

Effektivare lagerstyrning med hjälp av ökade orderkvantiteter

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

Vid lagerstyrning beräknas oftast ekonomisk orderkvantitet och lämpligt säkerhetslager var för sig. Orderkvantitetens storlek påverkar emellertid behovet av säkerhetslager för att uppnå en viss önskad servicenivå eftersom små orderkvantiteter leder till många inleveranstillfällen och därmed bristexponeringar. Syftet med den här studien är att analysera i vilken utsträckning och under vilka omständigheter man kan uppnå samma servicenivå med lägre kapitalbindning och/eller lägre lagerstyrningskostnader genom att välja orderkvantiteter som är större än de traditionellt beräknade ekonomiskt optimala. Analyserna har genomförts med hjälp av simulering.

Av de erhållna resultaten från de genomförda simuleringarna framgår att det endast är vid stora efterfrågevariationer och när man använder mycket små orderkvantiteter som kapitalbindningen i lager kan sänkas genom att öka orderkvantiteterna.

De genomförda simuleringarna visar också att lagerstyrningskostnaderna kan minskas med storleksordningen fem procent eller mer oavsett grad av efterfrågevariation vid små ekonomiska orderkvantiteter genom att avsiktligt öka orderkvantiteterna. Följaktligen kan man vid fall av små ekonomiska orderkvantiteter uppnå en viss önskad servicenivå effektivare genom att använda orderkvantiteter som är större än traditionellt beräknade ekonomiska orderkvantiteter. Störst minskning erhålls vid stora efterfrågevariationer. Ett sätt att beräkna sådana orderkvantiteter på ett enkelt sätt är att alltid sätta orderkvantiteten lika med det största av ekonomisk orderkvantitet och 1,5 gånger efterfrågans standardavvikelse under ledtid.

1 Introduktion och syfte

Vid lagerstyrning spelar dimensionering av säkerhetslager en avgörande roll för hur effektiva materialflödena kan bli med avseende på kapitalbindning, lagerstyrningskostnader och leveransförmåga. Detta gäller oavsett vilken materialstyrningsmetod man använder, dvs vare sig man använder beställningspunktssystem, täcktidsplanering eller materialbehovsplanering. Lite förenklat kan man säga att kapitalbindning i lager och lagerstyrningskostnader är de pris man får betala för att uppnå en önskad servicenivå. Vid praktisk tillämpning försöker man i allmänhet uppnå den önskade servicenivån genom att använda ett lämpligt stort säkerhetslager. Erhållen servicenivå är emellertid också en funktion av vilken orderkvantitet man använder. Att så är fallet beror på att använd orderkvantitet påverkar antalet inleveranser per år och därmed antalet potentiella

bristtillfällena eftersom brist endast inträffar under tiden omedelbart före en inleverans. Med åtta inleveranser per år uppkommer åtta möjliga bristtillfällen. Dubblas orderkvantiteten blir antalet möjliga bristtillfällen endast fyra.

Slutsatsen av det förda resonemanget blir följaktligen att servicenivån i lager inte endast påverkas av säkerhetslagrets storlek utan även av vilka orderkvantiteter man väljer. Ökas orderkvantiteterna kommer visserligen kapitalbindningen i omsättningslagret att öka men samtidigt kan kapitalbindningen i säkerhetslagret komma att bli mindre. Det är därmed inte givet att den totala kapitalbindningen kommer att bli högre. Större orderkvantiteter innebär dessutom att de totala ordersärkostnaderna blir mindre. Att ökning av orderkvantiteter kan vara ett ekonomiskt realistiskt alternativ till ökning av säkerhetslagret för att uppnå en viss servicenivå har bland annat uppmärksammats av Plossl och Wight (1967, sid 110). De hävdar att ”The additional inventory required for better service can be less if the investment is made in cycle stock rather than safety stock”.

Vid användning av lagerstyrningssystem bestäms orderkvantiteter praktiskt taget alltid oberoende av bestämning av säkerhetslager, exempelvis genom beräkning av en ekonomisk orderkvantitet med hjälp av Wilsons formel. Med utgångspunkt från en given orderkvantitet beräknas eller uppskattas därefter det säkerhetslager som behövs för att uppnå önskad servicenivå. Mattsson (2005) har med hjälp av simulering visat att orderkvantiteten blir större och säkerhetslagret mindre om de beräknas samtidigt jämfört med om de beräknas var för sig.

