

Prognostisering av standardavvikelser

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

För att styra materialflöden på ett effektivt sätt och så att man kan uppnå en önskvärd leveransförmåga är det nödvändigt att med rimlig noggrannhet inte endast kunna förutsäga framtida efterfrågan utan även hur mycket denna efterfrågan varierar, i allmänhet uttryckt i form av dess standardavvikelse. För att förutsäga efterfrågan finns ett antal välbeprövade prognosmetoder tillgängliga. Däremot saknas sådana metoder vad gäller att förutsäga standardavvikelser som mått på variationer. I de flesta sammanhang används i stället standardavvikelsen för den historiska efterfrågan som mått på variationer i framtida efterfrågan trots att systematiska förändringar i form av trender och säsongvariationer förutses.

I det projekt som redovisas i denna rapport har tre alternativa tillvägagångssätt för att prognostisera standardavvikelser utvecklats. I den första metoden sätts standardavvikelsen proportionell mot efterfrågeförändringen och i den andra metoden proportionell mot roten ut efterfrågeförändringen. Den tredje metoden utgör ett mellanting mellan den första och andra metoden, dvs. båda typerna av proportionalitet ingår. De tre metoderna har utvärderats vid olika grader av efterfrågeförändringar och för fyra olika bakomliggande förändringar i kundorderstrukturer. De erhållna resultaten kan sammanfattas enligt följande.

Om det är uppenbart att efterfrågan förändras procentuellt vid trender och säsongmässiga variationer är proportionalitetsmetoden lämpligast att använda för att prognostisera standardavvikelser. Procentuella förändringar kan exempelvis förväntas förekomma när antalet kunder och kundorder är mycket stort och orderkvantiteterna små jämfört med den totala efterfrågan per dag. Är det i stället uppenbart att efterfrågeförändringar beror på att antalet order ökar eller minskar medan orderkvantiteterna förblir oförändrade är rotmetoden lämpligast att använda för att prognostisera standardavvikelser.

Är det oklart vad det är för typ av förändringar i kundorderstrukturer som ligger bakom förekommande efterfrågeförändringar eller det är känt att förändringarna beror på en mix av ökat antal order och ökade orderkvantiteter är blandmetoden lämpligast att använda. Den ger i förhållande till andra osäkerheter som förekommer i samband med prognostisering rimligt acceptabelt små felmarginaler.

1 Bakgrund och syfte

All materialstyrning är förknippad med osäkerheter av olika slag. Det kan gälla osäkerheter med avseende på vilka kvantiteter som kommer att efterfrågas i framtiden, dvs. osäkerheter om framtida behov. Det kan också gälla osäkerheter på tillgångssidan, exempelvis osäkerheter rörande aktuella lagersaldon, i vilken utsträckning leverantörer kommer att leverera de kvantiteter som orderna avser, inslag av kassation samt i vilken utsträckning förväntade inleveranser kommer att levereras i tid. Det är sålunda fråga om både kvantitetsosäkerheter och tidsosäkerheter. För att hantera dessa inslag av osäkerhet måste företag använda sig av olika former av säkerhetsmekanismer, exempelvis i form av säkerhetslager.

Säkerhetslager som säkerhetsmekanism innebär att en extra kvantitet hålls i lager utöver vad som förväntas förbrukas. Denna extra kvantitet är avsedd att täcka upp osäkerheter i tillgångar och behov under återanskaffningstiden så att man uppnår en önskad leveransförmåga. För att åstadkomma detta på ett kostnadseffektivt sätt är det nödvändigt att med hjälp av beräkningar dimensionera säkerhetslagret med utgångspunkt från en önskad servicenivå, exempelvis uttryckt som andel av den totala efterfrågan som kan tillfredsställas direkt från lager. Säkerhetslagerdimensionering ställer emellertid också krav på att man kan beräkna eller uppskatta hur mycket efterfrågan varierar från period till period eftersom säkerhetslagret också är en funktion av dessa variationer.

Det finns sedan länge ett antal etablerade mätetal för att uttrycka hur mycket en storhet varierar. Av dessa alternativa mätetal är standardavvikelsen det vanligast använda för efterfrågevariationer. För att kunna beräkna sådana standardavvikelser krävs tillgång till efterfrågehistorik, exempelvis i form av utleveranser per månad under ett år tillbaka i tiden. Dessa på historik baserade standardavvikelser används sedan för dimensionering av säkerhetslager som gardering mot osäkerheter i framtida efterfrågan. Detta tillvägagångssätt är rimligt om efterfrågevariationerna är stationära, dvs inte förändras över tiden, samt om framtida efterfrågevolymen i huvudsak är oföränderliga, dvs det inte föreligger några nämnvärda trender eller säsongvariationer.

