

Hantering av reservationer i beställningspunkts-system

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

En förutsättning för att kunna styra materialflöden är att man har en uppfattning om förväntad framtida efterfrågan. I lagerstyrningssammanhang föreligger ofta en situation där man både har reservationer till kundorder/tillverkningsorder och prognoser som underlag för att bedöma framtida efterfrågan. Prognostiserad efterfrågan och efterfrågan i form av reservationer från kundorder och tillverkningsorder är emellertid inte varandra uteslutande utan måste hanteras tillsammans för att undvika att de inräknas två gånger. Syftet med det projekt som redovisas i den här rapporten har varit att studera vad det innebär för kapitalbindning och lagerstyrningskostnader att jämföra beställningspunkter med disponibelt saldo plus uteliggande order, dvs att fullt ut ta hänsyn till aktuella reservationer utöver den prognostiserade efterfrågan samt att utveckla sätt att mixa reservationer och prognostiserad efterfrågan under ledtiden och att analysera och värdera hur jämförelsevis effektivare sådana tillvägagångssätt är i förhållande till att helt bortse från reservationer vid användning av beställningspunktssystem. Av de erhållna resultaten kan följande allmänna slutsatser dras.

Det är aldrig lämpligt att jämföra beställningspunkter med disponibelt saldo plus uteliggande order utan att justera beställningspunkten så att dubbelräkning av reservationer i möjligaste mån undviks. Om så inte sker kommer kapitalbindning och lagerstyrningskostnader att bli väsentligen högre än nödvändigt. Om av något skäl justering av beställningspunkter inte är möjlig eller inte kan göras med tillfredsställande noggrannhet bör man jämföra beställningspunkter med redovisade saldon plus uteliggande order. Som en gardering mot att mängden reserverat inom ledtid kan överstiga prognostiserad efterfrågan under samma tid är det lämpligt att parallellt jämföra summa reserverat med skillnaden mellan redovisat saldo plus uteliggande order och säkerhetslagret. Ny order initieras då endera av att beställningspunkten underskrids eller av att summa reserverat är större än redovisat saldo plus uteliggande order minus säkerhetslager.

Man får alltid mindre lagerstyrningskostnader om man jämför justerade beställningspunkter med disponibelt i lager plus uteliggande order. Hur mycket mindre lagerstyrningskostnaderna blir är beroende av dels hur stor andel reservationerna utgör av den totala efterfrågan under ledtid och av dels hur noggrant man kan uppskatta denna andel. För det artikelsortiment som ingått i den simulering som genomförts blev lagerstyrningskostnader storleksordningen 10 - 15 % mindre vid en reservationsandel på storleksordningen 25 %.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

En förutsättning för att kunna styra materialflöden är att man har en uppfattning om förväntad framtida efterfrågan eller förbrukning. Om materialflödena är orderstyrda utgörs denna efterfrågan av reservationer till kundorder eller till tillverkningsorder. Den är därmed i huvudsak helt känd både med avseende på tid och kvantitet. Är i stället materialflödena prognosstyrda är situationen annorlunda. Framtida efterfrågan kan då vara helt okänd och man måste göra prognoser för att få nödvändigt underlag för styrningen. I lagerstyrningssammanhang föreligger ofta en situation där man har både reservationer till kundorder/tillverkningsorder och prognoser som underlag för att bedöma framtida efterfrågan. Prognostiserad efterfrågan och efterfrågan i form av reservationer från kundorder och tillverkningsorder är emellertid inte varandra uteslutande utan måste hanteras tillsammans.

1.2 Problembeskrivning och forskningsfråga

Leveranser från lager kan ske successivt i takt med att kundorder erhålls. I många fall förekommer emellertid också inslag av kundorder med leveranstid som innebär att material reserveras för framtida leverans. Samma förhållande gäller för tillverkningsorder som ofta planeras in för start med en viss framförhållning och därmed ger upphov till reservationer för framtida uttag och förbrukning. Båda dessa typer av reservationer utgör en del av den prognostiserade efterfrågan. De kan därför inte adderas till prognosen utan måste på något sätt mixas med den totalt prognostiserade efterfrågan för att kunna användas som underlag för lagerstyrningen. Prognoskonsumtion är ett i Sverige använt begrepp för denna mixning och har definierats av logistikföreningen PLAN som ”avräkning av prognoser mot erhållna kundorder så att dubbelräkning av efterfrågan undviks” (Mattsson, 2004a).

Om man använder sig av metoder som bygger på materialbehovsplanering är det relativt oproblematiskt att genomföra prognoskonsumtion. Exempelvis gäller detta MRP och tidsfasad beställningspunkt. Olika förekommande konsumtionsmetoder finns redovisade i litteraturen och en utvärdering av dem har genomförts av Mattsson (2004b). I princip bygger alla sådana prognoskonsumtionsmetoder på att per planeringsperiod avräkna prognoser mot erhållna reservationer och att på något sätt hantera de skillnader, positiva eller negativa, mellan prognoser och summa reserverat som uppkommer. Exempelvis kan det vara fråga om att fördela skillnaderna så jämt som möjligt över alla planeringsperioder inom en prognosperiod eller att endast bry sig om negativa skillnader genom att för varje planeringsperiod välja det största av prognos och summa reserverat.

Hur reservationer och prognoser bör mixas är inte lika uppenbart om man använder beställningspunktssystem. Ett vanligt sätt att ta hänsyn till förekommande reservationer vid användning av beställningspunktssystem är att jämföra beställningspunkten med disponibelt saldo plus uteliggande order i stället för med redovisat saldo plus uteliggande order. Med disponibelt saldo i det här sammanhanget avses redovisat saldo minskat med summa reserverat inom ledtiden för återanskaffning. Enligt en studie i svensk industri gör 78 % av de företag som använder beställningspunktssystem på det här sättet (Mattsson, 1994, sid 66). Tillvägagångssättet innebär emellertid att reservationerna räk-

nas dubbelt eftersom de också är en del av den prognostiserade efterfrågan under ledtiden. Detta medför i sin tur att kapitalbindningen i säkerhetslager blir oekonomiskt stor.

