



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Examensarbete – Stena Aluminium AB
Institutionen för produktionsekonomi
Lunds tekniska högskola

Risk- och exponeringsreducering i ett tillverkande företag

Författare:

Per Almberg
Jens Ehlers

Handledare:

Peter Berling

Examinator:

Bengt Horndahl

Lund den 23 februari 2008

Förord

Detta arbete skrevs under hösten 2007 med utgångspunkt från ett utlyst examensarbete från Stena Aluminium. Rapporten är främst riktad mot studenter med grundläggande kunskaper inom logistik och lagerhållning samt Stena Aluminiums anställda.

Vi vill framförallt rikta ett stort tack till våra handledare Peter Berling, LTH, samt John Jørgensen, Stena Aluminium. De har alltid ställt upp då vi har haft frågor och hjälpt oss på vägen.

Lund den 23 februari 2008

Per Almberg
Jens Ehlers

Sammanfattning

Grunden till detta arbete har varit att undersöka möjligheterna att ge Stena Aluminium, ett företag som återvinner aluminium, ökad kontroll att reglera och styra den risk de tar vid exponering av råvara och färdigvara. Stena Aluminium vill minimera risken att vid prisförändringar stå förluster på den råvara och färdigvara som inte sålts. Detta är ett stort problem då t.ex. då råvarorna lagerförs en längre tid och därmed är mycket känsliga för en volatil prisbild. Idag arbetar Stena Aluminium mycket utifrån den erfarenhet och de beprövade metoder som finns inom företaget och beprövade metoder utan egentliga möjligheter till kontrollerad optimering och reglering. Efter utvärdering av dagens situation kom vi fram till att vi behöver skapa en modell för att på ett systematiskt sätt kunna behandla problemet med risk och exponering.

För att undersöka detta har vi ställt upp ett antal frågeställningar som inledningsvis kontrollerar om Stena Aluminiums prognostisering är tillräckligt bra för att basera efterföljande undersökningar på. Grunden till en låg exponeringsgrad är att prognoserna har ett så litet prognosfel som möjligt. För att mäta hur tillförlitliga Stena Aluminiums prognoser är försökte vi själva via kvantitativa prognostiseringsmetoder prognostisera det verkliga utfallet. För att förbättra vår prognostisering klassificerade vi deras artiklar efter vilken typ av efterfrågestruktur artikeln hade, och kunde därefter välja den mest effektiva prognostiseringsmetoden för respektive klass. Vi kom dock fram till att Stena Aluminiums sätt att prognostisera var att föredra, eftersom de faktiskt har näst intill en känd efterfrågan en månad i förväg, men att kvantitativ prognostisering skulle kunna utnyttjas som ett komplement för att jämna kvaliteten på prognoserna. Vid i princip känd efterfrågan är osäkerheter i tid större än osäkerheter i kvantitet.

Nästa steg var att undersöka möjligheten att påverka exponeringen av råvaran genom att optimera inköpet. Vi reducerade problemet till en minimering av totaltkostnaden genom att introducera begrepp såsom lagerhållningskostnad, ordersärkostnad samt ett enkelt sätt att variera lagerhållningskostnaden utifrån prisets volatilitet. Optimala orderkvantiteter fastställs därefter utifrån varierande efterfrågan med hjälp av en kostnadsoptimerande algoritm. Vi testade även ett sätt att via lagerhållningskostnaderna ta hänsyn till terminspriserna och på detta sätt köpa in råvarorna då priset är så lågt som möjligt. En betydelsefull reduktion av totaltkostnaden kunde dock inte hittas.

Vi utvärderade även olika sätt att beräkna säkerhetstid. För att på ett systematiskt sätt fastställa lämpliga säkerhetstider för färdigvarorna rekommenderar vi Stena Aluminium att registrera kundernas benägenhet att planera om sina ordrar och utifrån detta beräkna säkerhetstider.

Vidare förordar vi Stena Aluminium att registrera mer data för att kunna ha tillräckligt med information för att följa upp alla delar av verksamheten. Detta kommer att vara till stor hjälp vid framtida förbättringsprojekt.

Nyckelord: exponering, risk, lager, terminer, säkerhetslager, säkerhetstid, lagerhållningskostnad, lagerstyrning, ordersärkostnad, Stena Aluminium, aluminium

Abstract

The foundation of this thesis has been to investigate the possibilities of giving Stena Aluminium, a company recycling aluminium, increased control to regulate and steer the risk they are taking when exposing raw material and finished goods. Stena Aluminium wants to minimize the risk of losses on raw material and finished goods when prices change. This is a large problem for instance when raw material is stored a long time thus making it sensitive to volatile prices. Today, Stena Aluminium bases their operations on the experience and tested methods that exists in the company and tried methods without actual possibilities for controlled optimization and regulation. After an evaluation of today's conditions we arrived at the conclusion that we need to create a model to be able to systematically approach the problem of risk and exposure.

To investigate this, we have put forward some questions at issue that initially control if Stena Aluminium's forecasting is sufficiently good enough to base subsequent investigations on. The basis of a low level of exposure is that the forecasts have a forecasting error as small as possible. To measure how good Stena Aluminium's forecasts are we tried to forecast the actual result ourselves using quantitative methods. To sharpen our forecasting we classified their articles according to the demand pattern, making it possible to choose the best forecasting method for respective class. We concluded that Stena Aluminium's own qualitative way of forecasting is to be preferred, as they actually have a very good take on the demand a month in advance, but that quantitative forecasting could be used as a complement to level out the quality of the forecasts. When having an almost deterministic demand, uncertainties in time are bigger than uncertainties in quantity.

The next step was so explore the possibility of affecting the exposure of raw material through optimizing of purchasing. We reduced the problem to a minimization of the total cost by introducing concepts like carrying cost, ordering cost and an easy way to vary the carrying cost on the basis of volatility of the price. Optimal purchasing lots were then established by using a cost optimizing algorithm on varying demand. We also tested a way of taking forward prices into accord by varying the carrying cost, making it possible to take advantage of low price. A significant reduction of the total cost was, however, not found.

We also evaluated different ways of calculating safety time. To systematically establish appropriate safety times for finished goods we recommend Stena Aluminium to register their customers' tendencies to change the delivery date of their orders and on the basis of this calculate the safety times.

We compel Stena Aluminium to register more data to be able to have enough information to evaluate all parts of the material management in a thorough way. This will help in future performance improving projects.

Keywords: exposure, risk, stock, forward, contact, safety stock, safety time, carrying cost, inventory management, ordering cost, Stena Aluminum, aluminium

Innehåll

FÖRORD	I
SAMMANFATTNING	II
ABSTRACT	III
1 INLEDNING	1
1.1 PROBLEMBAKGRUND	1
1.2 PROBLEMFÖRMULERING	1
1.3 SYFTE	2
1.4 AVGRÄNSNINGAR OCH URVAL	2
1.5 FÖRETAGSPRESENTATION – STENA ALUMINIUM AB	2
2 METOD	4
2.1 VETENSKAPLIGT FÖRHÅLLNINGSSÄTT	4
2.2 METODVAL	4
2.3 ANGREPPSSÄTT	5
2.4 MATERIALINSAMLINGSTEKNIK	5
2.5 DATABEARBETNINGSTEKNIK	6
2.6 VALIDITET OCH RELIABILITET	6
2.7 KÄLLKRITIK	7
3 TEORI	8
3.1 PROGNOTISERING	8
3.1.1 <i>Kvantitativ prognostisering</i>	8
3.1.1.1 Kontinuerlig efterfrågan	8
3.1.1.2 Sporadisk efterfrågan	9
3.1.2 <i>Kvalitativ prognostisering</i>	12
3.1.2.1 Försäljarnas åsikt	12
3.1.2.2 Marknadsundersökningar (Customer Survey)	13
3.1.3 <i>Klassificering av efterfrågemönster</i>	13
3.1.4 <i>Prognosfel</i>	14
3.2 BERÄKNING AV ORDERKVANTITET	14
3.3 LAGERSTYRNINGSKOSTNADER	15
3.3.1 <i>Lagerhållningskostnad</i>	16
3.3.2 <i>Ordersärkostnad</i>	17
3.4 FINANSIELL RISK	18
3.5 DEN FINANSIELLA MARKNADEN OCH LAGERHÅLLNINGSKOSTNADEN	18
3.5.1 <i>Terminer</i>	18
3.5.2 <i>Lagerhållningskostnad med hänsyn tagen till terminspriser</i>	19
3.6 OPTIMAL ORDERKVANTITET VID VARIERANDE EFTERFRÅGAN	21
3.6.1 <i>Wagner-Whitin</i>	21
3.6.2 <i>Enkel variant av Part-Period</i>	21
3.6.3 <i>Silver-Meal</i>	21
3.6.4 <i>Exakt eller approximativ metod</i>	22
3.7 OSÄKERHET SOM PÅVERKAR LAGERSYSTEMET	22
3.7.1 <i>Säkerhetslager eller säkerhetstid</i>	23
3.8 SÄKERHETSLAGER	24
3.8.1 <i>Beräkning av säkerhetslager utifrån $Serv_2$</i>	24
3.9 SÄKERHETSTID	25

3.9.1	Fastställande av säkerhetstid.....	26
4	EMPIRI	27
4.1	PROCESSÖVERSIKT	27
4.2	PROGNOSTISERING.....	27
4.3	STENA ALUMINIUMS PRODUKTION OCH LAGERHANTERING.....	27
4.3.1	Ledtider för produktionen	28
4.3.2	Säkerhetstid.....	29
4.4	STENA ALUMINIUMS INKÖPSVERKSAMHET	29
4.4.1	Kundernas inköpsbeteende	30
4.4.2	Orderläggning samt beräkning av orderkvantiteter	30
4.5	UPPFÖLJNING AV EXPONERING	31
4.6	PRISDATA.....	31
5	MODELL	33
5.1	PROCESSÖVERSIKT	33
5.2	PROGNOSTISERING.....	35
5.2.1	Klassificering av artiklar	35
5.2.2	Val av prognostiseringsmetod.....	36
5.3	BEHOVSBERÄKNING.....	39
5.3.1	Säkerhetstid.....	39
5.3.2	Kvantitet.....	40
5.4	OPTIMALA ORDERKVANTITETER	40
5.4.1	Lagerstyrningskostnader.....	42
5.4.1.1	Beräkning av lagerhållningskostnad	43
5.4.1.2	Beräkning av ordersärkostnad.....	44
5.5	UPPFÖLJNING	45
6	ANALYS.....	46
6.1	VERKLIGHETEN SOM EN MODELL	46
6.2	PROGNOSTISERING AV EFTERFRÅGAN	46
6.3	SÄKERHETSTID.....	48
6.4	EXPONERING OCH RISK.....	49
6.5	OPTIMALA ORDERKVANTITETER	50
6.6	UPPFÖLJNING AV EXPONERING	50
6.7	ERFARENHET FÖRSVINNEN	51
6.8	BRISTER I DATA.....	51
7	SLUTSATSER	53
8	ÖVRIG DISKUSSION	55
9	LITTERATURFÖRTECKNING	56
10	FIGURFÖRTECKNING	58
11	BILAGOR	59
11.1	VAL AV PROGNOSTISERINGSPARAMETRAR	59

1 Inledning

I detta inledningskapitel kommer vi först att redovisa bakgrunden till det problem som vi ska försöka lösa via detta examensarbete. Därefter formulerar vi examensarbetets huvudfrågor som vi i slutändan kommer att försöka besvara. Även examensarbetets syfte hos Stena Aluminium kommer att behandlas samt de avgränsningar som vi gjort. Slutligen kommer ett avsnitt med en företagspresentation över Stena Aluminium.

1.1 Problembakgrund

Stena Aluminium är Nordens största producent av aluminiumråvaror till gjutning. Deras kundpolicy är att alltid sätta kunden i första rummet vilket har medfört att de tar stora finansiella risker, då de håller stora lager för att kunna upprätthålla en så hög kundservice som möjligt. Själva smältprocessen går till så att olika kvaliteter av aluminiumråvaror smälts ner tillsammans med eventuella legeringsmaterial efter kundens specifikation. Smältan stelnar till aluminiumtackor som sedan förvaras i ett färdigvarulager.

Stena Aluminium vill minimera sin exponering, alltså överskott på råvaror och färdigvaror, vid periodens slut för att få en balans mellan inköp och försäljning utan att hålla för höga/låga lagernivåer, se Tabell 1.1. Bakgrunden till detta är att återvinning av aluminiumskrot är en omkostnadstung verksamhet, i synnerhet själva smältprocessen, som kräver relativt höga produktionslager. I kombination med att marknaden ställer höga krav på tillgänglighet medför detta att de tar finansiella risker vid prisförändringar. Även en liten prisförändring kan medföra stora förluster på den råvara och färdigvara som vid periodens slut inte sålts. Det är därför viktigt att orderkvantiteterna tar hänsyn till dessa risker så att inte lagren är onödigt stora i förhållande till lagerföringskostnaderna, vilket i slutändan kommer att innebära att den totala kostnaden minimeras.

Exponering	
Säljportfölj	- 6 000 ton
Färdigvarulager	+ 3 000 ton
Råvarulager	+ 4 000 ton
Inkösportfölj	+ 4 000 ton
Differens	+ 5 000 ton

Tabell 1.1 Exempel på exponeringsproblem

1.2 Problemformulering

Stena Aluminium har identifierat problemet med att de generellt sett har för höga lagernivåer i förhållande till hur mycket de beräknar att sälja. De vill därför med utgångspunkt i den prognostiserade efterfrågan optimera sina lagernivåer för att inte få för stor kapitalbindning och därmed ta finansiella risker vid stora prisförändringar. För att möta denna problematik har vi försökt att urskilja ett antal frågor som bör utredas.

Den inledande frågan blir:

- Är dagens sätt att prognostisera efterfrågan tillräckligt tillförlitlig som bas för optimeringen av lagernivåerna?

Därefter blir de tre huvudfrågorna:

- Vilka är de optimala lagernivåerna utifrån efterfrågan och kundernas servicekrav?
- Vilka orderkvantiteter bör användas för att minimera lagerhållningskostnader samt ordersärkostnader och i förlängningen minska exponeringen?
- Kan orderkvantiteterna anpassas efter en varierande prisutveckling?
- Hur kan problematiken med risk p.g.a. överexponering adresseras?

En avslutande fråga blir då:

- Hur bygger man upp en enkel modell för att kunna följa upp exponeringen av råvaror samt färdigvaror?

1.3 Syfte

Syftet med detta arbete är att utveckla en modell som hjälper Stena Aluminium att balansera exponeringen genom att identifiera optimala lagernivåer med utgångspunkt i den prognostiserade efterfrågan och utifrån dessa fastställa optimala orderkvantiteter. För att förenkla implementeringen av modellen tillhandahålls en förenklad version av modellen i Excel.

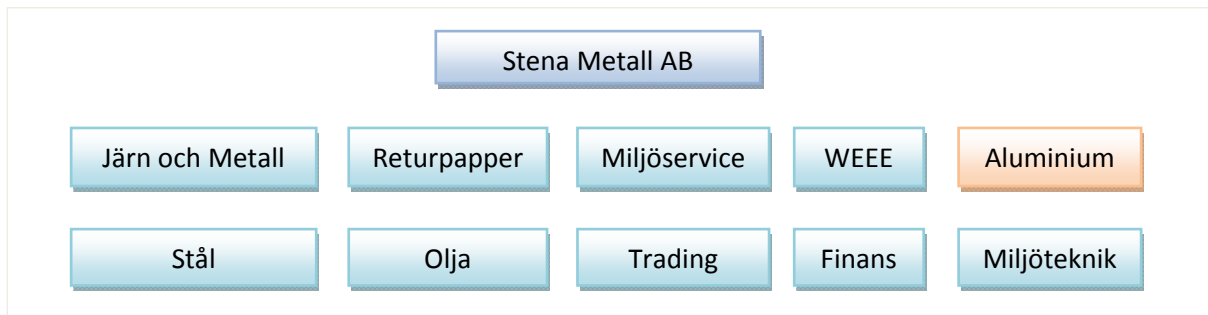
1.4 Avgränsningar och urval

Under arbetets gång har vi framförallt infört vissa avgränsningar för att kunna få en greppbar informationsmängd och därmed kunna producera ett godtagbart resultat inom den begränsade tid som detta examensarbete ska utföras på.

