

Faktorer som påverkar skillnader i kapitalbindning vid användning av antal dagars behov och fyllnadsgradsservice för säkerhetslagerberäkning

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

I en tidigare studie har framkommit att, det med avseende på den kapitalbindning som krävs för att uppnå en viss orderradsservice, är effektivare att använda antal dagars medelefterfrågan, här kallad dagmetoden, för dimensionering av säkerhetslager än att utgå från en önskad fyllnadsgradsservice, här kallad fyllnadsgradsmetoden. Hur mycket bättre dagmetoden är påverkas av olika lagerstyrningsparametrar, i först hand orderkvantiteternas storlek, ledtidernas längd, hur olika ledtiderna är för olika artiklar samt nivån på den orderradsservice som man vill uppnå. I den här studien har dessa faktorer påverkan på skillnader i kapitalbindning analyserats med hjälp av simulering baserad på data från åtta olika företag.

Av de resultat som erhållits från simuleringarna framgår att skillnaderna i kapitalbindning vid användning av de båda metoderna blir större ju större orderkvantiteterna är och mindre ju högre servicenivåer man vill uppnå. Längden på ledtiderna har endast en måttlig påverkan på skillnaderna i merparten av de studerade företagen. Olikheter i ledtider mellan olika artiklar påverkar inte heller skillnaderna mellan de båda metoderna i någon för praktiskt bruk nämnvärd omfattning. Även om skillnaderna mellan de båda metoderna med avseende på den kapitalbindning som krävs i säkerhetslager för att uppnå en viss orderradsservice påverkas, presterar dagmetoden bättre än fyllnadsgradsmetoden för alla de storlekar på orderkvantiteter, de längder på ledtider, de olikheter i ledtider mellan olika artiklar respektive de servicenivåer som analyserats.

1 Inledning och syfte

Ett antal olika metoder för dimensionering säkerhetslager finns beskrivna i litteraturen. Av dessa är den i industrin vanligast använda att sätta säkerhetslagret lika med ett uppskattat antal dagars medelefterfrågan per dag. Även två något mer avancerade metoder används i industrin. Dessa metoder bygger på att säkerhetslagerdimensioneringen utgår från en önskad leveransförmåga i form av en servicenivå. Den ena utgår från önskad servicenivå i form av fyllnadsgrad (Serv2) och den andra från en önskad servicenivå i form av cykelservice (Serv1). Den senare har kritiserats för att inte ta hänsyn till orderkvantiteter och därmed inte till hur ofta det förekommer risk för brist. Cykelservice säger dessutom inte något om hur stora bristkvantiteterna är. Exempelvis menar Axsäter (2006,sid 33) att cykelservicemetoden ”cannot be recommended for inventory control in

practice”. Tyworth (1992) talar om nödvändigheten av ett paradigmskifte och en övergång från användning av cykelservice till fyllnadsgradsservice.

I en tidigare studie (Mattsson, 2013) har dagmetoden och fyllnadsgradsmetoden jämförts med avseende på skillnader i den kapitalbindning som krävs för att uppnå en viss önskad servicenivå i form av orderradsservice, dvs. i form av andel orderrader som kunnat levereras direkt från lager. Såväl analytiskt som med hjälp av simulering baserad på data från åtta olika företag visade studien att användning av fyllnadsgradsmetoden medför signifikant högre kapitalbindning i säkerhetslager än dagmetoden för att uppnå en önskad orderradsservice.

I den genomförda studien sattes önskad orderradsservice till 97 procent, ekonomisk orderkvantitet baserades på en ordersärkostnad på 200 kronor och ledtiderna sattes till de värden som gällde i respektive företag. Syftet med den här studien är att analysera hur skillnader i kapitalbindning påverkas av olika höga önskade servicenivåer, olika stora ekonomiska orderkvantiteter, olika långa ledtider och av olikheter i ledtider för olika artiklar.

2 Teoretiska utgångspunkter

2.1 Erhållen servicenivå

Med erhållen servicenivå menas allmänt i vilken utsträckning man kunnat tillfredsställa efterfrågan vid leverans från lager. Begreppet representerar följaktligen ett tillgänglighetsmått, dvs. ett mått på i vilken utsträckning en viss artikel varit tillgänglig för att kunna direktlevereras när en kundorder erhållits. Av olika förekommande mått på leveransförmåga i bemärkelsen servicenivå är orderradsservice klart vanligast använt i industrin. Det är också det mått som används i SCOR-modellen (Supply Chain Council) för order-till-leverans processer. Måttet står för procentuell andel orderrader som under en period kunnat levereras direkt från lager.