Det är inte möjligt att hantera problemet genom att mixa prognoser och reservationer på samma sätt som vid materialbehovsplanering. Den ledtidförbrukning som är en del av beställningspunktskvantiteten kan inte delas upp på delperioder som vid materialbehovsplanering. Enda möjligheten att tillämpa den typ av prognoskonsumtion som används vid materialbehovsplanering är i det här fallet att välja det största av prognostiserad förbrukning under ledtid och summa reserverat under ledtid. Praktiskt kan detta tillvägagångssätt realiserars genom att vid varje beställningspunktsgenomgång göra två jämförelser. Den ena jämförelsen avser redovisat saldo plus uteliggande order mot beställningspunkten, dvs. mot förväntad prognostiserad efterfrågan utan hänsyn till förekommande reservationer under ledtid plus säkerhetslager. Den andra jämförelsen avser summa reserverat under ledtid mot beställningspunkten minskad med säkerhetslagerkvantiteten. Om antingen saldot plus uteliggande order är mindre än beställningspunkten eller beställningspunkten minus säkerhetslagret är mindre än summa reserverat under ledtid planeras en ny order in. På så sätt kan man undvika att prognoser och reservationer dubbelräknas. Med undantag för fall där summa reserverat under ledtid är i samma storleksordning som den prognostiserade efterfrågan är tillvägagångssättet emellertid alltför grovmaskigt för att ge något mervärde av att delar av efterfrågan är känd i form av reservationer.

Att helt bortse från förekomst av reservationer är givetvis också ett alternativ. Det innebär emellertid att man inte drar nytta av att reservationer representerar en helt känd efterfrågan som kan bidra till att minska inslaget av en osäkerhet i prognosen. Det är rimligt att anta ett beställningspunktssystem som kan ta hänsyn till den efterfrågeinformation som reservationer utgör skulle kunna medföra en effektivare lagerstyrning i bemärkelsen högre servicenivå för en given kapitalbindning i säkerhetslager eller alternativt uttryckt lägre lagerstyrningskostnader i form av lagerhållningskostnader och bristkostnader.

En hypotetisk slutsats av den förda diskussionen är att det både är olämpligt att helt bortse från reservationer vid användning av beställningspunktssystem och att behandla reservationer som en efterfrågan som måste tillfredsställas utöver den som prognostiserats under ledtiden. Det kan därför vara av intresse att utreda vilken påverkan på lagerstyrningseffektiviteten som en mixning av prognostiserade och reserverade kvantiteter kan ge. Mot denna bakgrund kan följande forskningsfråga formuleras.

- Vad innebär det i form av påverkan på kapitalbindning och lagerstyrningskostnader att i beställningspunktssystem ta hänsyn till både reservationer inom ledtid och till prognoser avseende den ytterligare efterfrågan som kan förväntas inom ledtiden och så att dubbelräkning av efterfrågan i möjligaste mån undviks.

1.3 Syfte och avgränsningar

Syftet med det projekt som redovisas i den här rapporten är att studera vad det innebär för kapitalbindning och lagerstyrningskostnader att jämföra beställningspunkter med disponibelt saldo plus uteliggande order, dvs. fullt ut ta hänsyn till aktuella reservationer utöver den prognostiserade efterfrågan. Syftet är också utveckla sätt att mixa reservationer och prognostiserad efterfrågan under ledtid och att analysera och värdera hur jämfö-

relsevis effektivare dessa tillvägagångssätt är i förhållande till att helt bortse från reservationer vid användning av beställningspunktssystem.

I de analyser som genomförs förutsätts efterfrågan variera slumpmässigt kring ett givet medelvärde, utan inslag av trender, säsongvariationer eller andra systematiska efterfrågeförändringar. Eftersom det problem som studeras handlar om hur reservationer skall hanteras tillsammans med prognostiserade efterfrågan är det inte intressant att studera fallet att brist leder till förlorad försäljning. I stället antas brister resultera i restnotering för senare leverans.

2 Beställningspunktsjämförelser i litteraturen

Det finns en omfattande logistiklitteratur som behandlar beställningspunktssystem. Praktiskt taget ingen av alla de logistikböcker som studerats inom ramen för det här projektet diskuterar emellertid det problem som hänger samman med hur man skall hantera ineliggande reservationer vid användning av beställningspunktssystem. I merparten av logistikböckerna jämförs beställningspunkten med aktuellt lagersaldo. Detta är exempelvis fallet i Fetter – Dalleck (1961, sid 8), Fogarthy – Hoffmann (1983, sid 213), Mather (1984, sid 47), Vollman – Berry – Whybark (1992, sid 701), Oden – Langenwalter – Lucier (1993, sid 43), Arnold, (1996, sid 265), Persson – Virum (1998, sid 145), Lumsden (1998, sid 269), Segerstedt (1999, 56) och Aronsson – Ekdahl – Oskarsson (2003, sid 222). Segerstedt gör dessutom tillägget att jämförelsen skall ske med den fysiska lagernivån.

I praktisk tillämpning kan inte ett beställningspunktssystem bygga enbart på jämförelser med aktuellt lagersaldo. Att så är fallet påpekas i ett antal logistikböcker för fallet att ordercykeltiden, dvs tiden från beställning till inleverans, är längre än lagercykeltiden, dvs den tid det tar för en inlevererad kvantitet att förbrukas. Det gäller emellertid också av den anledningen att om hänsyn inte skulle tas till den kvantitet som förväntas levereras in genom att en ny order läggs ut, skulle beställningspunktssystemet vid varje kontroll av om lagersaldot är mindre än beställningspunkten generera nya orderförslag. Den kvantitet som beställningspunkten jämförs med måste således alltid avse summan av aktuellt lagersaldo och kvantiteterna på uteliggande order. En sådan jämförelse görs bland andra av Magee – Boodman, (1967, sid 121), Wight (1981, sid 425), Lambert – Stock (1993, sid 414, Bernard (1999) och Olhager (2000, sid 231).

Ett antal författare använder begreppet lagerposition vid jämförelse med beställningspunkt. Lagerposition definieras av logistikföreningen PLAN som ”summan av den kvantitet som vid ett visst tillfälle finns i lager plus kvantiteter på uteliggande ej levererade order minus eventuella restorderkvantiteter” (Mattsson, 2004a, sid 93). Att även ta hänsyn till restorderkvantiteter som uppstått på grund av brist är egentligen endast av intresse om summa bristkvantitet vid ett inleveranstillfälle är större än den inlevererade kvantiteten och när ordercykeln är längre än lagercykeln. Bland författare som använder lagerposition enligt denna definition kan nämnas Brown (1977, sid 241), Axsäter (1991, sid 40) och Tersine (1994, sid 94).

