt de tijd, benodigd voor het inkopen van onderdelen volgens MRP, langer is dan de tijd die nodig is om onderdelen op voorraad te leggen volgens Kanban.

Voor de afdeling productie is er nauwelijks verschil tussen Kanban en MRP. De onderdelen die met Kanban worden aangestuurd zijn echter vaker in hogere aantallen aanwezig, de kans op voorraadtekorten is hierbij dus lager.

Voor de productie van de LC350 verhoudt de indeling van onderdelen (inclusief voorbereidingsmaterialen) tussen Kanban en MRP zich ongeveer 2:3. De kosten gerelateerd aan de waarde van de voorraad verhoudt zich echter 1:7. De waarde van de voorraad, enkel voor onderdelen van de LC350 OEM (artikelgroep 1200), bedraagt ongeveer €1.500.000,-. De voorraadwaarde van de Kanban gestuurde onderdelen van de LC350 bedraagt ongeveer €225.000,-. (Aeronamic B.V., ISAH lijstinhoud 20-03-2013, 2013)

De opslagkosten zijn voor beide methoden gelijk, wel afhankelijk van de hoeveelheid ruimte die nodig is. Voor de onderdelen van de LC350 is één paternoster beschikbaar. De kosten gerelateerd aan opslag zijn verder niet van belang, omdat de paternoster al is aangeschaft en afgeschreven.

Over de kosten gerelateerd aan de implementatie van de verschillende methoden, welke nu in gebruik zijn, is niets bekend.

Voorraadniveau

Binnen AEC is een richtlijn opgesteld voor de minimale, maximale en gemiddelde voorraad. Afhankelijk van het voorraadniveau is een aantal bestellingen nodig per jaar, dit wordt aangegeven met de 'turn-over-ratio'. Hieronder is weergegeven welke mate van voorraad is aangehouden per onderdeelgroep, gedurende 2012, en wordt de turn-over-ratio berekend. De turn-over-ratio wordt als volgt berekend:

$$\text{turn - over - ratio} = \frac{12 \text{ maanden}}{\text{Gemiddelde voorraadniveau in maanden}}$$

Tabel 3 Turn-over-ratio AEC 2012 (Aeronamic B.V., Turn over Stock, 2012)

Groep	Min. stock (in mnd)	Order size (in mnd)	Max. stock (in mnd)	Average stock (in mnd)	Turn-over- ratio
Kanban < 10 Euro	6	12	18	12	1,0
Kanban 10 – 100 Euro	6	6	12	9	1,3
VIS parts	2	3	5	3,5	3,4
Long Lead items reliable	2	3	5	3,5	3,4
Long Lead items unreliable	6	3	9	7,5	1,6

Binnen AEC zijn ze zich er van bewust geworden dat het huidige voorraadniveau voor sommige onderdeelgroepen relatief hoog is. Voor 2013 zijn de volgende richtlijnen voor het behouden van voorraad en de turn-over-ratio opgesteld. Zoals te zien is, zijn er geen plannen om het voorraadniveau van de Kanban gestuurde onderdelen te wijzigen.

Tabel 4 Turn-over-ratio richtlijnen 2013 (Aeronamic B.V., Turn over Stock, 2012)

Groep	Min. stock (in mnd)	Order size (in mnd)	Max. stock (in mnd)	Average stock (in mnd)	Turn-over- ratio
Kanban < 10 Euro	6	12	18	12	1,0
Kanban 10 – 100 Euro	6	6	12	9	1,3
VIS parts	1	3	4	2,5	4,8
Long Lead items reliable	1	3	4	2,5	4,8
Long Lead items unreliable	3	3	6	4,5	2,7

De berekeningen, die in het verleden zijn uitgevoerd, met betrekking tot de minimale voorraad, het bestelpunt en de bestelhoeveelheid zijn niet (meer) terug te vinden. De uitkomsten van deze berekeningen zijn destijds ingevoerd in het systeem, waarbij de achterliggende berekeningen in het systeem verloren zijn gegaan.

De huidige waarden voor minimale voorraad, het bestelpunt en de bestelhoeveelheid op de Kanban kaart zijn verouderd. Sinds de invoering van Kanban is niet gekeken naar veranderingen in de productie en bijbehorende aantallen en welke gevolgen dit heeft voor de benodigde onderdelen. Een deel van de waarden op de Kanban kaarten is inmiddels handmatig aangepast, zowel op de Kanban kaart als in ISAH, voor een deel van de onderdelen is dit echter nog niet gedaan. De onderdelen waarvoor de waarden reeds zijn aangepast, zijn veranderd omdat de afwijkingen hier erg groot (en daarmee opvallend) waren.

De werkelijke bestelhoeveelheid is afhankelijk van de seriegrootte en de levertijd van de leverancier. Met betrekking tot deze twee variabelen is AEC dan ook afhankelijk van een leverancier, hierover zijn of worden met een leverancier afspraken gemaakt. Afhankelijk van de prijs van het onderdeel en deze afspraken wordt een onderdeel ingedeeld in een van de vijf genoemde onderdeelgroepen.

De kans op een tekort aan voorraad is groter bij de onderdelen uit groep 3 en 4, dan bij de overige groepen onderdelen. Dit wordt veroorzaakt door onzekerheid over de levering (groep 3) of de lange levertijd, waarbij de veiligheidsvoorraad relatief laag is (groep 4).

Bestuurslast

De kosten gerelateerd aan het besturen van voorraad volgens Kanban en MRP zijn reeds besproken in paragraaf 3.3, kosten. Echter zijn niet alleen kosten (en tijd) verbonden aan de bestuurslast. Bij het bekijken van de bestuurslast maken we onderscheid tussen drie groepen onderdelen; Kanban gestuurde onderdelen (groep 1 en 2), VIS onderdelen (groep 3) en onderdelen met een lange levertijd (groep 4 en 5). De VIS onderdelen worden MRP gestuurd, maar vragen extra aandacht van de inkoper vandaar dat zij een aparte groep vormen.

Tabel 5 Overzicht bestuurslast per afdeling

Afdeling	Kanban onderdelen	VIS onderdelen	Onderdelen lange levertijd
Inkoop	- Standaardpatroon - Kost weinig tijd - Weinig onzekerheid	- Geen standaardpatroon - Kost veel tijd - Veel onzekerheid	- Redelijk standaard - Kost veel tijd - Redelijke onzekerheid
Expeditie	- Eenvoudige toepassing - Kost redelijk veel tijd	- Eenvoudige toepassing - Kost weinig tijd*	- Eenvoudige toepassing - Kost weinig tijd*
Productie	- Eenvoudige toepassing - Weinig onzekerheid	- Eenvoudige toepassing - Onzekerheid	- Eenvoudige toepassing - Onzekerheid

* veel van deze onderdelen moeten, voordat ze aan de voorraad worden toegevoegd, worden gecontroleerd op kwaliteit. Dit kost wel tijd, maar is niet afhankelijk van de expeditie. De methode van voorraadbeheersing heeft hier geen invloed op.

Discipline heeft betrekking op data en op menselijke handelingen, dit zijn twee verschillende aspecten die nauw met elkaar samen (kunnen) hangen. Discipline met betrekking tot data heeft te maken met het bijhouden van de informatie in ISAH. Discipline met betrekking tot menselijk handelen heeft te maken met het nauwkeurig handelen volgens de gestelde richtlijnen.

De data gerelateerd aan voorraadbeheer wordt in ISAH ingevoerd door medewerkers van de afdeling inkoop of expeditie. Medewerkers van de afdeling inkoop voeren data in die betrekking hebben met de geplaatste bestelling, medewerkers van de afdeling expeditie voeren data in die betrekking hebben met het plaatsen van voorraad. Daarnaast zijn zij verantwoordelijk voor het beheren van levering-gegevens, zoals tekeningen en certificaten. Op basis van deze, en de reeds beschikbare, informatie wordt de productie aangestuurd.

Het bijhouden van data vergt relatief veel tijd. Het verwerken van 'kleine' afwijkingen (minder dan vijf procent) wordt vaak niet als belangrijk beschouwd en wordt daarom niet doorgevoerd. Om afwijkingen te voorkomen worden medewerkers erop gewezen dat het werken volgens de richtlijnen en het bijhouden van de data van groot belang is. Toch wijkt het systeem op sommige punten af van de werkelijkheid. Deze afwijkingen komen vaker voor bij Kanban gestuurd onderdelen dan bij MRP gestuurde onderdelen. Dit wordt mede veroorzaakt omdat Kanban meer gestuurd wordt op basis van data dan MRP, welke meer gestuurd wordt op kennis over product en leverancier. Daarbij is na de invoering van Kanban niet gekeken naar veranderingen in de productie.

De mate waarin discipline van het menselijk handelen in overeenstemming is met de richtlijnen is persoonsafhankelijk. Wanneer een medewerker de waarde van (nauwkeurig) handelen niet inziet, zal deze minder nauwkeurig werken. De discipline van menselijk handelen heeft invloed op de mate waarin onderdelen te traceren zijn naar hun herkomst. Voor AEC is het erg belangrijk om aan de eisen van traceability te voldoen, in verband met gestelde productie-eisen en eventuele klachten van klanten. De herkomst van onderdelen, die verbruikt worden bij productie van de LC350, moet daarom altijd duidelijk zijn. Het is dus gewenst om zo veel mogelijk inzicht te verkrijgen in de traceability.

Om traceability te genereren moeten onderdelen gepickt worden volgens de lotnummers vermeld op de picklijst. Dit gebeurt echter niet altijd. Wijzigingen in gepickte lotnummers of aantal onderdelen moet aangegeven worden in ISAH. Wijzigingen van het lotnummer van de gepickte onderdelen wordt vaak veroorzaakt door onoverzichtelijkheid van de lotnummers, vanwege de wijze waarop zij verdeeld zijn over de beschikbare opslagruimte. De onduidelijkheid doet zich voornamelijk voor bij onderdelen die door Kanban worden aangestuurd. Wijzigingen in het aantal onderdelen dat

verbruikt wordt, wordt mogelijk veroorzaakt door afwijkingen of beschadigingen van de onderdelen zelf. Dit komt slechts zelden voor omdat de onderdelen, indien nodig, op kwaliteit gecontroleerd worden voordat ze aan de voorraad worden toegevoegd.

Veronderstellingen

De huidige vorm van voorraadbeheersing gaat er van uit dat de productie op gelijk niveau blijft. Slechts bij relatief grote afwijkingen wordt het model aangepast. In deze vorm reageert het voorraadbeheersingsmodel reactief. Sinds 2008 is het aantal bewerkingen aan de LC350 sterk gestegen, zowel voor OEM als voor R&O. De veranderingen in benodigde onderdelen door deze stijging is, zoals gezegd, slechts voor een deel van de onderdelen doorgevoerd.

Bewustwording van proces

De medewerkers van verschillende (betrokken) afdelingen weten, ieder op zich, vrij veel over de onderdelen. De kennis die zij van een onderdeel hebben is vaak wel afhankelijk van de afdeling waar zij werkzaam zijn. Alle betrokkenen zijn zich relatief goed bewust van het proces dat zich afspeelt met betrekking tot het houden van voorraad. AEC is zodanig georganiseerd dat de afstand tussen afdelingen relatief klein is. Het is hierdoor vrij eenvoudig inzicht te verkrijgen in andermans situatie of om met elkaar te overleggen. Door de 'kleinschaligheid' zijn de medewerkers relatief goed op de hoogte van het proces dat zich afspeelt met betrekking tot het beheren van voorraad. Dit sluit natuurlijk niet uit dat zij andere belangen hebben binnen dit proces.

Besturingswijze per type materiaal

Binnen AEC zijn verschillende onderdeelgroepen aangemaakt, waar de besturingsmethode op afgestemd is. Het eerst onderscheid wordt gemaakt op basis van de levertijd. Daarna spelen prijs, variatie in de levertijd of de relatie met de leverancier een rol. Deze indeling is reeds besproken in paragraaf 3.1.

3.4 Conclusie voor keuze replenishment methode

Om voor AEC tot een keuze te maken voor een geschikte replenishment methode, is het belangrijk dat deze gericht is op het reduceren van tekorten, voorraad en kosten. Bij het kiezen van een geschikte methode dient rekening gehouden te worden met de uitkomsten van de uitgevoerde analyse (paragraaf 2.2) en de randvoorwaarden die door AEC gesteld zijn (paragraaf 1.4).

Door AEC wordt onderscheid gemaakt tussen groepen onderdelen. Om een geschikte replenishment methode te vinden, lijkt het belangrijk enig onderscheid tussen onderdelen aan te houden en de onderdelen dus niet te zien als een homogene groep. De huidige vorm van onderscheid is niet bindend, maar wordt aangehouden zolang er geen verandering vereist is. Ander onderzoek is nodig om te kijken of dit onderscheid optimaal is en welke verbeteringen mogelijk zijn. Binnen de scope van het onderzoek worden de volgende onderdeelgroepen onderscheiden:

- 1) Onderdelen met een levertijd korter dan 3 maanden en een prijs lager dan €10, -.
- 2) Onderdelen met een levertijd korter dan 3 maanden en een prijs tussen €10, - en €100, -.
- 3) Onderdelen met een levertijd langer dan 3 maanden en belangrijke leverancier (VIS).
- 4) Onderdelen met een levertijd langer dan 3 maanden en een lage variatie in levertijd.
- 5) Onderdelen met een levertijd langer dan 3 maanden en een hoge variatie in levertijd.

Hieronder volgt een scoring van de variabelen voor elk van de groepen onderdelen (tabel 6). De variabelen worden overgenomen uit paragraaf 2.2, maar zullen soms aangepast worden vanwege de invalshoek. De scoring wordt gesteld aan de hand van de huidige en de gewenste situatie. Bij het bekijken van de huidige situatie wordt uitgegaan van de huidige vorm van besturing en wordt specifiek gekeken naar de vormgeving van de variabelen hierbinnen. Tevens wordt er bekeken op welke wijze een groep onderdelen aangestuurd zou kunnen worden. Hierbij wordt niet uitgegaan van de huidige vorm van besturing. Aan de hand van deze scoring kan een oordeel gegeven worden over de toepassing van de huidige vormen van besturing.

Tabel 6 Scoring variabelen per onderdeelgroep

Variabelen	Groep 1		Groep 2		Groep 3		Groep 4		Groep 5	
	Huidig	Gewenst	Huidig	Gewenst	Huidige	Gewenst	Huidig	Gewenst	Huidig	Gewenst
Levertijd, prijs ->	<3mnd, <€10		<3mnd, €10 - €100		>3mnd, VIS		>3mnd, lage variatie		>3mnd, hoge variatie	
Betrekkingen met leverancier										
Afhankelijkheid	-	-	-	-	+	o	-	-	+	o
Contractuele overeenkomsten	o	o	o	o	o	+	o	o	o	o
Integratie stromen										
Behoeftedeling	-	-	-	-	+	o/+	o	-/ o	+	o
Behoeftedatumnauwkeurigheid	-	o	-	o/+	+	+	+	+	+	+
Benodigde IT-ondersteuning	-	o	-	o	o	o	o	o/+	o	o/+
Omgaan met fluctuatie										
Fluctuatie in productie	+	+	+	+	-/o	o	o	o/+	-/ o	o
Fluctuatie in levertijd	o /+	o/+	o/+	o/+	-	o	o	o/+	o	o
Kostenposten										
Besturingskosten	Laag	Laag	Laag	Laag	Hoog	Matig	Matig	Laag	Hoog	Matig
Voorraadkosten, productwaarde	Laag		Laag/Matig		Matig/Hoog		Matig/Hoog		Matig/Hoog	
Voorraadniveau										
Gemiddeld voorraadniveau	Hoog/Matig	Matig	Hoog/Matig	Matig	Laag	Laag	Laag	Laag	Matig/Laag	Laag
Kans op vertraging/voorraadtekort	Laag	Laag	Laag	Laag	Hoog	Matig	Matig	Matig	Hoog/Matig	Matig
Bestuurslast										
Vereiste discipline	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o
Eenvoudig bijhouden traceability	o	o/+	o	o/+	o	o/+	o	o/+	o	o/+
Bijkomende taken	Expeditie	o	Expeditie	o	Inkoop	o	o	o	Inkoop	o
Gebruiksvriendelijkheid	+	+	+	+	o	o/+	o	o/+	o	o/+
Berusting op veronderstellingen	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Bewustwording van proces	o	o/+	o	o/+	o	o/+	o	o/+	o	o/+
Geschikt voor type besturing	(SMI) Kanban	DBT	(SMI) Kanban	DBT	MRP		DBT	MRP	(DBT)	MRP

De volgende variabelen (uit paragraaf 2.2.1) zijn hier niet van toepassing en daarom weggelaten uit de tabel: implementatiekosten en opslagkosten. De implementatiekosten vallen weg omdat we de huidige methode bekijken. De opslagkosten zijn niet van belang omdat hiervoor al voorzieningen zijn. Omdat de opslagkosten wegvallen, blijft enkel de productwaarde over als variabele binnen de voorraadkosten. De productwaarde blijft gelijk voor de huidige en gewenste situatie en wordt daarom eenmalig vermeld.

In tabel 6 wordt weergegeven welk type besturing geschikt zou zijn voor het besturen van een groep onderdelen. Deze scoring wordt hieronder toegelicht. De scoring is gemaakt op basis van de scoring van de methoden in tabel 2 en de randvoorwaarden van AEC (paragraaf 1.4).

Supplier managed inventory

Gegeven is dat AEC eigenaar wil blijven van de voorraad van strategische/kritieke onderdelen (paragraaf 1.4). De strategische/kritieke onderdelen zijn de onderdelen die in eigen beheer gemaakt worden of de onderdelen die een lange levertijd hebben. Dit betreft de onderdelen die in de huidige groepsverdeling in groep 3 tot en met 5 zijn geplaatst. Voor deze onderdelen valt SMI als toepassing af.

Bij het beheren van voorraad van andere onderdeelgroepen is het in principe wel mogelijk om SMI toe te passen. Wel moeten de risico's met betrekking tot de vertrouwensrelatie worden ingedekt, wat mogelijk is met een contract.

Binnen AEC zal het echter zeer lastig worden om SMI in te voeren voor de andere onderdelen. Alleen al voor de onderdelen van de LC350 heeft AEC 57 verschillende leveranciers. Hiervan worden er zeven gecategoriseerd als VIS (in totaal verantwoordelijk voor 24 onderdelen) en zijn er drie leveranciers met een hoge variatie in de levertijd (groep 5, in totaal acht onderdelen). Alle onderdelen met een belangrijke leverancier of een hoge variatie in levertijd zijn koopedelen.

Aangezien AEC een groot aantal leveranciers heeft, wordt het lastig om met al deze partijen een overeenkomst te sluiten over het beheren en aanvullen van voorraad. Als iedere leverancier meer invloed krijgt binnen AEC, zal het overzicht met betrekking tot voorraadbeheer vervagen. Daarnaast heeft ook de afdeling inkoop minder inzicht in de hoeveelheid en waarde van de producten die op voorraad liggen. Voor de medewerkers van de expeditie geldt dat er voor hun meer (onregelmatig) werk komt. De aankomstintensiteit van leveranciers wordt minder voorspelbaar, daarbij komt dat ook medewerkers van de expeditie meer moeite moeten doen om (voor zichzelf) overzicht te houden van de voorraad. Onderzoek naar de relatie tussen het aantal leveranciers en het inkoopvolume behoort niet tot de scope van dit onderzoek.

