# 125 jaar voorraadbeheersing, 100 jaar EOQ en 40 jaar vLm

In deze bijdrage willen we stilstaan bij het feit dat in 1913 de formule van Harris is gepubliceerd. Deze formule, die later nog door Camp, Wilson en in Nederland door Goudriaan een naam gegeven is, lijkt het begin te markeren van een wetenschappelijke benadering van de voorraadbeheersing. Een wetenschappelijke benadering die ook terug te vinden is in de intreerede van Goudriaan (1926) met de titel “Bedrijfsleer als Theoretische en als Toegepaste Wetenschap”. In de afgelopen 100 jaar is er veel tot stand gebracht, waarbij Nederlandse professionals en wetenschappers belangrijke bijdragen hebben geleverd. Bijzonder aan de Nederlandse situatie is dat we een bijna voortdurende kruisbestuiving kunnen waarnemen tussen professionele ontwikkeling en toepassing van voorraadbeheersingsconcepten en -modellen en wetenschappelijke ontwikkeling van voorraadbeheersingsconcepten. Net als Goudriaan zijn er ook nu nog wetenschappers actief op het gebied van de voorraadbeheersing, die tijdens een eerdere professionele carrière voorraadbeheersingsconcepten hebben toegepast en ontwikkeld en vervolgens verder hebben gewerkt aan verdieping en veralgemenisering van modellen en concepten, leidend tot implementaties die aantonen hoe belangrijk een wetenschappelijk verantwoorde analyse van voorraadbeheersingsconcepten is.

Deze bijdrage beoogt enerzijds een historisch overzicht te geven van de belangrijkste mijlpalen in de voorraadbeheersing, anderzijds hopen wij duidelijk te maken dat het probleem van de voorraadbeheersing van één item op één locatie met één leverancier en één “homogene” markt wetenschappelijk gezien klaar is. De hiermee aangegeven afbakening van het probleem geeft dan ook meteen aan waar nog wetenschappelijke vragen liggen op het gebied van de voorraadbeheersing: meerdere items, meerdere locaties, meerdere leveranciers en niet-homogene markten. Er zijn sterke aanwijzingen dat voor al deze uitbreidingen van de basissituatie het vinden van een optimale strategie of oplossing binnen een geformuleerd model onmogelijk is door de zogenaamde “curses of dimensionality”. Hierbij gaan wij er impliciet van uit dat alle uitbreidingen betrekking hebben op stochastische vraag, Met dit gegeven ligt de weg open voor verdere samenwerking tussen professionals en wetenschappers: professionals die op basis van concrete problemen ideeën ontwikkelen met betrekking tot effectieve beheersstrategieën, die vervolgens door wetenschappers zorgvuldig kunnen worden getoetst en, indien mogelijk, gegeneraliseerd en verfijnd.

Hieronder leggen we eerst het hierboven aangegeven basismodel: voorraadbeheersing van één item op één locatie met één leverancier en één “homogene” markt, modelmatig vast. Daarna lopen wij min of meer chronologisch langs mijlpalen, beginnend met een artikel van Edgeworth uit 1888, d.w.z. 125 jaar geleden, over wat later het krantenjongenprobleem is gaan heten. We besteden aandacht aan de impact van technologische en maatschappelijke ontwikkelingen op de toepasbaarheid van de modellen en bijbehorende formules uit de voorraadtheorie. Technologische ontwikkelingen op het gebied van productie en distributie hebben geleid tot het economisch verantwoord verlagen van seriegroottes, terwijl marktontwikkelingen hebben geleid tot grotere productdiversiteit, waardoor het voorspellen van de vraag steeds moeilijker wordt. Tenslotte heeft de globalisering geleid tot langere doorlooptijden op bepaalde schakels in de keten, vooral bij continentale distributiecentra en eindassemblage van elektronische producten. We laten zien dat deze drie deels parallel verlopende ontwikkelingen ertoe hebben geleid, dat algemeen bekende formules voor veiligheidsvoorraden hun geldigheid hebben verloren. Relatief recente wetenschappelijke resultaten tonen aan dat deze formules kunnen worden vervangen door algoritmen, die wel algemene geldigheid hebben en in standaard software kunnen worden ingebouwd.