Eftersom materialstyrning avser styrning av framtida materialflöden kan det i många sammanhang vara önskvärt att inte endast prognostisera framtida efterfrågevolymen utan även framtida standardavvikelser. Inte minst gäller detta vid systematiska efterfrågeförändringar av typ trender och säsongvariationer där man inte kan utgå från att standardavvikelsen är konstant när efterfrågan går upp eller ner. Att direktprognostisera standardavvikelser på basis av historiska standardavvikelser är inte möjligt eftersom efterfrågevariationernas storlek är beroende av efterfrågansstorlek. Däremot skulle det kunna vara en framkomlig väg att prognostisera standardavvikelser med utgångspunkt från prognostiserad efterfrågan och antaganden om hur efterfrågevariationerna förändras i förhållande till förändringar i efterfrågans storlek. Mot denna bakgrund är det av intresse att studera följande forskningsfråga.

Vad finns det för samband mellan efterfrågans storlek och dess standardavvikelse och hur kan detta samband utnyttjas för att prognostisera framtida efterfrågevariationer uttryckta som standardavvikelser.

2 Problembehandling i litteraturen

Trots att förekomst av trender och säsongvariationer är mycket vanlig har problemet med att kunna prognostisera framtida standardavvikelser behandlats ytterst begränsat i litteraturen. Brown (1959, sid 94) hävdade baserat på empiriskt material att efterfrågevariationernas standardavvikelse såväl som prognosfelens standardavvikelse är approximativt proportionell mot medelefterfrågans storlek. Han kallade senare sambandet för "the variance law" (Brown, 1977, sid 47 och 152). Browns syfte med sambandet var att skapa möjligheter att bestämma standardavvikelser för nya produkter för vilka det inte finns någon efterfrågehistorik. Proportionalitetskonstanten kan exempelvis bestämmas med hjälp av regressionsanalys av förhållandet mellan standardavvikelsen och medelefterfrågan per period för ett antal liknande artiklar i sortimentet. Att det approximativt finns ett lineärt förhållande mellan efterfrågevariationernas standardavvikelse och efterfrågade volymer har också empiriskt visats av Snyder, Koehler och Ord (2002).

Burgin och Wild (1967) hävdar utan att leda det i bevis, att följande generella samband råder mellan efterfrågevariationernas standardavvikelse och efterfrågans storlek per period.

$$\sigma = \sqrt{\alpha \cdot e^2 + \beta \cdot e}$$

där α = en konstant
 β = en konstant
 e = efterfrågan per period

Om $\beta = 0$ är detta samband identiskt med Browns samband. Enligt Burgin och Wild bestäms konstanterna med hjälp av efterfrågedata från andra artiklar med liknande efterfrågestruktur.

Att bestämma proportionalitetskonstanten i Browns samband eller de båda konstanterna i Burgins och Wilds ekvation med hjälp av data från andra artiklar är tekniskt inte särskilt komplicerat. Det är emellertid inte helt trivialt att välja vilka artiklar som har efterfrågestrukturer som på ett tillfredsställande sätt motsvarar den artikel för vilken efterfrågevariationernas standardavvikelse skall bestämmas vid en viss efterfrågevolym.

van Hees och Monhemius (1972, sid 18) hävdar att nedanstående samband gäller mellan standardavvikelse och efterfrågan. Samma samband hävdas av Silver – Pyke – Peterson (1998, sid 126). I inget av fallen föreligger några bevis.

$$\sigma = konst \cdot e^n$$

där σ = standardavvikelsen per period
 e = efterfrågan per period

van Hees och Monhemius hävdar också baserat på empiriska undersökningar att konstanten n ligger mellan 0,5 och 1 med undantag för fall med endast enstaka kunder. Sambandet när n är lika med 1 motsvarar Burgins och Wilds samband med $\beta = 0$ och när n är lika med 0,5 Burgins och Wilds samband med $\alpha = 0$.