Daarnaast is het voor de toepassing van SMI erg belangrijk om naar de marktpositie van AEC te kijken. Het relatieve marktaandeel van AEC is klein, waardoor AEC (gemiddeld) zeer weinig invloed heeft op het doen en laten van de leverancier. Het feit dat er groei verwacht wordt in de productie van AEC beïnvloedt de mogelijkheid voor SMI op een positieve manier. Door deze groei zal de marktpositie van AEC verbeteren, wat een beter onderhandelingspositie verschaft.

Naast de situationele bezwaren tegen SMI, is AEC organisatorisch gezien ook geen voorstander voor SMI. In paragraaf 3.3 is aangegeven dat AEC het beheren van de voorraad grotendeels in eigen beheer wil houden, omdat zij een leverancier-onafhankelijk systeem willen. Wanneer SMI wordt ingevoerd, wordt men afhankelijk van de betrokken leveranciers.

Sequence delivery

Op basis van de score in tabel 2 is JIS onaantrekkelijk om toe te passen bij AEC. Bij toepassing van JIS dient er veel aandacht besteed te worden aan de informatievoorziening binnen de gehele productieketen, de nauwkeurigheid van data en de IT-ondersteuning. Daarbij wordt verwacht dat de bestuurslast zal stijgen, aangezien er veel aandacht besteed moet worden aan discipline. Ook zullen er, zeker wat betreft (inkoop)planning, taken bijkomen en is het gebruik van deze methode niet gebruiksvriendelijker.

In paragraaf 1.4 is als randvoorwaarde gesteld dat de bestuurslast ten minste gelijk blijft of wordt verlaagd. De verwachting is dat JIS de bestuurslast zal doen stijgen. JIS valt dus af als toepassing. Wanneer AEC bereidt is om concessies te doen, met betrekking tot de gestelde randvoorwaarden, zou het misschien mogelijk zijn om JIS toe te passen. Voor nu is dit echter niet van toepassing.

Het basisprincipe van JIS (JIT) zal echter wel in het achterhoofd gehouden worden. De richtlijnen van JIS zijn opgenomen in het principe van lean-productie. Aangezien AEC graag via dit principe

wil handelen, kunnen elementen uit (de richtlijnen van) deze methode gebruikt worden om het proces aan te sturen.

Demand based triggers

DBT scoort in tabel 2 matig wanneer we de behaalde scores bekijken. Het implementeren van DBT zou enkele voor- en nadelen kunnen bieden, maar deze methode onderscheid zich vrijwel nergens. De punten waar DBT uitzonderlijk scoort hebben betrekking op het aantal veronderstellingen en de kosten.

Wanneer gekeken wordt naar het aantal veronderstellingen waarop de methode berust, is dit aantal vrij hoog. Daarbij wordt DBT voornamelijk gestuurd op vaste data, waardoor de kans op (grote) verschillen tussen methode en werkelijkheid groot is. DBT is mede door het aantal veronderstellingen (afhankelijk van het gekozen model) slecht in staat om te gaan met variatie. Voor de onderdelen met variatie in de levertijd, groep 5, is toepassing van DBT daardoor extra risicovol. Tevens brengt toepassing van DBT hoge voorraadkosten met zich mee en zal de hoogte van de voorraad vermoedelijk stijgen. Gezien de richtlijnen van het onderzoek valt deze methode af.

Ondanks dat DBT voor veel onderdeelgroepen als geschikt wordt gemarkeerd, is toepassing van enkel DBT af te raden. De berekeningen van DBT kunnen echter goed gebruikt worden om methoden als Kanban of MRP pull te ondersteunen. In paragraaf 2.1 is aangegeven dat DBT mogelijk gezien kan worden als een wiskundige tool waarop het voorraadbesturingsproces gebaseerd kan worden, dan dat het werkelijk een methode is om het proces mee te besturen.

Consumption based Kanban

Toepassing van Kanban is niet geschikt voor aansturing van strategische/kritieke onderdelen, zie paragraaf 2.1.4. Hierdoor valt besturing op basis van deze methode af voor de groepen 3 tot en met 5. De overige twee groepen kunnen wel met behulp van Kanban worden aangestuurd, dat gebeurt op dit moment ook. Toepassing van Kanban levert op dit moment wel wat praktische problemen op, maar de methode zelf is wel geschikt.

Material requirements planning-pull

Toepassing van MRP pull is niet geschikt voor aansturing van basisonderdelen en grondstoffen. MRP pull is voor het besturen van niet strategische/kritieke onderdelen te arbeidsintensief. Groep 1 en 2 van de onderdelen kunnen dus niet met behulp van MRP pull worden aangestuurd.

In tabel 7 worden de mogelijke combinaties tussen diverse methoden gegeven, welke nog mogelijk zijn op basis van de bevindingen in deze paragraaf.

Tabel 7 Opties besturingsmethoden en mogelijke combinaties per onderdeelgroep

Variabelen	Groep 1	Groep 2	Groep 3	Groep 4	Groep 5
Opties	(SMI) DBT Kanban	(SMI) DBT Kanban	MRP pull	DBT MRP pull	(DBT) MRP pull
Combinaties	SMI- DBT SMI-Kanban DBT-Kanban	SMI-DBT SMI-Kanban DBT-Kanban	X	DBT- MRP pull	DBT- MRP pull
Huidige besturing	Kanban	Kanban	MRP	MRP	MRP

Op dit moment wordt binnen AEC, afhankelijk van de groep onderdelen, de voorraad aangestuurd op basis van Kanban en MRP. Op basis van de gestelde randvoorwaarden en de analyse blijken de huidige besturingsmethoden geschikt voor de onderdelen die zij aansturen. In het vervolg van dit onderzoek wordt daarom vast gehouden aan de gestelde methoden.

4 Probleemidentificatie binnen huidige toepassing van Kanban

In dit hoofdstuk wordt gestart met de tweede fase van het onderzoek. Hierbij wordt gekeken naar de problemen die optreden bij het toepassen van de huidige replenishment methoden geïdentificeerd en wordt gekeken welke verbeteringen er eventueel mogelijk zijn. Hierbij focussen we ons op de onderdelen die met Kanban worden aangestuurd. De MRP gestuurde onderdelen worden hier (grotendeels) buiten beschouwing gelaten omdat voor ieder van deze onderdelen andere bijzonderheden gelden, zoals de (VIS)leverancier. De Kanban gestuurde onderdelen kunnen gemakkelijker als homogene groep aangestuurd worden en zijn daarnaast veel minder complex. Hierdoor kunnen gerichtere aanbevelingen gedaan worden, waarbij ook de verwachtingen nauwkeuriger kunnen worden geformuleerd.

Door te identificeren waar en hoe verbetering mogelijk is, kan het proces geoptimaliseerd worden. Aan de hand van de probleemanalyse zullen enkele aanbevelingen gedaan worden. De problemen zijn opgesteld aan de hand van interviews met verschillende medewerkers en gedane observaties. De problemen die op dit moment te onderscheiden zijn, gerelateerd aan de Kanban gestuurde onderdelen:

- De voorraadkosten zijn relatief hoog.
- De informatie op de Kanban kaarten is verouderd.
- De Kanban kaarten zijn verouderd en versleten (kleine breuken).
- Er wordt vanuit de afdeling inkoop niet volgens een consistente wijze gehandeld.
- Er zijn afwijkingen tussen de werkelijkheid en het systeem. Hierbij speelt discipline een rol.
- Het ontwerp van Kanban kaarten is niet overzichtelijk.
- Het Kanban-bord is niet praktisch en niet overzichtelijk.
- Voorraad van één onderdeel kan verspreid liggen over meerdere locaties.

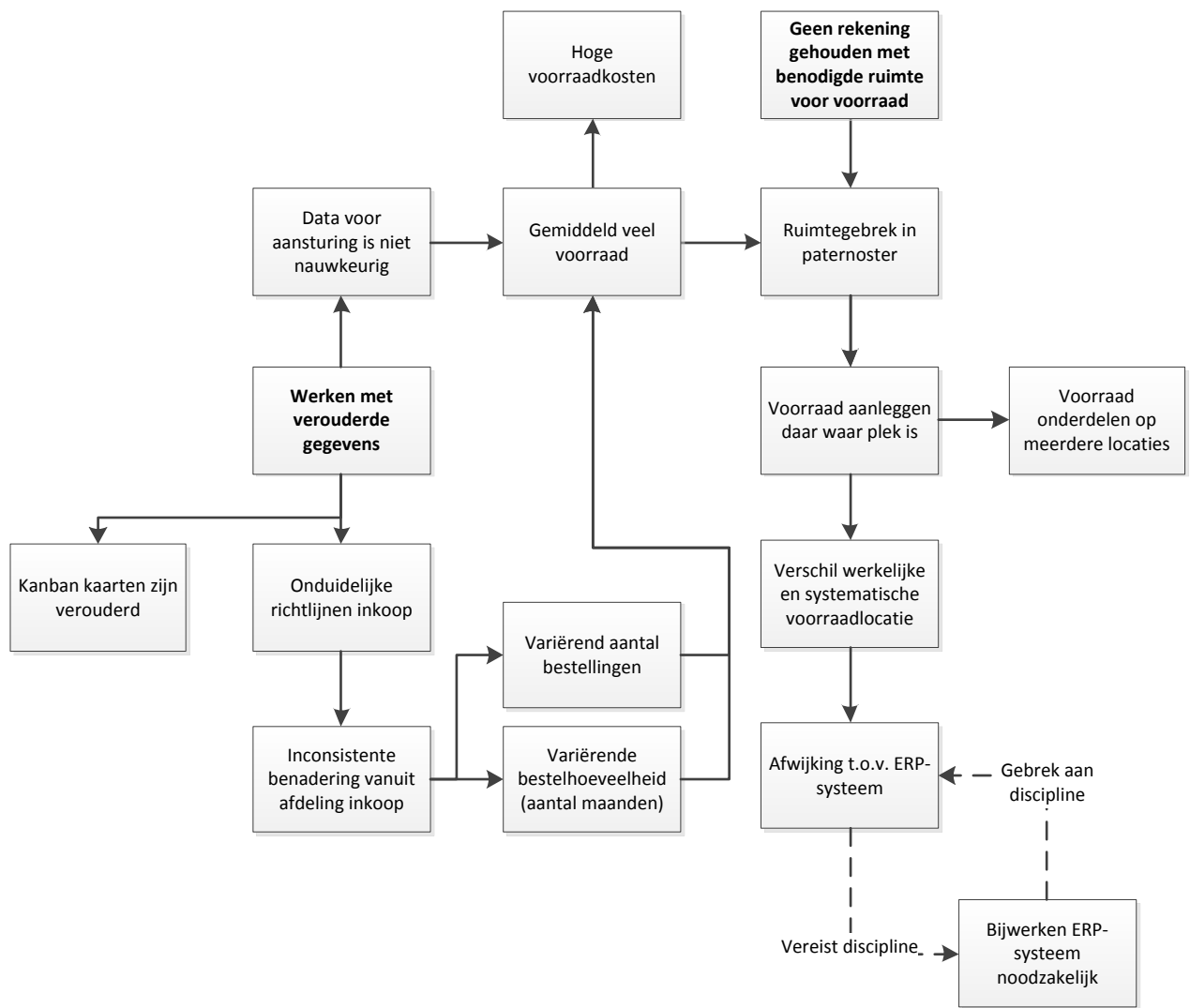
In figuur 8 worden deze problemen schematisch weergegeven en wordt daarbij de onderlinge relatie weergegeven.

Uit deze probleemkluwen blijkt dat de huidige problemen met de aansturing van de voorraad veroorzaakt worden doordat er gewerkt wordt met verouderde gegevens en dat daarbij geen rekening is gehouden met de benodigde ruimte voor de maximale voorraad.

Voor het beheren van de voorraad in de paternoster wordt een specifieke volgorde van onderdelen aangehouden. Deze volgorde is gebaseerd op de stuklijst. De volgorde waarin onderdelen opgenomen worden in de stuklijst is op basis van de productievolgorde, welke is beschreven in het engine buildboek. Hierin komen echter wel enige afwijkingen voor. Het aanpassen van de stuklijst danwel het engine buildboek, valt buiten de scope van dit onderzoek. In overleg met de monteurs moet besproken worden welke volgorde leidend moet worden.

De stuklijst is in oorsprong de basis geweest voor de volgorde van de picklijst. Enkele (bewerkings)onderdelen staan op locatie, maar de meeste onderdelen liggen op voorraad in de paternoster. De volgorde van de picklijst is gebaseerd op de huidige locaties, mits deze locatie bij verplaatsing van onderdelen juist is bijgewerkt in ISAH. De wijzigingen in de volgorde zijn aangebracht omdat onderdelen in verloop van tijd niet meer op de oorspronkelijke locatie op voorraad gelegd konden worden in verband met een tekort aan ruimte. Door deze wijzigingen is de volgorde op de stuklijst niet (meer) gelijk aan de volgorde op de picklijst.

De wijze waarop onderdelen verdeeld zijn over de verschillende onderdeelgroepen is te zien in figuur 5. Daarbij is uitgegaan van de huidige indeling, waarbij het relatief groot aantal uitzonderingen buiten beschouwing is gelaten. Het aantal uitzonderingen bedraagt ongeveer 1 op de 10 onderdelen. Het is voor AEC wenselijk om het aantal uitzonderingen te minimaliseren, zodoende kan er beter gewerkt worden volgens de gestelde richtlijnen. Daarnaast is het wenselijk om zo veel mogelijk onderdelen via Kanban aan te sturen, omdat deze methode minder bestuurslast met zich meebrengt.



Figuur 8 Probleemkluwen huidige aansturing Kanban (eigen werk)

5 Aanpak van problemen met betrekking tot Kanban

Om de huidige problemen op te lossen is het noodzakelijk om de gestelde kernproblemen aan te pakken. De twee kernproblemen zijn, 1) er wordt gewerkt met verouderde gegevens en 2) er wordt geen rekening gehouden met benodigde ruimte voor het houden van maximale voorraad. In paragraaf 5.1 wordt ingegaan op het eerste kernprobleem, in paragraaf 5.2 wordt ingegaan op het tweede kernprobleem. In paragraaf 5.3 wordt kort ingegaan op de overige (praktische) problemen die genoemd zijn in hoofdstuk 4 en welke eenvoudige aanpassingen mogelijk een oplossing bieden. De berekeningen, waarvan in dit hoofdstuk gebruikt wordt gemaakt, zijn te vinden in appendix H.

5.1 Werken met verouderde gegevens

Om dit kernprobleem op te lossen lijkt de oplossing voorhanden, namelijk het bijwerken van de (benodigde) gegevens. Echter, om de gegevens bij te werken is het nodig om duidelijk te hebben hoe de Kanban-aansturing wordt vormgegeven en welke gegevens nodig zijn. In paragraaf 5.1.1 wordt uitgelegd welke gegevens nodig zijn voor het vormgeven van Kanban-aansturing (input). In paragraaf 5.1.2 bespreken we vervolgens hoe de gegevens leiden tot aansturing (output).

5.1.1 Input gegevens voor Kanban-aansturing

Door Leone en Rahn (2002) wordt de volgende formule aangedragen voor het berekenen van de Kanban:

$$\text{Kanban} = \text{voorspelde vraag} \times (1 + \text{percentage veiligheidsvoorraad}) \times \text{frequentie van leveringen} \times \text{'line factor'}$$

Omdat AEC de voorraad van een onderdeel op één locatie wil hebben, is de 'line factor' niet van belang. Deze 'line factor' beschrijft de verdeling van de voorraad over verschillende (productie)lijnen die hetzelfde onderdeel gebruiken. De overige variabelen zijn ook anders te formuleren/definiëren, zoals gedaan wordt door Grubbström en Wikner (1996) en Fukukawa en Hong (1993). Zij betrekken bijvoorbeeld minimale bestelhoeveelheid en de vaste ordergrootte. Door deze aanpassingen verandert de formule af en toe, maar het principe blijft hetzelfde. De gegevens waarmee in dit onderzoek gewerkt zal worden zijn:

- | | |
|-----------------------|--|
| - Verbruik | - Prijs per eenheid (VVP wordt gebruikt) |
| - Veiligheidsvoorraad | - Minimale bestelhoeveelheid |

Het verbruik van een onderdeel is afhankelijk van het aantal producten waarin het gebruikt wordt, het aantal keer dat het betreffende product geproduceerd wordt en het aantal keer dat het onderdeel gebruikt wordt per product.

Afhankelijk van het verbruik kan, binnen de gestelde richtlijnen voor Kanban aansturing, het bestelpunt en de ordergrootte bepaald worden. Op dit moment ligt het bestelpunt op zes maanden verbruik, ligt de veiligheidsvoorraad op drie maanden verbruik en is de ordergrootte afhankelijk van de prijs per onderdeel en bedraagt twaalf of zes maanden verbruik. De waarden op de Kanban kaarten voor het bestelpunt en de veiligheidsvoorraad zijn niet afgerond naar de verpakkingseenheid, dit levert geen problemen op maar zorgt wel voor extra werk voor de medewerkers van expeditie. De veiligheidsvoorraad kan eventueel ook aangepast worden, maar wordt in dit onderzoek op drie maanden gehouden. Dit in relatie tot de kans op tekorten.

De prijs per eenheid, de verpakkingseenheid en de minimale bestelhoeveelheid zijn gegeven en staan redelijk vast. De prijzen voor Kanban gestuurde onderdelen tonen kleine fluctuaties, maar deze hebben geen grote gevolgen voor de wijze waarop de voorraad wordt aangestuurd. Bij het aansturen van de voorraad maakt het systeem gebruik van de vaste verreken prijs (VVP). De verpakkingseenheid is redelijk standaard, maar kan iets variëren per leverancier. Met deze variatie houdt ISAH geen rekening, dit levert geen problemen op. De minimale bestelhoeveelheid is, indien van toepassing, vastgelegd in contracten met leveranciers. Deze waarden zijn opgenomen in ISAH.

