

# Brister i grundläggande lagerstyrningsteorier och sättet att uppfatta och använda dem i industrin<sup>1</sup>

Stig-Arne Mattsson, Permatron AB

Under våren 2013 genomfördes en enkätstudie vid Chalmers Tekniska Högskola (1) om användning av lagerstyrningsmetoder i svensk industri. Studien omfattade närmre 300 medelstora och stora företag. Endast något över 30 % av företagen använde kostnadsoptimering för att beräkna lämpliga orderkvantiteter och endast något över 20 % av företagen beräknade säkerhetslager baserat på en önskad servicenivå trots att dessa båda metoder finns beskrivna i de flesta läroböcker i logistik och trots att det finns stöd för dem i de flesta affärssystem. I stället använde en klar majoritet av företagen metoder som inte brukar betraktas som teoretiskt korrekta, exempelvis erfarenhetsbaserade manuella uppskattningar eller antal dagars medelefterfrågan. Vad kan det finnas för anledningar till detta? Är utbildningsnivån hos de personer som arbetar med att styra materialflöden i företagen för låg för att de skall kunna tillgodogöra sig mer kvalificerade metoder eller har man inte insett värdet av att använda dem? Överensstämmer inte de modeller som de teoretiska metoderna bygger på tillräckligt väl med de förhållanden som råder i verkligheten och upplever man därför inte att de på ett rimligt sätt är användbara? Eller är det kanske så att de teoretiska metoderna inte blir fullt ut användbara på grund av det sätt som de presenteras i läroböcker och lärs ut på kurser av olika slag?

I den här artikeln är det framför allt några aspekter på de två sist nämnda förklaringarna som avses diskuteras. Syftet är att bidra till en ökad medvetenhet och förståelse för metodernas svagheter och begränsningar samt för sättet att uppfatta och använda dem för att förbättra förutsättningarna för att utvärdera deras användbarhet, för att anpassa dem så att de blir användbara och för att använda dem på ett så effektivt sätt som möjligt.

## 1 Olika servicenivådefinitioner

De teoretiska modeller som används i industrin för att dimensionera säkerhetslager utgår nästan alltid från endera av två olika servicenivådefinitioner, Serv1 (cykelservice) och Serv2 (fyllnadsgradservice). Serv1 definieras som sannolikheten att brist inte uppstår under en lagercykel och Serv2 som andel av efterfrågan som kan levereras direkt från lager. Som framgår av definitionerna står de för helt olika saker och sättet att beräkna säkerhetslager är beroende av vald servicenivådefinition. Har man valt en viss definition på servicenivå måste man använda det beräkningssätt som hör samman med denna definition. En hel del misstag förekommer i detta avseende. En anledning kan säkert vara att metodbeskrivningarna i läroböcker och tidskriftsartiklar är otydliga och i många fall direkt felaktiga. Av ett stickprov på 46 böcker/artiklar som beskrev säkerhetslagerberäkning med hjälp av den beräkningsmetod som motsvarar Serv1 definierades servicenivån som Serv2 i 10 och i 13 av dem var den använda servicenivån inte klart definierad eller saknades helt. Av nio svenska läroböcker som ingick i stickprovet hade 5 en felaktig definition i förhållande till det sätt på vilket säkerhetslagret beräknades.

---

<sup>1</sup> Artikeln är publicerad i Bonniers Ledarskapshandböcker i februari 2014

### Exempel

För en artikel med en efterfrågan på 1000 st per månad och en standardavvikelse under ledtid på 278 st motsvaras en Serv2 på 95 % av

- en Serv1 på 91 % om orderkvantiteten är 250 st
- en Serv1 på 83 % om orderkvantiteten är 500 st
- en Serv1 på 71 % om orderkvantiteten är 1000 st

Baserat på egen erfarenhet förefaller det vara så att Serv2 är den i företag vanligast använda definitionen medan det vanligast använda beräkningssättet är det som avser Serv1. Att beräkningssättet oftast baseras på Serv1 beror säkert på att de flesta affärssystem endast stöder detta sätt att beräkna säkerhetslager. Sådana misstag leder till att man får helt andra servi-

cenivåer än de man förväntar sig. Skillnaderna mellan de båda servicenivåbegreppen illustreras i vidstående exempel.