I samliga ovanstående fall är syftet att uppskatta standardavvikelser när det inte finns någon efterfrågehistorik att utgå från, vilket exempelvis är fallet för nyintroducerade produkter. Om syftet i stället är att prognostisera standardavvikelser, vilket är fallet i den här rapporten, kan man i stället utgå från respektive artikels egen efterfrågehistorik. Ett angreppssätt för att göra detta har presenterats av Herrin (2005). Han behandlar fallet med säsongvarierande efterfrågan och beräknar standardavvikelsen per period med hjälp av efterfrågevärden från motsvarande perioder ett antal år tillbaka i tiden. Varje period får därmed en standardavvikelse som motsvarar förhållandena under aktuell säsong. En stor svaghet med metoden är att det krävs åtskilliga års efterfrågestatistik för att få ett rimligt antal värden att beräkna standardavvikelser på. Med den föränderlighet som förekommer för de flesta produkter och marknader innebär redan storleksordningen fem år gamla efterfrågevärden ett tvivelaktigt beräkningsunderlag. Enligt Mattsson (2007) krävs det flera tiotal efterfrågevärden som underlag för beräkning av standardavvikelser för att man skall kunna uppnå en rimlig noggrannhet.

En annan svaghet med Herrins metod är att den inte innehåller någon mekanism för att hantera vare sig förändringar i medelefterfrågan per år eller förändringar i säsongmönster. Standardavvikelser kan endast prognostiseras under förutsättning att efterfrågan per år i huvudsak är oföränderlig och att det inte förekommer några förskjutningar i efterfrågan mellan olika säsonger.

Ingen av de få metoder som presenterats i litteraturen och som redovisats ovan kan följaktligen anses vara rimligt användbara för praktiskt bruk annat än under mycket speciella omständigheter.

3 Teoretiska utgångspunkter

Det som krävs för att på ett effektivt sätt kunna styra materialflöden från leverantörer eller från den egna verkstaden till lager är någon form av uppfattning om framtida efterfrågan och hur den varierar, dvs. efterfrågeprognoser och prognoser över framtida standardavvikelser. Eftersom det inte är möjligt att direktprognostisera standardavvikelser måste följaktligen prognostisering av efterfrågevariationernas standardavvikelser baseras på prognostiserad efterfrågan.

Det utgångsläge som normalt föreligger vid prognostisering är att information om medelefterfrågan per period under föregående år och standardavvikelsen per period under föregående år finns tillgänglig. Vanligtvis använder man sig av periodlängd månad eftersom prognosrutinen genomförs månadsvis eller per fyra veckors perioder. Det är emellertid inget som hindrar att prognostiseringen görs med annan periodicitet, exempelvis veckovis. Med hjälp av efterfrågeprognostisering kan därefter efterfrågan för kommande perioder uppskattas. Hänsyn kan då också tas till förekommande trender och säsongvariationer på vanligt sätt. Vid säsongvariationer måste standardavvikelsen för föregående år beräknas med utgångspunkt från den säsongrensade verkliga efterfrågan.

Om man följaktligen kan etablera ett samband mellan efterfrågan per period och standardavvikelserna för efterfrågevariationerna per period kan man också prognostisera standardavvikelserna under framtida perioder. Trots den empiri som redovisats ovan, är det rimligt att föreställa sig att sambandet mellan efterfrågan och efterfrågevariationernas standardavvikelse inte är den samma oavsett vad efterfrågans ökning/minskning vid

högsäsong respektive lågsäsong beror på. Förändringar i efterfrågan kan förväntas vara en funktion av i vilken utsträckning kunder beställer större respektive mindre kvantiteter och i vilken utsträckning kunder beställer samma kvantiteter men oftare/mer sällan. För det förstnämnda fallet kan man förvänta sig att standardavvikelsen är proportionell mot efterfrågan medan den i det senare fallet snarast är proportionell mot roten ut efterfrågan. Att standardavvikelsen kan förväntas vara proportionell mot roten ur efterfrågan hänger samman med att nytillkommande order utgör ett nytillskott av order. Om den existerande och den nytillkommande efterfrågan kan betraktas som oberoende av varandra är standardavvikelsen för den gemensamma efterfrågan lika med roten ur summan av respektive efterfrågans varians. Proportionalitet mellan standardavvikelse och efterfrågan kan också förväntas finnas när antalet kunder är mycket stort och varje kund efterfrågar mycket små volymer. Man kan då tala om en procentuell förändring av efterfrågan per period.