5.1.2 Output gegevens voor Kanban-aansturing

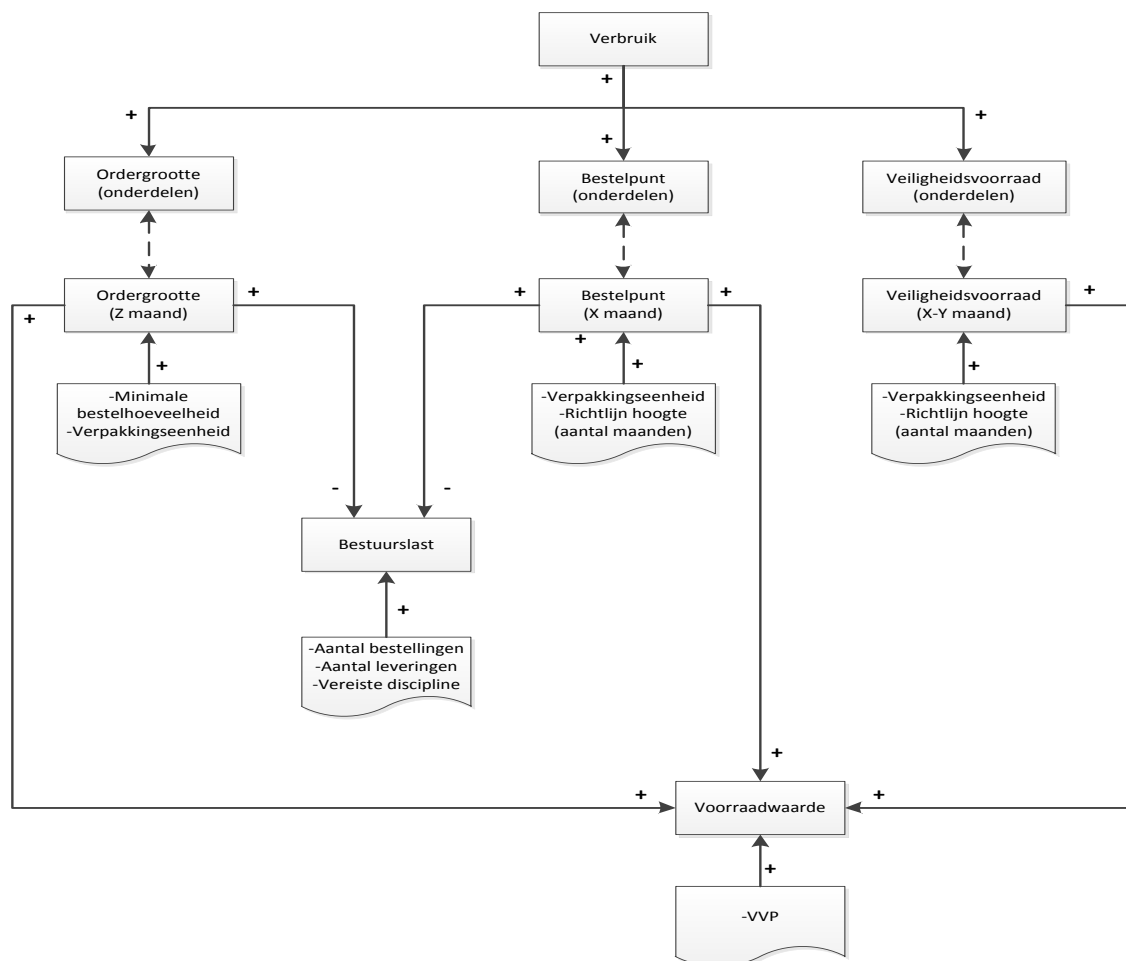
De gegevens genoemd in paragraaf 5.1 dienen als input bij het aansturen van de voorraad. Om de voorraad werkelijk met Kanban aan te sturen, dienen de volgende output-gegevens gegenereerd te worden:

- Bestelpunt in aantal onderdelen
- Ordergrootte in aantal onderdelen

Deze gegevens zijn van groot belang voor de afdeling inkoop en daarnaast vormen zij de basis voor de indeling van de paternoster.

Het bestelpunt en de ordergrootte beïnvloeden de hoeveelheid bestuurslast en de voorraadhoogte. De bestuurslast wordt bepaald aan de hand van de turn-over-ratio. Met behulp van deze ratio wordt gekeken naar het aantal (verwachte) bestellingen en tijd die daarbij nodig is voor het bestellen en inboeken. De voorraadhoogte wordt bepaald aan de hand van de huidige voorraadhoogte. Het verschil in voorraadwaarde tussen de huidige situatie en een alternatief kan worden weergegeven in euro's, door de situaties met elkaar te vergelijken. In paragraaf 5.1.3 worden deze resultaten weergegeven en worden diverse alternatieven besproken.

De gegevens die benodigd zijn voor het Kanban aansturen van de voorraad zijn beschikbaar in ISAH. In figuur 9, zijn de verschillende gegevens aan elkaar verbonden. Wanneer de werkelijke waarde van de gegevens hieraan gekoppeld worden, wordt inzicht verkregen in de gevolgen die beslissingen met betrekking tot de aansturing zullen hebben. Een + of - is direct gerelateerd aan het hokje waarbij het geplaatst is. De + of - geeft aan hoe de verschillende gegevens elkaar beïnvloeden. Wanneer de ordergrootte (in maanden) zal toenemen, zal de voorraadwaarde ook toenemen, deze relatie is dus + +. Echter zal, wanneer de ordergrootte (in maanden), toeneemt, de bestuurslast dalen, deze relatie is dus + -.



FIGUUR 9 Schematische weergave van relatie tussen enkele gegevens (eigen werk)

5.1.3 Alternatieven

Op basis van de gegevens in ISAH kan een vergelijking gemaakt worden tussen de bestuurslast en de voorraadwaarde. Door te variëren in het bestelpunt en de ordergrootte, kunnen we de bestuurslast en de voorraadwaarde laten dalen of stijgen. Het is wenselijk om beide te laten dalen, maar zoals blijkt uit figuur 9 is dat niet mogelijk.

In tabel 8 en 9 wordt de relatieve verandering van de bestuurslast weergegeven. Deze relatieve verandering is hier uitgedrukt als percentage van het aantal bestellingen dat (theoretisch) jaarlijks gedaan wordt. Het (theoretisch) aantal bestellingen dat jaarlijks geplaatst wordt is afhankelijk van het bestelpunt en de ordergrootte.

Volgens de huidige richtlijnen zou het jaarlijks aantal bestellingen moeten uitkomen op 71. Dit is echter niet zo, het werkelijk aantal bestellingen per jaar ligt op 116. Hieruit volgt dat de richtlijnen op dit moment niet consistent worden toegepast. Wanneer er gewerkt gaat worden volgens de richtlijnen, zou dat in de huidige situatie een vermindering van 38,79 procent bestuurslast opleveren. In het vervolg kijken we naar de relatieve verandering ten opzichte van de theoretische huidige situatie, welke als nulpunt is gesteld. Een relatieve verandering van de bestuurslast van 0 procent kan daarom wel de bestuurskosten reduceren. De absolute veranderingen worden weergegeven in tabel 25 en 26, appendix I.

In tabel 8 is het bestelpunt ingesteld op 4,5 maand. Dit is de minimale waarde voor het bestelpunt, in verband met tijd benodigd voor bestellen en het verstrijken van een deel van de levertijd voordat de bestelling geplaatst is. De ordergrootte varieert en wordt weergegeven over de verschillende assen. Ordergrootte 1 is de ordergrootte voor onderdelen met een VVP lager dan €10,-. Ordergrootte 2 is de ordergrootte voor onderdelen met een VVP hoger dan €10,-.

Tabel 8 Relatieve verandering in bestuurslast, bestelpunt 4,5 maand

Ordergrootte 1 \ ordergrootte 2	6 mnd	7 mnd	8 mnd	9 mnd	10 mnd	11 mnd	12 mnd
6 mnd	30,22%	28,28%	26,34%	24,40%	22,46%	20,52%	18,58%
7 mnd	27,51%	25,57%	23,63%	21,69%	19,75%	17,81%	15,87%
8 mnd	24,80%	22,86%	20,92%	18,98%	17,04%	15,10%	13,16%
9 mnd	22,09%	20,15%	18,21%	16,27%	14,33%	12,39%	10,45%
10 mnd	19,38%	17,44%	15,50%	13,56%	11,62%	9,68%	7,74%
11 mnd	16,67%	14,73%	12,79%	10,85%	8,91%	6,97%	5,03%
12 mnd	13,96%	12,01%	10,07%	8,13%	6,19%	4,25%	2,31%

Wanneer het bestelpunt op 4,5 maand ligt en ordergrootte 1 en 2 gelijk worden gesteld aan 9, betekent dit dat de bestuurslast met 22,09 procent zal toenemen.

Hieronder nogmaals de relatieve verandering van de bestuurslast, ditmaal is het bestelpunt ingesteld op 6 maanden.

Tabel 9 Relatieve verandering in bestuurslast, bestelpunt 6 maanden

Ordergrootte 1 \ Ordergrootte 2	6 mnd	7 mnd	8 mnd	9 mnd	10 mnd	11 mnd	12 mnd
6 mnd	16,27%	14,33%	12,39%	10,45%	8,51%	6,57%	4,63%
7 mnd	13,56%	11,62%	9,68%	7,74%	5,80%	3,86%	1,92%
8 mnd	10,85%	8,91%	6,97%	5,03%	3,09%	1,15%	-0,79%
9 mnd	8,13%	6,19%	4,25%	2,31%	0,37%	-1,57%	-3,51%
10 mnd	5,42%	3,48%	1,54%	-0,40%	-2,34%	-4,28%	-6,22%
11 mnd	2,71%	0,77%	-1,17%	-3,11%	-5,05%	-6,99%	-8,93%
12 mnd	0,00%	-1,94%	-3,88%	-5,82%	-7,76%	-9,70%	-11,64%

Een positieve verandering in bestuurslast geeft aan dat de bestuurslast toe zal nemen. Een negatieve verandering in bestuurslast, vooraf gegaan door een -, geeft aan dat de bestuurslast af zal nemen. Door AEC is aangegeven dat de totale bestuurslast niet mag toenemen.

Voor veel onderdelen zijn de bestelhoeveelheden in de loop der tijd wel bijgesteld en voldoen daarmee aan de richtlijnen. Behalve een daling in de werklust, heeft het aansturen van de voorraad volgens de huidige richtlijnen dus geen gevolgen voor de voorraadwaarde.

De voorraadwaarde van de Kanban gestuurde onderdelen voor de LC350 bedraagt ongeveer €225.000,-. Deze voorraadwaarde is opgebouwd door een gemiddelde voorraad voor 12 maanden van onderdelen met een VVP lager dan €10,- en een gemiddelde voorraad voor 9 maanden van onderdelen met een VVP hoger dan €10,-. De voorraadwaarde verhoudt zich 1:1, dat wil zeggen dat 12 maanden voorraad van onderdelen met een VVP lager dan €10,- gelijk is aan 9 maanden voorraad van onderdelen met een VVP hoger dan €10,-.

Wanneer de ordergroottes veranderen, verandert ook de verhouding van de voorraadwaarde. In tabel 10 en 11 wordt de relatieve verandering (in procent, ten opzichte van de huidige situatie) van de voorraadwaarde getoond, wanneer men het bestelpunt varieert van 4,5 tot 6 maanden en de ordergrootte wederom kan variëren tussen 6 en 12 maanden.

Tabel 10 Relatieve verandering voorraadwaarde, bestelpunt 4,5 maand

Ordergrootte 1 \ Ordergrootte 2	6 mnd %	7 mnd %	8 mnd %	9 mnd %	10 mnd %	11 mnd %	12 mnd %
6 mnd	-27,11%	-24,34%	-21,58%	-18,81%	-16,04%	-13,27%	-10,50%
7 mnd	-25,02%	-22,26%	-19,49%	-16,72%	-13,95%	-11,18%	-8,41%
8 mnd	-22,94%	-20,17%	-17,40%	-14,63%	-11,86%	-9,09%	-6,32%
9 mnd	-20,85%	-18,08%	-15,31%	-12,54%	-9,77%	-7,00%	-4,23%
10 mnd	-18,76%	-15,99%	-13,22%	-10,45%	-7,68%	-4,91%	-2,14%
11 mnd	-16,67%	-13,90%	-11,13%	-8,36%	-5,59%	-2,82%	-0,05%
12 mnd	-14,58%	-11,81%	-9,04%	-6,27%	-3,50%	-0,73%	2,04%

Tabel 11 Relatieve verandering voorraadwaarde, bestelpunt 6 maanden

Ordergrootte 1 \ Ordergrootte 2	6 mnd %	7 mnd %	8 mnd %	9 mnd %	10 mnd %	11 mnd %	12 mnd %
6 mnd	-12,54%	-9,77%	-7,00%	-4,23%	-1,46%	1,31%	4,08%
7 mnd	-10,45%	-7,68%	-4,91%	-2,14%	0,63%	3,40%	6,17%
8 mnd	-8,36%	-5,59%	-2,82%	-0,05%	2,72%	5,49%	8,26%
9 mnd	-6,27%	-3,50%	-0,73%	2,04%	4,81%	7,58%	10,35%
10 mnd	-4,18%	-1,41%	1,36%	4,13%	6,90%	9,67%	12,44%
11 mnd	-2,09%	0,68%	3,45%	6,22%	8,99%	11,76%	14,53%
12 mnd	0,00%	2,77%	5,54%	8,31%	11,08%	13,85%	16,62%

Op basis van deze gegevens kan een inschatting gemaakt worden in welke mate de jaarlijkse kosten, gerelateerd aan bestuurslast en voorraadwaarde, gereduceerd kunnen worden. Deze reductie kan behaald worden door het bestelpunt en de ordergrootte te variëren. De totale opbrengst die gerealiseerd kan worden, wordt weergegeven in tabel 12 en 13. De reductie van voorraadwaarde is gebaseerd op de waarde van de gemiddelde voorraad.

Tabel 12 Totale opbrengst, bestelpunt 4,5 maand

Ordergrootte 1\ Ordergrootte 2	6 mnd	7 mnd	8 mnd	9 mnd	10 mnd	11 mnd	12 mnd
6 mnd	€ 62.726,12	€ 56.468,96	€ 50.211,79	€ 43.954,63	€ 37.697,47	€ 31.440,30	€ 25.183,14
7 mnd	€ 58.025,89	€ 51.768,73	€ 45.511,57	€ 39.254,40	€ 32.997,24	€ 26.740,08	€ 20.482,91
8 mnd	€ 53.325,67	€ 47.068,50	€ 40.811,34	€ 34.554,18	€ 28.297,01	€ 22.039,85	€ 15.782,68
9 mnd	€ 48.625,44	€ 42.368,28	€ 36.111,11	€ 29.853,95	€ 23.596,78	€ 17.339,62	€ 11.082,46
10 mnd	€ 43.925,21	€ 37.668,05	€ 31.410,89	€ 25.153,72	€ 18.896,56	€ 12.639,39	€ 6.382,23
11 mnd	€ 39.224,99	€ 32.967,82	€ 26.710,66	€ 20.453,49	€ 14.196,33	€ 7.939,17	€ 1.682,00
12 mnd	€ 34.524,76	€ 28.267,59	€ 22.010,43	€ 15.753,27	€ 9.496,10	€ 3.238,94	€ 3.018,22-

Tabel 13 Totale opbrengst, bestelpunt 6 maanden

Ordergrootte 1\ Ordergrootte 2	6 mnd	7 mnd	8 mnd	9 mnd	10 mnd	11 mnd	12 mnd
6 mnd	€ 29.853,95	€ 23.596,78	€ 17.339,62	€ 11.082,46	€ 4.825,29	€ 1.431,87-	€ 7.689,03-
7 mnd	€ 25.153,72	€ 18.896,56	€ 12.639,39	€ 6.382,23	€ 125,07	€ 6.132,10-	€ 12.389,26-
8 mnd	€ 20.453,49	€ 14.196,33	€ 7.939,17	€ 1.682,00	€ 4.575,16-	€ 10.832,32-	€ 17.089,49-
9 mnd	€ 15.753,27	€ 9.496,10	€ 3.238,94	€ 3.018,22-	€ 9.275,39-	€ 15.532,55-	€ 21.789,71-
10 mnd	€ 11.053,04	€ 4.795,88	€ 1.461,29-	€ 7.718,45-	€ 13.975,61-	€ 20.232,78-	€ 26.489,94-
11 mnd	€ 6.352,81	€ 95,65	€ 6.161,51-	€ 12.418,68-	€ 18.675,84-	€ 24.933,01-	€ 31.190,17-
12 mnd	€ 1.652,59	€ 4.604,58-	€ 10.861,74-	€ 17.118,90-	€ 23.376,07-	€ 29.633,23-	€ 35.890,40-

De totale opbrengst is opgebouwd uit de volgende kostenposten: bestuurslast, uitgedrukt in kosten aan de hand van het aantal uur arbeid en de bijkomende kosten, en voorraadwaarde, uitgedrukt in waarde van de gemiddelde voorraad die gehouden wordt.

Met behulp van deze gegevens kunnen we verschillende alternatieven bekijken en beoordelen. De volgende alternatieven worden besproken:

- Alternatief 1: situatie volgens huidige richtlijnen (groen).
- Alternatief 2: situatie met huidige ordergrootte, met bestelpunt op 4,5 maand (geel).
- Alternatief 3: situatie met maximale toename van de (theoretische) bestuurslast op 5 procent (blauw).
- Alternatief 4: situatie met maximale toename van de (theoretische) bestuurslast op 10 procent (oranje).

De keuze voor een maximale toename van de bestuurslast van 10 procent is zo ingesteld vanwege het aantal werkuur dat er per dag besteed wordt aan het bestellen en inruimen van Kanban onderdelen voor de LC350. Bij deze berekeningen wordt er vanuit gegaan dat het gehele proces van bestellen en inruimen van voorraad (interne handelingen) per onderdeel 1 uur kost. Gezien het huidige aantal bestellingen wordt bijna 2,5 uur per week besteed aan deze onderdelen. In een nieuwe situatie wordt er naar gestreefd om dit tijdsbestek met 1 uur (gelijk aan 1 gehele bestelling) per week te reduceren. Aangenomen dat het aantal Kanban artikelen evenredig verdeeld is over de verschillende paternosters, betekent dit dat er 12 uur per week (1,5 dag per week) besteed moet worden aan het bestellen van alle Kanban artikelen. Door maximaal 1,5 uur per week te besteden aan de Kanban onderdelen voor de LC350, kunnen er 77 bestellingen per jaar geplaatst worden. Dit komt overeen met een maximale stijging van de theoretische bestuurslast van 10 procent.

Hieronder worden de alternatieven uitgebreider toegelicht. Wanneer AEC besluit volgens een van de alternatieven de voorraad te gaan besturen, biedt deze richtlijnen waardoor de afdeling inkoop volgens een vaste wijze kan handelen. Het probleem dat er vanuit de afdeling inkoop niet volgens een consistente wijze gehandeld wordt, verdwijnt dan. Uitzonderingen, bijvoorbeeld onderdelen die maandelijks geleverd worden, worden in dit model niet apart behandeld. Er wordt naar gestreefd om alle onderdelen op dezelfde wijze aan te sturen.

Alternatief 1

Voor alternatief 1 is gesteld dat vastgehouden wordt aan de huidige richtlijnen. De keuze om de huidige situatie als eerste alternatief op te nemen, heeft te maken met het verschil tussen de werkelijkheid en de richtlijnen. Door dit alternatief mee te nemen in de afweging kan gekeken worden naar de werkelijkheid, de richtlijnen (welke dient als nulpunt in de vergelijking) en de andere alternatieven. Binnen dit alternatief bedraagt het bestelpunt 6 maanden, ordergrootte 1 gelijk is aan 12 maanden en ordergrootte 2 gelijk is aan 6 maanden. Dit levert de volgende resultaten op:

Tabel 14 Voorraadbesteding alternatief 1

Groep	Bestelpunt (mnd)	Ordergroot -te (mnd)	Max. voorraad (mnd)	Turn-over-ratio	Toename 'turn-over-ratio' in %
Kanban < €10,-	6	12	18	1,0	0
Kanban €10 – 100,-	6	6	12	1,3	0

Door deze richtlijnen werkelijk aan te houden zal het aantal bestellingen dalen naar 71. Door deze daling zal de bestuurslast dalen. Er wordt aangenomen dat de voorraadwaarde (ongeveer) gelijk blijft.