Syftet med den här studien är att analysera i vilken utsträckning och under vilka omständigheter man kan uppnå samma servicenivå med lägre kapitalbindning och/eller lägre lagerstyrningskostnader genom att välja orderkvantiteter som är större än de traditionellt beräknade ekonomiskt optimala. Syftet är också att anvisa sätt att ta beräkna lämpliga orderkvantiteter för det fall att en ökning av orderkvantiteten jämfört med ekonomisk orderkvantitet skulle leda till en praktiskt intressant minskning av lagerstyrningskostnaderna.

2 Utgångspunkter för säkerhetslagerberäkning

För dimensionering av säkerhetslager med utgångspunkt från en önskad servicenivå används praktiskt taget alltid en av två möjliga servicenivådefinitioner, cykelservice eller SERV1 alternativt fyllnadsgradsservice eller SERV2. Cykelservice står för sannolikheten att det inte uppstår brist under en lagercykel, dvs under perioden från en inleverans till nästa medan fyllnadsgradsservice avser den andel av totalt levererad kvantitet under en period som kunnat levereras direkt från lager (Mattsson och Jonsson, 2003, sid 120). Av dessa servicenivåbegrepp innebär cykelservice att ingen hänsyn tas till orderkvantiteten, dvs säkerhetslagret blir lika stort vare sig man beställer en gång i veckan eller en gång om året. En sådan servicenivådefinition kan följaktligen inte användas i det här sammanhanget. Det är däremot möjligt med fyllnadsgradsservice. Säkerhetslagret beräknas då genom att först beräkna den så kallade servicefunktionen med hjälp av följande formel.

$$SF(k) = \frac{OK \cdot \left(1 - \frac{FS}{100}\right)}{\sigma}$$

där OK = använd orderkvantitet
 FS = fyllnadsgradsservice i %
 σ = standardavvikelsen under ledtid

Med hjälp av en servicefunktionstabell eller via direkta beräkningar (Se Mattsson, 2010, sid 206) erhålls säkerhetsfaktorn och därmed säkerhetslagrets storlek från följande formel.

$$SL = k \cdot \sigma$$

3 Tillvägagångssätt och simuleringsmodell

För att studera skillnader i kapitalbindning och lagerstyrningskostnader genom att öka orderkvantiteter jämfört med att öka säkerhetslager har ett stegvis tillvägagångssätt använts. Först beräknas optimal orderkvantitet med hjälp av Wilsons formel och därefter med utgångspunkt från denna orderkvantitet det säkerhetslager som ger önskad service-nivå. I de därpå följande stegen ökas successivt orderkvantiteten och motsvarande säkerhetslager beräknas. För varje steg används simulering för att beräkna resulterande kapitalbindning i lager och lagerstyrningskostnader, dvs summan av lagerhållningskostnader och ordersärkostnader. Simuleringarna har genomförts i Excel med hjälp av makron skrivna i Visual Basic. Analyserna har baserats på sex olika efterfrågefäll vardera med tjugo olika artiklar för att undvika risk för ett för stort slumpmässigt inflytande. För samtliga efterfrågefäll har medelefterfrågan satts till tjugo stycken. Antalet order per dag, kundorderkvantiteter och andra karakteristiska data framgår av tabell 1.

Tabell 1 Karakteristiska data för de olika efterfrågefällen

<i>Efterfrågefäll</i>	<i>Kundorder per dag</i>	<i>Kundorderkvantitet</i>	<i>Variationskoefficient/ Grad av variation</i>	<i>Standardavvikelse under ledtid</i>
1	8	1 – 5	0,18 – Mkt låg	18,4
2	4	1 – 9	0,25 – Låg	25,3
3	2	1 – 20	0,36 – Medellåg	35,5
4	1	1 – 40	0,51 – Medelhög	50,2
5	0,5	1 – 80	0,71 – Hög	71,4
6	0,25	1 – 160	1,05 – Mkt hög	104,1

Som framgår av tabellen är orderfrekvenserna höga och kundorderkvantiteterna små för de första efterfrågefällen och orderfrekvenserna låga och kundorderkvantiteterna stora för de senare efterfrågefällen. Variationskoefficienten avser standardavvikelsen dividerat med medelefterfrågan under en ledtid.