Att använda lagerposition definierad på det här sättet är teoretiskt korrekt eftersom existerande tillgångar ställs mot förväntade behov i form av en beställningspunkt. Förfarandet innebär emellertid också att man helt förlitar sig på den prognos som beställ-

ningspunkten utgör och följaktligen inte beaktar förekommande kända behov i form av ineliggande reservationer. Att beakta reservationer kan exempelvis göras genom att minska kvantiteten i lager plus kvantiteter i uteliggande order med summa reserverade kvantiteter, dvs att jämföra beställningspunkten med disponibelt i lager plus kvantiteter i uteliggande order. Lagerposition definieras på det här sättet av bland andra Silver – Peterson (1985, sid 252) och Smith (1989, sid 109). Av andra författare som använt samma sätt att beräkna jämförelsekvantiteten men utan att kalla det lagerposition kan nämnas Lewis (1975, sid 102) och Shah (1988, sid 363). I stället för lagerposition använder de begreppet disponibelt lager (available inventory). Samma beräkningssätt men med beteckningen fritt lager (free stock) används av Burbidge (1968, sid 322) och New (1977). Silver – Peterson påpekar att endast reservationer inom ledtid bör dras av från summa saldo och uteliggande order eftersom reservationer bortom ledtid kan täckas av en ny order och därmed inte påverkar den disponibla kvantiteten.

Frågan om reservationer skall betraktas som ”uttagna” när lagerpositionen jämförs med beställningspunkten eller om de skall lämnas utan beaktande diskuteras av Andersson – Ljungfeldt – Wandel (1970, sid 122). Författarna ser både för- och nackdelar med att ta hänsyn till reservationer. De förordar en lösning i form av att reservationer endast beaktas om de faller inom ledtiden, dvs. samma typ av hantering som förordas av Silver – Peterson. För- och nackdelar med att minska lagerpositionen med reserverade kvantiteter diskuteras också av Burbidge (1968, sid 323).

Mattson – Jonsson (2003, sid 397) påpekar att det är fel att jämföra beställningspunkter med disponibelt plus uteliggande order även om man endast inkluderar reservationer inom ledtid eftersom reservationer utgör en del av efterfrågan under ledtiden och följaktligen en del av beställningspunkten. De kommer därför att beaktas två gånger vilket leder till att nya order initieras för tidigt med för stora lager som följd. Författarna anger två huvudalternativ för att hantera problemet. Ett alternativ är att minska beställningspunktskvantiteten så att den utöver säkerhetslager endast inkluderar förväntad efterfrågan under ledtid minus den mängd reservationer som ”normalt” alltid finns ineliggande. Det andra alternativet innebär att vid varje beställningspunktstillfälle göra två jämförelser. Den ena jämförelsen avser redovisat saldo plus uteliggande order mot beställningspunkten, dvs. mot förväntad total efterfrågan under ledtid plus säkerhetslager. Den andra jämförelsen avser summa reserverat under ledtid mot redovisat saldo plus uteliggande order minskat med säkerhetslagerkvantiteten. Om endera av saldot plus uteliggande order är mindre än beställningspunkten eller saldot plus uteliggande order minus säkerhetslagret är mindre än summa reserverat under ledtid planeras en ny order in. Tillvägagångssättet innebär att det största av summa reserverat och totalt prognostiserad efterfrågan under ledtiden används som bas för beställningspunktsjämförelse och att dubbelräkning följaktligen undviks. I princip är detta detsamma som att tillämpa den ”störst av kundorder och ursprungsprognos”-metod för prognoskonsumtion som diskuteras av Mattsson (2004b).

Ett sätt att ta hänsyn till reservationer utan att dubbelräkna i det fall reservationerna finns inom en tidsgräns för inkommande reservationer har redovisats av Schönsleben (2004, sid 531). Fallet innebär att en minsta leveranstid tillämpas för kundorder och en minsta framförhållningstid tillämpas för inplanering av tillverkningsorder. Schönslebens metod innebär att redovisat lagersaldo plus uteliggande order minskas med summa reserverat inom tidsgränsen och jämförs med en reducerad beställningspunkt. Den reduce-

rade beställningspunkten beräknas som prognostiserad efterfrågan per dag gånger ledtiden minskad med tidsgränsen.

Ingen tidskriftsartikel som behandlar hur reservationer skall hanteras vid lagerstyrning har hittats. Vid sökning på "inventory position" i Lunds Universitets biblioteksdata-baser erhöles 125 träffar. I en helt övervägande majoritet av dessa artiklar definierades inte vad inventory position står för. I de få tidskrifter som diskuterade begreppet definierades det på samma sätt som Axsäter (1991, sid 40) och några andra författare enligt ovan.

3 Tillvägagångssätt vid analys och utvärdering

3.1 Hantering av reservationer

Problemet att vid användning av beställningspunktssystem kunna beakta reservationer utan dubbelräkning är något olikartat beroende på om en minsta leveranstid till kund eller en minsta framförhållning vid inplanering av tillverkningsorder tillämpas eller ej. Tillämpas en minsta leveranstid/framförhållning tillkommer inga nya reservationer från kundorder eller tillverkningsorder inom denna tidsrymd, dvs. inom den så kallade kundordertidsgränsen respektive inplaneringstidsgränsen för tillverkningsorder. De reservationer som finns inom denna tidsgräns utgör den totala efterfrågan och något behov av mixning med prognostiserad efterfrågan behövs sålunda inte. Bortom tidsgränsen utgör reservationer en del av den totalt prognostiserade efterfrågan och måste om man skall ta hänsyn till dem på något sätt mixas med denna prognos så att dubbelräkning undviks. Tillämpas ingen minsta leveranstid eller minsta framförhållning vid inplanering av tillverkningsorder måste mixning ske över hela ledtiden.