Alternatief 2

Voor alternatief 2 is gesteld dat vastgehouden wordt aan de ordergrootte opgesteld binnen de huidige richtlijnen. Het bestelpunt wordt echt verlaagd naar 4,5 maand. Dit alternatief is opgesteld omdat AEC het effect van een dergelijke verlaging in kaart wil hebben. Dit levert de volgende resultaten op:

Tabel 15 Voorraadbesteding alternatief 1

Groep	Bestelpunt (mnd)	Ordergroot -te (mnd)	Max. voorraad (mnd)	Turn-over-ratio	Toename 'turn-over-ratio' in %
Kanban < €10,-	4,5	12	16,5	1,1	14,29
Kanban €10 – 100,-	4,5	6	10,5	1,6	20,00

Gezien de verhouding tussen de onderdelen (<€10,- en >€10,-) levert dit een gemiddelde toename aan aantal bestelmomenten op van 13,96 procent. Dit percentage ligt boven de gestelde grens van 10 procent. Hierbij wordt de voorraadwaarde met 14,58 procent gereduceerd. Per jaar zullen in dit geval 83 bestellingen geplaatst worden.

Alternatief 3

Voor alternatief 3 is gesteld dat de bestuurslast met maximaal 5 procent mag toenemen, dit betekend dat het aantal bestellingen met maximaal 5 procent mag stijgen. Het maximaal aantal bestellingen wordt hierdoor 73. Door deze restrictie vervalt een deel van de mogelijkheden. De volgende vorm van aansturing is mogelijk en levert de grootste kostenreductie op:

Tabel 16 Voorraadbesteding alternatief 3

Groep	Bestelpunt (mnd)	Ordergroot -te (mnd)	Max. voorraad (mnd)	Turn-over-ratio	Toename 'turn-over-ratio' in %
Kanban < €10,-	6	11	17	1,0	4,35
Kanban €10 – 100,-	6	6	12	1,3	0

Gezien de verhouding tussen de onderdelen (<€10,- en >€10,-) levert dit een gemiddelde toename aan aantal bestelmomenten op van 2,71 procent. Echter wordt de voorraadwaarde met 2,09 procent gereduceerd.

Alternatief 4

Voor alternatief 4 is gesteld dat de bestuurslast met maximaal 10 procent mag toenemen, dit betekent dat het aantal bestellingen met maximaal 10 procent mag stijgen. Het maximaal aantal bestellingen wordt hierdoor 77. Door deze restrictie vervalt een deel van de mogelijkheden. De volgende vormen van aansturing zijn mogelijk en leveren de grootste kostenreductie op:

Tabel 17 Voorraadbesteding alternatief 4.1

Groep	Bestelpunt (mnd)	Ordergroot -te (mnd)	Max. voorraad (mnd)	Turn-over-ratio	Toename 'turn-over-ratio' in %
Kanban < €10,-	4,5	12	16,5	1,1	14,29
Kanban €10 – 100,-	4,5	9	13,5	1,3	0

Tabel 18 Voorraadbesteding alternatief 4.2

Groep	Bestelpunt (mnd)	Ordergroot -te (mnd)	Max. voorraad (mnd)	Turn-over-ratio	Toename 'turn-over-ratio' in %
Kanban < €10,-	6	9	15	1,1	14,29
Kanban €10 – 100,-	6	6	12	1,3	0

Gezien de verhouding tussen de onderdelen (<€10,- en >€10,-) leveren deze alternatieven een gemiddelde toename aan aantal bestelmomenten op van 8,13 procent. Echter wordt de voorraadwaarde met 6,27 procent gereduceerd.

Het verschil tussen deze alternatieven zit in het aangehouden voorraadniveau. Voor alternatief 4.1 geldt dat er voor onderdelen minder dan €10,- een maximale voorraad van 16,5 maand ligt en voor onderdelen meer dan €10,- een maximale voorraad van 13,5 maand. De gemiddelde voorraad bedraagt respectievelijk 10,5 maand en 9 maanden. Voor alternatief 4.2 geldt dat er voor onderdelen minder dan €10,- een maximale voorraad van 15 maanden ligt en voor onderdelen meer dan €10,- een maximale voorraad van 12 maanden. De gemiddelde voorraad bedraagt ook hier respectievelijk 10,5 en 9 maanden.

Bij het weergeven van de alternatieven is de verhouding weergegeven tussen het aantal bestelmomenten en het procentuele verschil in de voorraadwaarde. Deze gegevens zijn ook uit te drukken in kosten. Wanneer we de toename van bestuurslast en de voorraadwaarde voor de alternatieven uitdrukken in kosten (euro's) zijn weergegeven in tabel 19.

Tabel 19 Resultaat alternatieven uitgedrukt in kosten (euro's)

Alternatief	% mutatie relatieve bestuurslast	Afname abs. bestuurslast in €	% mutatie voorraadwaarde	Afname voorraadwaarde in €	Vershil in €
Alternatief 1	0	€ 1.655,-	0	€ -	€ 1.655,-
Alternatief 2	13,96	€ 1.425,-	- 14,58	€ 33.100,-	€ 34.525,-
Alternatief 3	2,71	€1.620,-	- 2,09	€ 4.745,-	€ 6.350,-
Alternatief 4.1	8,13	€1.520,-	- 6,27	€ 14.235,-	€ 15.755,-
Alternatief 4.2	8,13	€1.520,-	- 6,27	€ 14.235,-	€ 15.755,-

Voorraadbeheersingsmodel

Om alle gegevens met elkaar te combineren is een rekenkundig model opgesteld. Dit model is in staat om, gegeven de aansturing, het werkelijk bestelpunt en de werkelijke ordergrootte (output gegevens, paragraaf 5.1.2) te bepalen op basis van de input gegevens uit paragraaf 5.1.1. Op basis van deze informatie kan vervolgens bekeken worden hoeveel ruimte er nodig is voor de werkelijke voorraad.

Het rekenkundige model is handig voor de afdeling inkoop. De output van het model geeft namelijk in aantal producten weer hoe groot een order moet zijn. Daarnaast is het voor de afdeling expeditie handig omdat zij overzichtelijk hebben hoeveel voorraad er nog aanwezig is en daarnaast hoeven onderdelen niet meer per stuk geteld te worden.

In figuur 10 wordt een deel van het model weergegeven. De wijze waarop de output gegevens worden bepaald, wordt in het vervolg van deze paragraaf uitgelegd. De gebruikte inputgegevens zijn fictief, maar het resultaat geeft een reële weergave van het functioneren van het model.

Als input voor dit model gelden de gegevens opgesteld in paragraaf 5.1.1, dit zijn het verbruik, de prijs per eenheid, de veiligheidsvoorraad en de minimale bestelhoeveelheid.

Het verbruik is te berekenen aan de hand van het aantal producten dat wordt gemaakt, waarbij het betreffende onderdeel gebruikt wordt. De jaarprognose voor de jaarproductie van producten wordt weergegeven in de tweede rij. Voor productnummer 3804007-14, de LC350, is de jaarprognose dat er 100 producten gemaakt zullen worden in het aankomende jaar. Op basis van deze jaarprognose kan de behoefte per jaar en per maand berekend worden. Deze worden weergegeven in respectievelijk kolom 2 en 3.

Voor het bepalen van het verbruik is het nodig om te kijken op welke plaatsen het onderdeel gebruikt wordt. In geval van reparatie (R&O) worden nooit alle onderdelen vervangen. De kans dat een onderdeel vervangen moet worden is wel bekend. Op basis van deze kans kan berekend worden wat het verbruik per jaar zal zijn. Het verbruik van onderdelen op de afdeling R&O moet worden meegenomen in het totale verbruik.

De maandprognose voor de productie is niet constant, zoals blijkt uit figuur 6 in paragraaf 3.3. Met deze schommeling wordt in dit model geen rekening gehouden. Voor de LC350 geldt bijvoorbeeld dat de maximale schommeling ten opzichte van het gemiddelde minder dan 2 producten bedraagt. Deze schommeling wordt opgevangen door de veiligheidsvoorraad. Indien de schommeling meegerekend zou worden bij het verbruik, wordt op twee punten een veiligheidsvoorraad opgebouwd. Dit is zonde, aangezien een vorm van veiligheidsvoorraad voldoende dekking geeft.

De hoogte van de veiligheidsvoorraad is gelijk aan 3 maanden. Deze kan berekend worden door de behoefte per maand te vermenigvuldigen met 3. Deze wordt vervolgens afgerond op basis van de verpakkingshoeveelheid. Wanneer de onderdelen op voorraad gelegd moeten worden, is het op deze manier niet meer nodig om alle kleine onderdelen uit te tellen maar is het mogelijk om het aantal verpakkingen te tellen.

Op basis van de VVP wordt de ordergrootte bepaald. Indien de VVP lager is dan €10,- zal ordergrootte 1 besteld worden, indien de VVP hoger is dan €10,- zal ordergrootte 2 besteld worden. De ordergrootte wordt weergegeven in rij 2 (order amount). De ordergrootte dient groter of gelijk te zijn aan de minimale bestelhoeveelheid. Wanneer de ordergrootte op basis van de aansturing lager is dan de minimale bestelhoeveelheid wordt dit door het model automatisch gecorrigeerd.

De bestelhoeveelheid en de ordergrootte zijn in paragraaf 5.1.2 beschreven als output gegevens. Binnen dit model worden zij echter ook gezien als input. Deze waarden vormen de output van de analyse waaruit diverse alternatieven naar voren zijn gekomen. Wanneer bijvoorbeeld alternatief 4.2 gekozen wordt, wordt de voorraad aangestuurd met als input gegevens dat het bestelpunt op 6 maanden ligt, ordergrootte 1 bedraagt dan 9 maanden en ordergrootte 2 bedraagt dan 6 maanden.

Het model en de gebruikte berekeningen zijn terug te vinden in het bestand 'Kanban model (Koopman, 2013).

				Order amount (mnth)		Safety stock (mnth)	Order signal (mnth)	3804007-14	3804007-14/RO	3291182-4	3505934-12	3505934-8	3215850-4	383700-4	3804013-2	3804013-2/RO	Bestelhoeveelheid	Ophogen met	Verpakkingseenheid	LC350 R&O	3804007-14/RO
				12	6	3	4,5	100	200	250	225	10	70	60	10	10				1	200
Description	Year Qty	Mnth Qty	Unit	12	6	3	4,5														
AFSLUITDOP G13 GPN310	400,00	33	st	400		100	150	4									100	100	10		4
AFSLUITDOP G16 GPN310	440,00	37	st	500		110	170	4							2	2	600	100	10		4
AFSLUITDOP G21 GPN310	200,00	17	st	200		50	80	1							5	5	10	100	10		1
NUT	100,00	8	st	50		30	40	1									10	10	10	0,01	
MODIFICATION PLATE	310,00	26	st	330		80	120	1	1						1		10	30	10	1	1
RING FELTMETAL PRE-FORMED	100,00	8	st	60		30	40	1									10	30	10		1
BRAZING FILLER	1900,00	158	st	2000		500	800	19									500	500	100		
LABYRINTH	100,00	8	st	50		25	50	1									25	25	25		
POLY BLANKING COVER GROOT	152,00	13	st	80		40	80	1	0,16						1	1	40	40	40	0,16	1
POLY BLANKING COVER KLEIN	152,00	13	st	80		40	80	1	0,16						1	1	40	40	40	0,16	1
BLANKING PLATE GROOT	80,00	7		60		20	30		0,40								10	30	10	0,4	1
BLANKING PLATE KLEIN	220,00	18	st	225		60	90	1	0,60								10	25	10	0,6	1
WARRANTY SEAL	200,00	17	st	200		50	80	2									10	10	10	1	
STEEL WIRE	100,00	8	st	51		27	39	1									3	3	3		
SCREW, SPLINED	1860,00	155	st	1860		470	700	6	6						6		10	10	10	1	6
LOCTITE 640	6,00	0,5	l	3		2	3	0,05				0,1					1	1	1		
MULTI PURPOSE GREASE	100,00	8	st	100		30	40	1									1	1	10		
VASELINE AIR 3565/A	5,00	0,42	l	3		2	2	0,05									0,5	1	1		
O RING	300,00	25	st	300		80	120	1	1								10	50	10	1	1

Figuur 10 Weergave deel voorraadbesturingsmodel op basis van Kanban, volgens alternatief 2 (Bestelpunt = 4,5 maand, ordergrootte 1 = 12 maanden, ordergrootte = 6 maanden)

5.2 Plaatsen van onderdelen op voorraad

De onderdelen voor de LC350 zijn ingedeeld binnen hoofdgroepcode 1200. Deze onderdelen worden grotendeels opgeslagen in paternoster PA. Onderdelen met hoofdgroepcode 1200 welke niet opgeslagen worden in paternoster PA hebben betrekking op handelingen die niet op de montageplek plaatsvinden. Onderdelen die voor de productie van de LC350 nodig zijn, maar niet hoofdgroepcode 1200 hebben worden opgeslagen in de paternoster waar de betreffende hoofdgroepcode wordt opgeslagen.

Het aantal onderdelen dat volgens ISAH op voorraad ligt in paternoster PA is 154. Hierbij zijn obsolete en test onderdelen meegenomen. Voor de LC350 worden 103 artikelnummers aangestuurd met Kanban, wederom inclusief obsolete en test onderdelen. Van deze 103 artikelnummers worden er nog 71 werkelijk gebruikt. De obsolete en test onderdelen dienen verwijderd te worden uit de voorraad. Ook voor de onderdelen die MRP worden aangestuurd moet rekening gehouden worden met de benodigde ruimte in de paternoster. Na het verwijderen van obsolete en test onderdelen blijven er intotaal 138 verschillende artikelnummers over. Enkel deze onderdelen zullen worden meegenomen bij het indelen van de onderdelen in de paternoster.

Voor het plaatsen van onderdelen op voorraad is het belangrijk om te weten hoeveel onderdelen er daadwerkelijk op voorraad geplaatst moeten worden. Aan de hand van de hoeveelheid voorraad kan bekeken worden hoeveel ruimte hiervoor nodig is. Hiervoor is het belangrijk te weten wat het maximale voorraadniveau is. Wanneer er beschikbare ruimte is voor de maximale voorraad, hoeft er niet meer geschoven te worden met onderdelen.

Wanneer men kijkt naar de maximale voorraad, dient gekeken te worden naar het bestelpunt en de bestelhoeveelheid. De maximale voorraad wordt berekend door de het bestelpunt en de bestelhoeveelheid bij elkaar op tellen. In paragraaf 5.1.3 zijn verschillende alternatieven opgesteld, waarbij het bestelpunt en de ordergrootte variëren. Deze alternatieven worden in deze paragraaf wederom gebruikt.

De maximale voorraad voor de Kanban gestuurde onderdelen, afhankelijk van het gekozen alternatief kan eenvoudig worden weergegeven, zie tabel 20.

Tabel 20 Maximale voorraad voor de Kanban onderdelen volgens de verschillende alternatieven

Alternatief	Maximale voorraad
Alternatief 1 (<€10,- / >€10,-)	18 maanden / 12 maanden
Alternatief 2 (<€10,- / >€10,-)	16,5 maand / 10,5 maand
Alternatief 3 (<€10,- / >€10,-)	17 maanden / 12 maanden
Alternatief 4.1 (<€10,- / >€10,-)	16,5 maand / 13,5 maand
Alternatief 4.2 (<€10,- / >€10,-)	15 maanden / 12 maanden

Voor het indelen van de onderdelen in de paternoster zijn de volgende kenmerken van onderdelen van belang:

- Formaat van het onderdeel
- Verpakkingseenheid
- Maximale aantal onderdelen op voorraad
- Type bak

Op basis van deze kenmerken kan de benodigde ruimte voor ieder onderdeel berekend worden (aantal bakken nodig, minimaal benodigde ruimte). De berekeningen voor de benodigde ruimte zijn opgenomen in appendix H. De onderdelen dienen vervolgens zo efficiënt mogelijk ingedeeld te worden aan de hand van de volgorde waarop onderdelen op de picklijst staan.

Zoals gezegd is de maximaal benodigde ruimte voor voorraad afhankelijk van de maximale voorraad. Gemiddeld genomen hebben alternatief 2 en alternatief 4.2 de laagste maximale voorraad. De onderdelen met een VVP lager dan €10,- zijn over het algemeen kleiner, het aanhouden van een grotere voorraad van deze onderdelen kost daarom minder geld en ruimte. Vanwege dit argument zal in de rest van deze paragraaf uitgegaan worden van dit alternatief 2.

Voorraadbeheersingsmodel

Door AEC is aangegeven (paragraaf 1.4) dat de indeling van de lades in de paternoster hetzelfde dient te blijven. In de paternoster met de onderdelen voor de LC350 geldt dat hierin 14 hoge lades en 22 (11 keer 2) lage lades zijn opgenomen, zie tabel 21. Sommige onderdelen moeten, op basis van het formaat, opgeslagen worden op een hoge lade.

Tabel 21 Huidige verdeling hoge en lage lades paternoster PA

Type lade	Laag	Hoog
Lade nummer	1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 47 en 48	3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, 29, 35, 39, 41, 43, 45 en 49

Daarnaast wordt gewerkt met standaard bakken. Op een lade kunnen 6 brede bakken (plus 1 smalle bak) of 19 smalle bakken met onderdelen worden geplaatst. In totaal kan er daarom onderscheid worden gemaakt tussen vier typen bakken, 1) smal en laag, 2) breed en laag, 3) smal en hoog en 4) breed en hoog. Het type bak smal en hoog komt in de praktijk echter niet voor. Daarnaast kunnen (grote) onderdelen los op een lade worden opgeslagen. In eerste instantie worden enkel de onderdelen die opgeslagen moeten worden op een hoge lade, ook daadwerkelijk opgeslagen op een hoge lade.

Door productiemedewerkers is aangegeven dat voor hen het gemakkelijkste werkt indien de onderdelen op volgorde van de stuklijst of het engine buildbook op voorraad liggen. Voor het indelen van de gehele voorraad in de paternoster is het daarom verstandig, en daarnaast efficiënt qua picktijd, om een van deze volgordes aan te houden. Deze volgordes verschillen weinig van elkaar. In het vervolg van dit onderzoek houden we vast aan de volgorde van de stuklijst. De eerste locatie, lade 1 en plaats 1, wordt daarom toegedeeld aan het eerste onderdeel op de stuklijst. Vanuit daar worden de locaties verder toegedeeld.

Het voorraadbesturingsmodel, dat deels is weergegeven in figuur 10, geeft ook de mogelijkheid om locaties in de paternoster toe te wijzen aan onderdelen. Hierbij moeten ook de onderdelen die met MRP worden aangestuurd meegenomen worden. Een deel van deze aanvulling is weergegeven in tabel 23. In dit overzicht wordt weergegeven hoeveel de maximale voorraad van een onderdeel bedraagt (rij 13).

Vervolgens wordt voor alle onderdelen de benodigde ruimte berekend. Dit wordt gedaan aan de hand van het aantal onderdelen dat geplaatst kan worden in 1 bak. De totale benodigde ruimte voor alle onderdelen mag niet meer zijn dan de totale ruimte in de paternoster. Indien de totale benodigde ruimte groter is dan de totale ruimte in de paternoster is het niet mogelijk om alle onderdelen maximaal op voorraad te hebben liggen. In dit geval zijn er grofweg drie opties te onderscheiden, 1) meer opslagruimte creëren, 2) geen vaste locaties toewijzen voor (grote) onderdelen en 3) de maximale voorraad verlagen.