För varje efterfrågefäll och artikel har efterfrågan under sex tusen dagar genererats med utgångspunkt från de i tabellen visade orderfrekvenserna och orderkvantiteterna. Poissonfördelning har använts för att slumpmässigt generera antal kundorder per dag och rektangelfördelning för att bestämma kvantitet per kundorder. Lagerhållningskostnaderna har satts till 25 %. För att studera i vilken utsträckning den ekonomiska orderkvantitetens storlek påverkar i vilken utsträckning ökade orderkvantiteter leder till lägre kapitalbindning och mindre lagerstyrningskostnader har två olika fall av priser och ordersär-

kostnader och därmed orderkvantiteter studerats. I det ena är priset per styck 1000 kr och ordersärkostnaden 42 kronor motsvarande en ekonomisk orderkvantitet på 40 stycken eller i medeltal två dagars efterfrågan. I det andra fallet är priset per styck 200 kr och ordersärkostnaden 52 kronor motsvarande en ekonomisk orderkvantitet på 100 stycken eller i medeltal fem dagars efterfrågan. Beloppen har avsiktligt valts så att de erhållna orderkvantiteterna är mycket små uttryckta som de antal dagars efterfrågan som respektive orderkvantitet motsvarar eftersom det framför allt är vid små orderkvantiteter och därmed högfrekventa inleveranser som servicenivån påverkas av orderkvantitetens storlek. Det antas att det går tjugo dagar per månad och därmed 240 dagar per år. Lagerstyrningskostnaderna har beräknats som summan av medelkapitalbindning i lager gånger en lagerhållningskostnad på 25 % och antalet order per år gånger ordersärkostnaden.

Två olika servicenivåer har studerats, dels en fyllnadsgrad på 97 % och dels en på 99 %. Leveranstiden för lagerpåfyllnad antas vara konstant och lika med 5 dagar. Ej direkt levererbara kvantiteter antas restnoteras för senare leverans.

Den simuleringsmodell som använts bygger på ett beställningspunktssystem av (s,Q)-typ, dvs med fast orderkvantitet. Simuleringarna har genomförts som en kombination av händelse driven och diskret simulering. Vid den händelse drivna simuleringen simuleras under sex tusen dagar uttag, kontroll av beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo. Uppkomna brister restnoteras för senare leverans. Efter varje genomförd simuleringskörning beräknas medelvärden och standardavvikelser för lagernivåerna för de tjugo artiklarna när ekonomiska orderkvantiteter och successivt ökande orderkvantiteter används. Dessa ökningarna av orderkvantiteter har åstadkommit genom att öka den ekonomiska orderkvantiteten med en dags efterfrågan i taget.

Eftersom beräkningen av nödvändigt säkerhetslager för att uppnå en önskad fyllnadsgradservice görs med hjälp av en lagerstyrningsmodell som är baserad på vissa förenklade antaganden kan man inte vara helt säker på att erhållen fyllnadsgradservice blir lika stor som den önskade. Som exempel på sådana antaganden kan nämnas antagandet att efterfrågan är normalfördelad och antagandet att uttagskvantiteterna är ett styck. Speciellt för efterfrågefallen med stora efterfrågevariationer leder dessa antaganden till att erhållen fyllnadsgradservice blir mindre än den önskade som säkerhetslagret dimensioneras för. För att säkerställa jämförbarhet har därför den händelse drivna simuleringen kompletterats med ett diskret. Detta innebär att en första händelse driven simulering genomförts med en beställningspunkt baserad på den dimensionerande fyllnadsgradservicen. Från denna simulering erhålls en viss fyllnadsgradservice. Är denna fyllnadsgradservice lägre än den önskade, ökas beställningspunkten med en enhet och en ny händelse driven körning genomförs. Simuleringskörningarna fortsätts tills erhållen fyllnadsgradservice blir lika med eller högre än den önskade.

Den dagliga efterfrågan för de olika efterfrågefallen genererades i förväg och sparades i ett Excel-ark i stället för att genereras under simuleringens gång för att öka validiteten i simuleringarna. Simuleringar för att jämföra kapitalbindning i lager och lagerstyrningskostnader kunde därigenom genomföras med exakt samma utgångsdata och parvisa jämförelser göras.

4 Resultat och analys

Resultaten från de genomförda simuleringarna med avseende på skillnader i kapitalbindning vid användning av ekonomisk orderkvantitet jämfört med användning av större orderkvantiteter redovisas i tabellerna 2 och 3 för fallet med 97 % servicenivå. Av tabell 2 framgår att kapitalbindningen ökar för praktiskt taget alla efterfrågefall då orderkvantiteten ökas jämfört med en ekonomisk orderkvantitet på 100 styck. Det är endast för fallet med mycket hög efterfrågevariation som kapitalbindningen i lager blir praktiskt taget oförändrad. Ökningen är dock i samtliga fall mindre än vad som motsvaras av ökningen av orderkvantiteten beroende på att säkerhetslagret samtidigt minskar.

