

Differentierad styrning av utleveranser från lager

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

Traditionellt har differentierad lagerstyrning tillämpats på materialflöden in till företaget. Ett lagers kapitalbindning och leveransförmåga kan emellertid också påverkas av hur materialflödena ut från företaget styrs, dvs av hur utleveranserna till kund planeras. För att åstadkomma detta kan olika differentieringsalternativ användas. I den här studien har differentierad utleveransplanering analyserats för följande alternativ: Halvering av stora order och av order till mindre viktiga kunder samt tillämpning av leveranstid för stora order och order från mindre viktiga kunder. I samtliga fall tillämpas differentieringsreglerna endast inom en tidsgräns på två dagar till inleverans respektive när lagersaldot underskrider dubbla säkerhetslagerkvantiteten, dvs. när man kommit in i den del av lagercykeln som här kallas bristriskzonen. Effekterna av de analyserade differentieringsalternativen har utvärderats med hjälp av simulering. Erhållna resultat från dessa simuleringar kan sammanfattas enligt följande.

Halvering av stora order respektive av order från mindre viktiga kunder och därmed leverans vid två tillfällen leder till en kraftig minskning av de totala bristkvantiteterna och av antalet restnoteringar och lagerstyrningskostnader. En måttlig ökning av det totala antalet leveranser uppstår vid halvering av stora order medan ökningen är påtaglig för fallet att order till mindre viktiga kunder halveras. Säkerhetslagerkriteriet för halvering är effektivare än tidsgränskriteriet. Tillämpning av leveranstid för stora order respektive för order till mindre viktiga kunder ger en mycket kraftig minskning av de totala bristkvantiteterna och av antalet restnoteringar och lagerstyrningskostnader. Det totala antalet leveranser minskar. Precis som för halveringsfallen är säkerhetslagerkriteriet effektivare än tidsgränskriteriet.

Mot bakgrund av de resultat som erhållits från analyserna av de olika differentieringsalternativen kan följande slutsatser dras. Differentiering av utleveranser innebär effektivare lagerstyrning och högre leveransförmåga. För att nå störst effekt bör det kriterium för att avgöra om en differentiering av kundorder skall tillämpas eller ej baseras på en jämförelse av aktuellt disponibelt lagersaldo med en multipel av säkerhetslagerkvantiteten i stället för på en tidsgräns. De ur lagerstyrningssynpunkt mest effektiva differentieringsalternativen är tillämpning av leveranstid för stora order och för order till mindre viktiga kunder. Dessa alternativ bidrar dessutom till att det totala antalet leveranser minskar. Även halvering av stora order och halvering av order till mindre viktiga kunder bidrar påtagligt till ökad lagerstyrningseffektivitet. Halveringen medför emellertid också ett ökat antal leveranser, alldeles speciellt för det senare fallet. Ett sätt att reducera detta antal kan vara att endast halvera order av en viss storlek till mindre viktiga kunder.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Att tillgängliga resurser används på ett så optimalt sätt som möjligt är av intresse i de flesta sammanhang. Ett sätt att bidra till detta är att koncentrera sina insatser och fokusera resursförbrukningen på sådant som betyder mest för de resultat som eftersträvas. Man kan då få ett gynnsammare förhållande mellan en verksamhets kostnader och de prestationer som åstadkoms. Detta gäller givetvis också vid lagerstyrning och man kan i sammanhanget tala om att differentiera styrningen av lagerförda artiklar. Differentierad styrning bygger på den så kallade minoritetsprincipen formulerad av den italienske nationalekonomen Wilfred Pareto. Principen lyder ”I varje serie av element svarar alltid ett litet antal element för en stor del av effekten”.

Traditionellt har differentierad lagerstyrning tillämpats på materialflöden in till företaget och på hur lagrets sammansättning bör se ut. Det har inneburit att man klassificerat lagerförda artiklar efter hur stor relativ betydelse de har för verksamheten och anpassat regler och parametrar för styrningen efter hur de klassificerats. Oftast har de olika klasserna betecknats A, B, C etc, där A står för artiklar som betraktas som mest betydelsefulla, B för artiklar som betraktas som något mindre betydelsefulla och så vidare. Tillvägagångssättet brukar därför kallas ABC-klassificering. En utvärdering av vilka effekter differentierad lagerstyrning har i det här avseendet har bland annat studerats av Mattsson (2005). Ett lagers kapitalbindning och möjlig leveransförmåga kan emellertid också påverkas av hur materialflödena ut från företaget styrs, eller annorlunda uttryckt hur utleveranserna till kund planeras.

1.2 Forskningsfråga, syfte och avgränsningar

Med differentierad styrning av materialflöden menas allmänt att man tillämpar olika strategier och olika styrningsprinciper med avseende på de artiklar och produkter som skall styras, med avseende på de order som utgör materialflödet och/eller med avseende på försörjande alternativt förbrukande enheter i flödet. För det fall som behandlas här, dvs. utleveransplanering omfattande styrning av materialflöden ut från företaget till kunder, är utgångspunkten att det finns ett lager av olika policymässigt beslutat lagerförda artiklar med disponibla saldon som vid kundorderingång inte är påverkbara. Det som kan påverkas är kvantiteten på kundordern och/eller dess leveranstidpunkt. Denna påverkan kan dels ske när kundordern erhålls, och dels när den skall levereras. Möjlig påverkan vid leveranstillfället utgörs endast av att kunna prioritera plockning och utleverans mellan olika order som alla egentligen skulle levererats vid samma tidpunkt. Prioriteringen kan exempelvis ske efter hur mer eller mindre viktiga de bakomliggande kunderna är. Detta fall avser differentiering i samband med verkställande av utleverans snarare än differentiering av planeringen av utleveranser och behandlas inte vidare här.