Olika artiklar påverkar den totala servicenivån från ett lager olika mycket. Exempelvis bidrar artiklar med många kundorder per år mer till den totalt erhållna servicenivån än artiklar med få kundorder per år. Det är därför olämpligt att beräkna medelvärden av artiklars enskilda servicenivåer för ett helt artikelsortiment. För att få ett systemperspektiv på mätning av leveransförmåga måste de beräknas som ett viktat medelvärde av de olika ingående artiklarnas enskilda servicenivåer. Används orderradsservice som mått på erhållen leveransförmåga skall enskilda artiklars orderradsservice viktas med antalet kundorder per år. I de flesta företag mäts orderradsservice genom att beräkna alla orderrader oavsett artikel som kunnat levereras direkt från lager i förhållande till alla levererade orderrader. Att beräkna ett viktat medelvärde av den orderradsservice som erhållits för enskilda artiklar är det samma som detta sätt att beräkna total orderradsservice.

2.2 Beräkning av säkerhetslager och orderkvantiteter

Väljer man metoden att beräkna säkerhetslager från ett uppskattat antal dagar blir säkerhetslagret lika med detta antal dagar gånger medelefterfrågan per dag. I den här studien är antalet dagar det samma för samtliga artiklar i respektive företag.

Används i stället fyllnadsgradsservice för att beräkna säkerhetslager görs beräkningen med hjälp av följande ekvation.

$$SL = k \cdot \sigma \cdot \sqrt{LT} \dots\dots\dots(1)$$

där k = säkerhetsfaktorn
 LT = ledtiden i perioder
 σ = standardavvikelsen per period.

Säkerhetsfaktorn bestäms med hjälp av servicefunktionen.

$$SF(k) = (1 - FG) \frac{OK}{\sigma_{Lt}} \dots\dots\dots(2)$$

där SF = servicefunktionen
 FG = fyllnadsgraden
 OK = använd orderkvantitet
 σ_{Lt} = standardavvikelsen för efterfrågevariationerna under ledtid.

De två vanligaste sätten att beräkna orderkvantiteter i industrin är ekonomisk orderkvantitet med hjälp av Wilsons formel och orderkvantitet lika med ett antal dagars medelefterfrågan (Jonsson - Mattsson, 2005). Eftersom ekonomisk orderkvantitet är den principiellt mest korrekta metoden har den valts här. Det innebär att orderkvantiteten beräknas med hjälp av följande ekvation.

$$EOK = \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot O}{Lf \cdot p}}$$

där E = efterfrågan per år
 O = ordersärkostnaden
 Lf = lagerhållningsfaktorn
 p = pris per styck

3 Angreppssätt, fallföretag och simuleringsmodell

Eftersom det saknas analytiska samband mellan antal dagars medelförbrukning respektive önskad fyllnadsgradsservice och erhållen orderradsservice för grupper av artiklar kan de frågeställningar som behandlas i den här studien endast analyseras och besvaras med hjälp av simulering. Simuleringarna har genomförts i Excel med hjälp av makron skrivna i Visual Basic. Som underlag för simuleringarna har verkliga datauppgifter från åtta olika fallföretag använts.

3.1 Fallföretag och använda datauppgifter

Simuleringarna har baserats på slumpmässigt uttagna stickprov av 250 olika lagerförda artiklar från vardera åtta olika företag.

- Ett tillverkande företag med lager köpta och egentillverkade halvfabrikat (B)

- Tre tillverkande företag med lager av produkter för distribution (C, E, H)
- Två distribuerande företag med lager av produkter för distribution till lokala lager (D, F)
- Ett distribuerande företag med lager av reservdelar (A)
- Ett grossistföretag (G)

För varje artikel i dessa företag har data om årsförbrukning, ledtid, pris per styck, orderkvantitet samt antal kundorder per år erhållits. Dessutom har uppgifter om efterfrågan per dag under ett år samlats in. I en del fall förekommer enstaka extrema efterfrågevärden under enstaka dagar. Sådant kan exempelvis bero på att man fått enstaka exceptionellt stora kundorder eller bero på att det funnits leveransproblem som resulterat i toppar i utleveranserna när lagrest fyllts på. De kan också förekomma när ett centrallager försörjer lokala lager och samtidigt är ett lokalt lager för den lokala slutkundsmarknaden. För att undvika att sådana extrema efterfrågevärden påverkar jämförelsen av de båda studerade dimensioneringsmetoderna har insamlade efterfrågedata bearbetats. Detta har åstadkommit genom att identifiera dem med hjälp av statistiska metoder och där efter ersätta dem med medelefterfrågan per dag under de dagar då efterfrågan förekommit.