För att förenkla analys och värdering av konsekvenserna av att beakta reservationer vid användning av beställningspunktssystem har två renodlade fall behandlats, dels fallet när det endast förekommer reservationer inom kundordertidsgränsen respektive inplaneringstidsgränsen för tillverkningsorder eller att man inte beaktar eventuella förekommande reservationer efter denna tidsgräns och dels fallet att det inte tillämpas någon specifik tidsgräns för att acceptera leverans mot kundorder respektive tillåta inplanering av tillverkningsorder. Blandfall kan givetvis också förekomma men kan då bedömas utifrån den samlade effekten av de båda renodlade fallen var för sig.

Problemet med att ta hänsyn till reservationer utan att dubbelräkna för fallet med att alla reservationer finns inom en specificerad tidsgräns kan lösas genom att minska beställningspunkten med den prognostiserade efterfrågan under tiden fram till tidsgränsen och att jämföra denna justerade beställningspunkt med redovisat saldo plus uteliggande order minus aktuella reservationer. I medeltal över tiden kommer då beställningspunkten att minskas lika mycket som redovisat saldo minskas med reservationer och dubbelräkning följaktligen undvikas.

När ingen specifik tidsgräns för reservering av material tillämpas och därmed att förekommande reservationer utgör en okänd del av den totala efterfrågan kan problemet att ta hänsyn till reservationer utan att dubbelräkna lösas genom att uppskatta en så kallad reservationsgrad. Med reservationsgrad menas förväntad andel av den totalt prognostiserade efterfrågan inom ledtiden som är reserverad. Beställningspunkten minskas med denna reservationsgrad gånger prognostiserad efterfrågan under ledtiden och det juste-

rade värdet jämförs med redovisat saldo plus uteliggande order minus aktuella inneliggande reservationer inom ledtid, dvs. med disponibelt saldo plus uteliggande order. I medeltal över tiden kommer då beställningspunkten att minska lika mycket som redovisat saldo minskas med reservationer och dubbelräkning följaktligen undvikas.

Vid fall med tidsgräns för reservationer men också förekomst av reservationer bortom denna tidsgräns som man vill ta hänsyn till, kan de metoder för att justera beställningspunkter som beskrivits kombineras. Med avseende på reservationer inom tidsgränsen justeras beställningspunkten på samma sätt som ovan, medan beställningspunkten med avseende på reservationer mellan tidsgränsen och ledtiden justeras med reservationsgraden gånger prognostiserade efterfrågan under perioden från tidsgränsen till ledtidens slut. Reservationsgraden definieras då som förväntad andel av den prognostiserade efterfrågan som är reserverad under perioden från tidsgränsen till ledtidens slut.

Beskrivningen ovan av hur reservationer kan hanteras gäller det traditionella beställningspunktssystemet. Motsvarande resonemang kan emellertid föras för den typ av täcktidsplanering som bygger på att täcktiden beräknas som lagersaldo dividerat med prognostiserad efterfrågan per dag och att denna täcktid jämförs med ledtiden plus en säkerhetstid. För sådan täcktidsplanering blir motsvarande lösning enligt följande. Finns det en specifik tidsgräns inom vilken alla reservationer faller beräknas täcktiden som disponibelt saldo plus uteliggande order dividerat med prognostiserad efterfrågan per dag plus det antal dagar som tiden fram till tidsgränsen för reservationer utgör. Denna justerade täcktid jämförs därefter på vanligt sätt med ledtiden plus en säkerhetstid. Saknas tidsgräns för reservationer och reservationer förekommer spritt inom ledtiden beräknas täcktiden som disponibelt saldo plus uteliggande order dividerat med prognostiserad efterfrågan per dag plus reservationsgraden gånger ledtiden i dagar. Även i detta fall jämförs den beräknade täcktiden på vanligt sätt med ledtid plus en säkerhetstid. Slutsatsen av det förda resonemanget är att de resultat som erhålls vid den analys och utvärdering som redovisas här i lika stor utsträckning gäller för täcktidsplanering som för beställningspunktssystem

3.2 Använda datauppgifter och analysmetoder

För att analysera vilka effekter hanteringen av reservationer enligt ovan medför med avseende på kapitalbindning och lagerstyrningskostnader har simuleringar genomförts. Simuleringarna har omfattat 60 olika artiklar, vardera med olika karakteristik med avseende på värde per styck, årsförbrukning, antal uttag per dag, medelkvantitet per uttag och kvantitet per inleverans.

Följande data ligger till grund för de genomförda analyserna och konsekvensberäkningarna.

Ordersärkostnad: 250 kr

Lagerhållningsfaktor: 25 %

Kostnad för restnotering av order: 150 kr oberoende av bristens storlek och värdet på de bristande artiklarna.

Ledtid för lagerpåfyllnad: 10 dagar för samtliga artiklar.

Artikelvärde: Artikelvärden på 10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 100, 150 och 200 kronor per styck har slumpats ut med lika sannolikhet på de olika artiklarna.

Antal uttag per dag: Antal uttag i medeltal per dag på 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4, 5, 6, 8 och 10 stycken har fördelats slumpmässigt över alla artiklarna med fyra artiklar per uttagskvantitet. Detta har resulterat i att medelantalet uttag per artikel är 3,3 per dag. Antalet uttag per dag har därefter slumpgenererats så att medeltalet per dag motsvarar ovanstående värden. Detta har exempelvis inneburit att antalet uttag för en artikel med i medeltal 10 uttag per dag blivit som mest 22 stycken per dag och som minst 1 styck per dag.

Uttagskvantitet: Medeluttagskvantiteter på 2, 4, 6 respektive 8 stycken per uttag har slumpats ut på de olika artiklarna så att medeluttagskvantiteten för hela artikelsortimentet blivit 5 stycken. Uttagskvantiteter per uttag har med lika sannolikheter varierats mellan 1 och 3 för medeluttagskvantitet 2, mellan 3 och 5 för medeluttagskvantitet 4, mellan 4 och 8 för medeluttagskvantitet 6 samt mellan 6 och 10 för medeluttagskvantitet 8.

Kvantitet på inleveransorder: Orderkvantiteten har beräknats med hjälp av Wilsons formel. Dock har av beräkningstekniska skäl kvantiteterna anpassats så att antalet inleveranser begränsas till att bli högst 20 och minst 4 per år.