De båda fallen kan betraktas som de två ytterligheter som påvisats av van Hees och Monhemius (1972, sid 18). Sambanden mellan standardavvikelse och efterfrågan blir då enligt följande.

$$\sigma = konst \cdot e \text{ respektive } \sigma = konst \cdot \sqrt{e}$$

där σ = standardavvikelsen per period
 e = efterfrågan per period

Om efterfrågan i medeltal per period och standardavvikelsen per period under föregående år är känd samt efterfrågan under en framtida period kan prognostiseras kan standardavvikelsen för denna framtida period beräknas enligt följande för fallet med proportionalitet mellan standardavvikelse och efterfrågan.

$$\sigma_h = konst \cdot \bar{e}_h \text{ och } \sigma_i = konst \cdot e_i \text{ vilket medför att}$$

$$\sigma_i = \frac{e_i}{\bar{e}_h} \cdot \sigma_h$$

där σ_i = prognostiserad standardavvikelse i period i
 e_i = prognostiserad efterfrågan i period i
 σ_h = standardavvikelse per period för den trend eller säsongrensade historiska efterfrågan
 \bar{e}_h = medelefterfrågan per period under föregående år

För fallet att standardavvikelsen är proportionell mot roten ur efterfrågan blir motsvarande uttryck enligt följande.

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{e_i}{\bar{e}_h}} \cdot \sigma_h$$

Ett generellt samband mellan standardavvikelser och efterfrågevolymer kan följaktligen också uttryckas på följande sätt.

$$\sigma_i = \left(\frac{e_i}{e_h} \right)^n \cdot \sigma_h \dots\dots\dots(1)$$

där n varierar mellan 0,5 och 1.

Baserat på ovanstående resonemang kan följande tre nollhypoteser formuleras.

1. Om efterfrågan per period ökar/minskar linjärt, dvs. med en viss procentsats, blir den prognostiserade standardavvikelsen beräknad med ekvation 1 och med konstanten n lika med 1, lika med den verkliga standardavvikelsen.
2. Om antalet order per period inte förändras men orderkvantiteterna ökar/minskar linjärt, dvs med en viss procentsats, blir den prognostiserade standardavvikelsen beräknad med ekvation 1 och med konstanten n lika med 1, lika med den verkliga standardavvikelsen.
3. Om orderkvantiteterna inte förändras men antalet order ökar/minskar linjärt, dvs med en viss procentsats, blir den prognostiserade standardavvikelsen beräknad med ekvation 1 och med konstanten n lika med 0,5, lika med den verkliga standardavvikelsen.

Mothypotesen är i samtliga fall att det finns skillnader mellan den prognostiserade standardavvikelsen och den verkliga.

4 Hypotesprövning

För att kunna styrka eller förkasta de tre hypoteserna har efterfrågedata motsvarande de olika förändringarna i orderstrukturer genererats och analyserats med hjälp av Excel.

Efterfrågan per dag har skapats genom att kombinera slumpmässigt bestämda orderkvantiteter med slumpmässigt bestämda antal kundorder per dag. Poissonfördelning har valts för att generera antal kundorder per dag och rektangelfördelning för att bestämma kundorderstorlekar. Att order erhålls slumpmässigt, dvs enligt en Poissonprocess har empiriskt påvisats av Johnston och Boylan (1996). De erhållna efterfrågefördelningarna är följaktligen av typ komppound Poisson.

Tre olika efterfrågescenarier har använts för samtliga förändringar i orderstrukturer. Ett scenario avser 10 kundorder per dag, ett 3 kundorder per dag och ett en kundorder varannan dag. Som utgångsscenario har orderkvantiteten satts till mellan 1 och 9 stycken, dvs till i medeltal 5 stycken. Detta innebär att medelefterfrågan per dag för scenario ett är 50 styck, för scenario två 15 styck och för scenario tre 2,5 stycken. Totalt har för varje scenario efterfrågan under 6000 dagar motsvarande 25 år genererats som underlag för analyserna.

Baserat på denna referensefterfrågan har därefter en 20 %, 40 % och 60 % högre respektive mindre efterfrågan generats för var och en av dessa sex tusen dagar. Detta har åstadkommit dels genom en ren procentuell uppräknig/nedräknig, dels genom en

ökning/minskning av orderstorlekarna med de angivna procentsatserna samt dels genom en ökning/minskning av antalet order med de angivna procentsatserna. De olika fallen redovisas i tabell 1.