## Basismodel voor voorraadbeheersing

Het basismodel preciseren wij als volgt. We beschouwen een vraagproces gedefinieerd door

| | |
|---|---|
| $T_n$ | Tijd tussen registratie (n-1)$^e$ klantvraag en n$^e$ klantvraag |
| $D_n$ | Hoeveelheid n$^e$ geregistreerde klantvraag |
| $Q_k$ | Hoeveelheid k$^e$ bestelhoeveelheid |
| $L_k$ | Levertijd k$^e$ bestelhoeveelheid |
| $r$ | Kapitaalkosten per geldeenheid per tijdseenheid |
| $p$ | Tekortkosten per eenheid product op voorraad per tijdseenheid |
| $A$ | Kosten per bestelling |
| $v$ | (Kost)prijs per eenheid product |
| $P_1$ | Kans op niet-negatieve voorraad vlak voor binnenkomst bestelling |
| $P_2$ | Lange-termijn fractie van de vraag direct uit voorraad geleverd. |
| $P_3$ | Kans op niet-negatieve voorraad op een willekeurig registratiemoment |

Hiermee zijn de operationele processen vastgelegd. De operationele prestatie van een voorraadpunt wordt bepaald door de *netto voorraad*, de besturing van het voorraadpunt wordt bepaald door de *voorraadpositie*.

| | |
|---|---|
| $X(t)$ | Netto voorraad op tijdstip *t*, de fysieke voorraad minus naleveringen op tijdstip *t* |
| $Y(t)$ | Voorraadpositie op tijdstip *t*, de som van netto voorraad en uitstaande bestellingen |

De besturing van het voorraadpunt wordt bepaald door de volgende parameters:

| | |
|---|---|
| $R$ | Tijd tussen opeenvolgende potentiële bestelmomenten, review periode |
| $s$ | Indien de voorraadpositie op een potentieel bestelmoment onder het *bestelpunt s* is, dan wordt een bestelling geplaatst |
| $S$ | Indien de besturing van het voorraadpunt gebruikmaakt van "*Order-up-to*" *niveau S*, dan wordt op het moment van bestelling de voorraadpositie gelijk gemaakt aan *S* |
| $Q$ | Indien de besturing van het voorraadpunt gebruikmaakt van de *bestelhoeveelheid Q*, dan dient de bestelhoeveelheid een veelvoud van *Q* te zijn |

Indien de voorraad real-time wordt bestuurd, dan geldt $R$=0, en laten we $R$ weg. Zo ontstaan de volgende mogelijke strategieën: ($s$,$S$), ($s$,$nQ$), ($R$,$s$,$S$) en ($R$,$s$,$nQ$). De $n$ voor de $Q$ geeft aan dat er, nadat de voorraadpositie onder $s$ komt, meerdere keren $Q$ wordt besteld, totdat de voorraadpositie weer boven het bestelpunt $s$ is. De gebruikte notatie is die van Peterson en Silver (1979). Helaas zijn er daarna door andere auteurs andere notaties gebruikt, waardoor er enige spraakverwarring in de voorraadbeheersingswereld is ontstaan.

## Edgeworth (1888), Krantenjongen probleem

De beroemde statisticus Edgeworth publiceerde als eerste over het zogenaamde krantenjongenprobleem, zij het in de context van het beheer van de kasvoorraad (Edgeworth (1888)). Het hierbij horende basismodel wordt beschreven door

$$R = 1, E\left[T_n\right] = 1, \sigma\left(T_n\right) = 0, E\left[L_k\right] = 0, A = 0 .$$