Ett års daglig efterfrågan är en för kort period för att kunna få stabilitet i det simulerade materialflödet och kunna utsluta en tillräckligt lång inkörningsperiod från beräkningarna av erhållna resultat. För att få ett tillräckligt omfattande efterfrågeunderlag genererades därför slumpmässigt sex tusen dagars efterfrågan per artikel motsvarande tjugofem års verksamhet från de efterfrågedata som samlats in med hjälp av bootstrapping.

När olika fallföretag studeras kan de resultat som erhålls skilja sig åt av ett flertal skäl. För att kunna förklara förekommande skillnader och därmed kunna dra slutsatser för samtliga studerade företag samt i någon mån även generalisera slutsatserna är det nödvändigt att karakterisera de förhållanden som gäller för lagerstyrningen i respektive företag. De artikel- och efterfrågeförhållanden som är av intresse för de studerade faktorerna har sammanställts i tabell 1.

Tabell 1 Karakteristiska data med avseende på ledtider, efterfrågan och pris

Företag	Medelantal efterfr. dagar per år (1)	Andel artiklar med var koeff > = 1 (2)	Korrelation efterfr. antal kundorder(3)	Korrelation mellan pris och eft. fr(4)	Medelantal inleveranser på år (5)
A	67	21	0,66	-0,30	7,7
B	42	46	0,71	-0,14	3,7
C	71	24	0,89	-0,25	3,7
D	63	67	0,28	-0,25	6,8
E	71	38	0,52	-0,15	9,8
F	96	12	1,00	-0,20	10,2
G	81	80	0,44	-0,18	5,9
H	57	53	0,24	-0,06	12,8

I kolumn 1 anges medelantalet efterfrågedagar per år för artiklar tillhörande respektive företag. De ger en uppfattning om hur lågfrekvent efterfrågan är och därmed hur sanno-

likt det är att normalfördelningen på ett rimligt sätt kan representera efterfrågans fördelning. Företag F och G utmärker sig genom att ha många efterfrågedagar per år medan företag H är deras motsats, dvs. det har många dagar utan någon efterfrågan alls. Även värdena i kolumn 2 ger en bild av hur rimligt det är att anta normalfördelad efterfrågan vid användning av fyllnadsgrad för att dimensionera säkerhetslager. Ju lägre variationskoefficienten för efterfrågan under ledtid är, desto mer korrekt blir säkerhetslagerberäkningen och desto mindre kommer erhållna servicenivåer att differentieras. Värdena i kolumn 2 anger andel artiklar som har en variationskoefficient större än eller lika med 1 och för vilka normalfördelningen inte på ett tillfredsställande sätt kan anses representera deras efterfrågevariation. I företag D och G finns en mycket stor andel sådana artiklar medan företag F har en överväldigande majoritet artiklar som lämpar sig för ett normalfördelningsantagande.

En av huvudanledningarna till att dagmetoden kan ge låg kapitalbindning i förhållande till erhållen orderradsservice är att det finns en positiv korrelation mellan efterfrågans storlek och antalet kundorder. Erhållna värden på denna korrelation visas i kolumn 3. Som framgår av tabellen är korrelationen positiv för samtliga företag men betydligt större för företag A, B, C och F än för övriga. En annan avgörande anledning till att dagmetoden kan ge låg kapitalbindning i förhållande till fyllnadsgradsmetoden är att det finns en negativ korrelation mellan efterfrågans storlek och pris per styck. Erhållna värden på denna korrelation visas i kolumn 4. Som framgår av tabellen är korrelationen negativ för samtliga företag. Företag A, C och D uppvisar större negativ korrelation än de övriga.

Orderkvantiteten och därmed antalet inleveranser per år påverkar fyllnadsgradsmetoden vid beräkning av säkerhetslager. Förhållandena i detta avseende i form av medelantal inleveranser per år för samtliga artiklar visas i kolumn 5. Företag B och C har störst orderkvantiteter i förhållande till efterfrågan per år.

3.2 Simuleringsmodell

Den simuleringsmodell som använts i studien bygger på ett beställningspunktssystem av (s,Q)-typ, dvs med fast orderkvantitet. Negativa säkerhetslager har tillåtits. Valt sätt att tillämpa modellen bygger på sådana tillvägagångssätt som är vanliga i svensk industri och som finns representerade i de flesta affärssystem. Det innebär att standardavvikelsen för efterfrågevariationer beräknats med hjälp av MAD per månad under det första av de simulerade tjugofem åren och därefter ledtidjusterats vid användning av fyllnadsgradsmetoden. Beställningspunktssystemet har tillämpats som ett periodinspektionssystem med daglig inspektion och därmed har överdragets satts till en halv dags medelefterfrågan. Detta gäller både vid användning av dagmetoden och fyllnadsgradsmetoden.