## 2 Beräkning av standardavvikelser

För att kunna beräkna säkerhetslager baserat på en önskad servicenivå krävs information om hur mycket efterfrågan varierar runt sitt medelvärde. Standardavvikelse brukar användas som mått på sådana variationer. Beräkning av sådana standardavvikelser görs i allmänhet per månad vilket medför att ett mycket begränsat antal historiska värden kommer att inkluderas eftersom man annars skulle behöva utgå från flera år gammal efterfrågestatistik. Det är vanligt att de beräknas över en period på tolv månader, dvs. de baseras på endast tolv efterfrågevärden. Med ett så litet stickprov kan man inte förvänta sig en särskilt hög noggrannhet. Förehållandet är praktiskt taget inte alls uppmärksammat i facklitteraturen. Man får snarast ett intryck av att den standardavvikelse som beräknas är ett värde som tämligen exakt och tidsinvariant beskriver storleken på aktuella efterfrågevariationer. Av en simuleringsstudie baserad på efterfrågedata från fyra olika företag (2) framgick att man måste använda sig av minst fyrtio efterfrågevärden för att uppnå en felmarginal på +/- 10 %. Små stickprov medför inte bara låg noggrannhet. Små stickprov medför också att standardavvikelsena varierar mycket från beräkningstillfälle till beräkningstillfälle vilket i sin tur leder till stora variationer i erhållna servicenivåer från månad till månad.

För beräkning av säkerhetslager är det efterfrågans standardavvikelse under ledtid som är av intresse, inte standardavvikelsen per månad. För att lösa detta problem beräknas standardavvikelsen under ledtid i allmänhet genom att multiplicera standardavvikelsen per månad med roten ur ledtiden i månader. Detta tillvägagångssätt beskrivs i läroböcker och tillämpas i industrin. Metodiken är emellertid endast korrekt om det inte föreligger beroendeförhållanden mellan efterfrågan i på varandra följande månader, dvs. att det inte föreligger någon autokorrelation. Bland annat i centrallager i hierarkiska distributionsnätverk förekommer emellertid sådan autokorrelation eftersom det finns mer eller mindre uttalade inslag av cykliska efterfrågemönster, speciellt när centrallagret försörjer ett begränsat antal lokala lager. Autokorrelation förekommer också vid leveranser till slutkunder, speciellt om antalet kunder är få. Om autokorrelation förekommer blir standardavvikelsena alltid för stora jämfört med korrekt beräknade värden. Därmed kommer kapitalbindningen i säkerhetslager att bli för stor och servicenivåerna oekonomiskt höga.

Av naturliga skäl måste beräkningar av standardavvikelser baseras på historisk efterfrågan. Detta är inget problem om det inte förekommer trender eller säsongvariationer. Om så är fallet, kommer emellertid standardavvikelsena att bli för små när efterfrågan ökar och för stora när efterfrågan minskar. Förenklat uttryckt medför detta att man får mycket brister under högsäsong och sitter med för stora lager under lågsäsong. För att undvika problemet måste beräknade standardavvikelser justeras baserat på prognostiserad framtida efterfrågan.

### 3 Hänsyn till överdrag

De lagerstyrningsmodeller som beskrivs i läroböcker och som också används i industrin utgår från antagandet att alla kundorder/uttag avser ett styck. Detta är mycket sällan fallet i verkligheten. Förhållandet gäller både beställningspunktssystem, täcktidsplanering och materialbehovsplanering. Eftersom uttag från lager är större än ett styck blir exempelvis konsekvensen för ett beställningspunktssystem att lagersaldot nästan alltid kommer att vara mindre än beställningspunkten när en ny lagerpåfyllnadsorder planeras in. Det uppstår med andra ord ett så kallat överdrag som leder till att den kvantitet som finns i lager vid ordertillfället inte täcker efterfrågan under ledtid. Eftersom säkerhetslagret endast är avsett för att fånga upp variationer i efterfrågan under ledtid leder överdraget till att erhållen servicenivå kommer att bli lägre än den som önskas och som använts för att dimensionera säkerhetslagret. Ju kortare ledtider, ju mindre orderkvantiteter och ju färre antal kundorder per år, desto lägre kommer den erhållna servicenivån att bli jämfört med den man dimensionerat säkerhetslagret för.