- Vi har valt att endast fokusera på Stena Aluminiums produktionsfabrik i Älmhult, Sverige, och utelämnat fabriken i Kolding, Danmark.
- Då exponeringsproblemet skulle behandlas har vi inte tagit med problemet att smältugnarna alltid körs på maxkapacitet varvid det produceras en extra kvantitet av artikeln om kunden inte efterfrågar en hel batch, internt kallad slattar. Detta är primärt ett problem för försäljningsavdelningen samt för produktionsplaneringen.
- Stena-koncernen har som policy att inte låta sina bolag spekulera i råvarupriser, varför vi inte gick djupare in på det området.
- Vi har valt att endast utnyttja data från metallbörsen, London Metal Exchange (LME). Detta grundar sig i att det är den metallbörs som Stena Aluminium utnyttjar.
- Vi har begränsat oss till att inte utnyttja data från 2005 i våra analyser, eftersom verksamheten såg annorlunda ut då i förhållande till hur den ser ut i dagsläget.

1.5 Företagspresentation – Stena Aluminium AB

Stena Aluminiums affärsidé är att framställa högvärdiga, kundspecifika aluminiumlegeringar, genom återvinning, för leverans som råvara till aluminiumgjutier och stålverk. Sedan 1998 ingår Stena Aluminium i Stena Metallkoncernen (se Figur 1.1), Nordens ledande verksamhet inom metallhandel och återvinning. Stena Metall är ett av verksamhetsbenen inom sfären av Stenabolag, utöver Metall finns även bland annat Rederi, Fastighet, Offshore, Finans och Stena Line. Stena Aluminiums produktion sker idag vid två anläggningar, Älmhult i Sverige och Kolding i Danmark. De två anläggningarna är i stort sett identiska och tillgodoser olika geografiska marknader. Stena Aluminium har idag ett totalt produktionstillstånd på 100 000 ton/år. Under 2006 ökade produktionstakten med 25 % i Sverige och Danmark. Den totala omsättningen för Stena Aluminium uppgick till ca 1,700 miljoner SEK 2006 och antalet anställda är ca 140 personer (Stena Aluminium AB).



Figur 1.1 De olika affärsområdena inom Stena Metall

Varje år används ungefär 11.4 miljoner ton aluminium vid tillverkningen av olika produkter inom EU. Produktionen av primäraluminium (nytt aluminium) uppgår till 3.0 miljoner ton. Om inte aluminium hade återvunnits hade detta alltså inneburit stora importbehov för Europa. Inom EU finns det runt 260 anläggningar för återvinning av aluminium och tillsammans producerar de 4.5 miljoner ton aluminium från skrot. Detta är möjligt eftersom aluminium kan smältas om upprepade gånger utan att förlora sina egenskaper, eftersom dess atomstruktur inte förändras. Vidare är den energi som krävs vid aluminiumåtervinning bara en bråkdel (5 %) av den som krävs vid produktion av primäraluminium, vilket gör aluminiumåtervinning miljömässigt fördelaktig (European Aluminum Association, 2006).

2 Metod

I detta avsnitt kommer vi att behandla vilken metodik vi har använt oss av samt varför vi valt just den metodiken då vi genomförde detta arbete. Vi kommer bl.a. att redogöra för vårt övergripande vetenskapliga förhållningssätt, vårt angreppssätt till hur vi utgått från befintlig teori samt på vilket sätt vi har samlat in den information vi grundar våra analyser på. Slutligen kommer vi att kritisera våra källor. Vi har försökt att skriva så att detta avsnitt ska bli så repetitivt som möjligt.

2.1 Vetenskapligt förhållningssätt

Det finns två större vetenskapliga förhållningssätt inom vetenskapsområdet (Patel, o.a., 1994): positivism och hermeneutik. Positivismen växte fram ur den naturvetenskapliga traditionen på 1800-talet och utgår från att det går att skapa kunskap som är utvecklande och positiv för mänskligheten. Positiv kunskap har som grundpelare att den ska vara nyttig och samhällsförbättrande, bygga på iakttagelser som är logiskt utvärderbara samt att komplexa företeelser kan reduceras till sina beståndsdelar. Genom att formulera den s.k. *verifierbarhetsprincipen*, vilket innebär att alla teorier ska kunna översättas i kontrollerbara observationer, skapas en gräns mot "ovetenskap" såsom filosofisk spekulering och metafysik. Detta betyder alltså att en hypotes formuleras och genom empirisk prövning (observation) testas hypotesen. Positivism kännetecknas också av *replikation* (Backman, 1998 ss. 102-117), d.v.s. forskarens person, politiska, religiösa och känslomässiga läggning ska inte på något sätt påverka utkomsten av försöket – forskaren ska kunna bytas ut och resultatet ska ändå bli detsamma. Det har dock visat sig omöjligt att helt skilja teori och observation åt, då individen har egna privata teorier som omöjliggör en fullständig objektiv observation.

Hermeneutik är positivismens raka motsats. Hermeneutikens förespråkare menar att mänsklig verklighet är av språklig natur, att det går att skaffa sig kunskap om det genuint mänskliga genom språket. Genom att *tolka* hur mänskligt liv kommer till uttryck i mänskliga uttryck och i det talade och skrivna språket kan forskare *förstå* andra människor och deras livssituation. En forskare med hermeneutiskt förhållningssätt utgår från subjektivitet och sin egen förståelse. På detta sätt blir forskarens egna tankar, intryck, kunskap och känslor en tillgång i det vetenskapliga arbetet.

Det aktuella forskningsobjektets natur (observerbart och mätbart) samt vår uppfattning om ett vetenskapligt förhållningssätt till forskningsarbete (logiskt, analytiskt och objektivt) stämmer väl överens med det positivistiska förhållningssättet.

2.2 Metodval

Med kvantitativa studier menas att informationen kan mätas eller värderas numeriskt och därefter behandlas. Kvalitativa studier används för att skapa en djupare förståelse för ett specifikt ämne eller situation, dvs. all den information som inte kan behandlas numeriskt (Björklund, o.a., 2003 s. 63). Båda metoderna är redskap som använder sig av olika grad av metodiska principer och kan båda användas i en och samma undersökning. De olika metoderna har både för- och nackdelar men kan inte anses befinna sig i konkurrensställning. Valet av metod är ett strategiskt val utifrån problemställning och resurser (Holme, o.a., 1997 s. 76). Antingen de data vi använder är *kvantitativa* eller *kvalitativa* är de starkt beroende av hur mätningen sker samt av graden av mätbarhet (Eriksson, o.a., 2006). Med graden mätbarhet menas om informationen kan mätas eller värderas numeriskt. Den kvantitativa forskningen använder sig av statistiska bearbetnings- och analysmetoder. Sådana metoder kan t.ex. vara att analysera numeriska mätdata som inhämtats från ett företags produktion.

Det kvalitativa metodvalet utgår från verbala analyser såsom intervjuer med olika personer (Patel, o.a., 1994 ss. 12-13).

Eftersom vi har utgått från mätdata från Stena Aluminiums produktion samt hämtade mätdata, i form av prisuppgifter, från en internationell metallbörs för att kunna fastställa en optimal orderkvantitet är vårt metodval kvantitativt. Vårt metodval har dock inte varit helt kvantitativt. I vissa fall hade vi ett mer kvalitativt metodval. Då vi inte lyckades ta fram data som vi ville komma åt från Stena Aluminiums produktion har vi låtit experter från Stena Aluminium uppskatta dessa värden för att få så högkvalitativ data som möjligt.

2.3 Angreppssätt

Inom forskningen brukar det talas om tre metodansatser: de *induktiva*, *deduktiva* (Wallén, 1996 ss. 47-48) samt *abduktiva* (Björklund, o.a., 2003 s. 62) metoderna. Kort sagt innebär induktion en utgångspunkt från datainsamling (empirin) varvid generella och teoretiska slutsatser utvecklas. Data anses vara förutsättningslöst insamlad. Det deduktiva angreppssättet utgår från teoridelen av arbetet då problemet undersöks/löses. Idealet är att teorin bildar ett deduktivt system, d.v.s. består av ett antal grundläggande teorisatser, regler för härledning och sedan ett system av följdteorier. Genom att utföra experiment där olika faktorer varieras kan resultat erhållas. Den abduktiva metodansatsen är en mix av de båda andra ansatserna där utgångspunkten både ligger i teorin och den insamlade empirin.

Under utvecklandet av detta arbete använde vi oss av ett deduktivt angreppssätt då vi till största delen utgick från etablerad forskning. Vi applicerade därefter dessa teorier på de data som vi insamlat i empirin för att sedan utvärdera Stena Aluminiums situation.

2.4 Materialinsamlingsteknik

Det finns en rad olika materialinsamlingsmetoder som antingen fokuserar på att samla in *primär-* eller *sekundärdata* (Björklund, o.a., 2003 ss. 66-71). Primärdata är sådana data som endast har samlats in till den aktuella studien och sekundärdata är data som i grunden har tagits fram i ett annat syfte än vad den aktuella studien behandlar. Exempel på metoder som samlar in primärdata är intervjuer, enkäter samt experiment. Anledningen till att primärdata kan erhållas från dessa metoder är att de går att specificera för den aktuella studien. En intervju kan lätt styras med hjälp av vilka frågor som ställs till den intervjuade, samma gäller en enkätstudie. Ett experiment är oftast riktat på ett sådant sätt att information om den aktuella studien kan bekräftas. Exempel på metoder som samlar in sekundärdata är litteraturstudier och presentationer. Under en litteraturstudie måste studenten försöka sälla fram den information som är relevant för studien utifrån stora mängder information. Precis som under litteraturstudien måste studenten sälla fram relevant information under en presentation eller en föreläsning. Observationer är också en slags insamlingsmetod, dock kan dessa utföras på så många varierande sätt att det är svårt att säga att metoden alltid samlar in primär- eller sekundärdata.

Ur Stena Aluminiums ERP-system hämtade vi data angående deras tidigare prognoser från och med 3:e kvartalet 2005, samt data om deras faktiska försäljning under samma period. Dessa data kunde vi därefter använda för att fastställa hur väl deras prognostisering har stämt överens med försäljningen. Ur ERP-systemet inhämtade vi även data över deras inköp av aluminiumskrot under samma period. Ledtidsdata har framförallt samlats in via intervjuer med logistikchefen, John Jörgensen, där

ledtiderna för de olika momenten antingen tidigare uppmätts av Stena Aluminium eller genom kvalificerade uppskattningar. Denna information har alltså inte uppmätts av oss via tidsmätningar.

För att kartlägga områden som inköp och prognostisering har vi främst fört diskussioner med Stena Aluminiums inköpschef, Per Andersson, samt marknads- och försäljningschefen, Fredrik Pettersson, för att få en klar bild över hur de arbetar med detta. För att få en inblick i hur produktionsprocessen går till har vi fått hjälp av Tommie Edeblom.

2.5 Databearbetningsteknik

De data som samlas in måste alltid bearbetas och analyseras på något sätt för att de ska gå att använda. Dessa bearbetningsmetoder kan delas in i tre olika metoder: *analysmodeller*, *statisk bearbetning* samt *modellering/simulering* (Björklund, o.a., 2003 ss. 71-73). Dessa analyser redovisas därefter i analyskapitlet.

Det finns två typer av analysmodeller. Den första typen är de analysmodeller som författaren själv har utvecklat. T.ex. kan det vara att jämföra olika variabler med varandra. Den andra typen är att använda sig av befintliga analysmodeller som t.ex. Porters femkraftsmodell eller Porters värdekedja.

Viss information som inhämtas kan bearbetas statistiskt för att få fram ny information. T.ex. kan detta ske via olika dataprogram för att få fram korrelationer mellan olika data eller olika fördelningar.

Den insamlade informationen kan även bearbetas med hjälp av speciella och oftast mer avancerade databehandlingsprogram. Dessa program kan då ta fram olika scenarion via modelleringar och simuleringar.

För att få de data som vi insamlat från ERP-systemet i rätt format fick vi i vissa fall konvertera om data till rätt tidsformat. Vi har i det flesta fall använt oss av befintliga analysmodeller för att behandla data. T.ex. har vi utnyttjat olika prognosmodeller för att prognostisera framtida efterfrågan, optimeringsalgoritmer för att beräkna optimala orderkvantiteter samt säkerhetslagermodeller vid beräkningar av säkerhetslager. Vi har även i några fall modifierat befintliga analysmodeller för att anpassa resultatet bättre efter befintliga data som t.ex. vid klassificeringen av Stena Aluminiums artiklar. Där klassificerade vi artiklarna efter dess efterfrågemönster.

2.6 Validitet och reliabilitet

Vid alla former av vetenskaplig forskning är det viktigt att vara säker på vad som görs. Det gäller att det som undersöks faktiskt är vad som avses att undersökas, alltså hur väl vi har lyckats välja bort de data som egentligen saknar relevans för arbetet. Detta kallas *validitet*. Lika viktigt är att undersökningen görs på ett tillförlitligt sätt, detta kallas *reliabilitet* (Patel, o.a., 1994). Vid hög reliabilitet ska oberoende mätningar ge samma resultat.

För att försäkra oss om hög validitet lade vi stor vikt vid att vi och vår uppdragsgivare hade samma uppfattning om vad som egentligen skulle undersökas och vad målet var. Det var även viktigt att se till att företagets definitioner av olika variabler stämde överrens med dem som vi använde i våra matematiska modeller.

Under arbetets gång använde vi oss av vad som kan anses som tillförlitlig data, eftersom vi dels tagit data från en erkänd metallbörs samt använde data direkt ur Stena Aluminiums egna ERP-system.

2.7 Källkritik

När vi behandlade data från ERP-systemet fann vi viss information som var felaktig såsom ordrar med felaktiga orderkvantiteter samt omöjliga orderdatum. Dessa data tog vi inte med i våra beräkningar och vi tror inte heller att detta har någon större effekt på precisionen av våra beräkningar.

I de fall vi genomfört intervjuer med Stena Aluminiums personal är inte all information helt objektiv samt att de uppskattningar de har gjort åt oss inte helt stämmer överrens med verkligheten.

3 Teori

Detta kapitel presenterar den teori som ligger till grund för våra analyser av LME och Stena Aluminiums verksamhet. Teorikapitlet inleds med att förklara teorin bakom olika metoder att prognostisera kvantitativt samt kvalitativt. Därefter går vi in på de grundläggande variablerna som berör beräkningen av orderkvantiteter med en fördjupning i lagerstyrningskostnader. Vi behandlar även grundläggande finansiell teori som grund för lagerhållningskostnader som beror på finansiell risk. Efter denna inledning till beräkningen av orderkvantiteter beskrivs olika metoder för att vid varierande efterfrågan fastställa optimala orderkvantiteter. Därefter tar vi upp olika sätt att se på osäkerheter som påverkar lagerhållningssystemet samt hur dessa kan kompenseras via säkerhetstider samt säkerhetslager.

3.1 Prognostisering

Det är viktigt för alla företag att skapa sig en bild av framtida förhållanden, detta ger dem möjlighet att optimera sin verksamhet för att på bästa sätt möta framtiden. Speciellt viktigt är det att skapa sig en bild av framtida efterfrågan, då den påverkar alla delar av det tillverkande företaget.