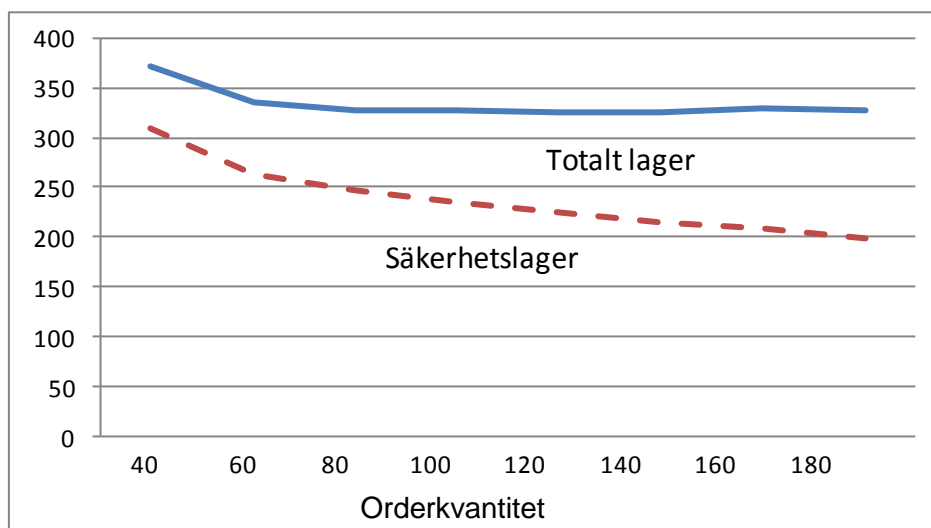
Tabell 2 Procentuella skillnader i kapitalbindning i lager vid olika orderkvantiteter - Ekonomisk orderkvantitet 100 st 97 % Servicenivå

Orderkvantitet i styck	Grad av efterfrågevariation					
	Mkt låg	Låg	Medellåg	Medelhög	Hög	Mkt hög
120	13	10	7	3	2	0
140	26	20	13	6	3	-1
160	41	31	20	10	5	1
180	56	42	28	14	7	0
200	71	55	36	19	10	1
220	85	66	43	25	11	3
240	100	78	53	30	14	4

Förhållandena är enligt tabell 3 likartade för de lägre graderna av efterfrågevariationer när den ekonomiska orderkvantiteten är 40 stycken. Vid högre grad av efterfrågevariation minskar den totala kapitalbindningen. Minskningarna är emellertid endast av praktiskt intresse för de två fallen med högst efterfrågevariation. Förändringen av totalt lager och säkerhetslager då orderkvantiteterna ökas framgår grafiskt av figur 1.

Tabell 3 Procentuella skillnader i kapitalbindning i lager vid olika orderkvantiteter - Ekonomisk orderkvantitet 40 st 97 % servicenivå

Orderkvantitet i styck	Grad av efterfrågevariation					
	Mkt låg	Låg	Medellåg	Medelhög	Hög	Mkt hög
60	7	3	1	-2	-5	-10
80	22	11	4	-2	-4	-12
100	40	23	8	0	-5	-12
120	58	35	15	2	-3	-12
140	77	48	21	5	-3	-13
160	97	61	29	9	0	-11
180	117	74	38	13	1	-12



Figur 1 Förändring av totalt lager och säkerhetslager vid ökande orderkvantiteter för fallet med högst efterfrågevariation och en ekonomisk orderkvantitet på 40 styck

De genomförda simuleringarna visar också att förändringarna i kapitalbindning när orderkvantiteterna ökas inte påverkas nämnvärt av hur hög servicenivån är. Tabell 4 illustrerar dessa förhållanden för fallet med den mindre orderkvantiteten och för tre av de olika efterfrågefallen. Som framgår av tabellen är skillnaderna för praktiskt bruk försumbara med avseende på hur hög servicenivå man använder.