Säkerhetslager: Säkerhetslagret har dimensionerats med utgångspunkt från beräknad standardavvikelse för respektive artikel och en bristkostnad i form av en restnoteringskostnad på 150 kr oavsett bristkvantitet och artikelvärde.

För fallet med tidsgräns för reservationer har följande sex olika scenarier analyserats: Jämförelse av disponibelt i lager när tidsgränsen är 1, 2 respektive 3 dagar med justerad beställningspunkt och jämförelse av disponibelt i lager när tidsgränsen är 1, 2 respektive 3 dagar med en beställningspunkt som justerats med 1, 2 respektive 3 dagars prognostiserad efterfrågan. För fallet utan tidsgräns har följande åtta olika scenarier analyserats: Jämförelse av disponibelt i lager när reservationsgraden i genomsnitt är 10, 20 respektive 30 % med ojusterade beställningspunkter och jämförelse av disponibelt i lager när reservationsgraden 10, 20, 30 respektive 40 % med en beställningspunkt som justerats med 10, 20, 30 respektive 40 % av den prognostiserade efterfrågan under ledtid. Vid beräkning av disponibelt har reserverad kvantitet satts lika med den slumpmässigt genererade efterfrågan under dag 2, under dag 2+4, under dag 2+4+6 och under dag 2+4+6+8 vid 10, 20, 30 respektive 40 % reservationsgrad.

Eftersom hanteringen av reservationer för fallet att de inte ligger innanför en specifik tidsgräns bygger på en uppskattning av reservationsgraden har också en känslighetsanalys genomförts. Detta har gjorts genom att jämföra lagerstyrningskostnaderna när reservationsgraden är korrekt uppskattad med motsvarande när den är 10, 20, 30 respektive 40 % för högt uppskattad och 10, 20 respektive 30 % för lågt uppskattad.

För simulering av materialflöden till lager har ett traditionellt beställningspunktssystem använts. Simuleringarna har genomförts i Excel och omfattat tjugo år av daglig förbrukning och inleveranser för var och en av de sextio artiklarna och för vart och ett av de ovan beskrivna scenarierna. Efterfrågan har skapats genom att kombinera slumpmässigt bestämda antal uttag per dag och slumpmässigt bestämda uttagskvantiteter per uttag. De

variationer som förekommer i efterfrågan är helt och hållet en slumpeffekt. Inga systematiska variationer i form av trender eller säsongvariationer förekommer i de skapade tidsserierna. Variationskoefficienten per vecka för den genererade efterfrågan varierar mellan 0,16 och 1,12. Endast fallet att brist leder till restnotering och senare leverans har analyserats eftersom förlorad försäljning är av begränsat intresse när material reserveras i förväg.

4 Resultat och analyser

Som framgått ovan har analysen av hur hantering av reservationer påverkar kapitalbindning och lagerstyrningskostnader delats upp på två fall, dels fallet att det finns en tidsgräns inom vilken inga nya reservationer tillkommer samt att eventuellt förekommande reservationer bortom tidsgränsen inte beaktas, och dels fallet att det inte finns en sådan tidsgräns och att förekommande reservationer kan finnas var som inom och bortom ledtiden. Resultat och analyser från de genomförda simuleringarna redovisas nedan uppdelat på dessa båda fall.

4.1 Reservationer inom specificerad tidsgräns

För fallet med en specificerad tidsgräns inom vilken det inte tillkommer några nya kundorderreservationer eller reservationer från tillverkningsorder har jämförelser gjorts mellan å ena sidan att ingen hänsyn tas till reservationer och å andra sidan

- att hänsyn tas genom att jämföra disponibelt saldo plus uteliggande order med en beställningspunkt som representerar prognostiserad förbrukning under ledtid plus ett säkerhetslager respektive
- att hänsyn tas genom att jämföra disponibelt saldo plus uteliggande order med en beställningspunkt som justerats med den prognostiserade efterfrågan inom den specificerade tidsgränsen.

Disponibelt saldo har beräknats genom att minska redovisat saldo med de inneliggande reservationer som finns inom tidsgränsen för reservationer. Beställningspunkten har justerats genom att minska den konventionellt beräknade beställningspunkten med den prognostiserade efterfrågan per dag gånger antalet dagar fram till tidsgränsen för reservationer.

Skillnader i kapitalbindning och lagerstyrningskostnader i form av lagerhållningskostnader och bristkostnader när reservationer beaktas men beställningspunkten inte justeras för att undvika dubbelräkning och motsvarande när reservationer inte alls beaktas i procent av de senare framgår av tabell 1.

Tabell 1 Skillnader i kapitalbindning och lagerstyrningskostnader i % mellan att ta hänsyn till reservationer vid beräkning av disponibelt saldo men utan justering av beställningspunkter och att inte ta hänsyn till reservationer för fallet med tidsgräns för tillkommande reservationer

	<i>Tidsgräns för reservationer 1 dag</i>	<i>Tidsgräns för reservationer 2 dagar</i>	<i>Tidsgräns för reservationer 3 dagar</i>
Skillnad i kapitalbindning	+ 33,2 %	+ 66,5 %	+ 99,9 %
Skillnad i lagerstyrningskostnader	+ 3,0 %	+ 20,4 %	+ 42,5 %

Som framgår av tabellen blir både kapitalbindningen i säkerhetslager och lagerstyrningskostnaderna avsevärt högre om man vid beställningspunktsjämförelse minskar tillgångarna med inneliggande reservationer jämfört med att låta reservationerna vara en del av den prognostiserade efterfrågan under ledtiden och endast jämföra beställningspunkten med redovisat saldo plus uteliggande order.

Motsvarande skillnader när hänsyn tas till reservationer och beställningspunkten justeras i motsvarande grad visas i tabell 2. Som framgår av tabellen blir kapitalbindningen praktiskt taget oförändrad när hänsyn till att reservationer utgör en del av efterfrågan tas genom att schablonmässigt justera beställningspunkterna i motsvarande mån.