För att skapa sig en bild av framtiden kan två typer av prognostiseringsmodeller användas: kvantitativ och kvalitativ. Den kvantitativa modellen bygger på historisk statistik och data. Den kvalitativa bygger istället på omdöme, kunskap och erfarenhet (Namvar, 2000).

3.1.1 Kvantitativ prognostisering

De kvantitativa metoderna extrapolerar historisk statistik och data för att prognostisera efterfrågan. För att bestämma vilken som är den lämpligaste metoden måste viss information om efterfrågans struktur finnas. En metod som passar bra att använda på en efterfrågan som är relativt konstant fungerar oftast inte bra på en efterfrågan som är sporadisk. Generellt är det mycket svårare att kunna prognostisera efterfrågan då den är sporadisk, eftersom det finns färre data att utnyttja samt att kvantiteterna varierar kraftigt. Under långa perioder är den noll för att därefter öka avsevärt genom en order på en relativt stor kvantitet (Axsäter, 1991 ss. 14,29-30).

3.1.1.1 Kontinuerlig efterfrågan

Det finns ett antal olika metoder som fungerar bra att prognostisera efterfrågan med, då efterfrågans struktur i stort sett är kontinuerlig. Dessa kan utnyttja ett glidande medelvärde vid beräkningen av prognosen samt att vissa metoder tar med trend och säsongsvariationer i beräkningarna. Det är dock viktigt att använda den metod som passar bäst. En bra modell vid konstant efterfrågan är enkel exponentiell utjämning, vilken antingen kan utnyttja en trendmodell eller ej.

Glidande medelvärde

Denna prognosmetod utnyttjar medelvärdet för ett antal efterfrågevärden då framtida efterfrågan prognostiseras. Antalet värden som utnyttjas bör anpassas efter hur snabbt efterfrågan antas variera och hur stora slumpvariationerna är. Baseras prognosen på ett helt år tillbaka i tiden kommer inte säsongsvariationer att påverka prognosen (Axsäter, 1991 ss. 18-19).

$$\hat{x}_{t,t+1} = \hat{a}_{t-1} + (x_t + x_{t-N})/N \quad (1)$$

$$\hat{x}_{t,t+\tau} = \hat{a}_t \quad \tau = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

I detta fall är \hat{a} den prognostiserade efterfrågan för viss period, x historisk data, $\hat{x}_{t,t+\tau}$ den prognostiserade efterfrågan för period $t + \tau$ med utgångspunkt i period t samt N antalet perioder tillbaka som prognosen ska utnyttja. Eftersom vi ser på efterfrågan enligt den konstanta modellen blir prognoserna desamma för perioder längre fram.

Enkel exponentiell utjämning med trend

Vid en enkel exponentiell utjämning vikts i princip alla tidigare värden men det som skiljer denna metod från andra metoder är att vikterna avtar exponentiellt. Prognoserna uppdateras med hjälp av den tidigare prognosen samt det sist erhållna efterfrågevärdet. Denna metod ser även till att prognoserna följer en trendmodell som baseras på tidigare data. Det är parametrarna \hat{a} och \hat{b} som vi vill uppskatta. \hat{a} representerar den prognostiserade efterfrågan och \hat{b} representerar den prognostiserade trenden för en viss period (Axsäter, 1991 ss. 19-25).

$$\hat{a}_t = (1-\alpha)(\hat{a}_{t-1} + \hat{b}_{t-1}) + \alpha x_t \quad (3)$$

$$\hat{b}_t = (1 - \beta)\hat{b}_{t-1} + \beta(\hat{a}_t - \hat{a}_{t-1}) \quad (4)$$

$$\hat{x}_{t,t+\tau} = \hat{a}_t + \hat{b}_t \tau \quad \tau = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

I detta fall är α och β de s.k. utjämningskonstanterna som varierar mellan 0 och 1. Med hjälp av dessa konstanter väljs hur många tidigare efterfrågevärden prognosen ska baseras på. Ju mindre tal desto fler värden baseras prognosen på. Bra riktvärde för α är 0,1 till 0,3 och för β 0,05 då prognoserna uppdateras månadsvis (Axsäter, 1991 s. 24). Används ett α på 0,3 kommer prognosystemet att reagera snabbare än vid 0,1. För veckovisa uppdateringar brukar ett värde på 0,04 för α passa bra (Axsäter, 1991 s. 21). Vid början av prognosen är det bra att ha ett initialvärde, \hat{a}_0 , som ligger ungefär på rätt nivå. Ett bra värde att utgå ifrån är t.ex. medelvärdet av efterfrågan under det senaste året. På samma sätt kan initialvärdet på \hat{b}_0 beräknas. Har ett dåligt initialvärde valts samt att α eller β är litet tar det ett tag innan prognoserna blir tillräckligt tillförlitliga.

Några fördelar med att utnyttja exponentiell utjämning i förhållande till glidande medelvärde är t.ex. att det läggs större vikt vid de senast erhållna efterfrågevärdena samt att inte lika mycket data behövs lagras. Det räcker med endast den gamla prognosen samt det sist erhållna efterfrågevärdet istället för hela årets efterfrågevärden. En annan fördel gentemot exponentiell utjämning utan trend är att prognosen snabbare följer en växande eller avtagande efterfrågan. En nackdel med att utnyttja en trendmodell är att den kan ge kraftigare fel i mer långsiktiga prognoser samt att slumpmässiga variationer kan tolkas som en trend.

3.1.1.2 Sporadisk efterfrågan

Vid sporadisk efterfrågan fallerar prognostiseringsmodeller som är utvecklade för kontinuerlig efterfrågan. Anledningen till detta är att sporadisk efterfrågan typiskt innehåller en blandning av nollvärden och icke-nollvärden, se Tabell 3.1. Modeller såsom glidande medelvärde, som fungerar väl vid jämn efterfrågan, tar inte hänsyn till nollvärden och producerar därför felaktiga prognoser. För att undkomma detta problem förlitar sig många företag på kvalitativa prognosmetoder vid efterfrågan av detta slag.

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Efterfrågan	0	0	19	0	0	0	4	18	17	0	0	0	0	0	3	0	0	19	5	4

Tabell 3.1 Sporadisk efterfrågan

Det finns ett antal statistiska metoder som ger bra prognoser i form av medelefterfrågan eller den mest sannolika efterfrågan vid sporadisk efterfrågan (Ghobbar, o.a., 2003). Många av dessa metoder är modifieringar av Crostons metod som lades fram 1972. Nackdelen med dessa metoder är att de inte kan leverera precisa sannolikhetsfördelningar av möjliga efterfrågevärden. Dessa fördelningar är speciellt viktiga att ha vid uträkning av servicenivå. En lösning på problemet är att använda sig av Smart-Willemain-metoden (Smart, 2005). Genom att använda sig av historiska data för att simulera tusentals möjliga realistiska scenarier erhålls en robust fördelning av framtida efterfrågan.

Smart-Willemain-metoden

Denna metod togs fram för att på ett bättre sätt kunna prognostisera sporadisk efterfrågan. Målet var framförallt att kunna ta fram bättre och säkrare prognoser än Crostons metod och exponentiell utjämning som är de mest använda metoderna på marknaden.

Smart och Willemainns metod är en modifierad variant av en s.k. bootstrapping-metod som i grunden har tagits fram av Efron 1979. Ett problem med den traditionella bootstrapping-metoden är att den bl.a. inte utför någon typ av autokorrelation av efterfrågan utan endast utgår från tidigare värden. Smart och Willemainns metod tar hänsyn till detta samt två andra problem som uppstår i samband med utnyttjandet av sporadisk data, nämligen frekvent återupprepade värden samt relativt korta serier. Deras metod utförs på följande sätt (Willemain, o.a., 2004 ss. 379-380):

- Steg 0:** Inhämta historisk efterfrågedata summerat i passande tidsenheter (t.ex. i veckor)
- Steg 1:** Beräkna övergångsmatrisens sannolikheter för en Markovmodell med två tillstånd, noll och icke-noll. Detta för att få med en autokorrelation.
- Steg 2:** Utnyttja Markovmodellen för att generera en sekvens av nollor och icke-nollor för så långt prognosen ska sträcka sig med utgångspunkt i det sista historiska värdet om det är noll eller icke-noll.
- Steg 3:** Byt varje icke-nollvärde mot ett numeriskt värde som slumpmässigt valts ut från mängden icke-nollvärden från den historiska efterfrågedatan.
- Steg 4:** Utjämna dessa icke-nollvärden enligt följande algoritm:

$$\begin{aligned}
 Jittered &= 1 + Int\{X^* + Z\sqrt{X^*}\} \\
 \text{Om } Jittered &\leq 0, \text{ returnera } Jittered = X^* \\
 \text{Annars returnera } &Jittered
 \end{aligned}$$

I detta fall är X^* det slumpmässigt valda icke-nollvärdet och Z är den slumpmässiga normalfördelade standardavvikelsen. Denna algoritm lägger alltså till en liten slumpmässig variation till värdet. Denna variation ger en större variation för större efterfrågan vilket bygger på det empiriska fenomen som Smart och Willemain noterade under sina undersökningar, d.v.s. att variansen ökar när medelvärdet ökar.

Steg 5: Summera dessa prognostiserade värden för att få ett prognostiserat värde för efterfrågan under ledtiden.

Steg 6: Repetera steg 2-5 många gånger.

Steg 7: Sortera och utnyttja resultatet för att beräkna fördelningen för efterfrågan under ledtiden.

När denna algoritm har genomförts kan fördelningen för efterfrågan under den aktuella ledtiden utnyttjas för att beräkna vilken kvantitet som bör hållas i lager, beroende på vilken servicenivå gentemot kunden som eftersträvas.

Exempel

För att förtydliga hur Smart-Willemain-metoden rent praktiskt går till har vi genomfört metoden på den historiska datan som redovisades i Tabell 3.1 (steg 0), vilken har en sporadisk efterfrågan. Vi har valt att prognostisera efterfrågan under ledtiden 3 månader framåt i tiden samt att vi har genomfört detta scenario 10 000 gånger (steg 6). I steg 1 beräknar vi övergångsmatrisen för sannolikheten för noll- eller icke-nollvärden med utgångspunkt i den historiska datan.

	0	1		0	1
0	10	5	0	67 %	33 %
1	4	3	1	57 %	43 %

Tabell 3.2 Övergångsmatriser (t.v. i st. och t.h. i procent)

Därefter genererar vi i steg 2 en prognos på 3 månader med noll- och icke-nollvärden enligt sannolikheterna för noll- och icke-nollvärden enligt övergångsmatrisen. T.ex. kan denna se ut enligt följande sekvens, Tabell 3.3. I detta fall representeras icke-nollvärdena med ett X.

Månad	21	22	23
Efterfrågan	0	X	0

Tabell 3.3 Prognos av noll- samt icke-nollvärden

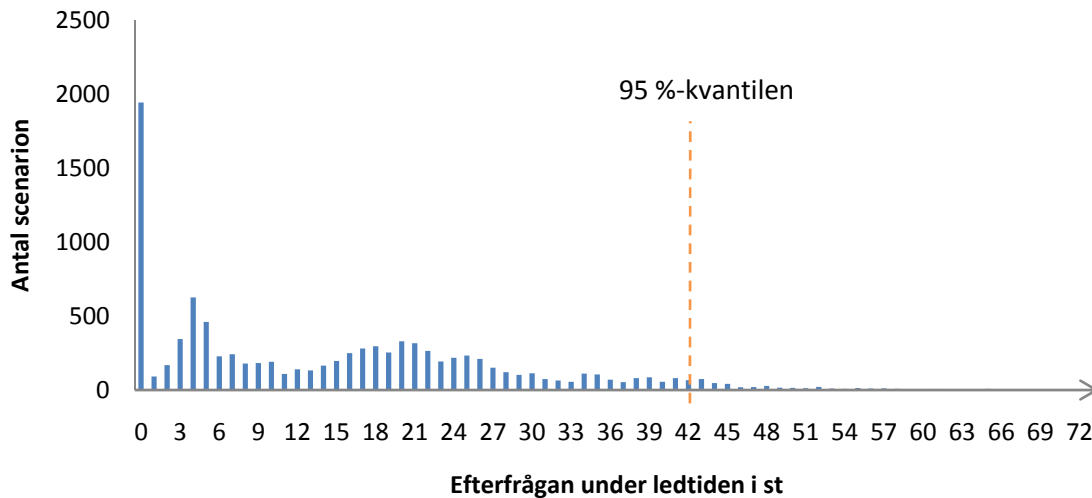
I steg 3 byts icke-nollvärdet ut mot ett slumpmässigt valt icke-nollvärde valt ur den historiska datan. T.ex. kan detta bli efterfrågan från månad 19 som var 5 enheter. Därefter, i steg 4, utjämnas detta värde enligt algoritmen som redovisas ovan. T.ex. kan då utfallet bli 4, 6, 9 eller något annat närliggande tal. Detta för att inte utnyttja exakt samma värden som finns i den historiska datan. Vi säger att värdet utjämnas till 6, men kunde lika gärna ha förblivit 5. Därefter ser prognosen ut enligt Tabell 3.4 .

Månad	21	22	23
Efterfrågan	0	6	0

Tabell 3.4 Utjämning av icke-nollvärden

I steg 5 summeras dessa värden, vilket i detta fall blir 6. Detta värde sparas undan. Därefter repeterades denna procedur 10 000 gånger i steg 6. För att, i steg 7, få fram en fördelning av efterfrågan, under den valda ledtiden, kan dessa utfall redovisas i ett histogram. I Tabell 3.5 ser vi utfallet av detta exempel.

Fördelning av efterfrågan under ledtiden



Tabell 3.5 Fördelning av efterfrågan under ledtiden

Som vi kan se är det störst sannolikhet att efterfrågan under de tre månaderna är noll. I detta fall är sannolikheten för noll ca 20 %. Vi kan även se att efterfrågan under ledtiden kan bli så pass stor som 72 enheter, dock är sannolikheten för detta endast 0,0001 %. För att klara av 95 % av de möjliga utfallen, alltså att upprätthålla en servicegrad på 95 % mot kunderna under denna 3 månaders period, bör det minst finnas 42 enheter i lager. Detta kan utläsas genom att ta fram 95 %-kvantilen.

3.1.2 Kvalitativ prognostisering

Denna prognostiseringsmodell bygger på människans uppfattning om framtiden. Kvalitativa modeller behöver inte data på samma sätt som kvantitativa modeller. Många olika människor och grupper med skiljande utgångspunkt kan tillfrågas. Den resulterande prognosen speglar de tillfrågades bedömningar och samlade kunskap. Detta sätt att prognostisera är speciellt användbar då historisk data inte existerar, t.ex. vid en ny produktansättning. P.g.a. modellens natur är dessa prognoser alltid subjektiva då de bygger på personliga uppfattningar.

Den största fördelen med kvalitativ prognostisering är dess möjlighet att förutse förändringar i framtiden, då många experter kan ha en "känsla" om framtida okända händelser som bygger på kunskap och erfarenhet. Kvantitativ prognostisering har inte denna möjlighet. En annan fördel är bredden på underlaget. Företaget kan få information från olika grupper såsom försäljning, marknad, kunder och ledning och på så sätt få en prognos med bred förankring.

Det finns dock nackdelar. Eftersom prognosen grundar sig på människors personliga uppfattningar finns det alltid en tillförlitlighetsrisk. De tillfrågade kan vara påverkade av t.ex. sinnesstämning, företagsklimat, politiska faktorer och gruppträck. Alla dessa kan förhindra individen att leverera konsistenta, individuella bedömningar. Av denna anledning bör alltid stödjande bevis presenteras. Vidare är kvalitativ prognostisering väldigt dyrt och tidskrävande.