Tabell 1 Beräkningssätt för de olika grader av efterfrågeökningar

	<i>20 % efterfrågeändring</i>	<i>40 % efterfrågeändring</i>	<i>60 % efterfrågeändring</i>
Generell efterfrågeändring	20 procent högre/lägre efterfrågan	40 procent högre/lägre efterfrågan	60 procent högre/lägre efterfrågan
Orderstorleksändring - 10, 3 resp. 0,5 order/dag	Orderkvantiteter 2 – 10 / 1 – 9 minus 1	Orderkvantiteter 3 – 11 / 1 – 9 minus 2	Orderkvantiteter 4 – 12 / 1 – 9 minus 3
Orderantalsändring - orderkvantiteter 1 – 9	Orderantal per dag 12, 3.6, 0,6 / 8, 2.4, 0,4	Orderantal per dag 14, 4.2, 0.7 / 6, 1.8, 0.3	Orderantal per dag 16, 4.8, 0.8 / 4, 1.2, 0.2

Vid minskad orderkvantitet har efterfrågan per dag beräknats för orderkvantiteter mellan 1 och 9. Därefter har den framräknade efterfrågan minskats med antalet order gånger 1, 2 respektive 3 för fallen 20, 40 respektive 60 % efterfrågeminskning. Orsaken är att spridningen på olika orderkvantiteter annars skulle bli mindre vid högre efterfrågeförändringar.

Baserat på de genererade efterfrågevärdena för referensefterfrågan och de tre fallen med olika grader av ökad efterfrågan har medelefterfrågan och standardavvikelser per dag beräknats för vart och ett av de 25 åren. Medelefterfrågan per dag för referensefterfrågan representerar föregående års efterfrågan och medelefterfrågan per år för de olika fallen av ökad efterfrågan den prognostiserade efterfrågan i ekvation 1. På motsvarande sätt representerar standardavvikelse för referensefterfrågan utgångsvärden för beräkning för prognostisering enligt ekvation 1. Beräknade standardavvikelser för de olika fallen av ökad efterfrågan representerar de faktiska standardavvikelse. Vid hypotes-testningen jämförs sedan de prognostiserade standardavvikelse med dessa beräknade värden. Med andra ord sätts prognostiserad standardavvikelse för ett visst år som förhållandet, alternativt roten ur förhållandet, mellan den ökade efterfrågan och referensefterfrågan gånger standardavvikelsen för referensefterfrågan. Den prognostiserade standardavvikelsen jämförs därefter med standardavvikelsen för den ökade efterfrågan.

Tillvägagångssättet vid hypotesprövningen bygger följaktligen på jämförelser av parvisa observationer. Eftersom antalet observationer är förhållandevis få, 25 stycken, har t-fördelning använts. Med en signifikansnivå på 5 % kan följande slutsatser dras från hypotesprövningen.

Procentuell ökning/minskning av efterfrågan per period:

Hypotesen tillstyrks för samtliga efterfrågefall vid ökning av efterfrågan.

Hypotesen tillstyrks för fallen med 10 och 3 order per dag, dvs för fall med hög och medelhög efterfrågan, vid minskning av efterfrågan.

Om man accepterar en skillnad på upp till 2 % mellan prognostiserad och verklig standardavvikelse för att de skall kunna anses vara likvärdiga tillstyrks även hypotesen för fallet med 0,5 order per dag, dvs för fall med låg och minskad efterfrågan.

Ökning/minskning av orderkvantiteter vid oförändrat antal order:

Om man accepterar en skillnad på upp till 4 %, 6 % respektive 7 % mellan prognostiserad och verklig standardavvikelse för att de skall kunna anses vara likvärdiga tillstyrks hypotesen för fallet med 10, 3 respektive 0,5 order per dag vid ökning av efterfrågan. Motsvarande gäller för en skillnad på upp till 6 % för fallet med 20 % minskning av efterfrågan.

Vid minskning av efterfrågan med 40 % och 60 % förkastas hypotesen.

Ökning/minskning av antalet order vid oförändrade orderkvantiteter:

Hypotesen tillstyrks för samliga efterfrågefall vid både ökning och minskning av efterfrågan.

En förklaring till att den andra hypotesen endast kan accepteras med vissa inskränkningar är att full proportionalitet visserligen uppnås sett över alla de dagar som hypotes-testning omfattar men att så inte kunnat bli fallet under enskilda dagar. Vid minskning av orderkvantiteter uppstår dessutom ytterligare brister i proportionaliteten på grund av de beräkningsregler som använts och som redovisats under tabell 1 ovan.

5 Utveckling och utvärdering av prognosmetod

En slutsats av hypotesprövningen är att om man kan avgöra om efterfrågeökningar respektive efterfrågeminskningar beror på allmänna procentuella förändringar eller på ökning eller minskning av antal order utan att orderkvantiteterna förändras så kan formel 1 användas för att prognostisera standardavvikelser för framtida perioder. Är det fråga om allmänna procentuella förändringar sätts n till 1 och är det fråga om förändringar i antal order sätts n till 0,5.