Som startvärden för antal dagar respektive fyllnadsgrad vid beräkning av säkerhetslager valdes ett lägre värde än vad som skulle ge en målsatt orderradsservice för artikelgruppen som helhet på 97 %. Baserat på dessa startvärden simulerades uttag, kontroll av beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo under sex tusen dagar. Uppkomna brister restnoterades för senare leverans. Efter varje genomförd simuleringskörning beräknades den erhållna totala orderradsservicen för hela artikelgruppen som det viktade medelvärdet av de ingående artiklarnas enskilda orderradsservice. Viktningen gjordes med hjälp av

antalet kundorder per år. Antal dagar respektive fyllnadsgrad ökades därefter successivt med åtföljande simuleringar tills den målsatta nivån för orderradsservice på 97 % uppnåts. Ett överskridande på mindre än 0,05 procentenheter accepterades.

När överensstämmelse mellan erhållen och önskad servicenivå uppnåts beräknades summa kapitalbindning i säkerhetslager för samtliga artiklar i medeltal över den simulerade perioden. Erhållet säkerhetslager definieras som medelvärdet av de kvantiteter som finns i lager vid inleveranstillfällena under den simulerade perioden gånger pris per styck.

För att studera effekter av olika orderstorlekar har ekonomisk orderkvantitet beräknats för tre olika ordersärkostnader, 50, 200 och 500 kr. Lagerhållningsfaktorn har satts till 20 %. Tre olika ledtider har analyserats, 2, 10 och 20 dagar. För att också studera vad olikheter i ledtider i ett artikelsortiment betyder har dessutom tre olika sådana fall analyserats, samliga med en medelledtid på 20 dagar. Fall ett avser fallet att en tredjedel av artiklarna har en ledtid på 10 dagar, en tredjedel en ledtid på 20 dagar och en tredjedel en ledtid på 30 dagar. I det andra fallet har en tredjedel av artiklarna har en ledtid på 2 dagar, en tredjedel en ledtid på 20 dagar och en tredjedel en ledtid på 38 dagar. Det tredje fallet innebär att hälften av artiklarna fått en ledtid på 2 dagar och hälften fått en ledtid 38 dagar. I samtliga fall har ledtiderna fördelats slumpmässigt på de olika artiklarna. Tre olika önskade nivåer på orderradsservice har analyserats, 95 %, 97 % och 99 %.

4 Resultat och analys

Resultaten från de genomförda simuleringarna redovisas i tabell 2 - 5. Värdena i tabellerna avser procentuellt ökad kapitalbindning vid användning av fyllnadsgradsmetoden jämfört med användning av dagmetoden vid samma erhållna leveransförmåga i form av orderradsservice. Med avseende på använda orderkvantiteter redovisas resultaten i tabell 2. De alternativa orderkvantiteterna motsvarar ordersärkostnader på 50, 200 respektive 500 kr. Av resultaten i tabellen framgår tydligt att skillnaderna i kapitalbindning i säkerhetslager blir större ju högre orderkvantiteterna är men också att dagmetoden presterar bättre än fyllnadsgradsmetoden även för fall med små orderkvantiteter. Att skillnaderna blir större vid stora orderkvantiteter beror på att säkerhetslagret inte behöver dimensioneras med så hög fyllnadsgrad för att nå en önskad orderradsservice eftersom antalet bristexponeringar blir mindre. Vid lägre fyllnadsgrad blir utrymmet för att differentiera större och eftersom den differentiering som fyllnadsgradsmetoden åstadkommer försämrar fyllnadsgradsmetodens prestanda blir skillnaderna i kapitalbindning större mellan de båda metoderna.

Tabell 2 Procentuell ökning av säkerhetslager vid användning av olika orderkvantiteter

Företag	A	B	C	D	E	F	G	H
Ordersärkostnad 50 kr	18	11	88	8	24	31	10	11
Ordersärkostnad 200 kr	30	22	117	19	30	42	20	16
Ordersärkostnad 500 kr	41	42	133	29	36	58	25	19

Hur skillnaderna i kapitalbindning mellan dagmetoden och fyllnadsgradsmetoden påverkas av ledtidens längd visas i tabell 3. Resultaten visar att dagmetoden presterar bättre än fyllnadsgradsmetoden oavsett ledtidens längd i samtliga företag och att ledtidens

längd med få undantag har ett försumbart inflytande på skillnaderna mellan de båda metoderna.