Eftersom utgångsläget för differentieringen enligt ovan är givna disponibla kvantiteter är differentiering med avseende på produkt inte aktuell. I stället är det fråga om att kunna differentiera med avseende på karaktär av kundorder eller karaktär av kund. Klassificerande karaktärer för kundorder är i första hand orderkvantitet och leveranstidpunkt.

Exempelvis kan det vara fråga om att dela upp kundorder med stora orderkvantiteter i två eller flera leveranser eller att avsiktligt vid vissa tillfällen inte direktleverera från

lager utan att tillämpa en viss leveranstid. Genom att dela upp stora order fördelar man i viss utsträckning efterfrågan och skapar därigenom förutsättningar för att i viss omfattning kunna leverera fler kundorder och till fler kunder och därmed kunna upprätthålla en totalt se högre servicenivå. Motsvarande fördelningseffekt fås genom att leverera stora order med leveranstid. Åtgärder av det här slaget kan därför möjliggöra en högre lagerstyrningseffektivitet.

Vid differentiering med avseende på kundkaraktär är det i allmänhet fråga om att differentiera leveranser med utgångspunkt från hur mer eller mindre viktig bakomliggande kund är för företaget. Exempelvis kan differentiering med avseende på mer eller mindre viktig kund innebära att direktleveranser endast tillämpas för viktiga kunder eller att stora order endast halveras om det är fråga om en mindre viktig kund. Betydelsen av att differentiera kundservice med avseende på hur betydelsefull kunden är har påpekats av åtskilliga forskare, se exempelvis Lambert och Stock (1993, sid 126), Gilmour med flera (1994, sid 141) och Persson (1995, sid 13).

Mot bakgrund av ovanstående resonemang torde man kunna förvänta sig att det är möjligt att effektivisera lagerstyrningen genom att differentiera styrningen av materialflöden från lager. Med tanke på att styrning av flöden från lager och specifikt differentiering av denna styrning praktiskt taget inte alls har behandlats i litteraturen är det naturligt och relevant att formulera och behandla följande forskningsfråga.

På vilka sätt kan man differentiera utleveransplanering, dvs. styrning av materialflöden från lager till kunder, och i vilken utsträckning kan lagerstyrningen bli effektivare i form av lägre kapitalbindning, lagerstyrningskostnader och servicenivå genom sådan differentiering.

Differentierad utleveransplanering behandlas här endast i form av tillämpning av olika regler och policys för kundorder när de erhålls från kund och innan de bekräftats. Följaktligen studeras inte alternativ av typen att ändra redan erhållna och bekräftade order därför att exempelvis en order från en viktigare kund erhålls. Med lagerstyrningskostnader avses summan av lagerhållningskostnader och bristkostnader.

2 Modeller och hypoteser för differentierad utleveransplanering

Eftersom materialflöden inte är kontinuerliga utan diskreta definieras de av kvantiteter som successivt överförs mellan försörjande och förbrukande enheter och de tidpunkter när respektive kvantitet skall levereras ut från den försörjande enheten respektive levereras in till den förbrukande enheten. Detta gäller vare sig det finns lager hos den förbrukande och/eller försörjande enheten eller ej. För fallet flöden av material till lager innebär därför materialstyrning förenklat att återkommande fastställa orderkvantiteter och leveranstidpunkter genom att besvara frågorna Hur mycket? och När? lagret skall fyllas på. Förekommande materialplaneringsmetoder besvarar på olika sätt dessa två frågor. På motsvarande sätt innebär styrning av flöden ut från lager förenklat att fastställa vilken kvantiteter som skall levereras och när leveranser skall ske.

Att fastställa vilka kvantiteter som skall levereras kan vid första påseende verka givet av den kundorder man fått, dvs. antingen levererar man den kvantitet som respektive kundorder avser eller så restnoterar man delar av ordern om disponibelt i lager inte är

tillräckligt stort och levererar den restnoterade kvantiteten vid senare tillfälle. För att förbättra möjligheterna att upprätthålla en hög servicenivå och leveransberedskap kan man emellertid också välja att delleverera även om det finns tillräckligt stora kvantiteter disponibla i lager för att kunna leverera hela orderkvantiteten. Speciellt kan ett sådant tillvägagångssätt vara attraktivt för order på stora kvantiteter. Genom att endast direktleverera en del av orderkvantiteten och leverera resterande kvantitet vid senare tillfälle kan motsvarande kunder tillgodose sitt omedelbara behov samtidigt som leverantören inte riskerar att mer eller mindre tömma sitt lager och därmed riskera att åtskilliga order inte kan levereras över huvud taget i tid.

Differentiering av levererade kvantiteter med avseende på orderstorlek är endast meningsfull under den senare delen av lagercykeln, dvs under tiden strax före inleverans av en ny lagerpåfyllnadsorder. Det är under denna period en artikel är bristexponerad och det är under denna period som stora order i störst utsträckning riskerar att konsumera leveransutrymme för många små order. Perioden kallas fortsättningsvis för bristriskzonen. Två olika strategier är möjliga för att åstadkomma denna typ av differentiering. En strategi innebär att dela upp stora order i två leveranser om de skall levereras ett visst antal dagar innan nästa planerade inleverans. En annan strategi är att dela upp stora order i två leveranser om lagret efter leverans skulle hamnat under säkerhetslagret ifall ordern levererats komplett. Ett liknande tillvägagångssätt beskrivs av Sandvig – Allaire (1998). Deras lösning innebär att kundorder som är större än 50 % av aktuellt lagersaldo delas upp i två leveranser.

Med utgångspunkt från resonemanget ovan kan man formulera följande hypotes rörande differentiering av levererade kvantiteter med avseende på orderstorlek.

H1: Lagerstyrningseffektiviteten kan förbättras om kundorder på stora kvantiteter för leverans i bristriskzoner delas upp i två leveranser, en som levereras direkt och en som levereras när nästföljande lagerpåfyllnadsorder levereras in.