Bij het krantenjongenprobleem is het te leveren product slechts één dag (periode) verkoopbaar, terwijl de vraag per periode onzeker is. De optimale bestelgrootte $S$ wordt bepaald door de volgende vergelijking op te lossen,

$$P\{D \le S\} = P\{X \ge 0\} = P_3 = \frac{p}{p+h}.$$

Hierbij staat $D$ voor de vraag per periode, $X$ voor de netto voorraad aan het eind van de periode, $p$ voor de boetekosten per producteenheid tekort, $h$ voor de voorraadkosten per producteenheid teveel en $P_3$ voor de niet-stockout kans aan het eind van de periode (i.h.a. op een willekeurig voorraadregistratiemoment). Dit resultaat blijkt veel breder toepasbaar te zijn dan doorgaans in de literatuur wordt aangegeven. Het blijkt dat voor alle bekende bestelstrategieën (($s,S$), ($s,nQ$), ($R,s,S$) en ($R,s,nQ$) geldt dat de strategie die de som van bestelkosten, voorraadkosten en tekortkosten minimaliseert, voldoet aan de eis

$$P_3 = \frac{p}{p+h}.$$

Het blijkt zelfs dat deze eis doorgaat voor "multi-item multi-echelon" voorraadsystemen, d.w.z. voor netwerken van voorraadsystemen, zij het dat de bestelstrategieën voor deze systemen aan extra eisen moeten voldoen (De Kok en Fransoo (2003)).

Dit resultaat onderschrijft het belang van de $P_3$ als servicemaat. De niet-stockoutkans op een willekeurig registratiemoment is niet alleen de sleutel tot optimale beheersstrategieën, zij is ook veel eenvoudiger en nauwkeuriger te bepalen dan de fill rate $P_2$, de fractie direct uit voorraad geleverd, waarvoor men zowel de totale vraag als de direct geleverde vraag moet kunnen vastleggen. Dit lijkt eenvoudig, maar in veel gevallen is de echte vraag niet bekend. Bijvoorbeeld in de retail, waar nee-verkopen niet worden geregistreerd, maar ook bij bedrijven die standaard producten verkopen, waar een potentiële klant verschillende leveranciers om een prijs vraagt.

Er is o.i. geen andere reden voor het uitblijven van een pleidooi voor de $P_3$ als servicemaat, dan dat eenvoudige wiskundige uitdrukkingen voor deze servicemaat niet beschikbaar waren vóór 1980. Inmiddels is dat wel het geval en zijn ze eenvoudig genoeg om te worden ingebouwd in standaard software (De Kok (1991)).

## Harris (1913), Economische Bestelgrootte

Harris (1913) bepaalde de optimale bestelhoeveelheid waarbij hij de som van voorraadkosten en bestelkosten minimaliseert in de situatie waarbij de vraag per tijdseenheid $D$ constant is.  Harris' aannamen zijn

$$R = 0, E[T_n] = 0, \tfrac{E[D_n]}{E[T_n]} = D.$$

We nemen weer aan dat $h$ staat voor de kosten per producteenheid op voorraad. De kosten per bestelling bedragen $A$. Dan is de optimale (economische) bestelhoeveelheid $Q^*$, de Economic Order Quantity (EOQ),

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}}.$$

Uit dit resultaat volgt de optimale bestelfrequentie $f^* = \dfrac{D}{Q^*}$,

$$f^* = \sqrt{\frac{r}{2A}}\sqrt{Dv}, \text{ met } h = vr \, .$$

We veronderstellen hierbij dat de voorraadkosten voornamelijk worden bepaald door de rentekosten over kapitaal *r* en de waarde/kosten per producteenheid *v*. Met deze schrijfwijze zien we dat de optimale bestelfrequentie een aansprekender resultaat laat zien: naarmate de *omzet* van een product *hoger* is, dient het product *vaker* besteld te worden. Hiermee volgt uit de optimale bestelfrequentie direct het ABC principe, dat A-artikelen, de snellopers, meer aandacht moeten krijgen dan B en C artikelen. Immers, aandacht geven in de voorraadbeheersing is hetzelfde als het overwegen van een bestelling. ABC is niet alleen *common sense*, het model van Harris geeft de wetenschappelijke onderbouwing ervan.

Nu, 100 jaar later, mogen we vaststellen dat het resultaat van Harris nog altijd toepasbaar is. Onderzoek heeft uitgewezen dat de EOQ ook kan worden gebruikt in situaties waar de vraag stochastisch is. Ook in zogenaamde multi-echelon voorraadsystemen, d.w.z. systemen bestaande uit een netwerk van onderling gerelateerd voorraadpunten, zoals in de realiteit gebruikelijk, is de EOQ per voorraadpunt bruikbaar als een eerste aanzet voor het bepalen van de bestelfrequentie. Gegeven deze bestelfrequentie(s) kan men vervolgens veiligheidsvoorraden bepalen die leiden tot de gewenste operationele prestatie.