Tabell 3 Procentuell ökning av säkerhetslager vid olika ledtider

Företag	A	B	C	D	E	F	G	H
Ledtid = 2 dagar	26	17	143	16	23	70	25	11
Ledtid = 10 dagar	30	21	117	19	30	42	20	16
Ledtid = 20 dagar	31	19	105	20	29	41	15	17

Dagmetoden tar inte hänsyn till att artiklarna har olika ledtider medan fyllnadsgradsmetoden gör det. Vad sådana olikheter betyder för skillnader i kapitalbindning visas i tabell 4. Som framgår av tabellen presterar dagmetoden bättre än fyllnadsgradsmetoden oavsett hur olika ledtiderna är för de analyserade artiklarna. Det kan tilläggas att en förutsättning för detta är att det inte finns några samband mellan ledtidens längd och efterfrågans storlek. Av tabellen framgår också skillnaderna i prestanda mellan de båda metoderna för merparten av företag inte påverkas särskilt mycket av olikheter i ledtider.

Tabell 4 Procentuell ökning av säkerhetslager vid olikheter i ledtider

Företag	A	B	C	D	E	F	G	H
Ledtid = 20 dagar för alla	31	19	105	20	29	41	15	17
Ledtid = 10, 20 resp 30 dagar	27	18	107	13	25	42	16	14
Ledtid = 2, 20 resp 38 dagar	26	19	124	8	18	40	11	11
Ledtid = 2 respektive 38 dagar	22	11	116	0	19	32	10	12

Resultaten med avseende på servicenivå visas i tabell 5. Av tabellen framgår att skillnaderna i kapitalbindning minskar med ökande servicenivåer för samtliga företag. I huvudsak presterar dock dagmetoden lika bra eller bättre än fyllnadsgradsmetoden för samtliga företag även för den högsta nivån på erhållen orderradsservice. Detta är förväntat. Ju högre fyllnadsgrad man måste använda för att nå en viss orderradsservice och därmed ju närmre man ligger 100 procent, desto mindre utrymme blir det för differentiering. Fyllnadsgradsmetoden kommer då att differentiera servicenivåerna i mindre utsträckning och eftersom den differentiering som fyllnadsgradsmetoden åstadkommer försämrar metodens prestanda kommer skillnaderna i kapitalbindning relativt dagmetoden att minska.

Tabell 5 Procentuell ökning av säkerhetslager vid användning av olika servicenivåer

Företag	A	B	C	D	E	F	G	H
Orderradsservice 95 %	44	46	145	35	38	60	26	25
Orderradsservice 97 %	28	22	117	19	30	42	20	15
Orderradsservice 99 %	-3	18	60	-6	14	18	2	1

Att skillnaderna mellan de båda metoderna minskar beror också på att antal artiklar som får säkerhetslager som är större än den kvantitet som krävs för att ge önskad orderradsservice blir fler ju högre den önskade orderradsservicen är. Detta inträffar inte i samma utsträckning eftersom fyllnadsgraden måste vara mindre än eller lika 100 procent.

7 Sammanfattning och slutsatser

Av de resultat som erhållits från simuleringarna framgår att skillnaderna i kapitalbindning vid användning av de båda metoderna blir större ju större orderkvantiteterna är och mindre ju högre servicenivåer man vill uppnå. Längden på ledtiderna har endast en måttlig påverkan på skillnaderna i merparten av de studerade företagen. Olikheter i ledtider mellan olika artiklar påverkar inte heller skillnaderna mellan de båda metoderna i någon för praktiskt bruk nämnvärd omfattning. Även om skillnaderna mellan de båda metoderna med avseende på den kapitalbindning som krävs i säkerhetslager för att uppnå en viss orderradsservice påverkas, presterar dagmetoden bättre än fyllnadsgradsmetoden för alla de storlekar på orderkvantiteter, de längder på ledtider, de olikheter i ledtider mellan olika artiklar respektive de servicenivåer som analyserats.

Referenser

Axsäter, S. (2006) Inventory control, Springer.

Jonsson, P., Mattsson, S-A. (2005) Materialplaneringsmetoder i svensk industri – Användning och användningssätt, Forskningsrapport, Logistikföreningen PLAN.

Mattsson, S-A. (2013) Säkerhetslager som antal dagars medelefterfrågan eller baserat på fyllnadsgradsservice, Permatron Research.

Tyworth, J. (1992) Modeling transportation-inventory trade-offs in a stochastic setting. Journal of Business Logistics, Vol. 13 No. 2.