Ett alternativ till att dela upp kundorder i två leveranser baserat på orderstorlek är att göra uppdelningen med utgångspunkt från om order kommer från en viktig eller mindre viktig kund. Strategin innebär att delning av order som skall levereras under en bristriskzon endast görs för order som kommer från mindre viktiga kunder. Ingen orderdelning med åtföljande restnotering sker följaktligen för order som kommer från prioriterade kunder såvida inte restnotering måste ske på grund av brist. För denna strategi kan följande hypotes formuleras.

H2: Lagerstyrningseffektiviteten kan förbättras om order från mindre viktiga kunder för leverans i bristriskzoner delas upp i två leveranser, en som levereras direkt och en som levereras när nästföljande lagerpåfyllnadsorder levererats in.

Fastställande av leveranstidpunkt är den andra dimensionen för att specificera ett materialflöde ut från lager. Att ett företag levererar från lager innebär normalt sett att leverans sker mer eller mindre omedelbart. Leveranstiden kan emellertid differentieras med avseende på orderstorlek respektive med avseende på hur viktig bakomliggande kund är. Att alltid ge leveranstid på stora order och jämföra disponibelt saldo, dvs saldo minskat med summa reserverat från dessa order, med en beställningspunkt bedöms inte vara en framkomlig väg. För att få en korrekt hantering måste beställningspunkten justeras med hänsyn till förekomst av reservationer vilket kräver att man kan uppskatta hur

mycket som i medeltal är reserverat under ledtid. Reserverade kvantiteter kan variera kraftigt, speciellt med tanke på att det är fråga om förhållandevis få och stora order. Det är därför svårt att uppnå acceptabel noggrannhet i sådana uppskattningar. Se vidare Mattsson (2004) för en analys och utvärdering av vad som krävs för att kunna ta hänsyn till reservationer vid lagerstyrning.

Inte heller alternativet att alltid ge leveranstid på stora order och jämföra saldo med beställningspunkt för att planera in lagerpåfyllnadsorder är meningsfullt eftersom det endast skulle innebära en tidsförskjutning av lageruttag utan att information om aktuella behov i form av reservationer kunde tillgodogöras i förväg. Alternativet är det samma som att ge leveranstid utan att ta hänsyn till motsvarande reservationer. Om man får en stor order innan beställningspunkten nåtts hjälper det inte med leveranstid om man inte kan använda disponibelt saldo för att initiera order. Leveranstid hjälper inte heller om tiden från orderingång till nästa inleverans är längre än leveranstiden. En möjlig differentieringsstrategi kan emellertid vara att leverera stora order med leveranstid som motsvarar tiden fram till nästföljande inleverans till lager. I princip innebär alternativet att man inte levererar stora order direkt under bristriskperioden utan i stället levererar när lagerpåfyllnad skett. På samma sätt som ovan är två olika strategier möjliga för att åstadkomma detta. En strategi innebär att tillämpa leveranstid för order som erhålls för leverans ett visst antal dagar innan nästa planerade inleverans. En annan strategi innebär att tillämpa leveranstid om lagret efter leverans skulle hamna under säkerhetslagret om ordern levererats direkt. Följande hypotes kan formuleras med avseende på denna strategi.

H3: Lagerstyrningseffektiviteten kan förbättras genom att leverera stora order som erhålls i bristriskzoner med leveranstid som sätts lika med tiden fram till inleverans av nästa lagerpåfyllnadsorder.

Ett annat sätt att differentiera flödet ut från lager är att ge leveranstid till mindre viktiga kunder och att direktleverera till de viktigaste kunderna. Av samma skäl som ovan är det inte meningsfullt att ge en leveranstid som är kortare än tiden från orderingång till inleverans av nästa lagerpåfyllnadsorder. Det är inte heller meningsfullt att ge leveranstid före en bristriskzon om inte disponibelt saldo kan jämföras med en reducerad beställningspunkt. Differentierad leveranstidssättning kan i stället åstadkommas genom att sätta leveranstiden lika med den tid som återstår fram till nästa planerade lagerpåfyllnad. Mot denna bakgrund kan följande hypotes formuleras.

H4: Lagerstyrningseffektiviteten kan förbättras genom att tillämpa leveranstider på order från mindre viktiga kunder som erhålls i bristriskzoner och endast direktleverera till de viktigaste. Leveranstiden sätts lika med tiden fram till inleverans av nästa lagerpåfyllnadsorder.

3 Analys- och utvärderingsmetodik

3.1 Simuleringsmodell och använda analysdata

För att testa de olika hypoteser som presenterades i föregående avsnitt har simulering i Excel genomförts. Simuleringarna har omfattat storleksordningen 92 000 kundorder på 60 olika artiklar, vardera med olika karakteristik med avseende på värde per styck, års-

förbrukning, antal uttag per dag, medelkvantitet per uttag och kvantitet per inleverans. För varje artikel har sammanlagd 480 dagar av daglig orderingång, utleveranser och inleveranser analyserats. Begränsningar i Excel har varit anledningen till att omfattningen på de genomförda simuleringarna varit så förhållandevis begränsade.

Kundorder har skapats genom slumpgenereringar från Poissonfördelningar för var och en av de olika artiklarna. Medelkvantiteterna för de så genererade kundorderna har varit mellan 74 och 3 stycken för de olika artiklarna och antalet kundorder per år har varierat mellan 990 och 170. Dessa kundorder har medfört en medelefterfrågan per dag som varierat mellan 306 st för den mest högomsatta artikeln till 3 st för den mest lågomsatta. Per år motsvarar detta en totalt efterfrågad kvantitet på cirka 147.000 st respektive cirka 1.200 st. Variationskoefficienten per vecka har varierat mellan 0,18 och 0,72 för de olika artiklarna.