Om meer opslagruimte te creëren kan bijvoorbeeld ruimte worden ingeruimd in een andere paternoster of kan de indeling van de toegewezen paternoster aangepast worden. Hiervoor moet dan wel de mogelijkheid zijn. De tweede optie betreft het niet toewijzen van vaste locaties voor (een deel) van de onderdelen. Bij de derde optie dient volgens een ander alternatief te worden aangestuurd, waarbij de maximale voorraad lager is dan in het gekozen alternatief.

Voor de eerste onderdelen op de stuklijst is een schatting gemaakt van het aantal onderdelen dat per bak te plaatsen is. Op basis hiervan, en de maximale voorraad, is de totale benodigde ruimte berekend. Belangrijk is, dat het aantal onderdelen dat per bak te plaatsen is berust op een inschatting en daarnaast dat van de MRP onderdelen de maximale voorraad niet geheel bekend is en daarom ook daarvan een schatting is gemaakt. Wanneer AEC er voor kiest om de voorraad op deze wijze te houden, moeten deze gegevens eerst nauwkeurig bepaald worden.

In de laatste rij in tabel 23 wordt aangegeven hoeveel ruimte nog over is op een betreffende rij. In principe worden alle lades geheel gevuld. Echter wordt de voorraad van een onderdeel niet op gescheiden lades geplaatst, mits deze in totaal minder dan één hele lade nodig heeft. Het blijkt dat, op basis van de huidige volgorde, enkele gaten ontstaan. Het kan voor AEC zeer efficiënt zijn om te

kijken naar de gaten en op welke wijze deze opgevuld kunnen worden. Dit kan gedaan worden door kleine veranderingen te maken in de volgorde. Deze kleine veranderingen maken het voor de monteur niet nodig om extra te zoeken in de paternoster.

Met de huidige indeling van de lades in paternoster zijn er 684 locaties te verdelen, hiervan zijn er 266 hoog en 418 laag. Zoals gezegd moet een deel van de onderdelen opgeslagen worden op hoge lades. Voor deze onderdelen wordt als eerst berekend hoeveel ruimte benodigd is. Dit is weergegeven in tabel 22.

Tabel 22 Benodigde ruimte onderdelen op hoge lade

Artikelnummer	Benodigde hoge ruimte (maximaal #onderdelen en ruimte)	Benodigde hoge ruimte (gemiddeld #onderdelen en ruimte)
5053-131-001-1	25 onderdelen = 0,9 lade	15 onderdelen = 0,5 lade
0331207840	20 onderdelen = 3 brede bakken	16 onderdelen = 2 brede bakken
053-181-002-501	18 onderdelen = 3,0 lades	12 onderdelen = 2,0 lades
0331208220	60 onderdelen = 5 brede bakken	35 onderdelen = 3 brede bakken
053-161-002-501	45 onderdelen = 3 brede bakken	30 onderdelen = 2 brede bakken
0331201960	100 onderdelen = 5 brede bakken	50 onderdelen = 3 brede bakken
5053-191-001-1	60 onderdelen = 5 brede bakken	35 onderdelen = 3 brede bakken
0331207860	45 onderdelen = 3 brede bakken	25 onderdelen = 2 brede bakken
8812422000	250 onderdelen = 4 brede bakken	200 onderdelen = 4 brede bakken

Gezien de verdeling zijn er voor het houden van de maximale voorraad van deze onderdelen minstens 9 hoge lades nodig. De overige 5 hoge lades zouden ieder gesplitst kunnen worden in 2 lage lades. Vanuit AEC heeft dit geen voorkeur, aangezien de paternoster dan opnieuw geprogrammeerd dient te worden. Maar het splitsen van de hoge lades biedt een indeling, welke de capaciteit van de ruimte beter benut.

De reden dat we ook naar de gemiddelde voorraad van deze onderdelen bekijken, is de grote schommeling in de leveringen. Deze onderdelen zijn vaak complex en hebben een hoog percentage afkeur. Om voor deze onderdelen rekening te houden met de maximale voorraad, wordt ruimte vrij gemaakt welke slechts voor een klein deel benut wordt. Voor het houden van de gemiddelde voorraad van deze onderdelen zijn minstens 6 hoge lades nodig. Ten opzichte van de maximale voorraad scheelt dit al 3 hoge lades. Alle overige hoge lades, in totaal 8, zouden gesplitst kunnen worden in 2 lage lades. Wanneer we de volgorde van de stuklijst aanhouden zijn 7 hoge lades benodigd, aangezien de hoge onderdelen soms niet direct aansluitend gelegen zijn.

Het totale model en bovenstaande berekeningen zijn terug te vinden in het bestand 'Kanban model' (Koopman, 2013).

Tabel 23 Voorraadbesturingsmodel, toewijzen van locaties aan voorraad

Omschrijving	Producten per bak					#bakken / lades					Max. voorraad	#plaatsen	van		tot		Ruimte over
	s/l	b/l	s/h	b/h	Lade	s/l	b/l	s/h	b/h	Lade			lade	pos.	lade	pos.	
LABYRINTH	40	200				5	1			0	200	3	1	1	1	3	
Shaft (matr. E16NCD13)	12	50				7	2			0	75	6	1	4	1	9	
RING, COUPLING ASSY	15	60				4	1			0	60	3	1	10	1	12	
NUT,SLINGER,TIE SHAFT,DR.COMPR	20	200				4				0	75	4	1	13	1	16	3
Housing IGV (matr. AS7G06)					10					1,5	15	29	2	1	3	10	9
Impeller (matr. TI-6Al-4V)					30					0,50	15	10	4	1	4	10	
Imp. shroud (matr. NC22DNb)			2	8				8	2	0	16	6	4	11	4	16	3
Diff. assy (matr. Z8CND17-04)					20					1	20	19	5	1	5	19	
Scroll (matr. AU5MZR)					6					2	12	38	6	1	7	19	
Bearing ret. (matr. Z15CN17-03)	1	30				80	3			0	80	9	8	1	8	9	
ROTOR SEAL	60	200				10	3			0	585	9	8	10	8	18	1
CARRIER, BEARING	20	100				5	1			0	100	3	9	1	9	3	
CARRIER, SEAL	12	50				10	3			0	120	9	9	4	9	12	
Shim washer R4 (matr steel).	150	250				1				0	40	1	9	13	9	13	
Shim washer R4 (matr steel).	150	250				1				0	20	1	9	14	9	14	
Shim washer R4 (matr steel).	150	250				1				0	40	1	9	15	9	15	
Shim washer R4 (matr steel).	150	250				1				0	150	1	9	16	9	16	
Shim washer R4 (matr steel).	150	250				1				0	60	1	9	17	9	17	
Shim washer R4 (matr steel).	150	250				1				0	130	1	9	18	9	18	1
Shim washer R4 (matr steel).	150	250				1				0	60	1	10	1	10	1	
Shim washer R4 (matr steel).	150	250				1				0	40	1	10	2	10	2	
Shim washer R4 (matr steel).	150	250				1				0	40	1	10	3	10	3	
WASHER-SPRING COMPRESSION	150	400				2				0	170	2	10	4	10	5	
GASKET	125	300				3	2			0	330	3	10	6	10	8	
WASHER, THRUST	75	300				2				0	120	2	10	9	10	10	
RETAINER, SEAL	75	300				2				0	100	2	10	11	10	12	
SEAL-OIL	250	800				2				0	500	2	10	13	10	14	
O RING	125	400				3	1			0	350	3	10	15	10	17	2
WASHER ADJUSTING	15	90				6	1			0	90	3	11	1	11	3	16

- s=smal, l=laag, b=breed en h=hoog.

- De (rood) gekleurde vakken geeft aan dat deze onderdelen op een hoge lade opgeslagen moeten worden. Voor de lade en positie geldt dat deze dik gedrukt zijn.

5.3 Overige problemen

Wanneer de kernproblemen volgens beschreven aanbevelingen worden aangepakt, zullen niet alle problemen met betrekking tot de voorraadbeheersing verdwenen zijn. De volgende gestelde problemen, bij Kanban aansturing, zullen blijven:

- De informatie op de Kanban kaarten is verouderd.
- De Kanban kaarten zijn verouderd en versleten (kleine breuken).
- Er zijn afwijkingen tussen de werkelijkheid en het systeem. Hierbij speelt discipline een rol.
- Het ontwerp van Kanban kaarten is niet overzichtelijk.
- Het Kanban-bord is niet praktisch en niet overzichtelijk.

Hierbij lijkt het of de meeste problemen niet worden opgelost wanneer de reeds gedane aanbevelingen worden toegepast. Echter dient bij toepassing van de aanbevelingen een slag gemaakt te worden naar de praktijk en de vormgeving. Hierbij zijn drie groepen te onderscheiden: 1) problemen gerelateerd aan Kanban kaarten, 2) problemen gerelateerd aan discipline en 3) problemen gerelateerd aan het Kanban-bord. Hieronder worden aanbevelingen gedaan om deze problemen op te lossen

Aanbevelingen gerelateerd aan Kanban kaarten

Waar aangegeven wordt dat de informatie op de Kanban kaarten is verouderd, dat de Kanban kaarten zelf verouderd en versleten zijn en dat het huidige ontwerp van de Kanban kaarten niet overzichtelijk is, is het handig om alle Kanban kaarten te vernieuwen. Bij deze vernieuwing is het goed te letten op: het materiaal en de dikte van de Kanban kaart, de vormgeving/het ontwerp van de Kanban kaart en de gegevens op de Kanban kaart

Het formaat van de kaarten (75 mm X 130 mm) blijf hetzelfde, maar voor materiaal zijn er verschillende opties. In overleg met een materiaal-leverancier van AEC en enkele medewerkers is gekeken naar enkele voorbeeld materialen voor de Kanban kaarten. Afhankelijk van het materiaal en de dikte van de Kanban kaart is deze breekbaar en/of flexibel. De dunste, flexibele plastic kaart is 0,8 mm dik en wordt door medewerkers als geschikt bevonden voor gebruik van Kanban kaarten.

Hierna zijn verschillende indelingen voor de Kanban kaart gemaakt. Hierbij is gekeken naar onder andere de Kanban kaarten die gebruikt worden binnen andere afdelingen en vestigingen van Aeronamic. De verschillende alternatieven zijn te vinden in appendix J. In overleg met betrokkenen zijn de eerste alternatieven aangepast. Dit heeft geresulteerd in onderstaand ontwerp (figuur 11).

Locatie	Artikelnummer	Locatie	Artikelnummer
Foto	Veiligheidsvoorraad	Bestelpunt	XX
	XX		
	Bestel-hoeveelheid		
	XX		
	Bestelpunt		
	XX		

Figuur 11 Ontwerp Kanban kaart (50% van werkelijke grootte)

PA2206	0331200780	NUT	PA2206	0331200780
		Veiligheidsvoorraad	30	
		Bestelpunt	40	
		Bestelhoeveelheid	50	

Figuur 12 Voorbeeld ontwerp Kanban kaart (75% van werkelijke grootte), waarden bepaald volgens alternatief 1

De achtergrond kleur kan worden aangepast en varieert tussen groen of rood, afhankelijk van het type kaart (veiligheidsvoorraad of bestelpunt). De gegevens kunnen, indien deze wijzigen in het systeem, eenvoudig als sticker worden uitgeprint en zodoende ook worden aangepast op de kaart. Het is verstandig om jaarlijks te kijken of er veranderingen zijn waardoor de informatie op de

Kanban kaart aangepast moet worden. Het is onnodig om bij iedere bestelling deze controle te doen. Door kleine veranderingen zou het gehele systeem dan erg fluctueren.

Om de informatie op de Kanban kaart eenvoudig aan te passen is een model opgesteld (Koopman, 2013). Wanneer het artikelnummer wordt ingevuld, worden automatisch de bijbehorende gegevens geladen. Enkel de foto van het artikel dient handmatig te worden toegevoegd. Dit model bevat echter enkel de onderdelen die gebruikt worden bij productie van de LC350. Wanneer AEC dit model geschikt acht voor toepassing, dient dit model uitgebreid te worden met alle overige Kanban gestuurde onderdelen.

Aanbevelingen gerelateerd aan discipline

Er zijn diverse redenen waarom de werkelijkheid en het systeem, met betrekking tot het houden van de voorraad van elkaar afwijken. De voornaamste reden voor afwijkingen is dat er geen rekening is gehouden met het op voorraad houden van de maximale voorraad. Wanneer een levering binnen komt, wordt een (willekeurige) plek gevonden waar de onderdelen opgeslagen kunnen worden. Het is hierbij erg belangrijk om al deze (kleine) wijzigingen zorgvuldig bij te houden in ISAH.

Ook is het niet altijd gemakkelijk om de Kanban kaarten op de juiste plaats te leggen, om zo aan te geven wanneer besteld moet worden. Het komt, mede hierdoor, regelmatig voor dat Kanban kaarten zoek raken.

Deze twee punten zijn voorbeelden van manieren waarom de werkelijkheid en het systeem van elkaar afwijken. Bij het ontstaan van deze afwijkingen speelt discipline van de medewerkers een grote rol. Het is van groot belang dat de medewerkers elkaar aanspreken wanneer afgeweken wordt van de regels/richtlijnen.

De aanbevelingen die gedaan worden in paragraaf 5.1 en 5.2 zullen er voor zorgen dat het beheren van de voorraad overzichtelijker wordt, omdat er niet meer met voorraad geschoven hoeft te worden. Als aanbeveling gerelateerd aan discipline, blijft het van groot belang dat AEC aandacht blijft besteden aan zorgvuldigheid en het nemen van verantwoordelijkheid.

Aanbevelingen gerelateerd aan het Kanban-bord

Het Kanban-bord is geplaatst bij de afdeling expeditie en geeft aan welke (bestelde Kanban) onderdelen wanneer verwacht worden. Op het bord zijn de maanden (genummerd 1 tot en met 12) weergegeven en verdeeld in 4 vakken, deze geven de weken aan. Wanneer een bestelling is geplaatst, wordt de Kanban kaart in het bord bevestigd in de week waarin de levering wordt verwacht.

Het doel van het bord is erg praktisch, echter is de uitvoering dit nog niet. De Kanban kaarten kunnen op een richeltje in het bord bevestigd worden. Dit richeltje is echter af en toe niet breed genoeg om alle Kanban kaarten te plaatsten, daarnaast vallen de Kanban kaarten er geregeld uit. Zeker wanneer de Kanban kaarten worden vervangen door dunnere kaarten is de kans hierop groot.

Een oplossing hiervoor is om de richeltjes op het bord te vervangen door kleine/smalle bakjes. In deze bakjes kunnen de Kanban kaarten geplaatst worden. Deze bakjes zorgen voor extra ruimte voor de Kanban kaarten en verkleinen de kans dat ze er uit vallen. Door meer overzicht te creëren zullen de Kanban kaarten ook minder snel kwijt raken.

6 Conclusie en discussie

In voorgaande hoofdstukken zijn oplossingen aangedragen om de problemen, gerelateerd aan het beheren van de (Kanban-)voorraad, op te lossen. In paragraaf 6.1 worden de onderzoeksvraag, opgesteld in paragraaf 1.3, beantwoord. In paragraaf 6.2 beschrijft de mogelijkheden en beperkingen van het uitgevoerde onderzoek. Paragraaf 6.3 geeft een advies voor implementatie. Hierin worden alle vervolgstappen besproken die nodig zijn om implementatie van de voorgestelde oplossingen tot een succes te maken.

6.1 Conclusie

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag, gesteld in paragraaf 1.3. De onderzoeksvraag is als volgt geformuleerd:

Welke replenishment methode is het meest geschikt, voor de onderdelen ten behoeve van de productie van de LC350 op de afdeling Original Equipment Manufacturing, waarbij men streeft naar een optimum tussen de kans op tekorten, de hoeveelheid voorraad en de kosten?

Om deze vraag te beantwoorden zijn verschillende deelvragen opgesteld. De antwoorden op de deelvragen vloeien voort uit de voorgaande hoofdstukken. Aan de hand van de antwoorden op de deelvragen, kan antwoord gegeven worden op de onderzoeksvraag.

1) Welke factoren, gerelateerd aan de replenishment methode, zijn bepalend voor de wijze waarop een replenishment methode functioneert?

Er zijn in hoofdlijnen vijf replenishment methoden te onderscheiden (hoofdstuk 2). De eerste methode, supplier managed inventory, vormt een samenwerkingsovereenkomst tussen leverancier en klant met betrekking tot het controleren en aansturen van voorraad. Het voornaamste voordeel van deze methode is dat de organisatie zelf niet meer verantwoordelijk is voor het bijhouden van de voorraad. Hierin schuilt echter ook gelijk het grootste nadeel, want de organisatie wordt door de verschuiving van de verantwoordelijkheid afhankelijk van de leverancier.

De tweede methode, sequence delivery, streeft er naar onderdelen op het juiste moment, op de juiste plaats, in de juiste hoeveelheid, in de juiste kwaliteit en in de juiste volgorde te leveren. Hierbij wordt geen voorraad aangehouden, wat het voornaamste voordeel is. Het zorgt echter voor zeer veel bestuurslast, wat als nadeel beschreven wordt.

De derde methode, demand based triggers, maakt gebruik van een aantal rekenkundige technieken, om zo de voorraad aan te vullen op basis van de (huidige) werkelijke productie en het verbruik van materiaal. Deze methode biedt als voordeel dat het weinig bestuurslast met zich meebrengt, het systeem stuurt zichzelf op basis van de input-waarden. Het grootste nadeel is dat de methode berust op input-waarden en veronderstellingen, waardoor het slecht in staat is om te gaan met verandering of fluctuaties.

De vierde methode, consumption based Kanban (Kanban), omvat een besturingssysteem dat er voor zorgt dat voorraden worden aangevuld op basis van verbruik. Er wordt een kleine voorraad aangelegd op basis van de verwachte vraag, hierna wordt deze voorraad steeds aangevuld op basis van het verbruik bij de werkelijke productie. Het grote voordeel van deze methode is dat het relatief gemakkelijk te implementeren is en weinig bestuurslast met zich meebrengt. Deze methode is echter niet geschikt voor het aansturen van alle typen onderdelen.

De vijfde methode, material requirements planning – pull, tracht een adequaat voorraadmiveau aan te houden zodat alle materialen direct beschikbaar zijn wanneer nodig. Dit voorraadmiveau dient wel zo laag mogelijk gehouden te worden. Hiervoor is een goede planning van activiteiten met betrekking tot productie, leveringen en inkoop nodig. De nadruk van deze methode ligt op de betrouwbaarheid van de bevoorrading. Deze methode vergt relatief veel bestuurslast, wat als voornaamste nadeel ervaren wordt.

Aan de hand van de variabelen in paragraaf 2.2 zijn de gestelde methoden geanalyseerd. Afhankelijk van het type onderdeel, basisonderdeel/grondstof of strategisch/kritiek onderdeel,

wordt Kanban alsmede MRP als meest geschikte methode bevonden voor het aansturen van de voorraad bij Aeronamic B.V..

2) Welke vorm van replenishment wordt op dit moment toegepast en hoe wordt dit vormgegeven?