Tabell 4 Procentuella skillnader i kapitalbindning i lager vid olika stora orderkvantiteter - Ekonomisk orderkvantitet 40 st

Orderkvantitet i styck	Grad av variation - 97 % serv			Grad av variation - 99 % serv		
	Mkt låg	Medellåg	Hög	Mkt låg	Medellåg	Hög
60	7	1	-5	7	0	-5
80	22	4	-4	21	3	-6
100	40	8	-5	35	7	-6
120	58	15	-3	51	14	-3
140	77	21	-3	67	19	-4
160	97	29	0	84	27	-1
180	117	38	1	101	33	-1

Förhållanden med avseende på skillnader i lagerstyrningskostnader vid användning av ekonomisk orderkvantitet jämfört med användning av större orderkvantiteter redovisas i tabellerna 5 och 6 för fallet med 97 % servicenivå. Av tabell 5 framgår att lagerstyrningskostnaderna minskar för efterfrågefall med hög efterfrågevariation och måttliga ökning av orderkvantiteter medan de ökar för övriga då orderkvantiteten ökar vid en ekonomisk orderkvantitet på 100 styck. Det är endast för fallet med mycket hög efterfrågevariation som minskningen av lagerstyrningskostnader är av praktiskt intresse. Att lagerhållningskostnaderna minskar för åtskilliga kombinationer av efterfrågevariation och storlek på orderkvantiteter trots att kapitalbindningen ökar beror på att ordersärkostnaderna minskar i snabbare takt än lagerhållningskostnaderna ökar.

Tabell 5 Procentuella skillnader i lagerstyrningskostnader vid olika stora orderkvantiteter - Ekonomisk orderkvantitet 100 st 97 % servicenivå

Orderkvantitet i styck	Grad av efterfrågevariation					
	Mkt låg	Låg	Medellåg	Medelhög	Hög	Mkt hög
120	-1	-1	-1	-3	-1	-3
140	1	0	-2	-4	-4	-4
160	5	2	-1	-3	-3	-4
180	9	6	2	-2	-4	-6
200	15	11	5	0	-2	-6
220	20	15	9	3	-2	-5
240	26	21	14	6	0	-4

Likartade förhållanden föreligger enligt tabell 6 när den ekonomiska orderkvantiteten är 40 styck motsvarande två dagars efterfrågan. Minskningen av lagerstyrningskostnaderna är emellertid genomgående högre och av stort praktiskt intresse. Viss minskning erhålls även för efterfrågefall med låg efterfrågevariation.

Tabell 6 Procentuella skillnader i lagerstyrningskostnader vid olika stora orderkvantiteter - Ekonomisk orderkvantitet 40 st 97 % servicenivå

Orderkvantitet i st	Grad av efterfrågevariation					
	Mkt låg	Låg	Medellåg	Medelhög	Hög	Mkt hög
60	-6	-7	-6	-6	-7	-11
80	2	-5	-7	-8	-9	-14
100	7	1	-5	-8	-10	-14
120	17	8	-1	-7	-9	-15
140	28	16	4	-5	-9	-16
160	40	25	9	-7	-7	-15
180	53	34	16	-1	-6	-15

På motsvarande sätt som för kapitalbindning i lager har servicenivåns betydelse för hur mycket lagerstyrningskostnaderna förändras vid ökade orderkvantiteter studerats. Resultaten visas för fallet med en ekonomisk orderkvantitet på 40 och några av efterfrågefallen i tabell 7. Som framgår av tabellen är skillnaderna mellan förändringarna vid 97 % servicenivå och 99 % servicenivå försumbara.

Tabell 7 Procentuella skillnader i lagerstyrningskostnader vid olika stora orderkvantiteter - Ekonomisk orderkvantitet 40 st

Orderkvantitet i st	Grad av variation - 97 % serv			Grad av variation - 99 % serv		
	Mkt låg	Medellåg	Hög	Mkt låg	Medellåg	Hög
60	-6	-6	-7	-4	-5	-7
80	-2	-7	-9	1	-6	-9
100	7	-5	-10	8	-4	-9
120	17	-1	-9	18	1	-8
140	28	4	-9	28	5	-9
160	40	9	-7	39	10	-7
180	53	11	-6	51	16	-6

Att lagerstyrningskostnaderna kan minskas genom att använda orderkvantiteter som är större än de ekonomiskt beräknade är en effekt av att orderkvantitet och säkerhetslagerstorlek som framgick ovan måste beaktas samtidigt vid optimering av lagerstyrningskostnader och inte som oftast är fallet i praktiken med en stegvis bestämning av först orderkvantitet och därefter säkerhetslagerstorlek. Skillnaderna mellan verkligt optimala orderkvantiteter och de optimala orderkvantiteter som erhålls med hjälp av Wilsons formel blir större ju större efterfrågevariationernas standardavvikelse är i förhållande till orderkvantiteten (Brown, 1967, sid 137). Att så är fallet framgår tydligt av tabell 6. Om minskning av lagerstyrningskostnader måste vara storleksordningen 5 % eller mer för att vara av praktiskt intresse visar resultaten att orderkvantiteterna borde ökas enligt första raden i tabell 8 för att vara optimala. Ökningarna jämfört med ekonomisk orderkvantitet är mellan 50 % och 250 %.