Eftersom studien avser fall med avsiktlig och planerad senareläggning av leveranser för delar av kundorder vid orderdelning eller för hela kundorder till mindre viktiga kunder har alternativet att brist leder till restnotering och inte till förlorad försäljning valts. De successiva beräkningarna av hur lagersaldot förändras över tiden i takt med leverans av erhållna kundorder har därför baserats på att vid brist ej levererbar kvantitet levereras när ny inleverans till lager sker.

Kvantiteter för lagerpåfyllnadsorder har beräknats med hjälp av Wilsons formel och baserat på en ordersärkostnad på 300 kr och en lagerhållningssärkostnad på 25 %. Detta har medfört mellan 20 och 4 inleveranser per år för de olika artiklarna.

För att simulera materialflöden till lager har ett traditionellt beställningspunktssystem använts. Samma resultat skulle erhållits med täcktidsplanering eller materialbehovsplanering. Beställningspunktsmetoden valdes eftersom den är enklast att bygga modeller med i Excel. Beställningspunkterna har beräknats som medelförbrukning per dag under den period simuleringen omfattat gånger en ledtid på 10 dagar plus ett säkerhetslager. Samma ledtid har använts för samtliga artiklar. Säkerhetslagren har beräknats med utgångspunkt från en servicenivå på 98 %.

3.2 Modeller för orderdelning och leveranstidssättning

De differentieringsalternativ som studerats innebär dels att dela order och dels att sätta en leveranstid för fallet att direktleverans inte skall ske. För att kunna dela upp order i två leveranser när man når bristriskzonen måste dels bristriskzonens början definieras och därmed vilka villkor som skall tillämpas för när delning skall ske, dels måste regler för hur delningen skall göras definieras. Två alternativ har använts för att definiera var bristriskzonen börjar. Det ena alternativet innebär att man sätter en tidsgräns uttryckt som antal dagar före nästkommande inleverans till lager. Stora order som erhålls inom detta antal dagar före nästa inleverans halveras. Den ena halvan levereras direkt medan den andra halvan ges en leveranstid motsvarande tiden fram till nästkommande inleverans. Vid analysen har tidsgränsen satts till 2 dagar.

Det andra alternativet för att definiera var bristriskzonen börjar innebär en jämförelse mellan aktuellt lagersaldo och säkerhetslagret. Om en order erhålls och ordern medför att lagret efter leverans skulle bli lägre än säkerhetslagret halveras ordern. Den ena halvan levereras direkt medan den andra halvan ges en leveranstid motsvarande tiden fram

till nästkommande inleverans. Med de efterfrågedata som använts vid simuleringen motsvarar två säkerhetslager i medeltal 1,96 dagars efterfrågan.

Två olika fall av att dela order har studerats. I det ena fallet halveras samtliga så kallade stora order. Stora order har definierats som order vars kvantitet tillhör de 10 alternativt 20 % största orderkvantiteterna för de order per artikel som simulerats. I det andra fallet halveras order om de kommer från kunder som betraktas som mindre viktiga. Både alternativet med att 20 % av ordena och 40 % av ordena kommer från viktiga kunder har studerats.

För fallen med att differentiera utleveranser från lager med hjälp av leveranstider har bristriskzonen definierats på samma två sätt som för fallen med orderdelning, dvs dels med hjälp av en tidsgräns uttryckt som antal dagar före nästkommande inleverans till lager och dels genom en jämförelse mellan aktuellt lagersaldo och säkerhetslagret. Tidsgränsen har även här satts till två dagar. Leveranstidpunkten för order som skall levereras med leveranstid har för båda alternativen satts lika med tidpunkten för nästkommande inleverans.

Två olika kriterier för att låta en kundorder levereras med leveranstid har behandlats. I det ena fallet levereras samtliga så kallade stora order med leveranstid. Stora order har även här definierats som order vars kvantitet tillhör de 10 alternativt 20 % största orderkvantiteterna för de order per artikel som simulerats. I det andra fallet får samtliga kundorder som kommer från mindre viktiga kunder leveranstid. Både alternativet med att 20 % av ordena och 40 % av ordena kommer från viktiga kunder har behandlats.

3.3 Utvärderingsberäkningar

Effekterna av de analyserade differentieringsalternativen har utvärderats genom att beräkna förändringar i procent av det totala säkerhetslagrets storlek, av summa bristkvantitet, av antalet restnoteringsorder, av de totala lagerstyrningskostnaderna samt av den totalt erhållna servicenivån. Jämförelser har därefter gjorts med fallet att ingen halvering av order sker respektive att alla order levereras direkt om det finns tillräckliga kvantiteter kvar i lager. Servicenivå avser här den andel av den totalt efterfrågade kvantiteten som kan levereras direkt från lager. Lagerstyrningskostnaderna utgör summan av lagerhållningskostnader för kapitalbindningen i säkerhetslager och summa bristkostnader för samtliga artiklar. Bristkostnaden per artikel har beräknats som den teoretiska bristkostnad som är ekvivalent med den valda servicenivån på 98 %. De kostnader som är förknippade med att planerat senarelägga leverans av halva orderkvantiteter är inte inkluderad i lagerstyrningskostnaderna.

För att studera vad halvering av order får för effekter har andelen halverade order av den totala mängden order beräknats. Eftersom halvering av order leder till fler leveranser har också förändringen i det totala antalet leveranser beräknats. För differentieringsfallen där order selektivt halveras har det totala antalet leveranser beräknats som summan av antalet kundorder plus antalet halveringar plus antalet restnoteringar.

På motsvarande sätt har effekterna av att selektivt leverera med leveranstid studerats genom att beräkna det totala antalet leveranser. För dessa differentieringsfall har det totala antalet leveranser beräknats som summan av antalet kundorder plus antalet restnoteringar eftersom leverans med leveranstid inte medför extra leveranser.

4 Resultat och analyser

Resultaten från de genomförda simuleringarna och analyserna redovisas i föreliggande avsnitt. Resultatredovisningen har delats upp på de olika sätt att differentiera utleveranserna som behandlats.