3.1.2.1 Försäljarnas åsikt

En vanlig kvantitativ prognostiseringsmodell för efterfrågan är att låta de faktiska försäljarna prognostisera försäljningen. Denna utförs ur ett gräsrotsperspektiv (Rakes, 1974), dvs. informationen

samlas från lägsta nivå. Varje försäljare rapporterar varje period in vad han eller hon uppskattar ska sälja, kund för kund. Bakgrunden till detta är att varje individ vet sin region och sina kunder bäst. Genom att aggregera alla individers kunskap om framtida försäljning erhålls till slut en försäljningsprognos för hela företaget. Om det finns engagemang och kunskap av de som inrapporterar skapar detta en följsam och exakt prognos.

3.1.2.2 Marknadsundersökningar (Customer Survey)

Vidare kan företaget använda sig av marknadsundersökning vid prognostisering genom att samla in åsikter från existerande och potentiella kunder. Eftersom data samlas in från företagets kunder frambringas en unik insikt i kundernas framtida förhållande, vilket skapar möjlighet för detaljerad planering och nya marknadsstrategier.

3.1.3 Klassificering av efterfrågemönster

För att komma fram till rätt prognostiseringsmodell för rätt artikel kan det vara en god idé att försöka klassificera artiklarna utifrån givna kriterier. En ansats till klassificering är att använda följande två dimensioner (Ghobbar, o.a., 2003):

- 1) Tid mellan efterfrågan (ADI, Average Inter-Demand Interval)
- 2) Volatilitetskoefficient i kvadrat – artikelns standardavvikelse dividerat med artikelns genomsnittliga efterfrågan i kvadrat (CV^2 , Coefficient of Variation)

Denna klassificering är speciellt bra att använda för produkter med sporadisk efterfrågan.

		Genomsnittstid mellan efterfrågan	
		Låg	Hög
Efterfrågans volatilitet	Låg	Klass A	Klass B
	Hög	Klass D	Klass C

Tabell 3.6 Klassificering av efterfrågemönster

För att avgöra om värdet för respektive dimension är högt eller lågt jämförs värdet med det volymmässigt viktade medelvärdet för alla artiklarna. Låt x vara medelvärdet för ADI och y vara medelvärdet av CV^2 för alla artiklarna, då kan artiklarna klassificeras enligt:

Klass A $ADI \leq x, CV^2 \leq y$. Artiklar med kontinuerlig och jämn efterfrågan. Dessa artiklar är lätta att prognostisera.

Klass B $ADI > x, CV^2 \leq y$. Artiklar med sporadisk och jämn efterfrågan.

Klass C $ADI > x, CV^2 > y$. Artiklar med sporadisk och volatil efterfrågan. Identifierar produkter med nyckfullt efterfrågemönster och många perioder med nollefterfrågan (avbrott). Dessa artiklar är svårast att prognostisera.

Klass D $ADI \leq x, CV^2 > y$. Artiklar med kontinuerlig och volatil efterfrågan. Identifierar produkter med oregelbunden efterfrågan fast med få avbrott.

3.1.4 Prognosfel

Det finns en uppsjö av olika mått för att mäta prognosriktigheten.

MAPE

En av de allra vanligaste är MAPE (Mean Absolute Percentage Error) och kan beskrivas som absolutbeloppet av felet dividerat med det riktiga värdet, alltså:

$$\text{MAPE} = \frac{|\text{Fel}|}{\text{Faktiskt värde}} = \frac{|\text{Prognostiserade värdet} - \text{Faktiska värdet}|}{\text{Faktiskt värdet}} \quad (6)$$

MAPE är alltså ett procenttal där ett lägre värde betyder en bättre prognos och ett högre värde betyder en sämre prognos (Hyndman, o.a., 2005).

MAD

Ett annat mycket vanligt sätt att beräkna prognosfelet är att beräkna prognosens genomsnittliga absolutfel, även kallat MAD (Mean Absolute Deviation). Denna beräknas enligt följande:

$$\text{MAD} = E|X - m| \quad (7)$$

E är det förväntade värdet för absolutbeloppet av $X - m$. X representerar slumpvariabeln och m dess medelvärde. Att utnyttja MAD för att beräkna standardavvikelsen (slumpvariabelns spridning kring medelvärdet) var tidigare befogat p.g.a. beräkningstekniska skäl. Idag är det så pass lätt att beräkna standardavvikelsen att det inte finns någon anledning att utnyttja MAD. MAD kan lätt modifieras så att den utnyttjar ett glidande medelvärde eller en exponentiell utjämning (Axsäter, 1991 ss. 30-32).

3.2 Beräkning av orderkvantitet

En central del inom lagerstyrning är beräkning av orderkvantitet. Den optimala orderkvantiteten är den som minimerar kostnaden för hela systemet. För att närma oss detta problem kan vi sätta upp ett antal parametrar som är relevanta i detta sammanhang.

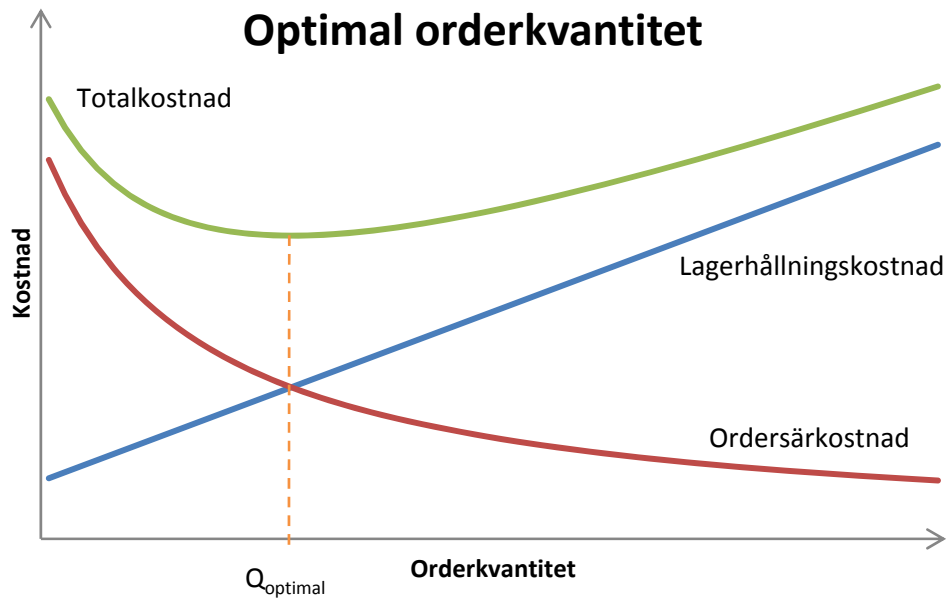
T = antal perioder

d_i = efterfrågan i period i , $i=1,2,\dots,T$

A = ordersärkostnad

h = lagerhållningskostnad per enhet och period

En tidshorisont betraktas som är uppdelad på ett antal perioder, lagret är från början noll och lagerhållnings- och ordersärkostnad är konstant (Axsäter, 1991 ss. 53-54). I Figur 3.1 visualiseras kostnadsvägningen för optimal orderkvantitet.



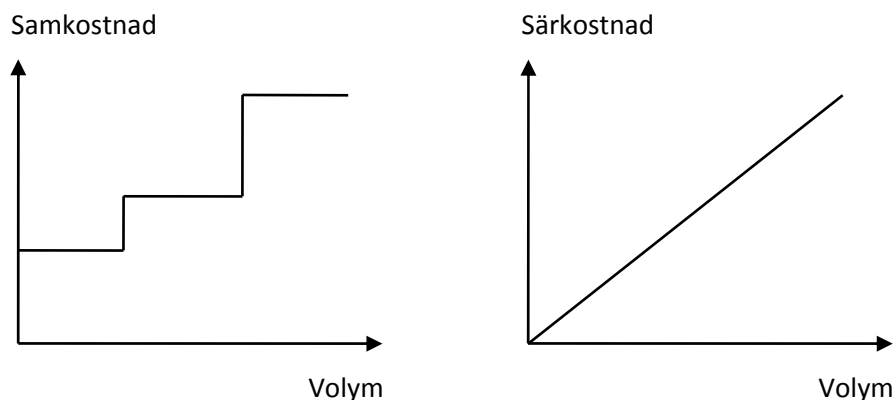
Figur 3.1 Optimal orderkvantitet m.a.p. totalkostnad

Den lägsta kostnaden erhålls då summan av lagerhållningskostnaderna och ordersärkostnaderna är som lägst. Den optimala orderkvantiteten kan lättast utläsas då kurvorna för lagerhållningskostnaderna och ordersärkostnaderna korsar varandra eller beräknas via optimeringsalgoritmer.

3.3 Lagerstyrningskostnader

I detta kapitel går vi igenom lagerkostnader och dess beståndsdelar, även skillnaden mellan sär- och samkostnader behandlas. Logistikkostnaderna består dels av lagerhållningskostnaden, dvs. kostnaden för att hålla inventarier i lager, samt ordersärkostnaden som är kostnader förknippade med att lägga nya ordrar.

Det är viktigt att sär- och samkostnader skiljs åt. Särkostnader är sådana kostnader som påverkas om den genomsnittliga lagervolymen förändras. Lagerkostnader, som däremot inte förändras när volymen höjs eller sänks, räknas till samkostnader. Både lagerhållningskostnaderna och ordersärkostnaderna är särkostnader. (Jonsson, o.a., 2005)



Figur 3.2 Samkostnader ökar stegvis medan särkostnad ökar proportionellt med volymen

3.3.1 Lagerhållningskostnad

Kostnaden för att hålla lager betecknar vi med h och ska täcka kostnaderna för att hålla en enhet i lager under en tidsperiod. Det finns i litteraturen ett antal olika sätt att dela in dessa olika kostnader. Nedan redovisas Jonsson & Mattssons modell för uppdelning av lagerhållningskostnaderna. Lagerhållningskostnaden kan delas upp i tre delar (Jonsson, o.a., 2005 ss. 129-136): kapitalkostnad h_C , förvaringskostnad h_H och osäkerhetskostnad h_R .

$$h = h_C + h_H + h_R \quad (8)$$



Figur 3.3 Lagerhållningskostnadens komponenter enligt Jonsson & Mattsson (2005)

Kapitalkostnad

Att likställa det kapital som finns bundet i lagret med det kapital som används vid investeringar är ett sätt att värdera kostnader för lagerhållningen. Kostnaden motsvarar då det avkastningskrav företaget har på investerat kapital, d.v.s. den intäkt företaget hade kunnat få om kapitalet som bundits i lagret istället investerats. Kapitalkostnaden måste minst motsvara företagets lägsta avkastningskrav. Vad kapitalkostnaden verkligen är bestäms i grund och botten av marknaden, dock är det upp till företaget att sätta en egen nivå som de ska arbeta mot. Denna kostnad täcker traditionellt en stor del av κ och därmed även lagerhållningskostnaden. Kapitalkostnaden h_C för en enhet per tidsenhet räknas ut som

$$h_C = \kappa_C C_S \quad (9)$$

där κ_C är den förväntade alternativa avkastningen och C_S är värdet som investerats i en enhet (självkostnaden). Kapitalkostnaden anses vara en särkostnad eftersom den är proportionell mot självkostnaden av lagret.

Förvaringskostnad

Under denna rubrik hittar vi kostnader som kan associeras med kostnaden för det fysiska lagret. Poster som ingår är kostnaderna för lagerpersonal, lagrings- och hanteringskostnader, avskrivningar på anläggningar, lageradministration och energi. Energikostnaderna kan påverkas av krav på kylutrymme, uppvärmning, ljus etc. Har företaget ett eget lager tillkommer även kostnader för den del av lagret som skulle kunna utnyttjas på ett alternativt, mer lönsamt sätt, t.ex. att hyra ut outnyttjad lagerplats till någon annan verksamhet. I de fall då företaget hyr eller leasar lagerplats hos en utomstående aktör tillkommer endast kostnader för den utnyttjade arean samt eventuella kostnader som inte uthyraren står för, t.ex. om det finns krav på att använda egen lagerpersonal. Att räkna ut förvaringskostnaden h_L kan vara svårt eftersom den ofta inte är direkt proportionell mot lagernivån. Ett exempel på detta kan vara antalet truckar som krävs för att transportera en viss mängd artiklar. Ofta är inte artiklarna så pass stora att en truck endast kan lyfta en artikel i taget. På detta sätt kan kapaciteten ökas till en viss nivå utan att en ny truck behövs köpas in.

Osäkerhetskostnad

Det innebär alltid risk och osäkerhet att lagrhålla artiklar. Kostnader omfattar olika fysiska förändringar på de varor som förvaras i lagret. Exempel på sådana kostnader kan vara att varorna förlorar i värde p.g.a. ålder, kassationer orsakade av inkurans eller skada, stölder samt andra fysiska skador. Kostnader för försäkringar räknas också som en osäkerhetskostnad. Försäkringspremien beror på ett antal olika variabler. Exempel på dessa variabler är storleken på lagerytan, medellagernivå, försäkringsbelopp för varor samt värdet på maskiner och inventarier. Osäkerhetskostnaden h_R är starkt knuten till lagervärdet och kan därför anses vara en särkostnad. Osäkerhetskostnaden h_R för en enhet per tidsperiod kan därför räknas ut som

$$h_R = \kappa_R C \quad (10)$$

$$\kappa_R = \frac{\text{osäkerhetskostnader}}{\text{medellagervärde}}, \quad (11)$$

under en tidperiod där C är varans värde.

3.3.2 Ordersärkostnad

Ordersärkostnader rubriceras de kostnader som uppstår vid beställningar från en extern leverantör och uppsättningskostnader är de kostnader som uppkommer t.ex. då maskiner ska modifieras eller justeras inför en ny körning (Berling, 2005 ss. 18-19). Dessa kostnader betecknas A och är direkt beroende av antalet beställningstillfällen.

Ordersärkostnaderna kan delas in i fyra kostnadskomponenter (Jonsson, o.a., 2005 ss. 138-139) *omställnings- och nedtagningskostnader, kostnader för kapacitetsförlust, materialhanteringskostnader* samt *orderhanteringskostnader*.

Omställnings- och nedtagningskostnader motsvarar den tid det tar att ställa om från en tillverkningsorder till en annan. Kostnader för skrotning och effekterna av hastighetsförluster vid omställningen hänförs också till denna kategori.

Kostnaderna för kapacitetsförlust är direkt beroende av tillverkningens beläggningsgrad. Har tillverkningen ledig kapacitet uppstår endast kostnader för den tid som läggs ned för att förbereda de

nya ordena i form av direkta kostnader för personal samt förbrukningsmaterial. Vid full beläggning tillkommer även kostnader för alternativt användande av personal och material.

Kostnader kopplade till materialhanteringen vid orderstart samt orderavslut kallas materialhanteringskostnader. Exempel på sådana kostnader kan t.ex. vara kostnader avseende godsmottagning, ankomstkontroll, inlagring, materialuttag samt förflyttning av färdigvaror till och från lagren.

Den sista komponenten heter orderhanteringskostnader. Vid inköp kan dessa kostnader vara de kostnader som uppstår hos planerings-, ekonomi- och inköpsavdelningarna för att behandla ordern. I tillverkningen kan detta vara kostnader för planering, orderutsläpp och samt återrapportering.

3.4 Finansiell risk

Vid nästan alla typer av investeringar är framtida avkastningar inte kända från början, detta faktum är grunden till vad vi kallar finansiell risk. Generellt sett är människor riskaversiva, d.v.s. vi försöker undvika risk så långt det är möjligt och kräver därför större avkastning på en investering med hög risk. Det är därför viktigt att på ett rationellt sätt kunna beskriva relationen mellan avkastning och risk. Markowitz lade 1959 grunden till vad vi kallar Capital Asset Pricing Model (CAPM). Denna modell utgår från att investerare alltid strävar efter en portfölj med högsta möjliga avkastning till en given avkastningsvarians. Om det existerar en riskfri avkastning R_f och R_m betecknar avkastningen från marknadsportföljen (den gemensamma avkastningen på hela marknadens tillgångar) kan avkastningen för tillgång i enligt CAPM beskrivas följande:

$$E[R_i] = R_f + \beta(E[R_m] - R_f) \quad (12)$$

$$\beta = \frac{Cov[R_i, R_m]}{Var[R_m]} \quad (13)$$

Det existerar alltså ett enkelt linjärt samband mellan förväntad avkastning och risk. β -värdet räknas ut som kovariansen mellan avkastningen för tillgång i och marknadsportföljen genom variansen för marknadsportföljen.