Vreemd genoeg is er een korte periode geweest dat de EOQ is verketterd. Dit speelde zich in de 70-er en 80-er jaren van de vorige eeuw af: de EOQ zou de *oorzaak* zijn van de grote bestelseries, waardoor de Westerse industrie een concurrentieel nadeel zou hebben t.o.v. de opkomende Japanse industrie. Ik vermoed dat Shigeo Shingo in zijn vuistje zou hebben gelachen als hem dit ter ore zou zijn gekomen. Immers, hij werkte aan omsteltijdverkorting om zo flexibeler te worden. Harris' formule geeft dit direct aan, want de optimale bestelhoeveelheid wordt kleiner, naarmate de bestelkosten (omstelkosten) lager worden. Shingo's pragmatische methoden leidden zowel tot kortere omsteltijden als lagere omstelkosten. Harris' formule moet gebruikt worden als een management tool!

In de jaren 60 tot nu zijn er ontelbare varianten van Harris' model bestudeerd. De vraag is of al dit werk veel heeft toegevoegd. Bij concrete toepassingen draait het meestal om het bepalen van de relevante kosten, de kosten die door de uit het model afgeleide beslissing worden beïnvloed. Wanneer we uitgaan van constante vraag per tijdseenheid is het vinden van uitdrukkingen voor deze relevante kosten i.h.a. eenvoudig. Met tools als Excel kan dan een optimale bestelserie worden bepaald. Wanneer de kostenstructuur correct is bepaald, zal het gevonden resultaat eenzelfde robuustheid hebben als de EOQ.

## Whitin (1953), Veiligheidsvoorraad

In Hadley en Whitin (1963) geven de auteurs een kort historisch overzicht van de stand van zaken tot dat moment. Zij merken op dat Whitin (1953) het eerste Engelstalige boek is waarin stochastische voorraadmodellen worden beschouwd. Daarom geef ik hierbij de *credits* voor de veiligheidsvoorraad aan Tom Whitin. De veiligheidsvoorraad is de *gemiddelde netto voorraad vlak voor binnenkomst bestelling*. Hadley en Whitin (1963) leiden optimale parameterwaarden af voor verscheidene voorraadmodellen, waaruit uitdrukkingen voor de veiligheidsvoorraad direct zijn af te leiden. Toch lijkt het erop dat in de loop van de 60-er, 70-er en 80-er jaren van de vorige eeuw auteurs van boeken over voorraadbeheersing, waaronder Van Hees en Monhemius (1970) en de voor de APICS opleiding belangrijke Fogarty en Hoffmann (1983) elkaar een speciaal resultaat hebben doorgeven, dat mijns inziens een eigen leven is gaan leiden tot op de dag van vandaag:

veiligheidsvoorraad = $k\sqrt{L}\sigma$ ,

waarbij de *veiligheidsfactor* *k* is gedefinieerd door

$$k = \Phi^{-1}\left(P_1\right),$$

met $\Phi$ de kansverdeling van de standaardnormale verdeling, $P_1$ de kans op positieve voorraad vlak voor binnenkomst van een bestelling, $L$ de (constante) levertijd van het product en $\sigma$ de standaarddeviatie van de vraag per tijdseenheid.

Vermoedelijk is deze formule voor de veiligheidsvoorraad zo belangrijk geworden, omdat hij eenvoudig is en vrijwel alle belangrijke aspecten uit de stochastische voorraadbeheersing bespreekbaar maakt: de veiligheidsvoorraad wordt hoger naarmate

- de servicegraad hoger moet zijn
- de levertijd langer wordt
- de variabiliteit in de vraag groter wordt.