4.1 Delning av stora order

Som framgått ovan har stora order definierats som order vars kvantitet tillhör de 10 alternativt 20 % största orderkvantiteterna för de order per artikel som simulerats. Denna definition av stora order har inneburit att stora order i 10 %-alternativet representerat cirka 32 % av den totala efterfrågan och i 20 %-alternativet cirka 52 % av den totala efterfrågan. Resultaten för fallet att alla stora order halveras inom bristriskzonen sammanfattas i tabell 1. Redovisade förändringar avser jämförelser med fallet att inga order halveras. Servicenivån, uttryckt som andel av den totala efterfrågan som kan levereras direkt från lager, var för fallet att inga order halveras 98.8 %.

Tabell 1 Simuleringsresultat för fallet att alla stora order halveras när de erhålls inom en bristriskzon

	<i>Tidsgräns 10 % största orderna</i>	<i>Tidsgräns 20 % största orderna</i>	<i>Säkerhetslager 10 % största orderna</i>	<i>Säkerhetslager 20 % största orderna</i>
Servicenivå	99.2	99.4	99.3	99.6
Andel halverade order	1.7 %	3.1 %	1.3 %	2.2%
Förändring i säkerhetslager	+ 0.5 %	+ 1.0 %	- 2.5 %	- 2.0 %
Förändring i bristkvantitet	- 36.7 %	- 53.2 %	- 45.2 %	- 68.1 %
Förändr. lager styringskostn	- 16.6 %	- 23.1 %	- 23.3 %	- 33.3 %
Förändring antal restorder	- 21.5 %	- 33.0 %	- 38.7 %	- 55.0 %
Förändring antal leveranser	+ 1.4 %	+ 2.6 %	+ 0.8 %	+ 1.4 %

Av resultatsammanställningen framgår att servicenivån ökat med storleksordningen en halv procentenhet eller mer genom att halvera stora order som erhålls i bristriskzoner. Denna förbättring av leveransförmågan kan förefalla liten men vid servicenivåer nära 100 % utgör även enstaka tiondelar stora förbättringar. Detta framgår exempelvis av att den totala bristkvantiteten, dvs. den sammanlagda kvantitet som inte kunnat levereras direkt från lager utan måste restnoteras, minskat med mellan 36 och 68 % för de studerade fallen. Att skillnaderna är påtagliga framgår också av att minskningen av antalet restorder är mellan 21 och 55 %. Av naturliga skäl är minskningen störst för fallet att stora order definieras som order vars kvantitet tillhör de 20 % största orderkvantiteterna eftersom detta fall inneburit att fler order halveras.

Användning av säkerhetslageralternativet för att definiera bristriskzonen medför högre servicenivå och större minskning av bristkvantitet respektive antal restorder jämfört med att använda tidsgränskriteriet. Säkerhetslagerkriteriet medför också färre halverade order än om tidsgräns används, en andel på 2,2 % jämfört med 3,1 % för fallet att stor order definieras som order vars kvantitet tillhör de 20 % största orderkvantiteterna. Detta förhållande påverkar också hur många fler leveranser som måste utföras jämfört med att inte halvera några order. För de båda orderstorleksfallen minskar ökningen av totalt antal leveranser till nästan hälften, från 1,4 till 0,8 % respektive från 2,6 till 1,4 %. Eftersom nackdelen med att halvera order för att nå en högre servicenivå och få färre brister är ett ökat antal utleveranser kan man konstatera att simuleringsresultaten visar att användning säkerhetslager som kriterium för när halvering av order skall ske är effektivare och ger färre nackdelar i form av ökat antal utleveranser än vad tidsgränskriteriet gör. Att säkerhetslagerkriteriet är effektivare framgår också av resultaten av förändringar av kapitalbindningen i säkerhetslager och lagerstyrningskostnader. Vid användning av säkerhetslagerkriteriet minskar säkerhetslagret med storleksordningen 2 % medan det ökar något om tidsgränskriteriet används.

Lagerstyrningskostnaderna minskar med som lägst 16 % för de analyserade alternativen, men klart mer om säkerhetslagerkriteriet används. Minskningen i lagerstyrningskostnader blir också större ju fler order som halveras, dvs. vid en lägre gräns för vad en stor order är. Förbättringen sker emellertid till priset av fler leveranser.

Om man bortser från effekter av den ökning av totalt antal leveranser som uppkommer på grund av orderdelning styrker resultaten hypotes 1 både med avseende på det använda tidsgränskriteriet och med avseende på säkerhetslagerkriteriet.

4.2 Delning av order från mindre viktiga kunder

Resultaten för fallet att order halveras inom bristriskzonen om det är frågan om order från mindre viktiga kunder sammanfattas i tabell 2. På samma sätt som ovan avser redovisade förändringar jämförelser med fallet att inga order halveras. Servicenivån, uttryckt som andel av den totala efterfrågan som kan levereras direkt från lager, var för fallet att inga order halveras 98.8 %. Både alternativet med att 20 % av ordena och att 40 % av ordena kommer från viktiga kunder har studerats.

Som framgår av tabellen ökar servicenivån med närmre en procentenhet genom att halvera order som erhålls i bristriskzoner och som kommer från mindre viktiga kunder. Förbättringen är klart större än vad som var fallet när stora order halverades. Detta är förväntat eftersom betydligt fler order halveras i det här fallet. För alternativet med 20 % av ordena från viktiga kunder jämfört med de 10 % största ordena är det fråga om en femdubbling, från en andel på 1,7 % till 10,3 %. Även minskningen av totala bristkvantiteter och antal restorder är klar större än vad som var fallet vid halvering av stora order. Minskningen av total bristkvantitet är större än 59 % och minskningen av antal restorder större än 40 % för samtliga fall. Av naturliga skäl är minskningen störst för fallet med färre order från viktiga kunder eftersom detta innebär fler halverade order än om antalet order från viktiga kunder är fler.