3.5 Den finansiella marknaden och lagerhållningskostnaden

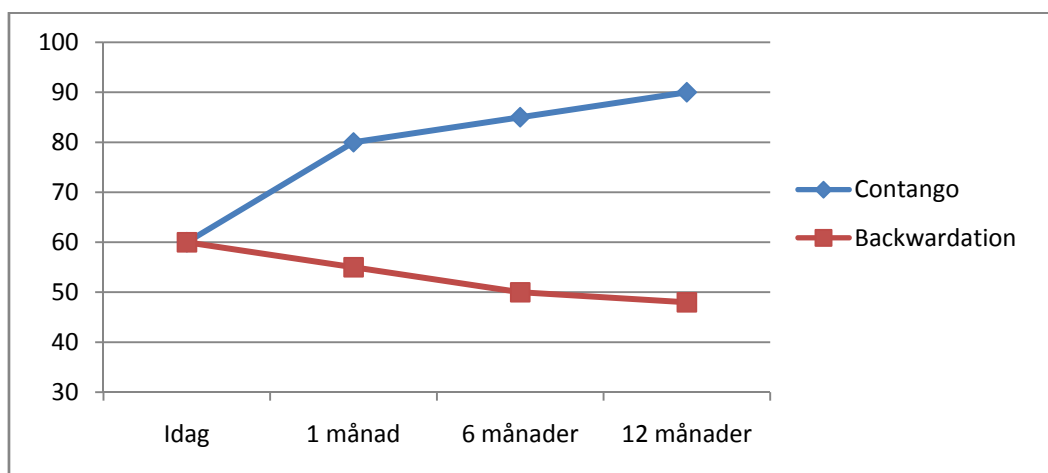
I detta kapitel presenterar vi ett sätt för att variera lagerhållningskostnaden utefter de terminskontrakt som finns på den finansiella marknaden för att uppnå bättre inköp. Genom att använda sig av korrelationen mellan dagens terminspris och framtidens pris kan förhoppningsvis orderkvantiteterna modifieras sådant att den totala inköpskostnaden blir lägre.

3.5.1 Terminer

För att begränsa, eller hedga, bort risken har speciella finansiella instrument uppkommit, nämligen terminskontrakt (på engelska Forwards eller Futures). Terminer är ett kontrakt om att sälja eller köpa en viss kvantitet av en viss råvara till ett specificerat pris och lösendag. En future och en forward skiljer sig åt på så sätt att en daglig avräkning sker för en future, och för en forward sker avräkning först vid lösendagen. Terminer är det äldsta finansiella instrumentet vi känner till (CME) och utvecklades ursprungligen för handel med jordbruksprodukter och andra råvaror. Om en jordbrukare t.ex. var rädd för att priset på hans veteskörd skulle gå ner vid skördetid kunde han sälja terminskontrakt motsvarande hela sin skörd med lösenpris satt till dagens pris. Bonden gick då med på att leverera hela sin skörd till ett visst pris vid skördetid. Forwards köps och säljs på organiserade

börser. Omsättningen är stor därför att kontrakten är standardiserade och bara har ett visst antal lösendatum per år.

Den framtida terminspriskurvan kan beskrivas på två sätt. I Figur 3.4 visas två fiktiva terminspriskurvor för en tänkt råvara vid olika tidpunkter (Reuters). Den översta kurvan är uppåtlutande, d.v.s. terminspriset är högre än dagens pris, detta kallas en Contango-marknad. Den undre kurvan är nedåtlutande, d.v.s. terminspriserna är lägre än dagens pris, detta kallas en Backwardation-marknad. Båda kurvorna utgår från dagens pris. Olika råvaror har olika kurvor och samma råvara kan också ändra kurvtyp utefter marknadsförhållanden. Faktorer som motiverar backwardation är t.ex. att det finns fördelar mot att äga råvaran (s.k. Convenience yield) nu istället för att köpa den senare. Kostnader för lagerhållning och andra innehavskostnader är faktorer som motiverar en Contango-marknad. Terminspriset sätts av marknaden och det är faktorer som dessa samt framtida tillgång och efterfrågan som kontinuerligt sätter priset.



Figur 3.4 Contango och Backwardation

Allt eftersom tiden går uppdateras priset på terminerna och vid lösendagen har priset alltid konvergerat till dagens pris. Med andra ord, ju kortare löptid desto närmare är terminspriset till dagspriset. Detta betyder att terminspriset för en Contango-termin sjunker och det ökar för en Backwardation-termin allteftersom tiden går för att slutligen konvergera till dagens pris.

3.5.2 Lagerhållningskostnad med hänsyn tagen till terminspriser

Berling föreslog 2005 ett tillvägagångssätt för dra fördel av prisfluktuationer vid inköp via beräkningen av lagerhållningskostnaden. Hans modell tar hänsyn till framtida prisförändringar och beräknar dessa genom att se till terminskontrakt som handlas på råvarubörser. Utifrån dessa prisförändringar varieras kapitalkostnaden för att uppnå optimala inköpskvantiteter. Tanken är att det framtida terminspriset är positivt korrelerat med det framtida verkliga priset och därför påverkar den optimala lagerhållningspolicyn. Om t.ex. terminspriset är högt bör mer köpas in, och litet mindre om terminspriset är lågt jämfört med dagens pris.

Vid beräkning av lagerhållningskostnaden enligt Berlings sätt utnyttjas det vanliga sättet att beräkna lagerhållningskostnaden, h . Därefter läggs den finansiella risken för prisförändringar till.

$$h_{tot} = h + C \left[i + \beta \left(x \frac{Q}{d}, C \right) \right]. \quad (14)$$

C motsvarar återanskaffningskostnaden precis som vid beräkningen av lagerhållningskostnaden, h. Den riskfria räntan, i , adderas därefter med $\beta(t,C)$ som definieras som den genomsnittliga minskningen av det förväntade inköpspriset under en tidsperiod t , givet ett startpris C . I detta fall väljs notationen minskning när det lika gärna skulle kunna vara en ökning av inköpspriset då normalfallet är contango. I detta fall är tidsperioden $\chi \frac{Q}{d}$ där χ är den förväntade prisförändringen över perioden, varvid $1/3 \leq \chi \leq 2/3$. Q är den optimala orderkvantiteten samt d är efterfrågan.

Priset antas följa en mean-reverting logaritmisk Ornstein-Uhlenbeck-process, som kan beskrivas enligt följande:

$$E[C(t)] = \hat{C} \left(\frac{C(0)}{\hat{C}} \right)^{\exp(-\lambda t)} \exp\left(\frac{\sigma}{4\lambda}(1 - e^{-2\lambda t})\right) \quad (15)$$

$C(0)$ = Spotpriset vid tid noll

$E[C(t)]$ = Förväntade inköpspriset t perioder framåt, givet C

\hat{C} = Medianen av inköpspriset ($\hat{C} = \exp(\bar{c})$)

σ = Standardavvikelsen av det logaritmiska inköpspriset.

λ = Styrkan på "mean-reverting"-tendensen ($0 < \lambda < 1$), dvs. hur snabbt priset återgår till medelvärdet.

Då vi definierar $\beta(t,C)$ som den genomsnittliga minskningen av det förväntade inköpspriset under en tidsperiod t , givet ett startpris C

$$E[C(t)] = C e^{-\beta(t,C)t} \quad (16)$$

kan vi skriva $\beta(t,C)$ som

$$\beta(t, C) = \left[\ln\left(\frac{C}{\hat{C}}\right) (1 - e^{-\lambda t}) - \frac{\sigma^2}{4\lambda} (1 - e^{-2\lambda t}) \right] / t. \quad (17)$$

Lagerhållningskostnaden ska också innehålla systematisk risk, dvs. risk orsakad av kovariansen mellan priset och det allmänna affärsklimatet. Denna risk inkluderas dock i terminspriset om vi sätter priset på en termin $F(t)$ till

$$F(t) = E[C(t)] \cdot \exp(-\alpha \cdot (1 - e^{-\lambda t})) \quad (18)$$

dvs. det förväntade priset vid tiden t gånger den systematiska risken, där α betecknar riskpremien. Vi får härmed ett nytt uttryck för $\beta(t, C)$:

$$\beta(t, C) = \left[\ln\left(\frac{C}{\hat{C}} - \alpha\right) (1 - e^{-\lambda t}) - \frac{\sigma^2}{4\lambda} (1 - e^{-2\lambda t}) \right] / t. \quad (19)$$

I Berlings tidigare studier har han fastställt att det är bättre att se på terminspriset istället för försäljningspriset vid beräkningen av kapitalkostnaden av lagerhållningskostnaden. Genom att sätta in ett antal terminspriser kan vi bestämma de ingående parametrarna (α , λ samt σ) i $\beta(t, C)$. Därefter tillämpar vi h_{tot} i olika sätt att beräkna orderkvantiteten. Ett problem som då uppstår är att dessa

ekvationer inte har en enkel lösning. För att lösa ut den optimala orderkvantiteten krävs det oftast att en iterativ metod utnyttjas.

3.6 Optimal orderkvantitet vid varierande efterfrågan

I de flesta industrier är inte efterfrågan konstant utan den varierar relativt mycket under t.ex. ett år. Detta kan bl.a. bero på stora säsongsvariationer, reklamkampanjer eller att en artikel bara efterfrågas några få gånger per år. I dessa fall passar det inte att utgå från att efterfrågan är konstant. Detta kommer att påverka de optimala orderkvantiteterna. För att kompensera för den varierande efterfrågan bör därför andra algoritmer användas. Även i detta fall går det att tillämpa Berlings sätt att beräkna lagerhållningskostnaden med hänsyn tagen till den finansiella risken.

3.6.1 Wagner-Whitin

Wagner-Whitin är en algoritm av Wagner och Whitin (1958) som kan användas för att beräkna den optimala orderkvantiteten exakt under en fastställd tidsperiod för varierande efterfrågan genom att använda sig av dynamisk programmering. Wagner-Whitin algoritmen kan beskrivas enligt följande (Axsäter, 1991 ss. 54-58):

f_{kt} = minimal totalkostnad för perioderna 1, 2, ..., k, då perioderna k + 1, k + 2, ..., T försummas.

f_{kt} = minimal totalkostnad för perioderna 1, 2, ..., k då sista inleveransen är i period t, ($1 \leq t \leq k$).

Vidare existerar följande relation:

$$f_{kt} = f_{t-1} + A + h(d_{t+1} + 2d_{t+2} + \dots + (k - t)d_k) \quad 1 \leq t \leq k \quad (20)$$

I ovanstående ekvation är f_{kt} den lägsta totalkostnaden för perioderna 1, 2, ..., k när den sista inleveransen är i period t. Genom iterativa beräkningar kan den optimala orderkvantiteten för de olika tidperioderna bestämmas.

3.6.2 Enkel variant av Part-Period

Denna algoritm är en approximativ metod för att beräkna de bästa orderkvantiteterna under en viss tidsperiod. Algoritmen inleds med att låta den första inleveransen täcka n perioder där antalet perioder bestäms av villkoret:

$$h \sum_{j=2}^n (j - 1)d_j \leq A < h \sum_{j=2}^{n+1} (j - 1)d_j \quad (21)$$

Då lagerhållningskostnaderna för en mängd artiklar överstiger ordersärkostnaden, A, bör en ny inleverans ske i den perioden. Därefter börjar algoritmen om igen. (Axsäter, 1991 ss. 60-62)

3.6.3 Silver-Meal

Silver-Meal är precis som Part-Period en sekventiell metod som successivt betraktar efterfrågan i ett antal efterföljande perioder. Metoden går igenom period för period och avgör om det är lämpligt att genomföra en ny inleverans i den perioden. Är det inte lämpligt går den vidare till nästa period tills en lämplig period har hittats. Proceduren startar därefter om igen.

$$\frac{A + h \sum_{j=2}^k (j-1)d_j}{k} \leq \frac{A + h \sum_{j=2}^{k-1} (j-1)d_j}{k-1} \quad 2 \leq k \leq n \quad (22)$$

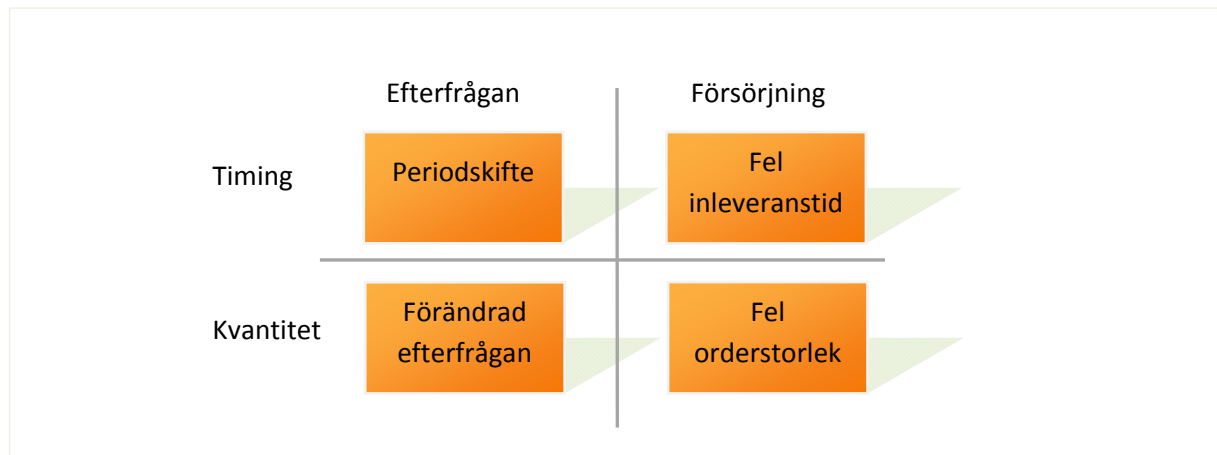
Algoritmen ovan låter alltså nästa inleverans äga rum då kostnaderna per period utan inleverans ökar för första gången. Den första inleveransen ska alltså täcka n perioder och den nya inleveransen ske i period n+1 om lagerhållningskostnaderna överstiger ordersärkostnaden. (Axsäter, 1991 ss. 58-60)

3.6.4 Exakt eller approximativ metod

I vissa fall kan en approximativ metod ge bättre resultat då den inte lägger lika stor vikt vid hur efterfrågan ser ut längre fram. Den exakta metoden, Wagner-Whitin, tar med all efterfrågan under hela perioden i beräkningen, vilket gör att den blir exakt. De andra två metoderna, Part-Period och Silver-Meal, som är approximativa ser endast till efterfrågan en viss tid in i framtiden. Det är dock inte endast till en nackdel då verkligheten sällan stämmer överrens med prognoserna. Dessa differenser mellan verkligheten och prognoserna medför att den exakta metoden blir approximativ för det verkliga problemet. Det uppstår speciellt då en s.k. rullande planering används och då efterfrågan endast betraktas fram till en viss planeringshorisont och efterfrågan efter planeringshorisonten försummas. En bra approximativ metod ger i allmänhet endast ett fel på några enstaka procent, vilket ger en mycket liten kostnadsökning. (Axsäter, 1991 ss. 62-63)

3.7 Osäkerhet som påverkar lagersystemet

Det är inte lätt att göra exakta prognoser av den framtida efterfrågan och inte heller lätt att veta exakt när beställd råvara kommer in. Det finns många faktorer som medför osäkerheter. Dessa osäkerheter brukar kunna delas in i två huvudkategorier, osäkerhet i tid samt osäkerhet i efterfrågan. Dessa två kategorier kan därefter delas in i fyra kategorier vilka på ett bra sätt täcker de vanligaste typer av osäkerheter som uppstår i verkligheten (Vollmann, o.a., 1984 ss. 359-360). Dessa illustreras i Figur 3.5.