Den traditionella formeln för beräkning av beställningspunkter så som den beskrivs i läroböcker består av två termer, efterfrågan under ledtid plus ett säkerhetslager. För att få en rimlig överensstämmelse mellan dimensionerande servicenivå och erhållen servicenivå måste man lägga till en tredje term, förväntat medelöverdrag. Detta medelöverdrag kan beräknas på olika sätt (5). Motsvarande korrigerande av den teoretiska modellen måste för täcktidsplanering ske genom att minska lagret med det beräknade överdraget innan täcktiden beräknas och för materialbehovsplanering ske genom att minska lagret med det beräknade överdraget innan de dagliga nettobehoven beräknas.

### 4 Hantering av reservationer

I den grundläggande lagerstyrningsteorin antas leveranser från lager ske successivt i takt med att kundorder erhålls. I många fall förekommer emellertid också inslag av kundorder med leveranstid vilket innebär att kvantiteter reserveras för framtida leverans. Samma förhållande gäller för tillverkningsorder som planeras in för start med en viss framförhållning och därmed ger upphov till reservationer för framtida lageruttag. När lagerstyrningsmetoder som exempelvis beställningspunktssystem och materialbehovsplanering används i industrin förekommer två alternativa tillvägagångssätt med avseende på hantering av sådana reservationer. Det ena tillvägagångssättet innebär att man inte beaktar reservationer överhuvudtaget. För beställningspunktssystem innebär det att beställningspunkten jämförs med redovisat lagersaldo och för materialbehovsplanering att beräkningen av nettobehov endast tar hänsyn till prognostiserade behov. Konsekvensen av detta sätt att arbeta är att man inte tar hänsyn till den del av framtida efterfrågan som är hundraprocentigt känd och följaktligen inte egentligen skulle behöva prognostiseras.

Det andra tillvägagångssättet innebär att full hänsyn tas till de reservationer som ligger inom ledtiden. För beställningspunktssystem innebär detta att beställningspunkten inte jämförs med redovisat saldo utan med disponibelt saldo, dvs. redovisat saldo minskat med summa reserverade kvantiteter inom ledtid. Enligt en studie i svensk industri gjorde nästan 80 % av de företag som använder beställningspunktssystem på det här sättet (3). Tillvägagångssättet innebär emellertid att reservationerna räknas dubbelt eftersom de också är en del av den prognostiserade efterfrågan under ledtiden. Detta medför i sin tur att kapitalbindningen i säkerhetslager blir betydligt högre än nödvändigt, speciellt för högomsatta artiklar.

Används materialbehovsplanering kan sådan dubbelräkning på ett rimligt sätt undvikas genom att period för period avräkna prognoser mot erhållna reservationer och hantera de positiva såväl som negativa skillnader mellan prognostiserade och reserverade som uppkommer, dvs. tillämpa så kallad

prognoskonsumtion. Vid beräkningen av nettobehov tas därefter hänsyn både till prognostiserade behov och reservationer. Prognoskonsumtion är emellertid ett begrepp som oftast inte finns beskrivet i facklitteraturen. Det är också ett tämligen okänt begrepp i industrin och tillämpas ytterst sällan.