Tabell 2 Simuleringsresultat för fallet att order från mindre viktiga kunder halveras när de erhålls inom en bristriskzon

	<i>Tidsgräns 20 % viktiga kundorder</i>	<i>Tidsgräns 40 % viktiga kundorder</i>	<i>Säkerhetslager 20 % viktiga kundorder</i>	<i>Säkerhetslager 40 % viktiga kundorder</i>
Servicenivå	99.6	99.5	99.8	99.7
Andel halverade order	10.3 %	7.6 %	5.4 %	4.0 %
Förändring i säkerhetslager	+ 2.8 %	+ 1.8 %	+ 11.5 %	+ 11.3 %
Förändring i bristkvantitet	- 70.0 %	- 58.9 %	- 85.2 %	- 71.4%
Förändr. lager styrningskostn	- 28.8 %	- 24.9 %	- 33.3 %	- 27.4 %
Förändring antal restorder	- 51.8 %	- 40.9 %	- 68.6 %	- 54.2 %
Förändring antal leveranser	+ 9.5 %	+ 6.9 %	+ 4.3 %	+ 3.2 %

Användning av säkerhetslageralternativet för att definiera bristriskzonen medför även i det här fallet högre servicenivå och större minskning av bristkvantitet respektive antal restorder jämfört med att använda tidsgränskriteriet. Säkerhetslagerkriteriet medför också färre halverade order än om tidsgräns används. I stort sett halveras andelen halverade order om säkerhetslagerkriterier används, vilket innebär att det i mindre utsträckning i onödan selekterar ut order för halvering av orderkvantiteter. Genom den effektivare selekteringen minskar också antalet leveranser som måste utföras i förhållande till antal kundorder. Även för det här fallet kan man därför konstatera att användning säkerhetslager som kriterium för när halvering av order skall ske är effektivare och ger färre nackdelar i form av ökat antal utleveranser än vad tidsgränskriteriet gör.

Jämfört med orderdelning baserat på orderstorlekar medför delning av order från mindre viktiga kunder ett större säkerhetslager. Detta utfall är förväntat eftersom det senare alternativets större antal orderdelningar och därmed av tidsmässig leveransförskjutning av sammanlagt större kvantiteter. Trots detta minskar lagerstyrningskostnaderna. Att så är fallet beror på att ökningen av lagerhållningskostnader för det större säkerhetslagret mer än väl kompenseras av minskade bristkostnader. Den totala minskningen i lagerstyrningskostnader var mellan 25 och 33 % för de olika fallen. Antalet leveranser är klart större än för fallet med halvering av stora order.

Om man bortser från effekter av den ökning av totalt antal leveranser som uppkommer på grund av orderdelning styrker resultaten hypotes 2 både med avseende på det använda tidsgränskriteriet och med avseende på säkerhetslagerkriteriet.

4.3 Leveranstid för stora order

Resultaten för fallet att alla stora order levereras med leveranstid om de erhålls inom bristriskzoner sammanfattas i tabell 3. På samma sätt som ovan definieras stor order som order vars kvantitet tillhör de 10 alternativt 20 % största orderkvantiteterna för de order per artikel som simulerats. Denna definition av stora order har inneburit att stora

order i 10 %-alternativet representerat cirka 32 % av den totala efterfrågan och i 20 %-alternativet cirka 52 % av den totala efterfrågan. Redovisade förändringar avser jämförelser med fallet att alla order avses levereras direkt. Servicenivån, uttryckt som andel av den totala efterfrågan som kan levereras direkt från lager, var för fallet att alla order direktlevereras 98.8 %.

Tabell 3 Simuleringsresultat för fallet att stora order levereras med leveranstid när de erhålls inom en bristriskzon

	<i>Tidsgräns 10 % största orderna</i>	<i>Tidsgräns 20 % största orderna</i>	<i>Säkerhetslager 10 % största orderna</i>	<i>Säkerhetslager 20 % största orderna</i>
Servicenivå	99.5	99.7	99.7	99.9
Andel order med lev. tid	1.7 %	3.1 %	1.3 %	2.1 %
Förändring i säkerhetslager	+ 1.3 %	+ 3.0 %	- 1.1 %	- 0.5 %
Förändring i bristkvantitet	- 55.6 %	- 75.4 %	- 72.9 %	- 92.6 %
Förändr. lager styrningskostn	- 24.7 %	- 31.6 %	- 35.9 %	- 43.0 %
Förändring antal restorder	- 40.4 %	- 60.3 %	- 66.0 %	- 86.9 %
Förändring antal leveranser	- 0.6 %	- 0.8 %	- 0.9 %	- 1.2 %

Av tabell 3 framgår att servicenivån ökat med närmre en procentenhet genom att leverera stora order med leveranstid om de erhålls inom bristriskzoner. Denna förbättring av leveransförmågan är större än för fallet att halvera stora order. Förbättringen kan emellertid även i det här fallet förefalla liten. Som påpekades ovan utgör emellertid även enstaka tiondelar stora förbättringar vid servicenivåer nära 100 %. Att förbättringen är tämligen stor framgår också av att den totala bristkvantiteten, dvs den sammanlagda kvantitet som inte kunnat levereras direkt från lager utan måste restnoteras, minskat med mer än 55 % för samtliga studerade fall. För fallet med de 20 % största orderkvantiteterna och vid användning av säkerhetslagerkriteriet var minskningen över 90 %. Att det är fråga om stora förbättringar framgår också av att förändringen i antal restorder är påtaglig, mer än 40 respektive 60 % för de båda orderstorleksfallen. Av naturliga skäl är minskningen störst för fallet att stor order definieras som order vars kvantitet tillhör de 20 % största orderkvantiteterna eftersom detta fall innebär att fler order halveras.