Figur 3.5 Osäkerheter i lagersystemet

Den första osäkerheten som redovisas är en kombination av efterfrågan och timing. Med detta menas att den aktuella efterfrågan inte uppstår i den förväntade perioden utan i en annan period. Ett exempel när detta uppstår är när en kund ändrar sig och vill ha sin order några dagar tidigare eller senare än vad som tidigare var fastställt.

Den andra osäkerheten som är beroende av tid är kombinationen av timing och försörjning. Denna osäkerhet kan uppstå från variationer i leverantörens ledtider eller från variationer i ledtiderna hos

den egna produktionen. Variationer i leverantörens ledtider kan t.ex. medföra försenade inleveranser till produktionen. I produktionen i sig kan det uppstå oväntade flaskhalsar som försenar färdigställandet av en order.

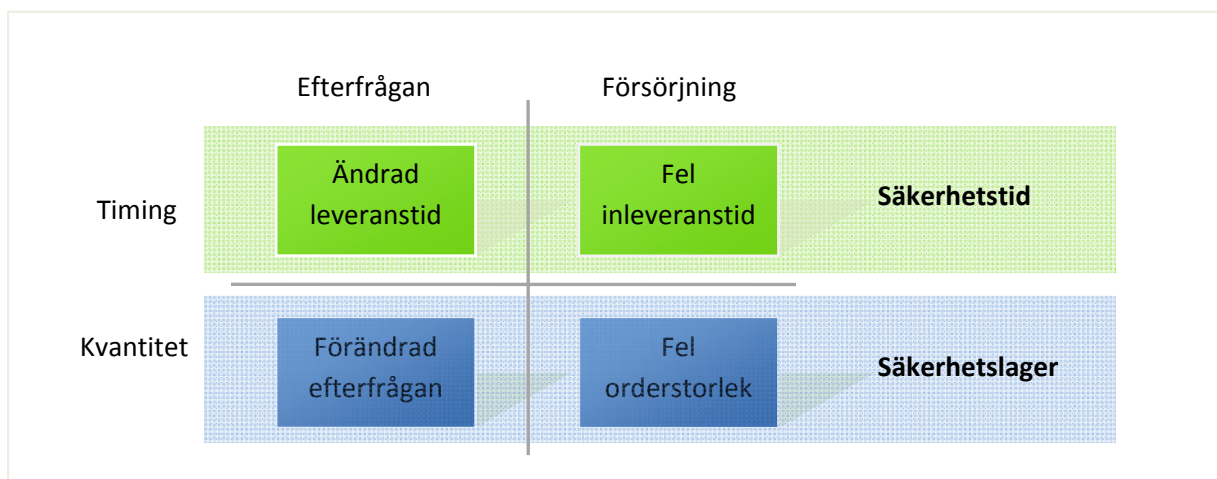
Osäkerheter i kvantitet kan också uppstå i två olika fall. Det ena fallet är då den efterfrågade kvantiteten varierar. Detta uppstår t.ex. då produktionen måste ökas p.g.a. att kunderna efterfrågar andra kvantiteter än väntat eller att prognosen för den efterfrågade kvantiteten ändras.

Det andra fallet då kvantiteten förändras är då den beställda kvantiteten från leverantören är för liten eller för stor.

Värt att notera är att osäkerheter i tid endast förändrar timingen av en order och inte kvantiteten. Kvantitetsosäkerheter medför precis som framgår av ordet en förändring av efterfrågad kvantitet.

3.7.1 Säkerhetslager eller säkerhetstid

Det finns framförallt två sätt att skydda sig mot dessa osäkerheter. Båda teknikerna skapar en buffert som täcker osäkerheterna. Den första är att under varje period hålla en kvantitet av råvaror eller färdigvaror i en typ av reservlager, även kallat säkerhetslager. Den andra metoden är att införa en säkerhetstid varvid en order beställs och produceras tidigare än beräknat (Vollmann, o.a., 1984 s. 360).



Figur 3.6 Säkerhetslager eller säkerhetstid vid olika osäkerhetskategorier

Vollmann o.a. har genomfört tester för att ta reda på i vilka fall ett säkerhetslager respektive säkerhetstid är bäst att använda. Utvärderingen grundade sig på vilket som gav högst servicenivå. De fann då att det beror på vilken kategori av osäkerhet som är mest gällande. Det är bäst att använda ett säkerhetslager då osäkerheten beror på kvantitetens variation. Både för varierande efterfrågan samt för varierande kvantiteter vid inleveranserna. Säkerhetstid är bäst att använda då osäkerheten för efterfrågan samt försörjningen varierar i tid. Testen visar även att det blir viktigare och viktigare att välja rätt metod för att skydda sig mot osäkerheter vid lägre kvalitet på data samt vid ökad osäkerhetsnivå (Vollmann, o.a., 1984 ss. 362-364).

Det finns även andra sammanhang då ett val mellan säkerhetslager och säkerhetstid är angeläget. Valet är starkt beroende av efterfrågans struktur. Vid kontinuerlig efterfrågan är valet mellan de båda ekvivalent men vid sporadisk efterfrågan har säkerhetstid stora fördelar. För t.ex. en produkt

som endast efterfrågas några gånger per år finns det ingen anledning att hela tiden hålla en viss kvantitet i lager. Denna kvantitet måste i sådana fall även vara så pass stor att den täcker beställningen, annars kommer det ändå att bli brist om den verkliga efterfrågan är tidigare än planerat. Med hjälp av en lämplig säkerhetstid skulle detta problem med god sannolikhet kunna undvikas (Axsäter, 1991 s. 140).

Det är dock inte helt uteslutet att både använda säkerhetslager samt säkerhetstid. I vissa fall är detta det bästa alternativet. För att detta ska fungera väl krävs det att produktionsplanerarna samt de övriga inblandade i processen är väl införstådda med hur dessa två tekniker påverkar produktionsplanerna (Vollmann, o.a., 1984 ss. 40-41).

3.8 Säkerhetslager

Säkerhetslager är alltså bäst att använda då osäkerheten i kvantitet är störst. Säkerhetslagrets storlek beräknas vanligtvis utifrån en fastställd servicenivå eller utifrån kostnaden för att ha brist på en artikel i lagret. Det vanligaste sättet att beräkna säkerhetslagret är att utgå från en viss servicenivå, eftersom bristkostnaden ofta rent praktiskt är svår att beräkna.

Beräkningen av ett passande säkerhetslager med utgångspunkt i en viss servicenivå varierar efter vilket servicenivåbegrepp som utnyttjas. De två vanligaste brukar betecknas $Serv_1$ (eng. Cycle Service Level) och $Serv_2$ (eng. Fill Rate). Dessa två skiljer sig åt och redovisas nedan med exempel.

$Serv_1$ = Sannolikheten att inte få brist under en ordercykel.

Exempel: 2 ordrar av 100 missades. Detta ger $Serv_1 = 98/100 = 98\%$.

$Serv_2$ = Andel av efterfrågan som kan hämtas direkt från lager.

Exempel: Den totala beställda kvantiteten var 1000 kg. De två orderarna som missades hade tillsammans en total kvantitet på 200 kg. Detta ger $Serv_2 = 800/1000 = 80\%$.

Som vi ser i exemplen ovan ger samma fall olika servicenivåer för de båda begreppen. Detta beror på att $Serv_1$ endast ser till antalet ordrar och $Serv_2$ ser till den faktiska kvantiteten som det var brist på. $Serv_1$ tar inte hänsyn till leveranskvantiteten utan endast antalet missade ordrar vilket kan ge en missvisande servicenivå. Den enda fördelen med $Serv_1$ är att den är litet enklare att utföra beräkningar med. (Axsäter, 1991 s. 68).

3.8.1 Beräkning av säkerhetslager utifrån $Serv_2$

För att kunna beräkna ett säkerhetslager utifrån $Serv_2$ krävs vissa förutsättningar. En förutsättning är att en eventuell brist restnoteras och levereras då inleveransen kommer. Vidare förutsätts att efterfrågan under ledtiden är normalfördelad. Detta medför att avvikelsen från medelvärdet har frekvensfunktionen $(1/\sigma_x)\varphi(u/\sigma_x)$, varvid ordercykelns genomsnittliga bristkvantitet efter förenklingar kan beskrivas som

$$BRIST = \int_{SL}^{\infty} (u - SL) \frac{1}{\sigma_x} \varphi\left(\frac{u}{\sigma_x}\right) du - \int_{SL+Q}^{\infty} (u - SL - Q) \frac{1}{\sigma_x} \varphi\left(\frac{u}{\sigma_x}\right) du \quad (23)$$

Vi inför beteckningen

$$G(v) = \int_v^{\infty} (x - v)\varphi(x)dx = \varphi(v) - v(1 - \Phi(v)) \quad (24)$$

detta ger oss

$$\text{BRIST} = \sigma_x G\left(\frac{\text{SL}}{\sigma_x}\right) - \sigma_x G\left(\frac{\text{SL} + Q}{\sigma_x}\right) \quad (25)$$

Enligt definitionen av Serv_2 får vi

$$\frac{\text{BRIST}}{Q} = 1 - \text{Serv}_2 \quad (26)$$

Kombinerar vi de två ovanstående formlerna får vi

$$G\left(\frac{\text{SL}}{\sigma_x}\right) - G\left(\frac{\text{SL} + Q}{\sigma_x}\right) = \frac{Q}{\sigma_x} (1 - \text{Serv}_2) \quad (27)$$

Utifrån denna ekvation kan ett säkerhetslager fastställas för en förutbestämd servicenivå.

Standardavvikelsen, σ_x , utnyttjas för att kompensera för de osäkerheter som kan uppstå. Dessa osäkerheter kommer främst från variationer i efterfrågad kvantitet och variationer i ledtiden. De måste alltså kompenseras vilket kan åstadkommas genom att studera standardavvikelsen för var och en av osäkerheterna. Dessa representeras med σ_d respektive σ_L . Därefter kan den totala standardavvikelsen under ledtiden beräknas enligt ekvationen nedan.

I många fall är standardavvikelsen för differensen i kvantitet (σ_d) mycket större än för standardavvikelsen för differensen i ledtiden (σ_L). Ofta är ledtidsvariationerna så små att de inte nämnvärt påverkar beräkningarna. Detta medför att standardavvikelsen för ledtiden kan försummas, vilket i många fall gäller då medelefterfrågan är mindre än standardavvikelsen.

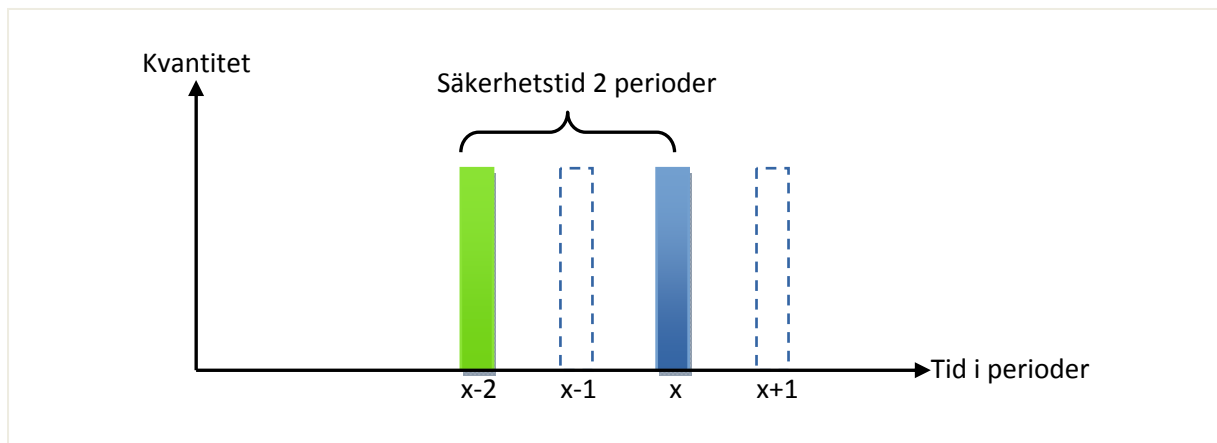
$$\sigma_x = \sqrt{E(L)\sigma_d^2 + (E(d))^2\sigma_L^2} \quad (28)$$

Försummas ledtidsvariationerna kan ekvationen för σ_x förenklas till

$$\sigma_x = \sqrt{E(L)} \sigma_d \quad (29)$$

3.9 Säkerhetstid

Säkerhetstid är alltså ett sätt att säkra sig mot osäkerheter, framförallt variationer i timing samt vid sporadisk efterfrågan. Detta diskuterades i kapitel 3.7.1. För att vara säker på att en order blir klar i tid kan ordern tillverkas en tid innan den prognostiserades att vara klar. Denna tid kallas säkerhetstid. På detta sätt reduceras risken att inte tillverkningen är klar i tid, t.ex. då en kund ändrar sig och vill ha sin order tidigare än väntat.



Tabell 3.7 Säkerhetstid

I figuren ovan visas en säkerhetstid på 2 perioder i grön stapel. Den blå stapeln representerar den tid då efterfrågan har beräknats inträffa. De streckade staplarna visualiserar variationen i tidsled då artikeln efterfrågas. I detta exempel är variationen ± 1 period. På detta sätt går det att skydda sig mot de fall då en viss kvantitet efterfrågas tidigare än väntat.

3.9.1 Fastställande av säkerhetstid

Ett sätt att beräkna en säkerhetstid för en artikel, utifrån de servicenivåkrav som ställs, är att först beräkna ett säkerhetslager utifrån valfritt servicenivåbegrepp. På detta sätt kan en säkerhetstid beräknas genom att dividera säkerhetslagret med medelefterfrågan. Beräkningen ger då ett mått på hur lång tid det tar för genomsnittsefterfrågan att tömma säkerhetslagret. Eftersom beräkningen av säkerhetslagret är beroende av osäkerheter i tid och i kvantitet, bör säkerhetstiden täcka dessa variationer (Mattsson, 2007).

Ett annat sätt att fastställa vilken säkerhetstid som ska användas är att helt enkelt producera artikeln en hel tidsperiod i förväg. I de flesta MRP-system (Material Resource Planning) är detta möjligt. För att öka säkerheten ytterligare mot variationer kan produktionen genomföras två perioder före den prognostiserade efterfrågan. Dock kan detta lätt medföra större lagerhållningskostnader vilket i sämsta fall kan vara större än en försening av en order.

4 Empiri

Detta kapitel förklarar hur Stena Aluminiums verksamhet ser ut idag och hur de arbetar med olika lagerhanteringsfrågor. Kapitlet inleds med deras sätt att prognostisera. Därefter redovisas deras ledtider från transport från leverantören till att färdigvaran är tillverkad för att sedan mer i detalj gå in på deras sätt att skydda sig mot osäkerheter via utnyttjandet av säkerhetstider. Nästa del beskriver deras inköpsverksamhet och deras kunders inköpsbeteende samt hur de fastställer sina orderkvantiteter. Slutligen beskriver vi deras modell att följa upp exponeringen av råvara och färdigvara, varvid vi därefter avslutar med att beskriva prisutvecklingen hos LME-börsen.¹

4.1 Processöversikt



Figur 4.1 Processöversikt av dagens verksamhet

Processen kan kort beskrivas som så att försäljningsavdelningen rapporterar faktiska ordrar och prognoser till inköpsavdelningen som köper in råvara. Produktionen får därefter utnyttja denna råvara vid produktion.