Tabell 8 Optimala orderkvantiteter med avseende på lagerstyrningskostnader vid olika grad av efterfrågan när den ekonomiska orderkvantiteten enligt Wilsons formel på 40 st

Lämpliga orderkvantiteter	Grad av efterfrågevariation					
	Mkt låg	Låg	Medellåg	Medelhög	Hög	Mkt hög
Via simulering	60	60	80	80	100	140
Enligt Brown	40	40	40	50	71	104

Eftersom skillnaderna i lagerstyrningskostnader inte är försumbara under vissa efterfrågeförhållanden är det av intresse att i sådana fall kunna använda alternativ till Wilsons formel för att beräkna ekonomisk orderkvantitet i dessa fall. Som framgick ovan måste de båda parametrarna orderkvantitet och säkerhetslager bestämmas samtidigt för att uppnå optimala lagerstyrningskostnader. Det finns en beräkningsmetod för att åstadkomma detta. Se exempelvis Tersine (1994, sid 269). Metoden innebär emellertid ett komplicerat iterativt beräkningsförfarande och den utgår dessutom från uppskattade bristkostnader i stället för servicenivåer. Den betraktas därför inte som praktiskt användbar eftersom bristkostnader inte kan uppskattas generellt.

Brown (1977, sid 220) har föreslagit tumregeln att alltid låta vald orderkvantitet vara större än efterfrågans standardavvikelse under ledtid för att få mer sant optimala orderkvantiteter. Med en sådan tumregel skulle orderkvantiteterna bli enligt den andra raden i tabell 8 för fallet med den Wilsonberäknade optimala orderkvantiteten lika med 40 stycken. Som framgår av tabellen är de simulerade värdena cirka en och en halv gång Brown's värden. Av tabellen framgår också indirekt att det endast är för fallet med mycket hög efterfrågevariation som det finns skäl att öka orderkvantiteten när den ekonomiska orderkvantiteten är 100 st vilket också står i överensstämmelse med de resultat som presenterades i tabell 5. Baserat på resultaten från den genomförda studien och med tanke på att lagerstyrningskostnaderna är tämligen okänsliga för avvikelser från ekonomisk orderkvantitet kan beslutsregeln att sätta orderkvantiteter som den största av ekonomisk orderkvantitet och 1,5 gånger efterfrågans standardavvikelse under ledtid användas praktiskt för att få en mer ekonomisk orderkvantitet än den traditionellt beräknade.

5 Slutsatser

Av de erhållna resultaten från de genomförda simuleringarna framgår att det endast är vid stora efterfrågevariationer och när man använder mycket små orderkvantiteter som kapitalbindningen i lager kan sänkas genom att öka orderkvantiteterna.

De genomförda simuleringarna visar också, att vid små ekonomiska orderkvantiteter kan lagerstyrningskostnaderna minskas med storleksordningen fem procent eller mer oavsett grad av efterfrågevariation genom att avsiktligt använda orderkvantiteter som är större än de ekonomiskt beräknade. Följaktligen kan man vid fall av små ekonomiska orderkvantiteter uppnå en viss önskad servicenivå effektivare genom att använda orderkvantiteter som är större än den traditionellt beräknade ekonomiska orderkvantiteten. Störst minskning erhålls vid stora efterfrågevariationer. Simuleringsresultaten visar, att för praktisk användning kan ett enkelt sätt att beräkna en sådan orderkvantitet vara att alltid sätta den lika med det största av ekonomisk orderkvantitet och 1,5 gånger efterfrågans standardavvikelse under ledtid.

Referenser

Brown, R. (1967) Decision rules for inventory management, Holt Rinehart & Winston.

Brown, R. (1977) Materials management systems, John Wiley & Sons.

Mattsson, S-A. – Jonsson, P. (2003) Produktionslogistik, Studentlitteratur.

Mattsson, S-A. (2005) Samband mellan säkerhetslager och orderstorlek, Forskningsrapport , Teknisk logistik, Lunds Universitet.

Mattsson, S-A. (2010) Effektiv materialstyrning – Handbok för att lyckas, Permatron.

Plossl, G., Wight, O. (1967) Production and inventory control, John Wiley & Sons.

Tersine, R. (1994) Principles of inventory and materials management, Prentice-Hall.