Skillnaderna i servicenivå och förändring av bristkvantitet respektive antal restorder mellan de alternativa sätten att definiera riskzon är inte försumbara. Exempelvis är minskningen av bristkvantitet och antal restorder avsevärt större när säkerhetslagerkriteriet tillämpas för att avgöra om en order skall ges leveranstid eller inte. Det kan noteras att det totala antalet leveranser med detta differentieringsalternativ medför en minskning av det totala antalet leveranser eftersom mängden restorder minskar kraftigt. Minskningen är störst då säkerhetslageralternativet används, - 1,2 % jämfört med -0,8 % när tidsgränskriteriet används för att definiera bristriskzonen vid alternativet med order vars

kvantitet tillhör de 20 % största orderkvantiteterna. Användning av lagersaldo i förhållande till säkerhetslagerstorlek som kriterium för att definiera bristriskzonen ger också betydligt färre order med leveranstid än om tidsgräns används, 2,1 % jämfört med 3,1 % för fallet att stora order definieras som order vars kvantitet tillhör de 20 % största orderkvantiteterna.

Även av resultaten av förändringar av kapitalbindningen i säkerhetslager och lagerstyrningskostnader framgår att säkerhetslagerkriteriet är effektivare. Vid användning av säkerhetslagerkriteriet minskar säkerhetslagret något medan det ökar då tidsgränskriteriet används. Lagerstyrningskostnaderna minskar också mer om säkerhetslagerkriteriet används, speciellt för 20 %-orderfallet där skillnaden är mer än tio procentenheter. Man kan alltså även för det här fallet konstatera att användning säkerhetslager som kriterium för när stora order skall levereras med leveranstid är klart effektivare än tidsgränskriteriet.

Om man bortser från de negativa effekter som det kan innebära att inte alltid leverera direkt vid order, styrker de erhållna resultaten hypotes 3 både med avseende på det använda tidsgränskriteriet och med avseende på säkerhetslagerkriteriet.

4.4 Leveranstid till mindre viktiga kunder

Det fjärde sättet att differentiera utleveranser avser att ge leveranstid till mindre viktiga kunder om ordena erhålls för leverans inom bristriskzoner. Resultaten av simuleringarna i detta fall sammanfattas i tabell 4. Både alternativet med att 20 % av ordena och att 40 % av ordena kommer från viktiga kunder har inkluderats. Redovisade förändringar avser jämförelser med fallet att alla order avses levereras direkt om brist inte föreligger. Servicenivån, uttryckt som andel av den totala efterfrågan som kan levereras direkt från lager, var för fallet att alla order direktlevereras 98.8 %.

Genom att tillämpa leveranstid för mindre viktiga kunder när kundorder erhålls för leverans i bristriskzoner når man praktiskt taget en hundra procentig servicenivå vilket framgår av tabell 4. Den förbättrade leveransförmågan framgår också av de stora minskningarna i total bristkvantitet och i antalet oplanerade restorder. Bristkvantiteten har minskat med mellan 81 och 99 % och antalet restorder med mellan 76 och 99 %. Denna förbättring av leveransförmågan är större än för fallet att stora order ges leveranstid. Av naturliga skäl är minskningen störst för fallet med färre order från viktiga kunder eftersom detta innebär fler halverade order än om antalet order från viktiga kunder är fler.

Skillnaderna i servicenivå och förändring av bristkvantitet respektive antal restorder mellan de olika alternativa sätten att definiera riskzon är inte heller i det här fallet försumbara. Exempelvis är minskningen av bristkvantitet och antal restorder avsevärt större när säkerhetslagerkriteriet tillämpas för att avgöra om en order skall ges leveranstid eller inte. Skillnaderna är i samtliga fall med än tio procentenheter.

Tabell 4 Simuleringsresultat för fallet att order från mindre viktiga kunder levereras med leveranstid när de erhålls inom en bristriskzon

	<i>Tidsgräns 20 % viktiga kundorder</i>	<i>Tidsgräns 40 % viktiga kundorder</i>	<i>Säkerhetslager 20 % viktiga kundorder</i>	<i>Säkerhetslager 40 % viktiga kundorder</i>
Servicenivå	99.9	99.8	100.0	100.0
Andel order med lev. tid	10.3 %	7.6 %	8.8 %	7.0 %
Förändring i säkerhetslager	+ 6.7 %	+ 4.2 %	+ 9.0 %	+ 6.1 %
Förändring i bristkvantitet	- 89.8 %	- 81.0 %	- 99.6 %	- 98.1 %
Förändr. lager styrningskostn	- 35.4 %	- 32.8 %	- 39.0 %	- 39.9 %
Förändring antal restorder	- 85.3 %	- 76.1 %	- 98.7 %	- 93.9 %
Förändring antal leveranser	- 1.2 %	- 1.1 %	- 1.4 %	- 1.3 %

På samma sätt som för fallet med leveranstid för stora order minskar det totala antalet leveranser med detta differentieringsalternativ. Detta är en konsekvens av att antalet restorder minskar kraftigt. Skillnaderna mellan de båda kriterierna är försumbara. Tillämpning av leveranstid för order från mindre viktiga kunder medför som förväntat att en stor andel av alla order levereras med leveranstid. Denna andel är i det här fallet betydligt större än när leveranstid tillämpades för stora order. Andelen order med leveranstid av det totala antalet order ligger mellan 7 och 10 % för de olika kriteriealternativen och viktig kund alternativten. Som resultat av leveranstidssättningen för mindre viktiga kunder kan man också notera att säkerhetslagret ökar. De ökade lagerhållningskostnader som uppstår på grund av detta kompenseras mer än väl av minskade bristkostnader så att de sammanlagda lagerstyrningskostnaderna minskar med storleksordning 32 % och däröver. Även om skillnaderna är något mindre kan man även för det här fallet konstatera att användning av säkerhetslager som kriterium för när stora order skall levereras med leveranstid är klart effektivare än tidsgränskriteriet.