Op dit moment wordt binnen Aeronamic B.V. de voorraad aangestuurd op basis van twee methoden. Onderdelen met een levertijd korter dan drie maanden worden aangestuurd door middel van Kanban, onderdelen met een levertijd langer dan drie maanden worden aangestuurd door middel van MRP. Deze verdeling wordt besproken in hoofdstuk 3. Bij het toepassen van deze methoden spelen een aantal problemen, welke besproken worden in hoofdstuk 4.

Er zijn drie voornaamste stakeholders te onderscheiden, welke betrokken zijn bij het beheren van de voorraad. Dit zijn de afdeling inkoop, expeditie en productie. De verschillende belangen worden beschreven in hoofdstuk 3, aangevuld door appendix H.

De problemen, die in hoofdstuk 4 beschreven worden, zijn voornamelijk gericht op de Kanban aansturing. De belangrijkste problemen met de Kanban aansturing zijn allereerst dat er gewerkt wordt met verouderde gegevens en daarnaast dat er geen rekening is gehouden met de benodigde ruimte voor het op voorraad houden van de onderdelen. Deze twee problemen zorgen ervoor dat er inconsistent gehandeld wordt, er onduidelijkheid is over de exacte aansturing en er wordt geschoven met voorraden in verband met ruimte tekort. Om deze problemen aan te pakken wordt gekeken naar de richtlijnen waarop de Kanban aansturing gebaseerd is en waar verbetering mogelijk is.

3) Welke aanbevelingen kunnen gedaan worden om de meest geschikte replenishment methode vorm te geven/ te optimaliseren bij OEM binnen AEC?

Om de problemen, die optreden bij de toepassing van de replenishment methoden, aan te pakken is gekeken naar de richtlijnen die gebruikt worden bij de huidige aansturing. Daarbij is gekeken naar mogelijkheden om de problemen op te lossen.

Om het eerste probleem aan te pakken is het belangrijk om duidelijke richtlijnen op te stellen om de voorraad aan te sturen. Door het stellen van vaste richtlijnen wordt gekeken naar de kosten gerelateerd aan het houden van voorraad. Er wordt getracht deze kosten te reduceren, waarbij voornamelijk gelet wordt op de bestuurslast en de voorraadwaarde.

Deze richtlijnen stellen een vast bestelmoment en een vaste bestelhoeveelheid. Aan de hand van deze richtlijnen kan de inkoop van onderdelen aangestuurd worden. Om dit proces inzichtelijk en toepasbaar te maken, is een rekenkundig model opgesteld. In dit model wordt, aan de hand van het verbruik en de prijs van een onderdeel, de werkelijke bestelhoeveelheid, het bestelpunt en de veiligheidsvoorraad (allemaal in aantal onderdelen) berekend. Deze gegevens geven direct weer hoe de voorraad moet worden aangestuurd.

Het huidige model is opgesteld in Excel, maar zou mogelijk aan ISAH gekoppeld kunnen worden. Indien deze koppeling mogelijk is, zou dat ideaal zijn omdat dan niet met meerdere (verschillende) programma's gewerkt hoeft te worden. Daarnaast is het bijhouden van gegevens dan eenvoudiger.

Vervolgens kijkt het model naar de maximale voorraad die aangehouden wordt volgens de richtlijnen van het alternatief. Voor opslag van de maximale voorraad is de maximale opslagruimte nodig. Op basis van de maximale voorraad kan daarom een vaste indeling gemaakt worden voor opslag van deze onderdelen. Op deze manier hoeft er niet meer geschoven te worden met voorraden en is altijd duidelijk waar een onderdeel opgeslagen dient te worden. De onderdelen worden opgeslagen in één paternoster.

Daarnaast zijn in paragraaf 5.3 enkele praktische aanbevelingen gedaan. Door de Kanban kaart en het Kanban-bord te vernieuwen worden de praktische problemen in de huidige situatie opgelost. Met betrekking tot discipline is het van groot belang dat medewerkers zich meer bewust worden van het proces en de veranderingen die mogelijk komen. Door volgens de richtlijnen te werken en vaste plaatsen te hebben voor de voorraad, zou het voor medewerkers echter wel gemakkelijk moeten worden om volgens de regels te werken.

4) Welke resultaten worden verwacht bij implementatie van de gedane aanbevelingen binnen AEC?

In het rekenkundige model kan gevarieerd worden met het bestelpunt en de bestelhoeveelheden. Door hiermee te variëren kan een verschillend resultaat behaald worden. In het verslag is gewerkt met de volgende alternatieven:

- Alternatief 1; bestelpunt 6 maanden, ordergrootte 1 bedraagt 12 maanden en ordergrootte 2 bedraagt 6 maanden. Dit levert op jaarbasis een totale kostenreductie op van € 1.655,-. Op jaarbasis blijft de relatieve bestuurslast gelijk. De maximale voorraad bedraagt hier 18 respectievelijk 12 maanden.
- Alternatief 2; bestelpunt 4,5 maand, ordergrootte 1 bedraagt 12 maanden en ordergrootte 2 bedraagt 6 maanden. Dit levert op jaarbasis een totale kostenreductie op van € 34.525,-. Op jaarbasis neemt de relatieve bestuurslast met 14 procent toe. De maximale voorraad bedraagt hier 16,5 respectievelijk 10,5 maand.
- Alternatief 3; bestelpunt 6 maanden, ordergrootte 1 bedraagt 11 maanden en ordergrootte 2 bedraagt 6 maanden. Dit levert op jaarbasis een totale kostenreductie op van € 6.350,-. Op jaarbasis neemt de relatieve bestuurslast met 5 procent toe. De maximale voorraad bedraagt hier 17 respectievelijk 12 maanden.
- Alternatief 4.1; bestelpunt 4,5 maand, ordergrootte 1 bedraagt 12 maanden en ordergrootte 2 bedraagt 9 maanden. Dit levert op jaarbasis een totale kostenreductie op van € 15.755,-. Op jaarbasis neemt de relatieve bestuurslast met 10 procent toe. De maximale voorraad bedraagt hier 16,5 respectievelijk 13,5 maand.
- Alternatief 4.2; bestelpunt 6 maanden, ordergrootte 1 bedraagt 9 maanden en ordergrootte 2 bedraagt 6 maanden. Dit levert op jaarbasis een totale kostenreductie op van € 15.755,-. Op jaarbasis neemt de relatieve bestuurslast met 10 procent toe. De maximale voorraad bedraagt hier 15 respectievelijk 12 maanden.

Voor het aansturen van de voorraad dient door Aeronamic B.V. één alternatief gekozen te worden. Het gekozen alternatief geeft het vaste bestelmoment en de vaste ordergroottes, beide weergegeven in maanden (op basis van aantal onderdelen dat per maand verbruikt wordt). Deze richtlijnen kunnen direct ingevuld worden in het rekenkundige model.

Wanneer we de verschillende alternatieven bekijken, verdient alternatief 2 de meeste voorkeur. Dit alternatief levert namelijk de grootste kostenreductie op en heeft daarnaast een relatief lage maximale voorraad. Enkel de maximale voorraad binnen alternatief 4.2 is lager, maar ook slechts wanneer we kijken naar ordergrootte 1. Dit verschil biedt echter geen voordeel voor alternatief 4.2 wanneer we de verhouding tussen het aantal onderdelen en de waarde van onderdelen uit de verschillende groepen (groep 1 = <€10,- en groep 2 = >€10,-) bekijken. Om het beste resultaat te realiseren, is het daarom goed om het bestelpunt te verlagen naar 4,5 maand, ordergrootte 1 gelijk te stellen aan 12 maanden en ordergrootte 2 gelijk te stellen aan 6 maanden.

Naast de reductie van de kosten verbonden aan het beheren van de voorraad, zal het proces ook beter beheersbaar worden wanneer het proces duidelijk wordt vormgegeven. Dit is het geval wanneer volgens de richtlijnen gewerkt gaat worden. De kosten zijn gerelateerd aan het besturen van en het behouden van de voorraad.

In het onderzoek is ook aandacht besteed aan het minimaliseren van de kans op tekorten. Hiervoor wordt altijd een veiligheidsvoorraad van 3 maanden aangehouden, zoals dat in de huidige situatie ook gebeurt. Daarnaast is er nog een marge genomen op de voorraad, door het bestelpunt ruim voor de veiligheidsvoorraad te leggen.

6.2 Discussie

Deze paragraaf beschrijft of het onderzoek haar doel heeft bereikt. Daarnaast wordt gekeken naar de beperkingen van het onderzoek.

6.2.1 Resultaten van het onderzoek

In paragraaf 1.2 zijn de volgende elementen beschreven die tot het resultaat van dit onderzoek dienen te behoren:

- Een geschikte replenishment methode; welke vorm van aansturing is het meest geschikt met betrekking tot opslag van de onderdelen betrokken bij de productie van de LC350, waarbij rekening wordt gehouden met onder andere voorraadniveau, kosten, levertijd en doorlooptijd.
- Een (rekenkundig) model dat gebruikt kan worden voor de aansturing volgens een geselecteerde replenishment methode.

Door de verschillende replenishment methoden (paragraaf 2.1) te analyseren aan de hand van de 'performance indicatoren' (paragraaf 2.2) hebben we gekeken welke methode het meest geschikt is voor het aansturen van de onderdelen betrokken bij de productie van de LC350. Gedurende de analyse is rekening gehouden met de verschillende eisen die gesteld zijn vanuit AEC.

Het rekenkundige model dat gebruikt kan worden voor de aansturing van de voorraad, volgens een geselecteerde replenishment methode, is gemakkelijk te gebruiken en zorgt voor overzicht. Daarnaast is het eenvoudig bij te houden, waarmee getracht wordt het (wederom) verouderen van gegevens tegen te gaan.

6.2.2 Beperkingen en verder onderzoek

Dit onderzoek heeft zich beperkt tot het beschrijven van mogelijke replenishment methoden en haar toepassing. Door de randvoorwaarden is het niet mogelijk geweest om toepassing van een aantal methoden binnen AEC te onderzoeken. De methoden die geschikt bevonden zijn voor toepassing binnen AEC, zijn hetzelfde als de huidige toegepaste methoden. Dit komt mogelijk doordat er weinig mogelijkheden waren om (grote) veranderingen door te voeren. Echter kunnen de principes die gesteld zijn binnen SMI en JIS in de toekomst belangrijk zijn of worden voor AEC.

Daarnaast is het opgestelde rekenkundige model nog niet volledig ingericht volgens alle eisen die door AEC gesteld worden. Zo zal binnen AEC eerste een keuze gemaakt moeten worden voor een alternatief, waarna volgens de bijbehorende richtlijnen vorm gegeven kan worden aan het besturen van de voorraad. Ook is het van groot belang dat AEC goed kijkt naar de nauwkeurigheid van de overige gegevens die gebruikt worden in het model.

Voor de opslag van onderdelen op voorraad zijn er nog enkele belangrijke beslissingen die gemaakt moeten worden. Deze beslissingen zijn kort samen te vatten als:

- Hoe groeperen we onze onderdelen? De huidige groepering van onderdelen ligt niet vast. Een indeling kan op verschillende manieren gemaakt worden en verschillende vormen van indelen kunnen diverse voordelen bieden.
- Hoe verpakken we onze onderdelen die op voorraad liggen? Het verwijderen van verpakkingsmateriaal zorgt voor minder benodigde ruimte, maar vergroot de kans op beschadigingen.
- Hoe zorgen we er voor dat er gewerkt wordt volgens de richtlijnen? De richtlijnen zullen anders zijn dan de wijze waarop nu gewerkt wordt. Het is van groot belang dat de betrokken medewerkers bekend worden met de richtlijnen en het belang van de verandering inzien.
- Wanneer is het toegestaan om van de richtlijnen af te wijken? In de huidige situatie wordt een groot aantal uitzonderingen gemaakt. Dit aantal moet zo ver mogelijk beperkt worden, maar er zullen enkele uitzonderingen gemaakt moeten worden. Belangrijk is dat (de gevolgen) van deze uitzonderingen beperkt blijven en op voorhand met alle stakeholders besproken worden.
- Welke kosten zijn verbonden aan het bestellen van onderdelen? Voor het berekenen van de kosten voor de bestuurslast is nu rekening gehouden met een vaste kostenpost van €60,- per uur. Hierbij zijn personeels- en overheadkosten meegenomen. Er is echter niet expliciet rekening gehouden met bijvoorbeeld importkosten of andere (niet-)lineaire kosten.

Daarnaast is het onderzoek beperkt door de geselecteerde literatuur. Het beheren van voorraad is al ruime tijd onderwerp van onderzoek, waarin ook verschuivingen plaats vinden. Daarnaast is het lastig onderscheid te maken tussen de vele varianten welke beschreven worden in (overige) literatuur. Een uitgebreidere analyse van verschillende replenishment methoden kan in verder onderzoek plaatsvinden.

Bibliografie

- Aeronamic B.V. (2012, september 26). Turn over Stock. Almelo.
- Aeronamic B.V. (2013, januari 4). A formalized guideline to aeronamic supply chain management. Almelo.
- Aeronamic B.V. (2013, maart 20). ISAH lijstinhoud 20-03-2013.
- Aeronamic B.V. (sd). *In vliegtuigen draait het om ons*. Opgeroepen op februari 20, 2013, van www.aeronamic.com: <http://www.aeronamic.com/dutch-summary/>
- Aghezzaf, E. (2008). Robust distribution planning for supplier-managed inventory agreements when demand rates and travel times are stationary. *Journal of the Operational Research Society*, 1055 - 1065.
- Beamon, B. (1998). Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, 281 - 294.
- Bonney, M.C.; Zongmao Zhang; Head, M.A. ; Tien, C.C.; Barson, R.J.;. (1999). Are push and pull systems really so different? *International journal of production economics*, 59, 53 - 64.
- Corbey, M.; Jansen, R.;. (1993). The economic lot size and relevant costs. *International Journal of Production Economics*, 519 - 530.
- Freetly, A. (2013). *Paternosters en Plateauliften*. Opgeroepen op februari 6, 2013, van paternosterkast.com: <http://paternosterkast.com/>
- Fukukawa, T.; Hong, S.C.;. (1993). The determination of the optimal number of Kanbans in a just-in-time production system. *Computers ind.Engining*, 551 - 559.
- Gallego, G. (2003). *Material Requirements Planning (MRP)*. IEOR 4000: Production Management.
- Geldermalsen, K.; Van Dam, C.;. (2002). *Stappenplan voor de succesvolle toepassing van de inkoopportfolio*. Open Universiteit Nederland.
- Goddard, W.E.; Brooks, R.B.;. (1984). Just-in-time: a goals for MRP II. *Readings in Zero Inventory*. APICS.
- Grubbström, R.W.; Wikner, J.;. (1996). Inventory trigger control policies developed in terms of control theory. *International journal of production economics*, 397 - 406.
- Harris, C. (sd). *The Plan for Every Part (PFEP)*. Opgeroepen op februari 18, 2012, van www.lean.org: www.lean.org/library/The_Plan_for_Every_Part.doc
- Heerkens, H. ; Geersink, J. (1994). *De Algemeen Bedrijfskundige Probleemaanpak*. TSM Business School.
- Heron Technologies B.V. (2013). *Wat is een menselijke fout?* Opgeroepen op 4 19, 2013, van www.hadrion.nl: <http://www.hadrion.nl/human/>
- Honeywell International, Inc. (2006). *AERO Lean and Advanced Six Sigma, Supplier Workshop Training*.
- Hopp, W.J.; Spearman, M.L.;. (2008). Push and Pull Production Systems. In W. Hopp, & M. Spearman, *Factory Physics* (pp. 356 - 383). New York: McGraw-Hill Education.
- Karrer, C. (2012). Production Control Strategies (PCS). In C. Karrer, *Engineering Production Control Strategies* (pp. 7 - 36). Berlin Heidelberg: Springer - Verlag.
- Koopman, A. (2013, 05). Kanban; originele lijst, kanban kaart, reductie, bakken.
- Kuk, G. (2004). Effectiveness of vendor-managed inventory in the electronics industry: determinants and outcomes. *Elsevier*, 645 - 654.
- LeanEnt B.V. (2013). *Kanban (systeem)*. Opgeroepen op februari 6, 2012, van www.leanwoordenboek.nl: [http://www.leanwoordenboek.nl/woord/Kanban+\(systeem\)](http://www.leanwoordenboek.nl/woord/Kanban+(systeem))
- Leone, G.; Rahn, R.D.;. (2002). *Fundamentals of Flow Manufacturing (incl. Workbook)*. Boulder: Flow Publishing Inc.
- Pohlen, T.; Goldsby, T. (2003). VMI and SMI programs: How economic value added can help sell the change. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 565 - 581.

- Sari, K. (2008). On the benefits of CPFR and VMI: A comparative simulation study. *International Journal Production Economics*, 575 - 586.
- Schreuder, R. (sd). *Kanban*. Opgeroepen op maart 15, 2013, van [www.leaninfo.nl](http://www.leaninfo.nl/Lean-Index-JKL/kanban.html):
<http://www.leaninfo.nl/Lean-Index-JKL/kanban.html>
- Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R.;. (2007). *Operations Management*. Essex: Prentice Hall (Imprint of Pearson Education Limited).
- Swaminathan, J.M.; Smith, S.F.; Sadeh, N.M.;. (1998). Modeling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach. *Decision Sciences*, 607 - 632.
- Thun, J.; Marble, R.P.; Silveira - Camargos, V.;. (2007). A conceptual framework and empirical results of the risk and potential of just in sequence. *Journal of Operations and Logistics*, I.1. - I.13.
- UTC Corporate. (sd). *Auxiliary Power Systems*. Opgeroepen op maart 08, 2013, van www.hamiltonsundstrand.com:
<http://www.hamiltonsundstrand.com/Aerospace/Auxiliary+Power+Systems>
- Van Ee, M. (2009). *De toepassing van de inkoopportfolio bij kleine internationale handelsbedrijven*. Heerlen: Open Universiteit Nederland.
- Van Nyen, P.L.M.; Bertrand, J.W.M.; Van Ooijen, H.P.G.; Vandeale, N.J.;. (2009). Supplier managed inventory in the OEM supply chain: the impact of relationship types on total costs and cost distribution. *OR Spectrum*, 167 - 194.