## 5 Avvikelse och variationer i erhållna servicenivåer

Av de metoder för säkerhetslagerberäkning som utgår från önskad servicenivå och som beskrivs i läroböcker och annan facklitteraturen får man intrycket att om man använder respektive metod på ett korrekt sätt så kommer önskad servicenivå att erhållas. Så är mycket sällan fallet. Mäter man exempelvis erhållen servicenivå varje månad kommer den att ibland vara väsentligt högre och ibland väsentligt lägre än den önskade som man dimensionerat säkerhetslagret för. De servicenivåer som erhålls varierar kring ett medelvärde eftersom den efterfrågan och den ledtid som används vid dimensioneringen i realiteten baseras på ett stickprov från historisk efterfrågan respektive från historiska ledtider. Även om man beräknar löpande medelvärden över ett helt år kan skillnaderna från månad till månad vara avsevärda, speciellt vid stora efterfrågevariationer och små orderkvantiteter.

Skillnader mellan den servicenivå man dimensionerar säkerhetslagren för och den servicenivå som man i medeltal får under ett antal månader uppstår också, dvs. det förekommer även systematiska skillnader utöver slumpmässiga variationer. Av några olika skäl blir nästan alltid erhållen medelservicenivå lägre än den målsatta servicenivå som använts för att dimensionera säkerhetslagret. En avgörande orsak till att det uppstår sådana systematiska skillnader mellan dimensionerande och erhållen servicenivå har som framgick ovan att göra med att använda lagerstyrningsmodeller utgår från antagandet att alla kundorder/uttag är ett styck, dvs. det uppstår ett överdrag som leder till att den kvantitet som finns i lager vid ordertillfället inte täcker efterfrågan under ledtid. Speciellt vid få kundorder per år, stora kundorderkvantiteter, korta ledtider och små orderkvantiteter kan man förvänta sig stora eller till och med mycket stora skillnader mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer.

En annan orsak till systematiska missöverensstämmelser mellan dimensionerande och erhållen servicenivå är att den teoretiska modell för beräkning av säkerhetslager som praktiskt taget alltid används i industrin bygger på antagandet att efterfrågevariationerna är normalfördelade. Verkliga efterfrågefördelningar avviker alltid mer eller mindre från normalfördelningen, framför allt beroende på kundorderfrekvens och kundorderstorlek. Simuleringsstudier har emellertid visat att bristande hänsyn till överdrag är en betydligt större orsak till missöverensstämmelse (4). Det är endast för fall med mycket få kundorder per år och korta ledtider som normalfördelningen är tveksamt användbar. Den utsträckning i vilken normalfördelningen på ett rimligt sätt motsvarar verklig efterfrågefördelning påverkas också av hur hög servicenivå man använder. Normalfördelningen ger mer rättvisande säkerhetslager och korrektare servicenivåer ju högre använd servicenivå är.

## 6 Servicenivåer för dimensionering kontra servicenivåer för uppföljning

Som påpekades ovan är Serv1 och Serv2 de servicenivådefinitioner som är helt dominerande för dimensionering av säkerhetslager i litteraturen. Det som dock nästan aldrig påpekas är att dessa mått i allmänhet är olämpliga för mätning och uppföljning av verkligt erhållen servicenivå eftersom de inte på ett rimligt sätt återspeglar kunders upplevelser av företagets leveransförmåga. Speciellt är Serv1 ett mått som praktiskt taget inte alls återspeglar leveransförmåga från ett kundperspektiv eftersom det står för i vilken utsträckning inleveranser skett innan det finns ett nettobehov från kundorder. Även Serv2 är tveksamt användbart. Exempelvis innebär måttet att leveransförmågan är den samma om man kunnat leverera 900 st direkt från lager mot fyra olika kundorder av en årsefter-

frågan på 1000 st som om man kunnat leverera samma kvantitet direkt från lager mot hundra olika kundorder. Måttet säger heller inget om i vilken utsträckning kunder drabbats av ej kompletta leveranser.