De veiligheidsvoorraadformule is (net als de EOQ formule) een belangrijk *didactisch* instrument van de logistiek. Zoals gezegd is ze een eigen leven gaan leiden, omdat ze in vrijwel alle tekstboeken terug te vinden is sinds 1970, maar ook wordt gebruikt in talloze softwarepakketten. Dit zou op zich niet bezwaarlijk zijn, maar onderbelicht is dat de formule alleen geldig is onder *zeer stringente aannames*. En juist deze aannames hebben in de loop van de afgelopen 60 jaar, sinds Whitin (1953) dus, hun geldigheid verloren. Laten we de aannames eens op een rijtje zetten:

1. De voorraad wordt periodiek geregistreerd en wel eens per tijdseenheid (bijvoorbeeld dag, week).
2. De levertijd $L$ is constant en een geheel aantal tijdseenheden.
3. De vraag per tijdseenheid is normaal verdeeld met gemiddelde $\mu$ en standaarddeviatie $\sigma$.
4. Vragen in verschillende tijdseenheden zijn onderling onafhankelijk.
5. De voorraad wordt bestuurd met een ($R$,$s$,$Q$)-regel, met $R$=1.
6. Op het moment van bestellen is de voorraadpositie exact gelijk aan bestelpunt $s$.
7. De servicemaat is de $P_1$-maat.
8. Niet direct leverbare vraag wordt nageleverd.

Misschien wel de belangrijkste veel voorkomende fout bij het toepassen van de formule is de aanname (7) dat de servicemaat de $P_1$-maat is. Doordat in veel boeken wordt gesproken over de servicemaat of –graad zonder een zeer precieze definitie van dit begrip, gebruikt men de formule ook wanneer men de fill rate $P_2$ bedoelt. Vele afstudeerscripties bevatten deze fout, waardoor de kwantitatieve analyse, de business case zou men nu zeggen, volledig onjuist is. Vaak ook wordt de $P_1$ aangeduid als de niet-stockoutkans, waarbij velen menen dat dit overeenkomt met de kans dat een klant voorraad op het schap aantreft. Dit is in het geheel niet het geval, daar deze niet-stockoutkans wordt gedefinieerd vanuit het perspectief van de *binnenkomende bestelling*, en dus **niet** vanuit het perspectief van de *binnenkomende klant*. Met name bij grote bestelhoeveelheden kan het zijn dat de $P_1$ dichtbij nul ligt, terwijl de klant vrijwel nooit misgrijpt. Immers, bij een grote bestelhoeveelheid, zeg zes maanden vraag, is er gedurende vijfeneenhalve maand altijd voorraad, hetgeen tenminste 90% servicegraad voor de klant betekent, terwijl men bij een bestelpunt gelijk aan nul altijd buiten voorraad is als de bestelling binnenkomt.

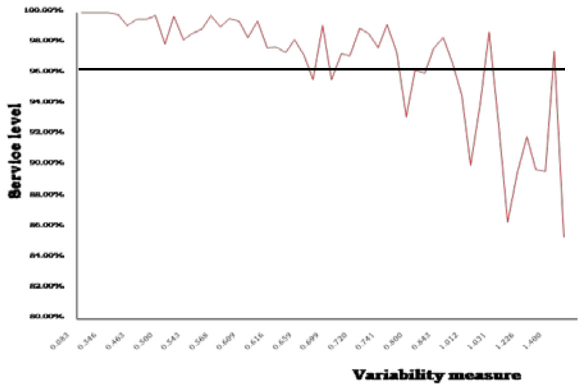
Onder bovenstaande aannames is er ook een eenvoudige expressie bekend die de veiligheidsvoorraad bepaald voor de fill rate $P_2$ door een andere uitdrukking voor de veiligheidsfactor $k$:

$$k = G_u^{-1}\left(\frac{Q\left(1-P_2\right)}{\sigma\sqrt{L}}\right),$$

waarbij $G_u$ de “normal loss function” (Peterson en Silver (1979)) is, die net als de standaardnormale verdeling in de meeste boeken over voorraadbeheersing in de vorm van een tabel is opgenomen. We zien nu dat de seriegrootte wel een rol speelt bij de bepaling van de veiligheidsvoorraad, wat in de praktijk al een enorme (kwantitatieve) verbetering betekent. Immers, juist uit het bovenstaande voorbeeld wordt duidelijk dat het verkeerd gebruiken van de $P_1$-maat leidt tot veel te hoge voorraden. Helaas is de veelgebruikte formule voor de *k*-factor alleen geldig als bovenstaande aannames gelden en daarenboven nog de volgende:

9. De netto voorraad na binnenkomst van een bestelling is positief.

Deze aanname (9) mocht misschien geldig zijn in de jaren vijftig, waar er nog in grote hoeveelheden werd besteld, maar hedentendage komt het vaak voor dat een toevallig tijdelijk grote vraag per tijdseenheid leidt tot een tekort dat pas door meerdere opeenvolgend binnenkomende kleine bestellingen wordt weggewerkt.




Bovenstaande figuur toont de *gerealiseerde* servicegraad bij een bedrijf dat de afgelopen 10 jaar steeds in de Supply Chain top 10 van Gartner (AMR) heeft gestaan, waarbij men in de voorraadmodule van hun ERP systeem als doelwaarde 95% had ingevuld. Het bleek dat de gevonden empirische resultaten *volledig* worden verklaard door het gebruik van de niet meer geldige formule voor de veiligheidsfactor bij de $P_2$-maat.

Dit brengt ons bij een andere aanname (3), die in de loop van de tijd zijn geldigheid is verloren. Door toenemende productdiversiteit, maar ook het verhogen van bestelfrequenties, waardoor de relevante tijdseenheid steeds korter wordt, is de variabiliteit van de vraag per tijdseenheid sterk toegenomen. Bij hoge variabiliteit wordt de normale verdeling ten opzichte van zijn gemiddelde te breed, waardoor er een te groot deel van de kansmassa in het negatieve halfvlak komt. Door het korter worden van de tijdseenheid wordt ook de aanname (4) van onafhankelijkheid tussen vraag in verschillende perioden problematisch. Immers, als vraag gemiddeld eens per week binnenkomt, met enige variatie, en de tijdseenheid is een dag, dan impliceert de binnenkomst van een klantenorder dat de eerstkomende drie dagen het optreden van de vraag onwaarschijnlijk wordt. Dit impliceert afhankelijkheid. Als de vraag per tijdseenheid of de vraag per klant meer dan één kan bedragen komt ook de aanname (6) in het geding: op het moment van bestellen zal de voorraadpositie doorgaans onder *s* zijn.

Betekent dit nu dat alles wat er in de afgelopen 60 jaar over de veiligheidsvoorraad is beweerd onjuist is? Natuurlijk niet!. We zijn begonnen om aan te geven dat er in *kwalitatieve* zin niets op de literatuur hoeft te worden aangemerkt. Sterker nog, juist boeken als die van Fogarty en Hoffmann (1983) en zeker ook Van Hees en Monhemius (1970) hebben cruciale bijdragen geleverd aan het *begrijpen* van voorraadbeheersproblemen en de overdracht van de *beheersregels* naar de praktijk. In *kwantitatieve* zin is er wel veel mis, zoals hierboven aangegeven. Maar er is wel degelijk een uitgebreide literatuur, waarin alle hierboven geschetste problemen zijn geadresseerd en praktisch gezien opgelost (zie bijvoorbeeld De Kok (1991), Axsater (2000) en Zipkin (2000)). Deze literatuur is echter veel minder toegankelijk voor de meeste professionals, daar deze zeer wiskundig van aard is. Maar in wezen is dit volstrekt irrelevant. De ontwikkelde resultaten zijn inmiddels omgezet in razendsnelle algoritmen, die uitgebreid (empirisch en wiskundig) getest zijn in allerlei voorraadbeheersingssituaties. De beheersregels ($s,S$), ($s,nQ$), ($R,s,S$) en ($R,s,nQ$) zijn nog altijd even relevant, maar correcte analyse gaat via deze wiskundige algoritmen.