Appendices

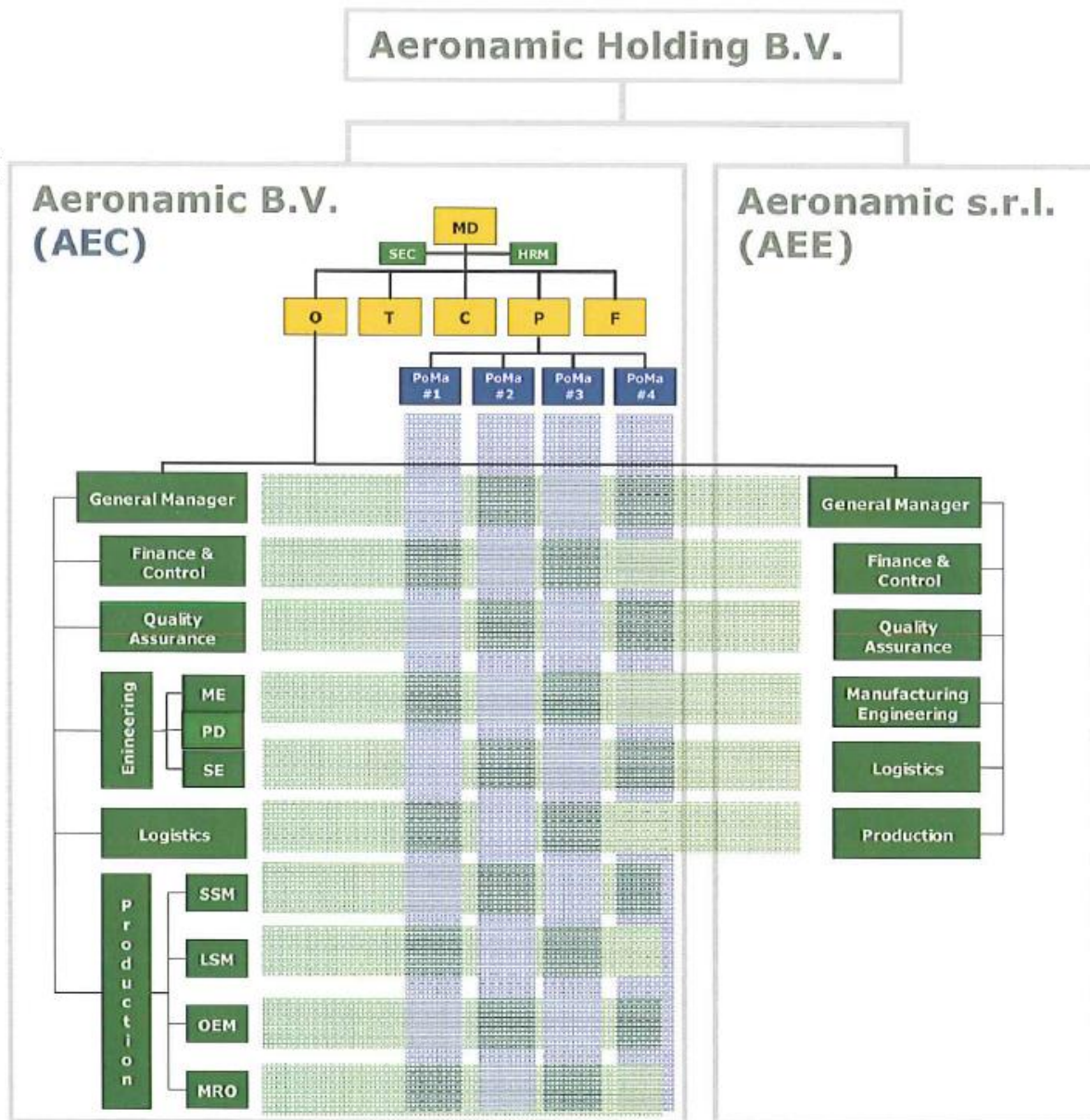
Appendix A, Afkortingen

Tabel 24 Lijst met afkortingen

Afkorting	Naam
ABP	Algemeen bedrijfskundige aanpak
AEC	Aeronamic B.V.
APU	Auxiliary power unit
DBT	Demand based trigger
E-kanban	Electronische kanban
ELS	Economic lot size
EOA	Economic order quantity
ERP	Enterprise resource planning
FAIR	First Article Inspection Report
FIFO	First in, first out
IT-systeem	Informatietechnologie-systeem
JIS	Just-in-sequence
JIT	Just-in-time
LC350	Load compressor 350
LSM	Large series manufacturing
MRP	Material requirements planning
OEM	Original equipment manufacturing
PCS	Production control strategy
PFEP	Plan for every part
R&O	Repair and Overhaul
SMI	Supplier managed inventory
SSM	Small series manufacturing
UAe	Urence Aerospace B.V.
VIS	Very important supplier
VVP	Vaste verreken prijs
WIP	Work-in-progress

Appendix B, organigram Aeronamic B.V.

Hieronder het organigram van de Aeronamic Holding B.V. en AEC en AEE. In het figuur wordt schematisch weergegeven welke afdelingen waar gevestigd zijn.



Figuur 13 organigram Aeronamic B.V. (Management System Manual, Aeronamic Aircraft subsystems, 2011)

Appendix C, Productieproces LC350

De LC350 is een van de unieke producten die gemaakt wordt bij AEC. Sinds de start van de productie van de LC350 is de vraag toegenomen. Deze groei leidde ertoe dat in augustus 2011 de 1000^{ste} LC350 afgeleverd werd. Op dit moment worden er jaarlijks ongeveer 120 LC350 systemen geproduceerd en geleverd naar de klant door AEC.



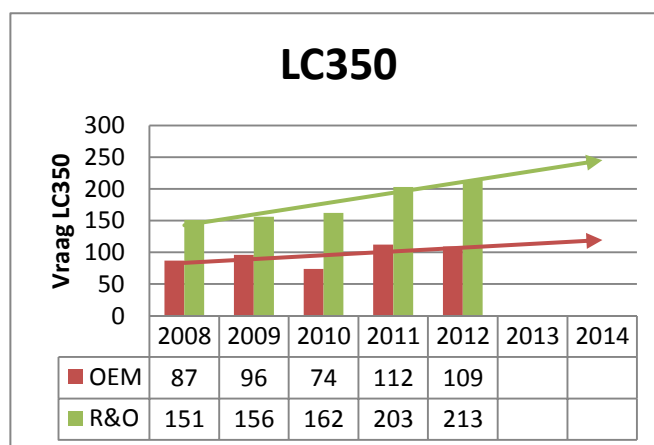
Figuur 14 Voorbeeld load compressor

Binnen de luchtvaart wordt een load compressor gebruikt als deelsysteem, met als doel het creëren van perslucht. Deze perslucht wordt door de Auxiliary Power Unit (APU) gebruikt voor het regelen van de cabinedruk, de airconditioning en de luchtstroom naar de Air Turbines Starters van de hoofdmotoren. Een APU is hoofdsysteem, welke binnen de luchtvaart, voornamelijk gebruikt wordt bij het starten van hoofdmotoren (UTC Corporate). Daarnaast kan het gedurende een vlucht ondersteuning bieden als bron van elektriciteit.

De verschillende stappen benodigd voor de productie van de LC350 zijn opgenomen in het bewerkingsvoorschrift, documentnummer BV-1567. In dit document is opgenomen welke algemene voorwaarden van toepassing zijn, welke onderdelen en gereedschappen er nodig zijn en op welke moment en daarnaast op welke wijze de diverse onderdelen geassembleerd moeten worden. Dit bewerkingsvoorschrift is algemeen van toepassing bij de productie van de LC350. De productie van de LC350 wordt in het bewerkingsvoorschrift beschreven door middel van 20 hoofdstukken. Deze hoofdstukken zijn ieder weer verdeeld in kleine stappen. Aan het einde van deze 20 stappen is het systeem volledig klaar, inclusief de eindcontrole.

Naast dit bewerkingsvoorschrift wordt er gebruik gemaakt van een engine buildbook, documentnummer G.T.C.P. 331-350. Een engine buildbook is specifiek voor ieder te produceren/geproduceerd systeem. In dit document wordt gedurende de productie de waarden bijgehouden van verschillende metingen. Wanneer welke waarden gemeten moeten worden en op welke manier, is opgenomen in het bewerkingsvoorschrift. Het engine buildbook bevat 13 bladen, waarin de productiedata bijgehouden wordt. Het verschilt per blad hoeveel data er ingevoerd moet worden. Dit varieert tussen de 2 en de 9 waarden, waarbij een uitzondering optreedt. Deze uitzondering betreft het eerste blad, hierop dient van ieder onderdeel het nummer ingevuld te worden. De benodigde hoeveelheid is hierbij gelijk aan het aantal onderdelen.

Tevens wordt bij de productie van de LC350 gebruikt gemaakt van een picklijst. Op deze lijst worden alle benodigde onderdelen weergegeven. Per picklijst wordt tevens aangegeven waar de onderdelen te vinden zijn, het aantal benodigde onderdelen en uit welk lotnummer het betreffende onderdeel gepickt moet worden.



Figuur 15 Jaarvraag en trendlijn LC350

Toch is productie van de LC350 niet mogelijk enkel op basis van deze documenten. Gedurende een opleiding behaalt het personeel diverse kwalificeringen voor het uitvoeren van bepaalde stappen/handelen van de productie.

De gemiddelde vraag naar de LC350 OEM is in de afgelopen jaren licht toegenomen. Wanneer deze trend zich doorzet kan de vraag voor 2013 worden geschat op 114 producten. Deze trend wordt weergegeven in figuur 7.

Appendix D, Algemeen bedrijfskundige aanpak

Bij het uitvoeren van (een deel van) dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de algemeen bedrijfskundige aanpak (ABP). De ABP is een methode die gebruikt kan worden om stapsgewijs onderzoek uit te voeren. Onderstaande stappen zijn binnen de ABP geformuleerd:

Tabel 25 Stappen van de Algemeen Bedrijfskundige Probleemaanpak

Stap	Resultaat
1. Probleem identificatie	Globale probleemstelling
2. Formuleren van probleemaanpak	Planning oplossingsproces
3. Probleemanalyse	Definitie en analyse van het probleem en probleemstelling
4. Formuleren alternatieve oplossingen	Rapportage over alternatieven
5. Beslissing	Keuze voor één van de alternatieven
6. Implementatie	Veranderingen als gevolg van uitvoering gemaakte keuze
7. Evaluatie	Vergelijking van realisatie en de gewenste situatie

Voor zover van toepassing worden bovenstaande stappen opgevolgd in het verslag.

Appendix E, Voorbeeld PFEF data

De informatie op de Kanban kaart is opgesteld aan de hand van *Plan for every Part* (PFEF) data. Deze data omvat alle relevante informatie over elk onderdeel, verzameld op een plaats. Deze data heeft betrekking op de wijze waarop ieder onderdeel is ingekocht, ontvangen, verpakt, opgeslagen, verplaatst et cetera (Harris).

PFEF data bevat geen vaste waarden, om betrouwbaarheid van gegevens te genereren is het daarom nodig om de waarden regelmatig bij te werken. De medewerkers van de afdeling manufacturing engineering zijn hiervoor verantwoordelijk. Daarnaast is PFEF data gemakkelijk voor gebruikers, aangezien alle informatie dan op één plek in de organisatie aanwezig is. Wanneer PFEF nauwkeurig wordt bijgehouden, is het een krachtig instrument dat gebruikt kan worden bij de ontwikkeling van nieuwe en bestaande producten.

Part #	Number used to identify the material in the facility
Description	Material name (e.g., frame, bolt, nut, yoke)
Daily Usage	Average amount of material used in a day
Usage Location	Process/areas where the material is used (e.g., Cell 14)
Storage Location	Address (location) where the material is stored
Order Frequency	Frequency that the material is ordered from the supplier (e.g., daily, weekly, monthly, as required)
Supplier	Name of the material supplier
Supplier City	City where the supplier is located
Supplier State	State, province, region, or district where the supplier is located
Supplier Country	Country where the supplier is located
Container Type	Type of the container (e.g., expendable, returnable)
Container Weight	Weight of an empty container
1 Part Weight	Weight of 1 unit of material
Total Package Weight	Weight of a full container of material
Container Length	Length or depth of the container
Container Width	Width of the container
Container Height	Height of the container
Usage Per Assembly	Number of parts required for 1 finished product
Hourly Usage	Maximum number of pieces used per hour
Standard Container Quantity	Piece count of material in 1 container
Containers Used Per Hour	Maximum number of containers required per hour
Shipment Size	Size of a standard shipment in days (1 week shipment = 5 days)
Carrier	Company providing parts-transportation services
Transit Time	Travel time required from the supplier to the facility (in days)
# of Cards in Loop	Number of pull signals that are in the system
Supplier Performance	Supplier performance rating that includes on-time delivery, quality, etc.

Figuur 16 Voorbeeld PFEF-data bestand

Binnen AEC is het mogelijk om ISAH een PFEF-lijst te laten genereren. Deze bevat de volgende informatie: artikelnummer, omschrijving, uitgiftelocatie, voorraad, minimale voorraad, veiligheidsvoorraad, bestelpunt, verpakkingsaantal, seriegrootte, eenheid, leverancier, levertijd, lengte, breedte, hoogte, artikelgroep, hoofdgroepcode, hoofdgroepcode omschrijving, type bak en het uitgiftemagazijn.

Appendix F, Keuze voor huidige vorm van replenishment

In 2006 is vanuit een van de klanten van AEC aangegeven dat zij hun processen volgens het lean-principe wilde besturen (Honeywell International, Inc., 2006). Het uitgangspunt van lean-productie is om het proces zodanig te besturen dat afval zo ver mogelijk wordt geminimaliseerd. Hierbij wordt getracht een proces te creëren dat sneller, betrouwbaarder, van hogere kwaliteit en kosten besparend is (Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R., 2007, p. 466). Door deze klant werd aangegeven toepassing van dit principe enkel goed zou kunnen functioneren indien de gehele waardeketen hierin mee zou gaan. Door middel van trainingen en overleg is getracht begrip te kweken bij AEC om mee te gaan binnen het principe van lean-productie. Aangezien AEC zich graag wil onderscheiden door een strak en efficiënt ingericht bedrijfsproces, dat gekoppeld is aan een effectief wereldwijd 'supply chain management' concept (Aeronamic B.V., In vliegtuigen draait het om ons), is men gaan nadenken over de inrichting van de eigen processen en de mogelijkheden die lean-productie kan bieden.

In 2007 is, in samenwerking met LeanEnt B.V., een start gemaakt voor de introductie van het Kanban systeem. De Kanban aansturing is toen als project gestart en had betrekking op de onderdelen die betrokken zijn bij de productie van de LC350. De invoering van het Kanban systeem was enerzijds gericht op het verminderen van kosten, maar het diende ook het besturingsproces te vereenvoudigen, het voorraadsysteem overzichtelijker en beter beheersbaar te maken en de materiaalbeschikbaarheid te vergroten.

Op basis van enkele gestelde 'spelregels' is voor ieder onderdeel van de LC350 gekeken naar een aantal kenmerken, zoals de verpakkingseenheid, het bestelmoment en de bestelhoeveelheid. Ook is nagedacht over de fysieke inrichting van het systeem. Binnen AEC zijn hiervoor in totaal acht paternosters beschikbaar. Het gebruik van paternosters biedt de volgende voordelen a) ruimtewinst, op een relatief klein vloeroppervlak kan door benutting van de hoogte en verdichte opslag veel materiaal geplaatst worden, b) tijdswinst, door het 'goederen naar de man' principe kan bespaard worden op de looptijd van de operator, c) verkleinde kans op fouten, door het verlichten van de locatie waaruit een artikel gepakt moet worden is de kans op foutieve uitlevering van een artikel gering, d) ergonomie, de goederen worden op een hoogte van ongeveer een meter gepositioneerd waardoor er geen bukkende of strekkende beweging nodig is om het product te pakken. (Freetly, 2013)

Alle onderdelen voor productie van de LC350 liggen in één paternoster. Echter ligt de indeling van de onderdelen binnen de paternosters niet vast, waardoor voor efficiënt gebruik van de voorraad ook over deze indeling nagedacht dient te worden. De huidige indeling van de onderdelen is van links naar rechts, van onder naar boven op basis van de montagevolgorde (welke gerelateerd is aan de volgende van de picklijst).

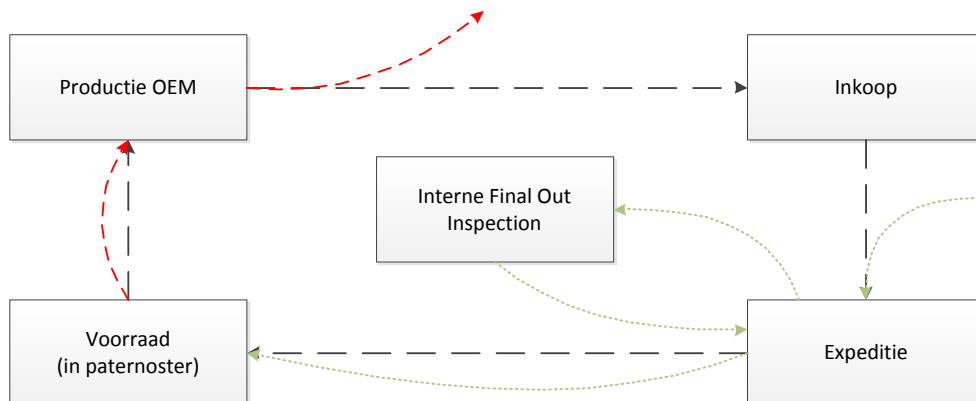
In 2008 is binnen het Kanban systeem door middel van presentaties extra aandacht gegeven aan traceability. AEC moet bij problemen kunnen aantonen dat de gebruikte onderdelen aan alle eisen, tekeningen en certificaten voldoen. Dit aantonen wordt gedaan door te achterhalen (traceren) uit welk lotnummer de artikelen verbruikt zijn. Onderdelen worden de paternoster ingeruimd volgens het FIFO-principe (first in, first out). Bij het inruimen worden alle onderdelen voorzien van een lotnummer. Verschillende lotnummers dienen altijd te worden gescheiden.

Appendix G, Stakeholder analyse

Binnen AEC zijn er diverse afdelingen die met het Kanban systeem te maken hebben. De diverse afdelingen hebben elk hun eigen belang bij het houden van voorraad, en hebben een andere behoefte aan informatie met betrekking tot de Kanban. Medewerkers van de volgende afdelingen komen met Kanban (en replenishment) in aanraking: productie OEM, inkoop en expeditie.

De Kanban kaarten zijn toegevoegd aan de voorraad die opgeslagen ligt in de paternosters. Wanneer de productiemedewerkers OEM onderdelen onttrekken aan de voorraad dienen zij indien nodig de Kanban kaarten te verplaatsen. Deze Kanban kaarten worden dan verplaatst naar de inkoopafdeling. De inkoopafdeling plaats een bestelling, waarna de kaart naar de expeditie wordt gebracht. Bij deze afdeling hangt een bord van 12 (lengte) bij 4 (breedte) vakken. De 12 lijnen staan voor iedere maand van het jaar, de 4 vakken geven de weken binnen de maand aan. Wanneer de Kanban kaarten van de inkoopafdeling naar de expeditie gebracht worden, worden zij op het bord bevestigd op de week waarin zij (naar verwachting) aankomen. Op het moment dat de onderdelen geleverd zijn worden deze, samen met de Kanban kaart, door medewerkers van de expeditie toegevoegd aan de voorraad.

In onderstaand figuur wordt de circulatie van Kanban kaarten weergegeven door middel van zwarte pijlen (— — —). De rode pijlen (- - -) staan voor de uitvoer van onderdelen, de groene pijlen (...) staan voor de invoer van onderdelen.



Figuur 17 Circulatie Kanban kaarten en goederen intern AEC

Uit figuur 5 blijkt dat de route van de Kanban kaart niet gelijk is aan de route van de onderdelen. Om het Kanban-systeem goed te laten functioneren, is het van belang dat de stroom van goederen en de stroom van Kanban kaarten weer goed aan elkaar worden gekoppeld.