Som påpekades ovan kan standardavvikelserna som funktion av efterfrågan ofta förväntas ligga någonstans mellan ett övre värde som erhålls om n sätts till 1 och ett undre värde som erhålls om n sätts till 0,5. Om därför efterfrågeförändringarna inte är av någon av dessa två grundtyper eller man inte vet vilken typ av efterfrågeförändring det är fråga om skulle det kunna vara rimligt att i stället använda en prognosmetod som ger standardavvikelser mellan dessa båda ytterlighetsvärden. Formeln för att prognostisera standardavvikelser under en framtida period i skulle då få följande utseende.

$$\sigma_i = (b \cdot f^{0,5} + (1-b) \cdot f^1) \cdot \sigma_h \dots\dots\dots(2)$$

där $f = \frac{e_i}{e_h}$, dvs förhållandet mellan efterfrågan under en framtida period i och historiska medelefterfrågan per period

σ_h = standardavvikelsen per period för den trend eller säsongrensade historiska efterfrågan

b = en blandningsfaktor som antar värden mellan 0 och 1

Blandningsfaktorn används för att balansera fall med efterfrågeförändringar som ligger mellan allmänna procentuella förändringar och förändringar som beror på förändrat antal order. Saknas helt förutsättningar för att bedöma mixen mellan de båda typerna av efterfrågeförändringar sätts lämpligtvis b till 0,5.

6 Analys och utvärdering

För att utvärdera prognostisering av standardavvikelser med hjälp av formel 2 ovan har den analyserats med avseende på de tre olika typer av efterfrågeförändringar som redovisats i tabell 1. Dessutom har analyserna omfattat en kombination av förändrade orderkvantiteter och antal order. Vid 20 % efterfrågeförändring har orderkvantiteterna förändrats med 10 % och antalet order med 10 %, vid 40 % efterfrågeförändring med vardera 20 % samt vid 60 % efterfrågeförändring med vardera 30 %. Blandningsfaktorn har satts till 0, 1 respektive 0,5, dvs. avseende fallen med proportionellt samband, kvadratrotssamband respektive ett blandsamband med lika delar procentuell ökning av kvantiteter och ökning av antal order.

För varje efterfrågefall och förändringsstruktur har medelskillnaden mellan prognostiserad och ”verklig” standardavvikelse i procent av verklig beräknats. Likaså har felmarginalen med 95 % konfidensgrad beräknats i procent av ”verklig” standardavvikelse. Resultaten för samtliga fall visas i bilaga 1 vid ökning av efterfrågan och i bilaga 2 vid minskning av efterfrågan.

Som framgår av bilagorna ger proportionalitetsmetoden för att bestämma standardavvikelser mycket låga medelfel då efterfrågan förändras procentuellt, i huvudsak klart mindre än en procent både vid minskande och ökande efterfrågan. Det gäller oavsett om efterfrågan är hög eller låg och om efterfrågeförändringarna är stora eller små. Vid procentuella förändringar i efterfrågan styrker resultaten följaktligen Browns påstående om att standardavvikelsen är proportionell mot efterfrågan. Däremot ger rotmetoden genomgående otillfredsställande resultat med medelfel på storleksordningen 10 procent eller mer. Medelfelen blir högre ju mer efterfrågan förändras.

Proportionalitetsmetoden ger mindre tillfredsställande resultat om efterfrågeförändringar beror på att orderkvantiteterna ökar eller minskar medan antalet order förblir oförändrade. Vid ökad efterfrågan blir medelfelen upp till storleksordningen sju procent för den högsta efterfrågeökningen. Vid efterfrågeminskningar på 20 procent ligger också medelfelen på rimligt acceptabla nivåer, storleksordningen 5 procent. Däremot är de påtagligt stora vid större efterfrågeminskningar, upp till storleksordningen 30 procent vid efterfrågeminskningar på 60 procent.

De resultat som redovisas i bilagorna visar också att om efterfrågeförändringar beror på att antalet order ökar eller minskar medan orderkvantiteterna förblir oförändrade så ger rotmetoden på ett motsvarande sätt mycket tillfredsställande resultat med medelfel på enstaka procent både vid minskande och ökande efterfrågan. Även i det här fallet gäller det oavsett om efterfrågan är hög eller låg och om efterfrågeförändringarna är stora eller

små. Vid efterfrågeförändringar av den här typen gäller uppenbarligen inte Browns påstående utan standardavvikelsen är snarast proportionell mot kvadratroten ur efterfrågeförändringen precis som påvisades vid hypotesprövningen enligt ovan. Av resultaten framgår också att proportionalitetsmetoden ger mycket otillfredsställande resultat för den här typen av efterfrågeförändringar. Medelfelen ligger mellan 10 och 40 procent med de högre värdena för stora efterfrågeförändringar.