Med erhållen servicenivå vid leverans från lager menas allmänt i vilken utsträckning en viss artikel är tillgänglig för leverans direkt från lager när en kundorder erhålls. Några olika mått på erhållen servicenivå har redovisats i litteraturen. Av dessa mått är orderradsservice det klart vanligast använda i industrin. Det är också det mått som används i Supply Chain Councils SCOR-modell för order-till-leverans processer. Måttet står för procentuell andel kompletta orderrader som under en period kunnat levereras direkt från lager. Mot denna bakgrund vore det önskvärt att man kunde dimensionera säkerhetslager med utgångspunkt från en önskad orderradsservice. Det finns emellertid inte något analytiskt samband mellan önskad orderradsservice och säkerhetslagrets storlek. Det närmsta man kan komma är att använda Serv2 även om man mäter erhållen leveransförmåga som orderradsservice. Gör man det kommer man alltid att få en mindre eller mycket mindre orderradsservice än den Serv2-nivå man dimensionerat säkerhetslagret för. Endast vid kundorderkvantiteter på ett styck är Serv2 och orderradsservice likvärdiga.

## 7 Artikelperspektiv kontra grupperspektiv på leveransförmåga

I litteraturen betraktas säkerhetslagerdimensionering praktiskt taget genomgående från ett artikelperspektiv, dvs. varje artikels säkerhetslager dimensioneras med utgångspunkt från sina egna förhållanden utan hänsyn till övriga artiklar i en artikelgrupp eller ett helt artikelsortiment. Med ett sådant betraktelsesätt kommer av uppenbara skäl en artikel att få lika stort säkerhetslager om man vill uppnå en viss erhållen servicenivå oavsett om man använder Serv1, Serv2, antal dagars medelefterfrågan eller någon annan dimensioneringsmetod. Alla dimensioneringsmetoder blir med andra ord likvärdiga eftersom ett visst säkerhetslager alltid ger samma servicenivå oavsett med vilken metod man beräknat det. Enda skillnaden är, att det är mer eller mindre svårt att välja rätt parametervärde för att få den önskade servicenivån

Artiklar i en grupp har alltid olika priser och kostar därmed olika mycket ha i lager. Olika artiklar bidrar också olika mycket till den erhållna servicenivån för artikelgruppen som helhet. Om exempelvis orderradsservice används som mått på erhållen leveransförmåga, bidrar artiklar med många kundorder per år mer till den totalt erhållna servicenivån än artiklar med få kundorder per år. Det är därför uppenbart att om man vill åstadkomma en viss leveransförmåga för en artikelgrupp som helhet med så låg kapitalbindning som möjligt skall säkerhetslagren inte dimensioneras så att alla artiklar får samma servicenivå. I stället bör säkerhetslagren dimensioneras så att erhållna servicenivåer differentieras. Artiklar med många kundorder per år och med låga priser bör få högre servicenivåer än artiklar med få kundorder per år och med höga priser. Serv2 har dåliga egenskaper i detta avseende. Man kan analytiskt visa att användning av samma Serv2 för ett antal artiklar medför att artiklar med få kundorder per år och höga priser får större säkerhetslager och därmed högre servicenivåer än artiklar med många kundorder per år och med låga priser, dvs. precis motsatt till vad som är önskvärt. Att differentiera servicenivåer, dvs. att använda olika Serv2 för olika grupper av artiklar vid dimensionering av säkerhetslager kan förbättra situationen något. Det är emellertid inte helt trivialt att välja vilken variabel man bör differentiera på och hur mycket servicenivåerna bör differentieras. Det finns inte heller särskilt mycket vägledning i facklitteraturen.

## 8 Bestämning av orderkvantiteter

I litteraturen finns ett stort antal metoder för att beräkna orderkvantiteter på ett kostnadsoptimalt sätt. Den överlägset mest använda av dessa metoder och den som finns beskriven i nästa alla logistikböcker är Wilsons formel eller kvadratrotsformeln. Några olika varianter av formeln förekommer också, exempelvis en som tar hänsyn till kvantitetsberoende rabatter. Formeln bygger på ett antal antaganden som normalt sett inte är uppfyllda under verkliga förhållanden. Exempelvis utgår formeln från att all förbrukning är kontinuerlig (i praktiken ett styck åt gången), att efterfrågan är helt känd och konstant, att inleverans alltid sker när lagret är noll samt att brister inte förekommer. Formeln har därför varit mycket kritiserad och ifrågasatt.