4.2 Prognostisering

Inför varje kvartal genomförs en preliminär prognos där alla tillgängliga uppgifter sammanställs till ett efterfrågeunderlag. Säljarna rapporterar alltså volymer som de tror att de kommer att sälja under nästkommande kvartal. Dessa volymer summeras sedan ihop med faktiska lagda ordrar och tillsammans utgör de den totala efterfrågan under perioden. När säljaren lägger in en tänkt leverans försöker denne också att uppskatta en leveransperiod över vilken beställningen ska levereras. Om inga faktiska uppgifter om leveranstider föreligger, delas den totala ordervolymer upp över ett intervall med leveranser jämnt utspridda över intervallet. Intervallets längd bestäms av orderns storlek och kundens orderhistorik.

Stena Aluminium baserar således sin prognostisering på sina säljares erfarenhet och kännedom om marknaden och använder sig inte av några som helst kvantitativa metoder.

Under kvartalets gång läggs fler och fler faktiska ordrar in och spekulativa ordrar ersätts så småningom av bekräftade ordrar. Detta har som följd att kvartalsprognosen har som sämst träffsäkerhet vid kvartalets början och som bäst i kvartalets slut.

4.3 Stena Aluminiums produktion och lagerhantering

Stena Aluminium har en lager- och produktionsverksamhet som ser ut enligt Figur 4.2. De har ett råvarulager, som är ett utomhuslager, där aluminiumskrot förvaras. Innan detta lager behandlas råvaran som köps in genom att sorteras, klippas samt inspekteras.

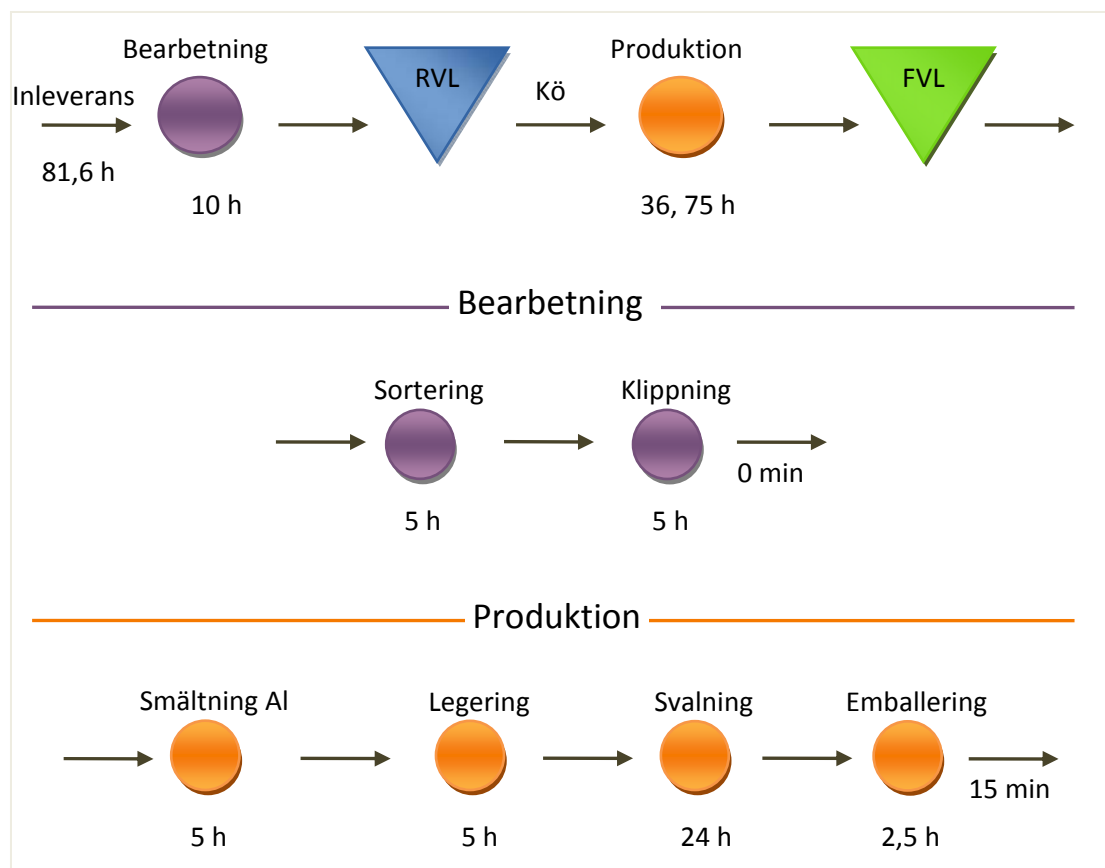
¹ Informationen till detta kapitel har inhämtats under möten med Stena Aluminiums VD Staffan Persson, marknadsförings- och försäljningschef Fredrik Pettersson, inköpschef Per Andersson, logistikchef John Jörgensen samt medlemmar ur produktionen.

Färdigvarulagret är ett inomhuslager vars främsta uppgift är att förvara färdigvaran ca en vecka innan den beräknade utleveransen. De utnyttjar alltså en veckas säkerhetstid i färdigvarulagret för att täcka för olika osäkerheter som t.ex. eventuella förseningar i produktionen eller då kunder vill få tillgång till färdigvaran tidigare än planerat.

Dessa två lager har naturligt två olika lagerhållningskostnader då de skiljer i typ samt att råvaror och färdigvaror behandlas olika.

4.3.1 Ledtider för produktionen

Ledtid är tiden från beställning av råvaror tills leveransen sker till kund. Stena Aluminiums ledtider kan delas upp enligt figuren nedan, Figur 4.2.



Figur 4.2 Ledtid från order till färdigvara

Ledtiden initieras med att en order erhålls för en viss artikel varvid en beställning görs på den kombination av aluminiumskrot som krävs för att tillverka denna artikel.

Ledtiden för att erhålla den råvara som beställts varierar beroende på kvantitet samt leverantörens avstånd till Stena Aluminium. Snitttiden för leverans av råvaror i form av aluminiumskrot är ca 3,4 dagar (81,6 h). Denna beräknades genom att ta snittransporttiden i Sverige multiplicerat med andelen inköp i Sverige. Därefter adderades på samma sätt snitttiden för inköp i Europa. När sedan skrotet levererats till Stena Aluminium måste en viss del av aluminiumskrotet bearbetas för att det senare i processen ska kunna smältas ner. Denna bearbetning består främst av klippning och sortering. Klippningen och sortering tar ca 5 timmar var (vår egen uppskattning). När detta är klart transporteras aluminiumskrotet in i själva smältugnarna varvid det uppstår en mindre köbildning.

Denna tid är, enligt Stena Aluminium, försumbar då transportererna sker kontinuerligt under hela smältningen. Smältningen av aluminiumskrotet tar ungefär 5 timmar. Därefter tillsätts olika legeringar för att slutligen få fram just den aluminiumlegering som kunden efterfrågat. Innan smältan kan lagras i färdigvarulagret måste den svalna. Detta tar ca 24 timmar. Alla kunder vill att aluminiumlegeringen ska färgkodas och emballeras enligt deras standarder, vilket tar ca 1-4 timmar beroende på orderns kvantitet. Detta blir i medeltal 2,5 h. Lastningen och transporten in i färdigvarulagret går snabbt, eftersom tackorna redan står på pallar, och tar ca 15 minuter.

4.3.2 Säkerhetstid

Stena Aluminium arbetar idag inte mot ett traditionellt säkerhetslager utan arbetar istället med säkerhetstider för att skydda sig mot förändrade förhållanden.

Stena Aluminium har som mål att ha ca 4000 ton råvara (ungefär 3 veckors produktion), fördelat på rätt skrotsorter i råvarulagret. Främsta anledningen till detta är dels för att ha tillräckligt med tid att optimera skrotsammansättningen av en given färdigvara upprätthålla en hög kundservice, och dels för att kunna köpa in till ett så bra pris som möjligt. Råvarulagret levererar preparerat skrot i rätt mängder till produktionen första dagen i varje vecka, ca 1300 ton.

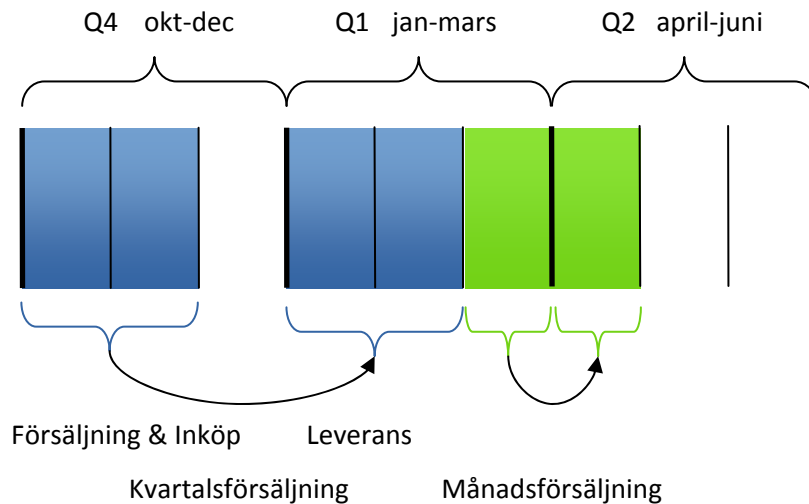
I färdigvarulagret finns alltid ungefär en veckas produktion i lager. Detta är starkt knutet till deras strävan att ha en hög kundservice i form av att snabbt kunna leverera till kunder som tidigarelägger leveransdatum ett par dagar, och så långt det är möjligt tillfredställa kunder som beställer med kort varsel. Denna lagerpolicy fungerar också som ett skydd mot driftstopp och andra oförutsedda händelser som kan ha negativ inverkan på produktionen. Enligt Stena Aluminium har de väldigt sällan produktionsstopp.

Dessa säkerhetstider har fastställts främst genom ett samarbete mellan inköpsavdelningen och produktionen. Det har inte använts några teoretiska modeller utan säkerhetstiderna har reglerats till lämpliga nivåer via den erfarenhet som finns på företaget.

4.4 Stena Aluminiums inköpsverksamhet

Stena Aluminiums inköpsverksamhet sköts främst av inköpschefen, andra delar av företaget är dock också inblandade. Ett år i förväg läggs en första preliminär inköpsplanering. Denna kan ses som en övergripande planering där ett antal frågor adresseras. Genom att utgå från den totala prognostiserade försäljningsvolymen, som framställs av försäljningsavdelningen, och bryta ner den i mindre delar skapas en detaljerad bild av nästa års inköpsverksamhet. I huvuddrag bestäms från vilka marknader som Stena Aluminium ska köpa in och utifrån detta vilka leverantörer som ska användas. Detta är en viktig del i det strategiska arbetet.

Den operationella inköpsplaneringen sköts på kvartalsbasis. Under de första månaderna i ett kvartal sker försäljningen för de första månaderna i nästa kvartal, se Figur 4.3. Efterfrågan är alltså vid denna tidpunkt känd och det faktiska inköpet börjar. Stena Aluminiums inköpsverksamhet utgår alltså från bekräftade försäljningsvolymen. En mindre del av kundbasen beställer en månad i förväg.



Figur 4.3 Schematisk bild över den operationella inköpsverksamheten

Stena Aluminium tillverkar sina produkter från aluminiumskrot. Olika produkter har olika sammanställningar i form av koncentrationer av aluminium- och legeringsämnen. Vid inköp måste därför försäljningsvolymen "översättas" till rätt mängder av olika skrotkvaliteter. En skrotkvalitet har en viss sammansättning av aluminium och legeringsämnen (t.ex. kisel, järn, koppar, nickel, zink, bly och titan). Varje produkt kan framställas av oändligt många kombinationer av olika skrotkvaliteter men kan anses ha ett optimalt "recept", det som ger lägst kostnad. Att hitta detta recept kräver stor erfarenhet men påverkas också av aktuell lagersituation och tillgänglighet samt andra faktorer. Arbetet med att ta fram skrotkvantiteterna sköts idag manuellt.

4.4.1 Kundernas inköpsbeteende

Verksamhetens kunder består till största delen av aluminiumgjutierier men har även en grupp mindre kunder, såsom konstnärer och mindre tillverkning. De stora gjuterierna är ofta underleverantörer till större industrier, t.ex. bilindustrin som ställer höga krav på sina leverantörer vad gäller leveransprecision och kvalitet. Detta betyder att Stena Aluminiums kunder ofta har relativt stora lager och därför kan beställa med god framförhållning. Typkunden beställer periodvis en större volym omkring 3 månader före leverans. Leveransen sprids sedan ut jämnt över en överenskommen leveransperiod. På grund av de periodvisa beställningspunkterna är ofta individuella kunders inköp relativt förutsägbara.

Vissa kunder ändrar ibland leveransdatum i sista stund, ofta handlar det om leverans ett par dagar i förtid. Stena Aluminium uppskattar att det är ca 5 % av deras kunder som uppvisar detta beteende. Detta är inget de har fört någon statistik över.

4.4.2 Orderläggning samt beräkning av orderkvantiteter

Aluminium är en eftertraktad råvara och är därmed även ansedd som en bristvara. Detta försvårar inköpsarbetet litet eftersom det nästan uppstår en kamp om att få tag på råvaror till aluminiumproduktionen. En annan aspekt, som Stena Aluminium även måste ta hänsyn till när de köper in aluminiumskrot, är att de är en mycket stor aktör på marknaden vilket innebär att de måste fördela sina inköp globalt för att kunna tillgodose sina behov. De försöker även köpa in så mycket råvaror som möjligt inom Stena-koncernen, vilket inte alltid är det billigaste alternativet.

Stena Aluminiums sätt att beräkna orderkvantiteter bygger mycket på erfarenhet och utgår från budgeten för den prognostiserade försäljningen. Utifrån erfarenheter från inköpsavdelningen fastställs hur mycket som ska köpas in från olika marknader för att få ett så bra pris som möjligt. Beräkningen av priset består av en kombination av spotpris och transportkostnader. Själva storleken på den orderkvantitet som köps in beror mycket på orderstocken av färdigvara utifrån standardbeskickningarna för de olika artiklarna. För att få fram råvarunettobehovet måste hänsyn tas till råvarulager och den redan beställda råvaran som är köpt men ej levererad. Generellt planerar inköpsavdelningen att köpa in så stor mängd råvaror att de kommer att klara de tre närmaste veckornas produktion.