Tabell 2 Skillnader i kapitalbindning och lagerstyrningskostnader i % mellan att ta hänsyn till reservationer vid beräkning av disponibelt saldo vid samtidig justering av beställningspunkter och att inte ta hänsyn till reservationer för fallet med tidsgräns för tillkommande reservationer

	<i>Tidsgräns för reservationer 1 dag</i>	<i>Tidsgräns för reservationer 2 dagar</i>	<i>Tidsgräns för reservationer 3 dagar</i>
Skillnad i kapitalbindning	- 0,1 %	0,0 %	- 0,3 %
Skillnad i lagerstyrningskostnader	- 4,3 %	- 9,5 %	- 12,5 %

Lagerstyrningskostnaderna blir signifikant mindre när hänsyn tas till reservationer genom att jämföra beställningspunkten med disponibelt saldo i stället för redovisat saldo och kompensera för detta genom att justera beställningspunkten. Vid första påseende kan detta förefalla märkligt eftersom man skulle kunna föreställa sig att man minskar beställningspunkten med samma kvantitet som man minskar redovisat saldo. Så är emellertid inte fallet. Beställningspunkten justeras med den genomsnittligt prognostiserade efterfrågan inom tidsgränsen för reservationer medan redovisat saldo minskas med de reservationer som i realiteten finns inom denna tidsgräns. På grund av detta kommer initieringen av påfyllnadsorder att dynamiskt anpassa sig till den aktuella efterfrågesituationen på ett helt annat sätt än när endast den genomsnittligt prognostiserade efterfrågan beaktas vilket är fallet när ingen hänsyn tas till inneliggande reservationer.

4.2 Reservationer inom ledtid men utan specificerad tidsgräns

För fallet att det inte finns någon specificerad tidsgräns inom vilken det inte tillkommer några nya reservationer har jämförelser även i det här fallet gjorts mellan å ena sidan att ingen hänsyn tas till reservationer och å andra sidan

- att hänsyn tas genom att jämföra disponibelt saldo plus uteliggande order med en beställningspunkt som representerar prognostiserad förbrukning under ledtid plus ett säkerhetslager respektive
- att hänsyn tas genom att jämföra disponibelt saldo plus uteliggande order med en beställningspunkt som justerats med den förväntade andelen reservationer under ledtiden.

Disponibelt saldo har beräknats genom att minska redovisat saldo med de inneliggande reservationer som finns inom ledtiden. Beställningspunkten har justerats genom att minska den konventionellt beräknade beställningspunkten med uppskattad reservationsgrad gånger prognostiserad efterfrågan under ledtiden. Med reservationsgrad menas hur stor andel av den totalt prognostiserade efterfrågan under ledtid som i medeltal utgörs av reservationer.

Skillnader i kapitalbindning och lagerstyrningskostnader i form av lagerhållningskostnader och bristkostnader när reservationer beaktas men beställningspunkter inte justeras för att undvika dubbelräkning och motsvarande när reservationer inte alls beaktas i procent av de senare visas i tabell 3 för reservationsgrader på 10, 20 respektive 30 %.

Tabell 3 Skillnader i kapitalbindning och lagerstyrningskostnader i % mellan att ta hänsyn till reservationer vid beräkning av disponibelt saldo men utan justering av beställningspunkter och att inte ta hänsyn till reservationer för fallet utan tidsgräns för inkommande reservationer

	<i>Tidsgräns för reservationer 1 dag</i>	<i>Tidsgräns för reservationer 2 dagar</i>	<i>Tidsgräns för reservationer 3 dagar</i>
Skillnad i kapitalbindning	+ 36,3 %	+ 72,2 %	+ 108,0 %
Skillnad i lagerstyrningskostnader	+ 3,0 %	+ 23,9 %	+ 48,6 %

Av tabell 3 framgår att både kapitalbindningen i säkerhetslager och lagerstyrningskostnaderna blir avsevärt högre om man vid beställningspunktsjämförelse minskar tillgångarna med inneliggande reservationer jämfört med att låta reservationerna vara en del av den prognostiserade efterfrågan under ledtiden och endast jämföra beställningspunkten med redovisat saldo plus uteliggande order. Skillnaderna är av samma storleksordning som ovan för fallet med en tidsgräns för inkommande reservationer. Detta är förväntat eftersom 10, 20 och 30 % reservationsgrad i medeltal motsvarar en tidsgräns 1, 2 respektive 3 dagar.

Motsvarande skillnader när hänsyn tas till reservationer men beställningspunkten justeras i motsvarande grad visas i tabell 4. Som framgår av tabellen blir kapitalbindningen något högre när hänsyn till att reservationer utgör en del av efterfrågan tas genom att

schablonmässigt justera beställningspunkterna i motsvarande mån. Att ökningen är större än motsvarande för fallet med tidsgräns för tillkommande reservationer kan förklaras av att reservationer i det här fallet inte tillkommer och bortfaller i samma takt som lageruttag. Disponibelt saldo påverkas därför mer oregelbundet och kan även öka från en dag till en annan. Genom att detta sker kan beställningspunkter underskridas en dag för att nästa dag vara större än disponibelt saldo. Detta leder emellertid inte till att inplanerad order annulleras och följaktligen får man vid vissa tillfällen order som planeras in för tidigt och därmed en något högre kapitalbindning jämfört med om reservationer och uttag sker i takt med varandra.

Tabell 4 Skillnader i kapitalbindning och lagerstyrningskostnader i % mellan att ta hänsyn till reservationer vid beräkning av disponibelt saldo vid samtidig justering av beställningspunkter och att inte ta hänsyn till reservationer

	<i>Tidsgräns för reservationer 1 dag</i>	<i>Tidsgräns för reservationer 2 dagar</i>	<i>Tidsgräns för reservationer 3 dagar</i>
Skillnad i kapitalbindning	+ 2,1 %	+ 4,8 %	+ 9,4 %
Skillnad i lagerstyrningskostnader	- 5,6 %	- 11,4 %	- 17,4 %

På motsvarande sätt som för fallet med tidsgräns för tillkommande reservationer blir lagerstyrningskostnaderna signifikant lägre när man tar hänsyn till reservationer genom att jämföra beställningspunkten med disponibelt saldo i stället för redovisat saldo och samtidigt kompensera för detta genom att justera beställningspunkten. Även i det här fallet kan det förklaras av att beställningspunkten justeras med den genomsnittliga andelen reservationer av den prognostiserade efterfrågan under ledtid medan redovisat saldo minskas med de reservationer som i realiteten finns inom ledtiden. Initieringen av påfyllnadsorder kommer av det här skälet att dynamiskt anpassa sig till den aktuella efterfrågesituationen på ett helt annat sätt än när endast den genomsnittligt prognostiserade efterfrågan beaktas vilket är fallet när ingen hänsyn tas till ineliggande reservationer. Skillnaderna i lagerstyrningskostnader är signifikanta och blir större ju högre reservationsgraden är.