Med hjälp av simulering har orderkvantiteter som erhålls med Wilsons formel jämförts med orderkvantiteter som är optimala under mer verklighetsnära förhållanden (5). Om man bortser från att brister förekommer och därmed att man inte behöver säkerhetslager, blir de teoretiskt optimala orderkvantiteterna genomgående mindre än de simulerat optimala, dvs. Wilsons formel ger något för små orderkvantiteter. Skillnaderna mellan teoretiskt och simulerat optimala orderkvantiteter visar sig emellertid vara tämligen försumbara från praktisk synvinkel och påverkar i huvudsak inte formelns användbarhet i praktiken utom för mycket lågomsatta artiklar.

## 9 Orderkvantiteter och säkerhetslager

Orderkvantiteter och säkerhetslager påverkar varandra ömsesidigt och skulle för att bli teoretiskt optimal behöva bestämmas samtidigt. Att åstadkomma detta är emellertid komplicerat och kräver ett iterativt tillvägagångssätt. I praktisk tillämpning och i alla grundläggande läroböcker bestäms orderkvantiteter och säkerhetslager var för sig, oftast utan att nämna att sambanden finns. Beräknas orderkvantiteter med hänsyn till säkerhetslager för att undvika alltför stora brister får man för små orderkvantiteter. Enligt teorierna bakom Wilsonformeln är emellertid totalkostnadskurvan mycket flack, dvs. summan av lagerhållningskostnader och ordersärkostnader ökar inte särskilt mycket även om man avviker från optimal orderkvantitet. De för små orderkvantiteterna medför därför i de flesta fall inte några påtagliga kostnadsökningar. Det är endast för fall med få kundorder per år, stora kundorderkvantiteter och små orderkvantiteter som skillnaderna inte är försumbara.

Att orderkvantiteter och säkerhetslager påverkar varandra ömsesidigt har mycket större betydelse vid beräkning av säkerhetslager. Att det finns ett sådant samband beskrivs sällan i litteraturen men framgår klart av det faktum att små orderkvantiteter medför fler inleveranstillfällen än stora orderkvantiteter och därmed fler tillfällen där lagret exponeras för brist. Förekommer det fler bristexponeringstillfällen per år måste man ha större säkerhetslager för att inte den totala bristkvantiteten skall öka i takt med minskande orderstorlekar. Används Serv1 för beräkning av säkerhetslager tas ingen sådan hänsyn till orderkvantiteter. Det medför exempelvis att bristkvantiteterna ökar och att erhållna servicenivåer blir lägre när man reducerar orderkvantiteter. Vill man undvika detta måste man öka den dimensionerande servicenivån.

Om i stället Serv2 används för att dimensionera säkerhetslager tas hänsyn till valda orderkvantiteter vid beräkningarna. Med denna servicenivådefinition kommer följaktligen säkerhetslagret att bli större ju mindre orderkvantiteter man använder. Det innebär emellertid också att man varje gång orderkvantiteterna ändras måste beräkna nya säkerhetslagernivåer. I annat fall kommer servicenivån att försämrans när orderkvantiteterna minskar.

## Referenser

- (1) Jonsson, P. – Mattsson, S-A. (2013) Lagerstyrning i Svensk industri: 2013 års användning, användningssätt och trender. Forskningsrapport, Chalmers Tekniska Högskola.
- (2) Mattsson, S-A. (2007) Standardavvikelser för säkerhetslagerberäkning, Forskningsrapport, Teknisk Logistik, Lunds Universitet.
- (3) Mattsson, S-A. (1994) Materialplaneringsmetoder i svensk industri, Forskningsrapport, Linnéuniversitetet.
- (4) Mattsson, S-A. (2013) Vilken servicenivå får man om man dimensionerar säkerhetslager med servicenivå, Forskningsrapport, Permatron Research.
- (5) Mattsson, S-A. (2012) Hur väl fungerar vanligt använda teoretiska lagerstyrningsmodeller under verkliga förhållanden? Forskningsrapport, Permatron Research.