Bortser man från de negativa effekter som det kan innebära att inte alltid leverera direkt till mindre viktiga kunder styrker de erhållna resultaten hypotes 4 både med avseende på det använda tidsgränskriteriet och med avseende på säkerhetslagerkriteriet.

5 Sammanfattning och slutsatser

Traditionellt har differentierad lagerstyrning tillämpats på materialflöden in till företaget och på hur lagrets sammansättning bör se ut. Ett lagers kapitalbindning och leveransförmåga kan emellertid också påverkas av hur materialflödena ut från företaget styrs, dvs. av hur utleveranserna till kund planeras. För att åstadkomma detta kan man tillämpa olika differentieringsalternativ för hur mycket som skall levereras på en kundorder och när leverans skall ske i de fall det finns risk för att leveransproblem kan uppstå. I den här studien har differentierad utleveransplanering analyserats för följande alternativ:

halvering av stora order, halvering av order till mindre viktiga kunder, leveranstid för stora order samt leveranstid för mindre viktiga kunder. I samtliga fall tillämpas differentieringsreglerna endast inom en tidsgräns på två dagar till inleverans respektive när lagersaldot efter eventuell leverans skulle underskridit säkerhetslagerkvantiteten, dvs när man kommit in i den del av lagercykeln som här kallas bristriskzonen.

Effekterna av de analyserade differentieringsalternativen har utvärderats med hjälp av simulering. Från dessa simuleringar har förändringar i procent av det totala säkerhetslagrets storlek, av summa bristkvantitet, av antalet restnoteringsorder, av de totala lagerstyrningskostnaderna och samt av den totalt erhållna servicenivån beräknats och jämförts med fallet att ingen halvering av order sker respektive att alla order levereras direkt om det finns tillräckliga kvantiteter kvar i lager. Resultaten från beräkningarna kan sammanfattas i följande punkter:

- Halvering av stora order för leverans vid två tillfällen leder till en kraftig minskning av de totala bristkvantiteterna, över 36 % i samtliga analyserade fall, och av antalet restnoteringar, över 21 % i samtliga analyserade fall. Även lagerstyrningskostnaderna minskar påtagligt. En måttlig ökning av det totala antalet leveranser motsvarande cirka 1 % uppstår. Säkerhetslagerkriteriet för halvering är effektivare än tidsgränskriteriet.
- Delning av order från mindre viktiga kunder ger ytterligare kraftigare minskning av de totala bristkvantiteterna, över 59 % i samtliga analyserade fall, och av antalet restnoteringar, över 41 % i samtliga analyserade fall. Likaså är minskningen av lagerstyrningskostnader påtaglig. Förbättringarna sker emellertid till priset av en tämligen stor ökning av det totala antalet leveranser, i värsta fallet med nästan 10 %. Även i det här fallet är säkerhetslagerkriteriet för halvering effektivare än tidsgränskriteriet.
- Även differentieringsalternativet att tillämpa leveranstid för stora order ger en mycket kraftig minskning av de totala bristkvantiteterna, över 55 % i samtliga analyserade fall, och av antalet restnoteringar, över 40 % i samtliga analyserade fall samt av lagerstyrningskostnaderna. Det totala antalet leveranser minskar med mellan en halv och en procent. Precis som för halveringsfallen är säkerhetslagerkriteriet effektivare än tidsgränskriteriet.
- Av de olika differentieringsalternativen ger tillämpning av leveranstid för mindre viktiga kunder störst effekt. De totala bristkvantiteterna minskar med mer än 81 % för samtliga studerade fall och antalet restnoteringar med mer än 76 %. Säkerhetslagret ökar något men genom den stora minskningen av bristkvantiteter reduceras ändå lagerstyrningskostnaderna med mer än 30 %. Det totala antalet leveranser minskar med mer än 1 %. Säkerhetslagerjämförelsen är ett effektivare kriterium för att tillämpa leveranstider än en viss tid framför nästa inleverans.

Mot bakgrund av de resultat som erhållits från analyserna av olika differentieringsalternativ och som sammanfattats ovan kan följande slutsatser dras.

Differentiering av utleveranser innebär stora möjligheter att effektivisera lagerstyrning och leveransförmåga. För att nå störst effekt bör det kriterium för att avgöra om en dif-

ferentiering av kundorder skall tillämpas eller ej baseras på en jämförelse av aktuellt disponibelt lagersaldo med en multipel av säkerhetslagerkvantiteten.

De ur lagerstyrningssynpunkt mest effektiva differentieringsalternativen är tillämpning av leveranstid för stora order och för order till mindre viktiga kunder. Dessa alternativ bidrar dessutom till att det totala antalet leveranser minskar. Även halvering av stora order och halvering av order till mindre viktiga kunder bidrar påtagligt till ökad lagerstyrningseffektivitet. Halveringen medför emellertid också ett ökat antal leveranser, alldeles speciellt för det senare alternativet. Ett sätt att reducera detta antal kan vara att endast halvera order av en viss storlek till mindre viktiga kunder.

Referenser

Gilmour, P. med flera. (1994) Customer service: Differentiating by market segment, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 24 No. 4.

Mattsson, S-A. (2004) Prognoskonsumtion för lagerstyrning och huvudplanering, Arbetspapper, Institutionen för Teknisk Ekonomi och Logistik, Lunds Universitet.

Mattsson, S-A. (2005) Differentierad styrning av inleveranser till lager, Arbetspapper, Institutionen för Teknisk Ekonomi och Logistik, Lunds Universitet.

Persson, G. (1995) Logistics process redesign: Some useful insights, *The international Journal of Logistics Management*, Vol. 6 No. 1.

Sandvig, C. – Allaire, J. (1998) Vitalizing a service parts inventory, *Production and Inventory Management Journal*, 1st Qtr.