Om efterfrågeförändringar beror på en mix av förändringar av antal order och av orderkvantiteter eller om man inte vet vilken förändringstyp det är fråga om är blandmetoden ett alternativ. Erhållna resultat vid användning av denna visas i tabell 2 -7.

Tabell 2 Medelfel och felmarginaler i procent vid efterfrågeökning och användning av blandmetoden för prognostisering – 10 order per dag

<i>10 order per dag</i>		<i>Efterfrågeökning</i>		
		<i>20 %</i>	<i>40 %</i>	<i>60 %</i>
Procentuell ökning	Medelfel i %	-4,4	-7,5	-10,5
	Felmarginal i %	0,1	0,1	0,2
Ökad orderkvantitet	Medelfel i %	-1,3	-2,9	-4,5
	Felmarginal i %	0,2	0,3	0,5
Ökat orderantal	Medelfel i %	3,8	9,2	11,7
	Felmarginal i %	3,0	2,9	2,8
Mixad ökning	Medelfel i %	3,5	1,6	2,4
	Felmarginal i %	2,9	3,1	3,1

Tabell 3 Medelfel och felmarginaler i procent vid efterfrågeökning och användning av blandmetoden för prognostisering – 3 order per dag

<i>3 order per dag</i>		<i>Efterfrågeökning</i>		
		<i>20 %</i>	<i>40 %</i>	<i>60 %</i>
Procentuell ökning	Medelfel i %	-4,3	-7,8	-10,5
	Felmarginal i %	0,1	0,2	0,2
Ökad orderkvantitet	Medelfel i %	-1,1	-2,5	-4,0
	Felmarginal i %	0,2	0,4	0,5
Ökat orderantal	Medelfel i %	7,3	10,3	13,6
	Felmarginal i %	2,3	3,2	2,9
Mixad ökning	Medelfel i %	4,3	5,1	7,1
	Felmarginal i %	3,4	3,2	2,4

Tabell 4 Medelfel och felmarginaler i procent vid efterfrågeökning och användning av blandmetoden för prognostisering – 0,5 order per dag

0,5 order per dag		Efterfrågeökning		
		20 %	40 %	60 %
Procentuell ökning	Medelfel i %	-4,7	-8,0	-10,3
	Felmarginal i %	0,1	0,1	0,3
Ökad orderkvantitet	Medelfel i %	-1,1	-2,5	-4,0
	Felmarginal i %	0,2	0,4	0,5
Ökat orderantal	Medelfel i %	5,1	8,5	13,9
	Felmarginal i %	2,9	3,5	3,8
Mixad ökning	Medelfel i %	5,0	3,9	3,6
	Felmarginal i %	3,3	3,3	4,2

Som framgår av tabell 2 – 4 ligger medelfelen vid ökad efterfrågan i huvudsak under 5 procent vid 20 procents ökning, 10 procent vid 40 procents ökning respektive 13 procent vid 60 procents ökning för samtliga fyra fall av efterfrågeförändringar. De största medelfelen förekommer framför allt då efterfrågeförändringen utgörs av ökat antal order.

Tabell 5 – 7 visar motsvarande resultat vid minskad efterfrågan. I det här fallet ligger medelfelen i huvudsak under 6 procent vid 20 procents minskning, 15 procent vid 40 procents minskning respektive 30 procent vid 60 procents minskning för samtliga fyra fall av efterfrågeförändringar. De största medelfelen förekommer framför allt då efterfrågeförändringen är procentuell respektive utgörs av ökat antal order.

Tabell 5 Medelfel och felmarginaler i procent vid efterfrågeminskning och användning av blandmetoden för prognostisering – 10 order per dag

10 order per dag		Efterfrågeminskning		
		20 %	40 %	60 %
Procentuell minskning	Medelfel i %	5,9	14,5	29,0
	Felmarginal i %	0,1	0,3	0,6
Minskad orderkvantitet	Medelfel i %	0,3	-2,0	-10,6
	Felmarginal i %	0,2	0,6	1,0
Minskat orderantal	Medelfel i %	-6,3	-11,9	-20,3
	Felmarginal i %	2,7	2,8	2,8
Mixad minskning	Medelfel i %	-0,1	0,2	1,2
	Felmarginal i %	3,3	2,8	3,1