4.3 Känslighetsanalys avseende lagerstyrningskostnader

Hanteringen av reservationer så att de inte dubbelräknas i fallet utan tidsgräns för tillkommande reservationer bygger på att man kan uppskatta reservationsgraden. Denna reservationsgrad kan betraktas som en form av prognos och är därmed behäftad med osäkerhet. Det är därför av intresse att studera hur känsliga de ovan redovisade resultaten är för felaktigheter i dessa uppskattningar. En känslighetsanalys har genomförts för att studera hur detta förhåller sig. Den redovisas i tabell 5. I tabellen visas procentuella skillnader i lagerstyrningskostnader på motsvarande sätt som i tabellerna ovan för olika grader av feluppskattningar. En feluppskattning på exempelvis + 10 % innebär att reservationsgraden uppskattats 10 % högre än vad den egentligen är och - 10 % att reservationsgraden uppskattats 10 % lägre än vad den verkliga är. För höga uppskattningar innebär att beställningspunkter kommer att bli för låga och följaktligen kapitalbindningen lägre än om reservationsgraden vore korrekt uppskattad. Motsatt förhållande gäller

om uppskattningen är för låg vilket innebär att kapitalbindningen kommer att bli högre än om reservationsgraden vore korrekt uppskattad.

Tabell 5 Skillnader i lagerstyrningskostnader i % mellan att ta hänsyn till reservationer vid beräkning av disponibelt saldo vid samtidig justering av beställningspunkter och att inte ta hänsyn till reservationer för olika reservationsgrader och vid olika stora feluppskattningar av reservationsgraden

<i>Feluppskattning</i>	<i>Res.grad 10 %</i>	<i>Res.grad 20 %</i>	<i>Res.grad 30 %</i>	<i>Res.grad 40 %</i>
+ 40 %	- 2,8 %	- 1,6 %	+ 2,5 %	+ 5,3 %
+ 30 %	- 4,0 %	- 7,6 %	- 10,0 %	- 13,4 %
+ 20 %	- 4,7 %	- 11,2 %	- 17,4 %	- 22,3 %
+ 10 %	- 5,9 %	- 11,7 %	- 17,2 %	- 21,7 %
Korrekt	- 5,6 %	- 11,4 %	- 15,3 %	- 17,4 %
- 10 %	- 6,0 %	- 9,8 %	- 11,1 %	- 10,4 %
- 20 %	- 6,1 %	- 7,5 %	- 6,0 %	- 1,9 %
- 30 %	- 4,9 %	- 4,8 %	- 0,2 %	+ 7,2 %

Av resultaten från den genomförda känslighetsanalysen kan man utläsa att lagerstyrningskostnaderna är tämligen okänsliga för feluppskattningar av reservationsgraden. Även om reservationsgraden uppskattats upp till 30 % för högt eller ner till 20 % för lågt får man klart lägre lagerstyrningskostnader genom att ta hänsyn till reservationer vid beräkning av disponibelt saldo och vid samtidig justering av beställningspunkter jämfört med att inte alls ta hänsyn till reservationer. Känsligheten är mindre för överuppskattningar än för underuppskattningar. Ju högre reservationsgraden är desto känsligare är lagerstyrningskostnaderna för feluppskattningar.

5 Resultatsammanfattning och slutsatser

I den här rapporten redovisas resultaten från en jämförelse mellan att göra beställningspunktsjämförelser baserat på redovisat saldo plus uteliggande order, dvs inte beakta förekommande reservationer och med att göra beställningspunktsjämförelse baserat på disponibelt saldo plus uteliggande order, dvs beakta förekommande reservationer, med eller utan justering av storleken på beställningspunkten. Två olika fall har ingått i studien.

Det ena fallet avser att en minsta leveranstid tillämpas för kundorder respektive en minsta framförhållningstid tillämpas för inplanering av tillverkningsorder. Fallet innebär att inga reservationer tillkommer inom denna tidsgräns. Eventuellt förekommande reservationer bortom den specificerade tidsgränsen beaktas inte. Analysresultaten från detta fall kan sammanfattas enligt följande:

- Att jämföra beställningspunkter med disponibelt saldo och uteliggande order utan att de justeras leder till väsentligt högre kapitalbindning och större lagerstyrningskostnader än om jämförelser görs med redovisat saldo och uteliggande order, dvs utan att beakta reservationer. Ju längre perioden fram till tidsgränsen för tillkommande reservationer är, desto större blir skillnaderna. För det artikelsortiment som studerats är det fråga om en fördubbling av kapitalbindningen i säkerhetslager vid en tidsgräns på tre dagar.

- Att jämföra beställningspunkter med disponibelt saldo och uteliggande order och samtidigt justera dem med prognostiserad efterfrågan under perioden fram till tidsgränsen leder till i huvudsak oförändrad kapitalbindning men lägre lagerstyrningskostnader än om jämförelser görs med redovisat saldo och uteliggande order, dvs utan att beakta reservationer. Ju längre perioden fram till tidsgränsen för reservationer är, desto större blir skillnaderna i lagerstyrningskostnader. För det artikelsortiment som ingått i simuleringsstudien blev skillnaderna i lagerstyrningskostnader storleksordningen 10 % vid en tidsgräns på ett par tre dagar.