Hieronder wordt voor iedere afdeling besproken welke invloeden de invoering van Kanban heeft gehad op hun werkzaamheden en welke problemen hierbij optreden. Hierbij is aandacht voor de respectievelijke voor- en nadelen, de werklast en de gebruiksvriendelijkheid. Voor de afdeling Internal Final Out Inspection is geen uitgebreide stakeholder analyse gedaan, bij deze inspectie wordt namelijk geen verschil gemaakt tussen onderdelen, op basis van de aansturingmethode van de voorraad.

Productie Original Equipment Manufacturing

De medewerkers van de productie/montage op de afdelingen R&O en OEM maken gebruik van de voorraad die opgeslagen ligt in de paternosters. De onderdelen in de voorraad ligt op basis van de montagevolgorde. Deze volgorde wordt aangegeven op de picklijst. Op deze manier kan een medewerker bij het picken van onderdelen gemakkelijk de lijst afgaan en zijn de locaties van onderdelen achtereenvolgend. De wijze waarop onderdelen gepickt worden, is afhankelijk van het aantal producten dat geproduceerd moet worden. Indien het om stuks productie gaat, worden alle onderdelen van tevoren gepickt. Indien het productieaantal hoger ligt, worden de onderdelen gepickt op het moment dat deze nodig zijn. Dit heeft (mede) te maken met de beschikbare ruimte voor uitvoering van de montage.

Voor deze afdeling is het van belang dat er voldoende voorraad is om het productieproces gaande te houden. Aangegeven wordt dat onderdelen die in eigen beheer, op de small serie montage afdeling, worden geproduceerd vaak te laat zijn. Voor onderdelen die direct besteld kunnen worden is dit minder. Algemeen wordt er voorraad aangehouden die voldoende is voor productie binnen de komende zes maanden. De inschatting voor materieel wordt gemaakt door de afdeling inkoop.

De productiemedewerkers zijn zelf verantwoordelijk voor het (juist) afboeken van de onderdelen die zij gebruiken. Tevens dienen zij zelf de Kanban kaarten weg te brengen naar de inkoopafdeling, indien zij deze tegenkomen bij het verzamelen (picken) van benodigde onderdelen. Het afboeken van onderdelen wordt door de medewerkers van productie vaak niet direct gedaan na het picken van onderdelen, maar pas wanneer de montage van het product gereed is. Dit kan vrij lang duren, aangezien montageschappen totaal tot 14 uur kunnen duren. Omdat het afboeken niet direct gebeurt, is het mogelijk dat er een verschil ontstaat tussen de werkelijke voorraad en de voorraad in het systeem. Eventuele correcties dienen door de afdeling inkoop gedaan te worden.

De productiemedewerkers zijn tevreden met het huidige voorraadsysteem. Het picken van onderdelen uit de paternosters is eenvoudig en de volgorde is voor hen logisch. Enig nadeel dat genoemd wordt, is dat niet alle onderdelen altijd op de juiste plaats liggen. Vooral bij grote onderdelen, is er nog wel eens ruimtegebrek in de paternoster. Deze onderdelen worden dan elders gelegd, dit kan een aparte stelling of een naast gelegen plek in de paternoster zijn. Indien de onderdelen in een aparte stelling worden geplaatst, wordt de voorraad in de paternoster vaak niet aangevuld wanneer er ruimte beschikbaar is. Hierdoor lijkt het soms of het voorraadniveau te laag is. Indien de onderdelen op een naast gelegen plek in de paternoster worden geplaatst, heeft dit tot gevolg dat andere onderdelen niet altijd op de juiste plek kunnen worden gelegd. Op deze manier wordt er geschoven met onderdelen en raakt uiteindelijk het overzicht zoek.

Inkoop

Door de inkoop afdeling wordt aangegeven dat de keuze voor een deel Kanban sturing en een deel MRP sturing beter werkt dan voorheen, waarbij de gehele voorraad gestuurd werd volgens MRP. Toch werkt volgens hen ook het Kanban systeem niet altijd naar behoren. Zo wordt aangegeven dat het afboeken van artikelen lang niet altijd goed gebeurt, waardoor de werkelijke voorraad en de voorraad gegeven in ISAH niet overeen komen. Hierdoor wordt soms een signaal afgegeven dat er besteld moet worden, terwijl dat volgens het systeem nog niet nodig is. Wanneer de voorraden licht afwijken van elkaar is dat geen probleem, bij grotere afwijkingen dient onderzocht te worden waar een fout is gemaakt. Dit is vaak lastig te traceren.

Een positief punt dat door de inkoopafdeling wordt aangedragen heeft betrekking op het aantal spoedbestellingen. Dit aantal is volgens hen flink afgenomen sinds de invoering van het Kanban systeem. Spoedorders worden geplaatst indien er een tekort is aan materiaal, wanneer dat materiaal al werkelijk nodig is. Waar voorheen tot wel 40 spoedorders per jaar werden geplaatst, betreft dat tegenwoordig slecht 1 à 2 keer per jaar. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat de voorraad inzichtelijker is dan voorheen. Daarbij is geen grove verandering in het niveau van de voorraad waargenomen.

Naast de verantwoordelijkheid voor de inkoop van onderdelen is deze afdeling ook verantwoordelijk voor het wegbrengen van de Kanban kaarten naar expeditie. Zoals aangegeven dient de Kanban kaart door de inkoop-medewerker geplaatst te worden op het bord, naar de verwachte aankomstperiode van de onderdelen.

Expeditie

De medewerkers van expeditie zijn verantwoordelijk voor het in ontvangst nemen van goederen. Zij zijn verantwoordelijk voor de uitvoering van de volgende taken: het juist inboeken van de ingekomen onderdelen, het laten inspecteren van de ingekomen onderdelen en het juist opbergen van de ingekomen onderdelen. Het inboeken van ingekomen onderdelen gebeurt direct in ISAH. Een order wordt pas als 'gereed' ingeboekt op het moment dat de gehele bestelling ontvangen is, een deellevering wordt wel ingeboekt. De onderdelen die Kanban worden aangestuurd worden, op een enkele uitzondering na, in zijn geheel ontvangen.

Na ontvangst worden onderdelen, die met A of B geclassificeerd zijn, geïnspecteerd. Dit wordt gedaan door een medewerker van de kwaliteitsafdeling. In het geval van onderdelen die volgens MRP worden ingekocht, wordt regelmatig een externe partij gevraagd om de inspectie uit te voeren. In het geval van Kanban gestuurde onderdelen is inspectie zelden nodig. De certificaten die aan (alle vormen van) de inspectie verbonden zijn, worden gescand en in ISAH gekoppeld aan het product en lotnummer.

Op het moment dat onderdelen retour zijn van de inspectie, kan men de onderdelen gaan opbergen in de paternosters. Bij Kanban gestuurde onderdelen dient als eerste de juiste Kanban kaart erbij gezocht te worden, waarna de voorraad kan worden aangevuld. Hierbij dient het aantal onderdelen achter de rode en de groene kaart te worden uitgeteld en dienen de onderdelen juist verpakt te worden. Deze stap kost de meeste tijd. Als laatste dient in ISAH een controle gedaan te worden waarbij vooral gelet wordt op de juistheid van de opslaglocatie.

Daarnaast vormen de medewerkers van de expeditie een extra controlepunt, met betrekking tot het afboeken van onderdelen. Bij het opbergen van voorraad zien zij direct of er nog voldoende voorraad aanwezig is en of het afboeken juist gebeurt.

Het werken met het Kanban-systeem wordt door medewerkers niet als vervelend ervaren, het principe is eenvoudig en de toepassing is ook logisch. Wel komen er veel regels bij kijken die niet allemaal even doelmatig zijn, hierdoor wordt soms afgeweken om 'omwegen' te voorkomen. Alle hierboven genoemde taken horen volgens de medewerkers ook werkelijk binnen hun functie. Door de invoering van Kanban zijn er wel extra administratieve/controlerende taken bijgekomen.

Daarnaast is er soms een gebrek aan ruimte in de paternoster, kleine onderdelen worden dan op een andere locatie in de paternoster opgeslagen. Grotere onderdelen worden in een aparte stelling geplaatst. Door medewerkers van expeditie wordt aangegeven dat dit beter is voor de producten. Zo kunnen ze, bij plaatsing in de stelling, vaak in de originele verpakking bewaard worden en is de kans op beschadigingen kleiner. Wanneer onderdelen op een andere plaats worden opgeslagen dan gebruikelijk, dient dit te worden aangegeven in ISAH. Een tekort aan ruimte kan worden veroorzaakt doordat er bij het indelen geen rekening is gehouden met groei van de productie. Daarnaast is niet altijd rekening gehouden met de maximale voorraad. Ruimtetekort wordt volgens de medewerkers van expeditie niet veroorzaakt door te grote bestelhoeveelheden. Op de bestelhoeveelheden zou volgens hen ook niet gekort moeten worden, aangezien het terugdringen van de voorraad risico's met zich meedraagt.

Klanten

Bovengenoemde afdelingen zijn directe stakeholders met betrekking tot voorraad, echter is het belangrijk om de klant, als indirecte stakeholder, niet te vergeten. Door voorraad aan te houden kan AEC afspraken maken met betrekking tot bijvoorbeeld de maximale levertijd. Voor reparaties wordt, in principe, een levertijd van een week aangehouden. Voor OEM wordt met de klant een levertijd overeengekomen. Hierbij wordt rekening gehouden met onder andere de benodigde productietijd en de voorraad van AEC.

In het contract zijn onder andere de dollarkoers en de leverbetrouwbaarheid opgenomen. Voor AEC is het van groot belang dat afspraken met betrekking tot deze aspecten worden nagekomen. Wanneer er niet volgens de afspraken geleverd kan worden, zijn de bijkomende kosten voor AEC. Dit uit zich in de vorm van een boete, die de klant dient te compenseren in de kosten gerelateerd aan stilstand van het vliegtuig. Tevens daalt bij vertraging de leverbetrouwbaarheid van AEC. In het geval van vertraging wordt getracht in overleg met de klant een nieuwe levertijd overeen te komen. Daarbij is het voor de klant mogelijk om het contract te herzien, aangezien de oorzaak van afwijking van het huidige contract door AEC geschiedt.

Om dit te voorkomen is het voor AEC van belang een voorraad aan te houden, waardoor afspraken met betrekking tot leveringen nagekomen kunnen worden.

Appendix H, Berekening bij Kanban in hoofdstuk 5

In hoofdstuk 5 worden verschillende berekeningen gedaan. Sommige berekeningen zijn ter plekke behandeld. De overgebleven berekening volgen hieronder.

Voor de huidige situatie (bestelpunt 6 maanden, ordergrootte 1 = 12 maanden en ordergrootte 2 = 6 maanden) kan het aantal bestellingen als volgt berekend worden:

$$\#bestellingen = (\# \text{ onderdelen} < \text{€}10) \times (\text{turn over ratio} < \text{€}10) + (\# \text{ onderdelen} > \text{€}10) \times (\text{turn over ratio} > \text{€}10)$$

Het verbruik van een onderdeel per jaar is als volgt te berekenen:

$$\text{Verbruik per jaar} = \text{'where used'} \times \text{aantal keer gebruikt per product} \times \text{aantal producten per jaar}$$

Het bestelpunt voor Kanban gestuurde onderdelen ligt op 6 maanden. Het bestelpunt is als volgt te berekenen:

$$\text{Bestelpunt} = \frac{\text{Verbruik per jaar}}{12} \times 6$$

De veiligheidsvoorraad voor Kanban gestuurde onderdelen ligt op 3 maanden. De veiligheidsvoorraad is als volgt te berekenen:

$$\text{Veiligheidsvoorraad} = \frac{\text{Verbruik per jaar}}{12} \times 3$$

De ordergrootte voor Kanban gestuurde onderdelen is afhankelijk van de prijs. De ordergrootte is als volgt te berekenen:

- Prijs lager dan €10,-

$$\text{Ordergrootte (12 maanden)} = \text{Verbruik per jaar}$$

- Prijs hoger dan €10,-

$$\text{Ordergrootte (6 maanden)} = \frac{\text{Verbruik per jaar}}{2}$$

Voor het indelen van de onderdelen in de paternoster is het nodig om de benodigde ruimte te berekenen voor het opslaan van de maximale hoeveelheid voorraad.

Het aantal onderdelen dat in een bak kan worden opgeslagen dient te worden afgerond naar de verpakkingseenheid. Hieruit volgt de volgende formule:

$$\# \text{ onderdelen per bak } i = \text{ROUND}\left(\frac{\text{formaat bak } i}{\text{formaat onderdeel}}; \text{verpakkingseenheid}\right)$$

Uit deze berekening volgen vier antwoorden, namelijk het aantal onderdelen dat per verschillend type bak kan worden opgeslagen. In de formule wordt dit aangegeven door gebruik te maken van i , $i = 1$ (s/l), 2 (b/l), 3 (s/h) en 4 (b/h).

Wanneer het aantal onderdelen per bak bekend is, kan gekeken worden naar het aantal bakken dat nodig is. Het aantal bakken dat nodig is, is als volgt te berekenen:

$$\# \text{ bakken } i = \text{ROUNDUP}\left(\frac{\text{maximaal \# onderdelen op voorraad}}{\# \text{ onderdelen per bak } i}\right)$$

De minimaal benodigde ruimte is als volgt te berekenen:

$$\text{Minimaal benodigde ruimte laag} = \text{MIN}(\# \text{bakken } 1, \# \text{bakken } 2 * 3)$$

$$\text{Minimaal benodigde ruimte hoog} = \text{MIN}(\# \text{bakken } 3, \# \text{bakken } 4 * 3)$$

De onderdelen worden bij voorkeur opgeslagen op een lage lade, dit omdat hiervan meer lades beschikbaar zijn en de hoogte van de hoge lades zo volledig gebruikt kan worden voor onderdelen die deze hoogte daadwerkelijk nodig hebben.

Voor de (grote) onderdelen die niet in bakken worden opgeslagen, wordt de benodigde ruimte als volgt berekend:

$$\text{Minimaal benodigde ruimte lage lade} = \frac{\text{maximaal \# onderdelen op voorraad}}{\text{maximaal \# onderdelen per lage lade}}$$

$$\text{Minimaal benodigde ruimte hoge lade} = \frac{\text{maximaal \# onderdelen op voorraad}}{\text{maximaal \# onderdelen per hoge lade}}$$

Het totaal aantal beschikbare locaties in paternoster PA is als volgt te berekenen:

$$\# \text{ beschikbare locaties PA} = (\# \text{ lage lades} + \# \text{ hoge lades}) * 19$$

Appendix I, Absolute veranderingen bestuurslast

Hieronder volgen de percentages die de absolute verandering in bestuurslast weergegeven, wanneer volgens de gestelde richtlijnen gewerkt wordt. In de huidige situatie gelden de volgende richtlijnen: een bestelpunt op 6 maanden en ordergrootte 1 is gelijk aan 12 maanden en ordergrootte 2 is gelijk aan 6 maanden.

In de huidige situatie zijn in 2012 116 bestellingen gedaan. Wanneer volgens de geldende richtlijnen gewerkt zou zijn, zou het aantal bestellingen in 2012 gelijk moeten zijn aan 71. Indien volgens de richtlijnen gewerkt zou worden, zal dit een besparing van 38,79 procent van de bestuurslast opleveren.

In het verslag wordt gewerkt met relatieve veranderingen ten opzichte van de (theoretisch) huidige situatie. Hieronder volgen de percentages die de absolute verandering in bestuurslast weergeven.

Tabel 26 Absolute veranderingen in bestuurslast, bestelpunt 4,5 maand

Ordergrootte 1 \ Ordergrootte 2	6 mnd	7 mnd	8 mnd	9 mnd	10 mnd	11 mnd	12 mnd
6	-27,07%	-27,82%	-28,57%	-29,33%	-30,08%	-30,83%	-31,58%
7	-28,12%	-28,87%	-29,63%	-30,38%	-31,13%	-31,88%	-32,64%
8	-29,17%	-29,92%	-30,68%	-31,43%	-32,18%	-32,93%	-33,69%
9	-30,22%	-30,98%	-31,73%	-32,48%	-33,23%	-33,99%	-34,74%
10	-31,28%	-32,03%	-32,78%	-33,53%	-34,29%	-35,04%	-35,79%
11	-32,33%	-33,08%	-33,83%	-34,59%	-35,34%	-36,09%	-36,84%
12	-33,38%	-34,13%	-34,88%	-35,64%	-36,39%	-37,14%	-37,90%

Tabel 27 Absolute verandering in bestuurslast, bestelpunt 6 maanden

Ordergrootte 1 \ Ordergrootte 2	6 mnd	7 mnd	8 mnd	9 mnd	10 mnd	11 mnd	12 mnd
6	-32,48%	-33,23%	-33,99%	-34,74%	-35,49%	-36,24%	-37,00%
7	-33,53%	-34,29%	-35,04%	-35,79%	-36,54%	-37,30%	-38,05%
8	-34,59%	-35,34%	-36,09%	-36,84%	-37,60%	-38,35%	-39,10%
9	-35,64%	-36,39%	-37,14%	-37,90%	-38,65%	-39,40%	-40,15%
10	-36,69%	-37,44%	-38,19%	-38,95%	-39,70%	-40,45%	-41,20%
11	-37,74%	-38,49%	-39,25%	-40,00%	-40,75%	-41,50%	-42,26%
12	-38,79%	-39,55%	-40,30%	-41,05%	-41,80%	-42,56%	-43,31%

Appendix J, Alternatieven Kanban kaart

Binnen Aeronamic B.V. zijn op dit moment drie verschillende 'vormen' Kanban kaarten in omloop. Binnen AEC zijn hiervan twee verschillende vormen, de derde vorm wordt gebruikt in Sibiu. In figuur 14 zijn deze verschillende vormen schematisch weergegeven. Links is de huidige vorm Kanban kaart op de afdeling OEM en R&O. Rechts is de huidige vorm Kanban kaart op de afdeling LSM. Onderaan is de huidige vorm Kanban kaart welke gebruikt wordt in Sibiu.

The diagram illustrates three different Kanban card layouts. The top row shows two versions of a card with a green header 'Artikelnummer' and a red header 'Artikelnummer'. The bottom row shows two versions of a card with a green header 'Bestelpunt XX' and a red header 'Veiligheidsvoorraad XX'. Each card contains fields for 'Foto', 'Veiligheidsvoorraad', 'Bestelpunt', 'Bestelhoeveelheid', and 'Levertijd'.

Artikelnummer	Veiligheidsvoorraad	Bestelpunt	Bestelhoeveelheid	Levertijd
Foto	XX	XX	XX	

Artikelnummer	Veiligheidsvoorraad	Bestelpunt	Bestelhoeveelheid	Levertijd
Foto	XX	XX	XX	

Bestelpunt XX	Veiligheidsvoorraad XX
Artikelnummer: XXXXX	Artikelnummer: XXXXX
Bestelhoeveelheid XX	Bestelhoeveelheid XX
Foto	Foto

Figuur 18 Kanban kaarten, originele vormen

Aan de hand van bovenstaande vormen zijn de alternatieven opgesteld. In overleg met de betrokken medewerkers is vervolgens het uiteindelijke ontwerp opgesteld zoals weergegeven in figuur 8 en figuur 9. Bij het beoordelen van de huidige kaart en de (tussentijdse) alternatieven is gelet op de volgende punten: zichtbaarheid van de kleur van de kaart, aantal kleuren op de kaart (rood en groen samen is lastig), de overzichtelijkheid, de duidelijkheid en de compleetheit van de getoonde informatie.