We vatten het bovenstaande samen middels een concreet voorbeeld. We veronderstellen dat een voorraadpunt wordt bestuurd door een ($R$,$s$,$nQ$)-regel. In onderstaande tabel zien we de grote verschillen tussen $P_1$ en $P_2$. We zien dat de met computersimulatie bepaalde werkelijke waarde voor $P_1$ sterk afwijkt van de doelwaarde. We zien ook dat de $P_1$- en $P_2$-waarde volgens de correcte formule dicht bij de doelwaarde ligt.

| Doelwaarde $P_1$: 95% | | klassieke formule | | simulatie | | correcte formule | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $R$=1, $Q$=200, $\mu$ = 100, $\sigma$ = 50, L=5 | $s$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_1$ | $P_2$ |
| veiligheidsvoorraad $= k\sqrt{L}\sigma$ | 684 | 95.0% | 98.8% | ***84.0%*** | ***95.0%*** | 84.2% | 94.2% |
| Correcte formule | 777 | 99.3% | 99.9% | ***95.0%*** | ***98.0%*** | 95.0% | 98.4% |

Zolang de correcte formules niet standaard zijn ingebouwd in softwarepakketten als SAP, en niet standaard worden toegepast in het HBO en WO, zullen bedrijven nooit een effectieve regelkring voor hun voorraadsystemen kunnen ontwikkelen. Gezien de jaartallen van de genoemde bronnen voor deze algoritmen wordt het na 100, en eigenlijk 125, jaar tijd om daar de aandacht op te richten.

## Voorraadbeheersing in de toekomst

Hierboven hebben we betoogd en onderbouwd dat de beheersing van het een-product-een-locatie-een-leverancier voorraadbeheersingsprobleem is opgelost. Dat betekent dat we ons kunnen richten op de beheersing van netwerken van voorraadpunten. Een eerste aandachtspunt verdient de MRP I logica. Deze is te simplistisch, waardoor planners voortdurend handmatige aanpassingen moeten doen aan vrijgegeven orders, omdat de materialen er niet zijn: MRP I logica doet geen check op materiaalbeschikbaarheid, zij geeft alleen orders stroomopwaarts door. Was het leven maar zo simpel! In de afgelopen 10 jaar hebben we inmiddels honderden studenten opgeleid, die weet hebben van deze deficiëntie van de MRP I logica en welke alternatieve methoden inmiddels beschikbaar zijn om aan materiaalbeschikbaarheid getoetste ordervrijgaves te genereren. De grootste horde tot grootschalige implementatie van deze nieuwe concepten is het APICS gedachtengoed dat rond MRP I en MRP II is opgebouwd. Dit is van paradigmatische aard geworden, waardoor een discussie over bovenstaande snel tot geloofsstrijd verwordt. Wellicht dat we dus een nieuwe kruistocht moeten starten. Als we dit nu doen en vanuit Nederland, draagt dit bij aan de versterking van de positie van Nederland als logistiek kennisland.

## Referenties


Axsäter, S., 2000, *Inventory Control*. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Edgeworth, F. Y., 1888, The mathematical theory of banking. Journal of the Royal Statistical Society.

Fogarty, D.W. en T.R. Hoffmann, 1983, *Production and Inventory management*, South-Western Publishing Co., Cincinnati, Ohio.

Goudriaan, J., 1926, Bedrijfsleer als theoretische en als toegepaste wetenschap, Intreerede Nederlandse Handels-Hoogeschool, Rotterdam.

Hadley G. en Whitin T.M., 1963, *Analysis of Inventory Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Harris, F.W, 1913, How many parts to make at once, Factory, The Magazine of Management, Volume 10, Number 2, February 1913, pp. 135-136.

Kok, A.G. de, 1991, Basics of Inventory Management, FEW Research Memorandum, 510, 521-525, Tilburg University.

Kok, A.G. de en J.C. Fransoo, 2003, *Planning Supply Chain Operations*; Handbooks in Operations Research and Management Science, Volume 11, Chapter 12.

Peterson, R., en E.A. Silver, 1979, *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, Wiley, NY.

Van Hees, R.N. en W. Monhemius, 1970, *Produktiebesturing en voorraadbeheer: Theoretische achtergronden*, Kluwer.

Whitin, T. M., 1953, *The Theory of Inventory Management*, Princeton.

Zipkin, P., 2000, *Foundations of Inventory Management*, McGraw-Hill, Boston.