Det andra fallet avser att ingen minsta leveranstid tillämpas för kundorder respektive ingen minsta framförhållningstid tillämpas för inplanering av tillverkningsorder. Reservationer förekommer utspritt inom ledtiden. Reservationer bortom ledtiden beaktas inte. Analysresultaten från detta fall kan sammanfattas enligt följande:

- Att jämföra beställningspunkter med disponibelt saldo och uteliggande order utan att de justeras leder även i det här fallet till väsentligt högre kapitalbindning och större lagerstyrningskostnader än om jämförelsen görs med redovisat saldo och uteliggande order, dvs utan att beakta reservationer. För det artikelsortiment som studerats är det fråga om en fördubbling av kapitalbindningen i säkerhetslager vid en reservationsgrad på 30 %.
- Att jämföra beställningspunkter med disponibelt saldo och uteliggande order och samtidigt justera dem med reservationsgradens andel av den prognostiserade efterfrågan under ledtiden leder till en något ökad kapitalbindning men samtidigt lägre lagerstyrningskostnader än om jämförelser görs med redovisat saldo och uteliggande order, dvs. utan att beakta reservationer. Ju högre reservationsgraden är, desto lägre blir lagerstyrningskostnaderna. För det artikelsortiment som ingått i simuleringsstudien blev skillnaderna i lagerstyrningskostnader storleksordningen 10 - 15 % vid reservationsgrader på 20 – 30 %.
- I det här fallet måste reservationsgraden uppskattas för att möjliggöra reduktion av beställningspunkter. Genomförd känslighetsanalys visar att möjlig minskning av lagerstyrningskostnader inte är särskilt känslig för feluppskattningar. Även om reservationsgraden uppskattats upp till 30 % för högt eller ner till 20 % för lågt får man klart lägre lagerstyrningskostnader genom att ta hänsyn till reservationer vid beställningspunktsjämförelser.
- Vid fall där det finns en tidsgräns för tillkommande reservationer men också reservationer bortom denna tidsgräns som man vill ta hänsyn till, kan de metoder för att justera beställningspunkter som tillämpats ovan kombineras. Den samlade påverkan på kapitalbindning och lagerstyrningskostnader blir av samma storleksordning som för de båda renodlade fallen. Mer noggrant beror storleken på denna påverkan på hur stor andel av samtliga reservationer inom ledtid som finns inom tidsgränsen för tillkommande reservationer.
- Resultaten avser beräkningar och analyser som gjorts i ett beställningspunktssystem. De gäller emellertid även om täcktidsplanering används för lagerstyrning. Vid täcktidsplanering justeras den beräknade täcktiden i stället för beställningspunkten.

Av de erhållna resultaten kan följande allmänna slutsatser dras.

- Det är aldrig lämpligt att jämföra beställningspunkter med disponibelt saldo plus uteliggande order utan att justera beställningspunkten så att dubbelräkning av reservationer i möjligaste mån undviks. Om så inte sker kommer kapitalbindning och lagerstyrningskostnader att bli högre än nödvändigt.
- Om av något skäl justering av beställningspunkter inte är möjlig eller inte kan göras med tillfredsställande noggrannhet bör man jämföra beställningspunkter med redovisade saldon plus uteliggande order. Som en gardering mot att mängden reserverat inom ledtid kan överstiga prognostiserad efterfrågan under samma tid är det lämpligt att parallellt jämföra summa reserverat med skillnaden mellan redovisat saldo plus uteliggande order och säkerhetslagret. Ny order initieras då endera av att beställningspunkten underskrids eller av att summa reserverat är större än redovisat saldo plus uteliggande order minus säkerhetslager.
- Man får alltid mindre lagerstyrningskostnader om man jämför justerade beställningspunkter med disponibelt i lager plus uteliggande order. Hur mycket mindre lagerstyrningskostnaderna blir är beroende av dels hur långt in i framtiden tidsgränsen för tillkommande reservationer ligger och dels med vilken säkerhet man kan uppskatta vilka kvantiteter som normalt brukar vara reserverade inom ledtiden.

Referenser

Andersson, J. – Ljungfeldt, S. – Wandel, S. (1970) Produktionsstyrning, Studentlitteratur.

Arnold, T. (1996) Introduction to materials management, Prentice-Hall.

Aronsson, H. – Ekdahl, B. – Oskarsson, B. (2003) Modern logistik, Liber.

Axsäter, S. (1991) Lagerstyrning, Studentlitteratur.

Bernard, P. (1999) Integrated inventory management, John Wiley & Sons.

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

Burbidge, J. (1968) The principles of production control, Macdonald & Evans.

Fetter, R. – Dalleck, W. (1961) Decision models for inventory management, Richard D Irwin.

Fogarthy, D. – Hoffmann, T. (1983) Production and inventory management, South-Western Publishing.

Lambert, D. – Stock, J. (1993) Strategic logistics management, Irwin.

Lewis, C. (1975) Demand analysis and inventory control, Saxon House.

- Lumsden, K. (1998) Logistikens grunder, Studentlitteratur.
- Magee, J. – Boodman, D. (1967) Production planning and inventory control, McGraw-Hill.
- Mather, H. (1984) How to really manage inventories, McGraw-Hill.
- Mattsson, S-A. (1994) Materialplaneringsmetoder i svensk industri. Forskningsrapport från Ekonomihögskolan i Växjö.
- Mattsson, S-A. – Jonsson, P. (2003) Produktionslogistik, Studentlitteratur.
- Mattsson, S-A. (2004a) Logistikens termer och begrepp, PLAN – Föreningen för Produktionslogistik.
- Mattsson, S-A. (2004b) Prognoskonsumtion för lagerstyrning och huvudplanering, Arbetspapper, Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Universitet.
- New, C. (1977) Managing the manufacture of complex products, Business Books.
- Oden, H. – Langenwaller, G. – Lucier, R. (1993) Handbook of material and capacity requirements planning, McGraw-Hill.
- Olhager, J. (2000) Produktionsekonomi, Studentlitteratur.
- Persson, G. – Virum, H. (1998) Logistik för konkurrenskraft, Liber.
- Schönsleben, P. (2004) Integral logistics management, St Lucie Press.
- Segerstedt, A. (1999) Logistik med focus på material- och produktionsstyrning, Liber.
- Shah, N. (1988) An integrated concept of materials management, McGraw-Hill.
- Silver, E. – Peterson, R. (1985) Decision systems for inventory management and production planning, John Wiley & Sons.
- Smith, S. (1989) Computer based production and inventory control, Prentice-Hall.
- Tersine, R. (1994) Principles of inventory and materials management, Prentice-Hall.
- Vollman, T. – Berry, W. – Whybark, C. (1992) Manufacturing planning and control for supply chain management, McGraw-Hill.
- Wight, O. (1981) Manufacturing resource planning: MRPII, Oliver Wight Companies.