Tabell 6 Medelfel och felmarginaler i procent vid efterfrågeminuskning och användning av blandmetoden för prognostisering – 3 order per dag

3 order per dag		Efterfrågeminuskning		
		20 %	40 %	60 %
Procentuell minskning	Medelfel i %	5,8	14,5	28,6
	Felmarginal i %	0,2	0,3	0,6
Minskad orderkvantitet	Medelfel i %	0,1	-2,3	-11,1
	Felmarginal i %	0,3	0,8	1,5
Minskat orderantal	Medelfel i %	-3,6	-10,2	-18,1
	Felmarginal i %	2,3	2,6	2,9
Mixad minskning	Medelfel i %	2,2	2,2	3,7
	Felmarginal i %	2,4	2,3	3,2

Tabell 7 Medelfel och felmarginaler i procent vid efterfrågeminuskning och användning av blandmetoden för prognostisering – 0,5 order per dag

0,5 order per dag		Efterfrågeminuskning		
		20 %	40 %	60 %
Procentuell minskning	Medelfel i %	6,2	15,2	26,6
	Felmarginal i %	0,2	0,5	0,7
Minskad orderkvantitet	Medelfel i %	0,27	-2,1	-11,0
	Felmarginal i %	0,4	0,9	1,9
Minskat orderantal	Medelfel i %	-5,0	-12,2	-16,9
	Felmarginal i %	3,1	2,9	3,5
Mixad minskning	Medelfel i %	-1,0	1,2	2,8
	Felmarginal i %	2,7	3,6	3,4

Det föreligger i allmänhet tämligen stora osäkerheter vid prognostisering, både vad gäller efterfrågade volymer och storleken på trender och säsongvariationer. Medelfelen vid beräkning av standardavvikelser för efterfrågevariationer är oftast också påtagliga på grund av få ingående värden. Se Mattsson (2007). Lagerstyrningskostnader och erhållna servicenivåer är emellertid förhållandevis okänsliga för fel i standardavvikelser (Mattsson, 2002) Mot denna bakgrund kan 10 – 15 procents medelfel betraktas som acceptabelt och därmed blandmetoden betraktas som en användbar metod för att prognostisera standardavvikelser för efterfrågeförändringar upp till storleksordningen 40 procent oavsett vilken typ av efterfrågeförändringar det är fråga om.

7 Slutsatser

I denna rapport redovisas en analys och utvärdering av tre alternativa tillvägagångssätt för att prognostisera standardavvikelser vid efterfrågeförändringar. De resultat som erhållits kan sammanfattas i följande slutsatser.

Om det är uppenbart att efterfrågan förändras procentuellt vid trender och säsongmässiga variationer är proportionalitetsmetoden lämpligast att använda för att prognostisera standardavvikelser. Procentuella förändringar kan exempelvis förväntas förekomma när

antalet kunder och kundorder är mycket stort och orderkvantiteterna små jämfört med den totala efterfrågan per dag.

Är det i stället uppenbart att efterfrågeförändringar beror på att antalet order ökar eller minskar medan orderkvantiteterna förblir oförändrade är rotmetoden lämpligast att använda för att prognostisera standardavvikelser.

Är det oklart vad det är för typ av förändringar i kundorderstrukturer som ligger bakom förekommande efterfrågeförändringar eller det är känt att förändringarna beror på en mix av ökat antal order och ökade orderkvantiteter är blandmetoden lämpligast att användas. Den ger i förhållande till andra osäkerheter som förekommer i samband med prognostisering rimligt acceptabelt små medelfel.

Referenser

Brown, R. (1959) Statistical forecasting for inventory control, McGraw-Hill.

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

Herrin, R. (2005) How to calculate safety stocks for highly seasonal products, The Journal of Business Forecasting, Vol. 24 No. 2.

Johnston, F. – Boylan, J. (1996) Forecasting for items with intermittent demand, The Journal of the Operational Research Society, Vol. 47 No. 1.

Mattsson, S-A. (2002) Känslighetsanalys av beställningspunktssystem, Forskningsrapport, Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Tekniska Högskola.

Mattsson, S-A. (2007) Standardavvikelser för säkerhetslagerberäkning, Forskningsrapport ISRN LUTMDN/TMTP – 31 22 - SE, Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Tekniska Högskola.

Snyder, R. – Koehler, A. – Ord, K. (2002) Forecasting for inventory control with exponential smoothing, International Journal of Forecasting, Vol. 18, sid 5.

Van Hees, R. – Monhemius, W. (1972) An introduction to production and inventory control, Macmillan,