4.5 Uppföljning av exponering

Det problem som Stena Aluminium vill lösa med detta examensarbete är att kunna balansera det de kallar exponering så att differensen är noll vid periodens slut. För att detta ska kunna åstadkommas måste råvarulagret och färdigvarulagret optimeras. Stena Aluminium använder en enkel modell för att påvisa problemet med att de inte har en balans mellan sina lagernivåer och den faktiska försäljningen. Modellen är uppbyggd enligt följande:

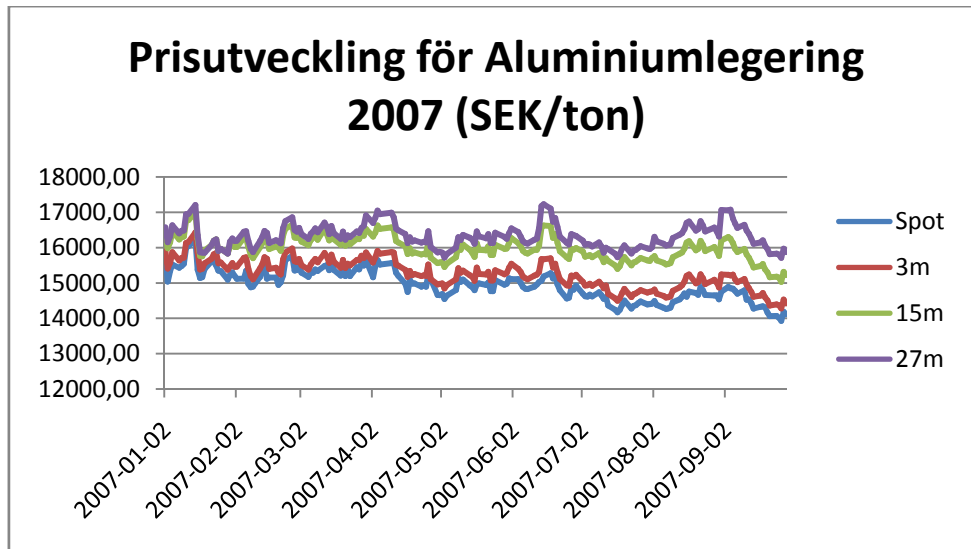
Exponering	
Säljportfölj	- S ton
Färdigvarulager	+ F ton
Råvarulager	+ R ton
Inkösportfölj	+ I ton
Differens	$\pm D$ ton

Tabell 4.1 Exponeringsmodellen

Säljportföljen noteras alltid med ett minus och representerar den totala mängd färdigvaror som de har bekräftad försäljning på. Färdigvarulager och råvarulager representerar hur mycket färdigvaror respektive råvaror de har i respektive lager vid veckans slut. Färdigvarulagret har idag alltid ett minimum på en veckas produktion och råvarulagret ett minimum på tre veckors produktion. Inkösportföljen representerar den mängd i ton aluminiumskrot de kommer att köpa in under en period, d.v.s. så långt fram inköpen har bekräftats. Tiden till leverans varierar dock. Det kan vara en order som sträcker sig under ett år såväl som en engångsleverans.

4.6 Prisdata

Prisdata på aluminium kan hämtas från många olika källor. Några av de största handelsplatserna för metallterminer är London Metals Exchange (LME), New York Mercantile Exchange (NYMEX) och Tokyo Commodity Exchange (TOCOM). Av denna är LME den största och också den som Stena Aluminium har använt sig av historiskt. Förutom terminspriser för aluminium finns det också för koppar, bly, zink, nickel och stål. Terminspriserna ges på perioderna 3 månader, 15 månader och 27 månader. Även spotpriser anges.



Figur 4.4 Prisutveckling av spotpriser samt terminer

Som vi kan se i Figur 4.4 ligger terminspriserna över spotpriserna, d.v.s. att terminspriserna är i contango.

5 Modell

Detta kapitel innehåller de olika delar och verktyg som vi använder oss av för att utvärdera dagens modell, och kan också ses som ett förslag på hur verksamheten på vissa områden kan bedrivas annorlunda. Dessa utgångspunkter ska vi senare använda för att utvärdera och försöka jämföra dagens verksamhet med vår alternativa modell. En generell processöversikt presenteras och dess olika faser behandlas.

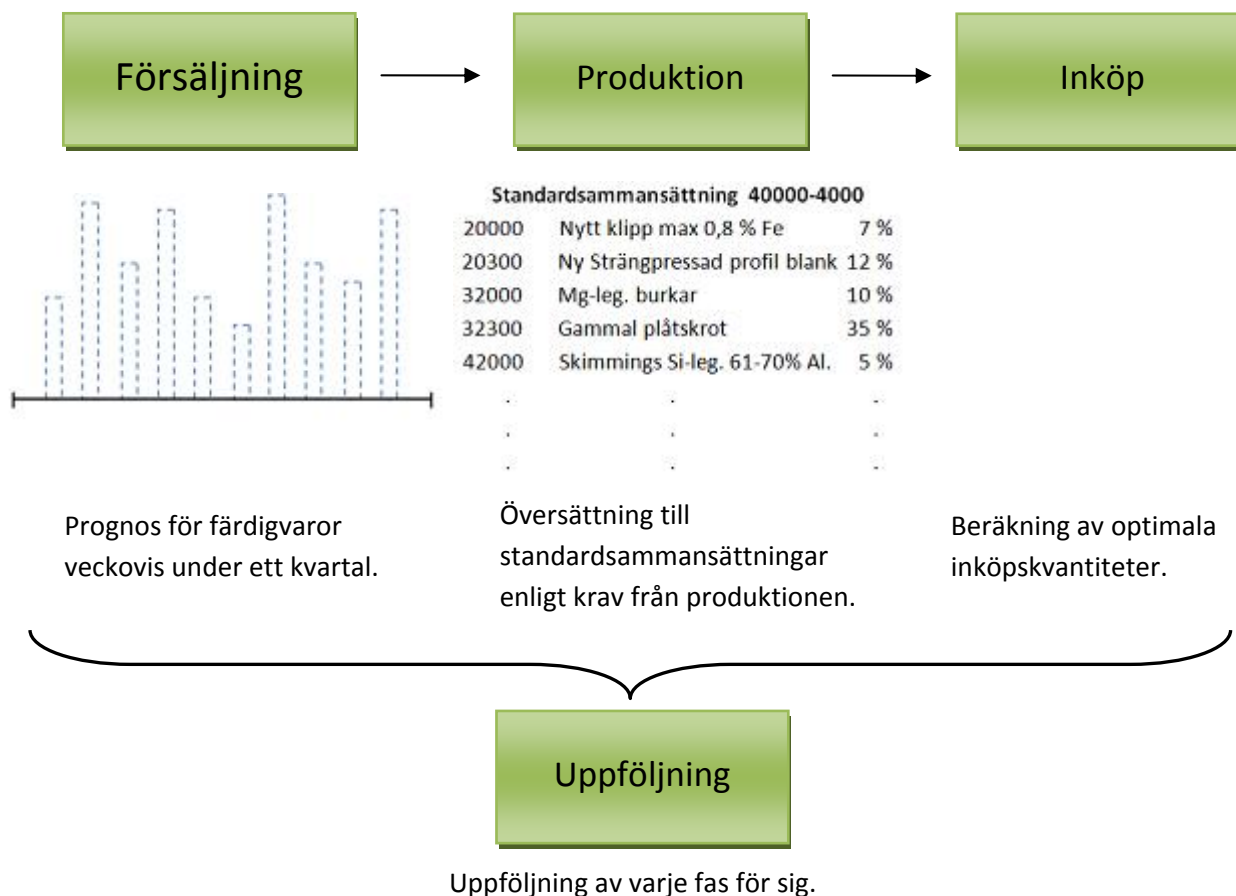
För att det ska bli möjligt att utreda problemet med risk och exponering har vi efter genomgång av empirin funnit att det fattas en modell för att på ett systematisk göra detta. Stora delar av dagens verksamhet sker utifrån beprövade metoder utan egentliga möjligheter till kontrollerad optimering och reglering. Detta är varför vi introducerar begrepp såsom orderkvantiteter, lagerhållningskostnader, servicenivå och säkerhetstid. Tillsammans skapar de en modell som ger oss de verktyg som gör det möjligt att faktiskt påverka graden av risktagande och exponering.

Modellen är utvecklad utifrån teorin i kapitel 3 och innehåller inslag, som på ett tydligt sätt bör kontrastera mot dagens modell, och som möjliggör jämförelser. Denna modell är naturligtvis begränsad i det att vi fått anpassa vår modell utifrån de data vi lyckats finna. Vidare är modellen också begränsad då vi fått rätta vår modell utifrån vilka jämförelser som är praktiskt genomförbara mellan modellerna givet data. Modellen är också anpassad efter den tid vi har haft till vårt förfogande.

I kapitel 6 följer diskussion där vi bland annat jämför ”vår” modell och dagens modell. Med denna jämförelse som grund skapar vi en bas för utvärdering av dagens modell.

5.1 Processöversikt

Vi presenterar här den process vi kommer att utgå ifrån. I Figur 5.1 kan en processöversikt ses. Denna kan jämföras med dagens processöversikt i Figur 4.1. Den stora skillnaden är att vi bytt plats på inköp och produktion samt lagt till en uppföljning av varje fas.



Figur 5.1 Processöversikt

Fas 1: Prognostisering

I denna inledande fas har vi prognostiserat kvantitativt för att testa hur väl våra prognoser faller ut. Vi har försökt att genomföra prognoserna så pass detaljerade att de är baserade veckovis, eftersom vi kommer att rekommendera Stena Aluminium att öka detaljeringsgraden i sina prognoser. Det är mycket viktigt att dessa prognoser är så detaljerade och exakta som möjligt, eftersom både produktionen och inköpsavdelningen kommer att utgå från dessa när de planerar produktionen och när viss råvara senast bör köpas in.

Fas 2: Behovsberäkning

Andra steget är att översätta prognoserna för varje artikel till de råvaror som krävs för att tillverka artiklarna. Själva översättningen utgår från de mest lönsamma sammansättningarna av olika råvaror för varje artikel. I sammansättningarna bör bl.a. faktorer som råvarans förväntade pris, metallvärde samt tillgänglighet vägas in. Vi utnyttjar endast Stena Aluminiums standardsammansättningar i vår modell. Vidare behandlas fastställandet av säkerhetstider för de olika artiklarna i denna fas.

Fas 3: Optimala orderkvantiteter

I den sista fasen beräknas de mest optimala inköpskvantiteterna för råvarorna med utgångspunkt i lagerhållningskostnad samt ordersärkostnad. De optimala inköpskvantiteterna beräknas med hjälp av

optimeringsalgoritmer för varierande efterfrågan. I detta fall används Wagner-Whitin eller Part-Period. Båda dessa utgår från efterfrågan, lagerhållningskostnaden samt ordersärkostnaden.

För att reducera kostnaden ytterligare kan ett alternativt sätt att beräkna lagerhållningskostnaderna användas. På detta sätt kommer inköpskvantiteterna att bero på spotpriset och terminskontrakten för aluminium.

Fas 4: Uppföljning

För att kunna kontrollera och förbättra verksamheten krävs uppföljning av modellens alla faser. Som vanligt vid uppföljning gäller det att mäta hur nära verksamheten det optimala utförandet ligger. För detta krävs att relevant historisk data sparas och behandlas kontinuerligt.

5.2 Prognostisering

I detta kapitel går vi igenom hur vi praktiskt genomförde prognostiseringen. Resultat från detta kapitel kommer senare att jämföras med verksamhetens nuvarande prognostisering. För att göra detta klassificerade vi först företagets alla artiklar utifrån givna dimensioner och genomförde test för att bestämma och finjustera metoderna för att optimera prognostiseringen för de olika klassificeringsgrupperna.

5.2.1 Klassificering av artiklar

Stena Aluminium har ca 120 färdigvaruartiklar, och vid en översiktlig genomgång av dess efterfrågemönster kunde det snabbt konstateras att de hade mycket skiftande karakteristiska beträffande efterfrågan. En del artiklar hade jämn och kontinuerlig efterfrågan medan andra hade en väldigt volatil efterfrågan med veckor helt utan efterfrågan.

Att kunna skilja på olika klasser av produkter är viktigt, särskilt i samband med prognostisering. Detta eftersom prognostiseringen av olika efterfrågemönster ställer olika krav på underliggande prognostiseringsmodell.

Artiklarna klassificerades utifrån två dimensioner: 1) genomsnittlig tid mellan efterfrågepunkter (ADI) och 2) viktad standardavvikelse (CV^2). Se teoriavsnittet för förklaring. Då denna modell är anpassad till sporadisk data passar den bra till våra behov. Vi modifierade modellen på det sättet att vi volymviktade medelvärdena av ADI och CV^2 .

Klassificering	Fördelning, antal (%)	Fördelning, Volym (%)
A	19	68
B	0	0
C	67	20
D	14	12

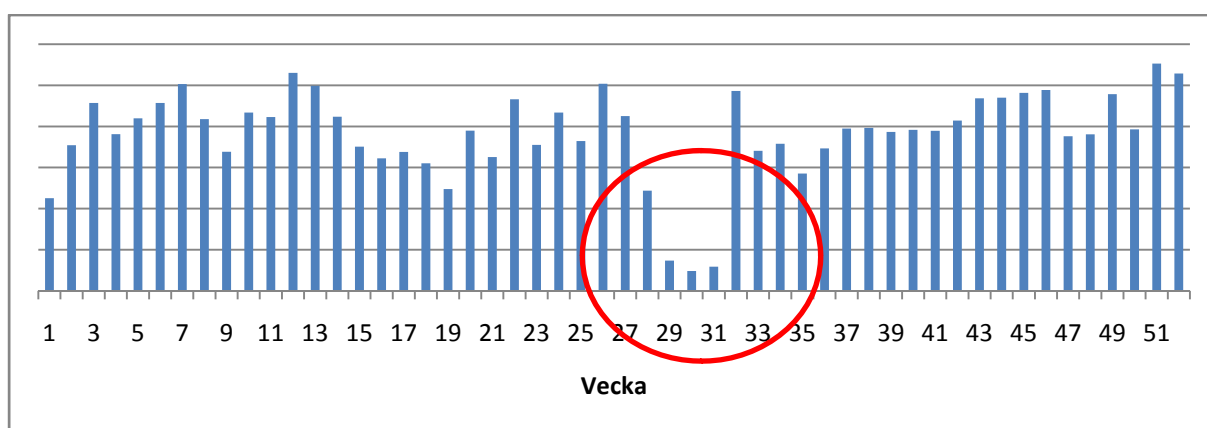
Tabell 5.1 Klassificering av artiklar

Som framgår av resultatet utkristalliserades tre distinkta grupper efter körning. Artiklar med klassificering A utgjorde 19 % av antalet artiklar och 68 % av volymen, vilket gjorde detta till den största gruppen rent volymmässigt. Artiklarna i denna grupp kan karakteriseras av låg volatilitet och kontinuerlig efterfrågan. Den näst största bestod av artiklar med klassificeringen C, d.v.s. sporadisk och volatil efterfrågan. Resterande artiklar tillhörde klassificeringen D vars efterfrågan kan beskrivas

som kontinuerlig men med hög volatilitet. Dock fann vi inga artiklar med klassificeringen B, dvs. sporadisk efterfrågan med låg volatilitet. Detta beror helt enkelt på att det inte finns några artiklar, som både har en sporadisk efterfrågan och en efterfrågad kvantitet som är ungefär lika stor vid varje tillfälle. Samtidigt som en artikel har en sporadisk efterfrågan så varierar även den efterfrågade kvantiteten relativt mycket. Om kunderna sällan efterfrågar en artikel bör även den efterfrågade kvantiteten variera eftersom den inte tillhör kundens normala sortiment.

5.2.2 Val av prognostiseringsmetod

Vi har i detta arbete valt att arbeta med kvantitativa metoder och jämföra dessa med dagens kvalitativa prognoser. För att optimera prognostiseringen som en helhet gäller det att först suboptimera prognostiseringen för de olika klassificeringsgrupperna. Det finns många olika prognostiseringsmetoder att välja på. Genom att utvärdera ett antal metoder och finjustera dess parametrar utarbetades en optimal prognostiseringsmetod för respektive klassificeringsgrupp.



Figur 5.2 Efterfråga per vecka under 2006

Om Stena Aluminiums efterfrågan studeras över ett år upptäcks en signifikant variation i efterfrågan under sommaren, i samband med att semestrar tas ut under vecka 28-32. För att våra prognoser skulle kunna kompensera för industrisemestern, då ingen produktion sker utan endast uttag från färdigvarulagret, införde vi en säsongsvariation under denna period. Denna säsongsvariation beräknade vi genom att se hur mycket dessa veckor skiljer sig från medellagernivån. För att få ett mer rättvisande värde tog vi medelvärdet för differensen mot medellagernivån för både 2006 och 2007. Dessa redovisas i Tabell 5.2. På motsvarande sätt ökade vi utleveranserna för dessa veckor då dessa värden utnyttjades för att prognostisera framtiden. Kompensation för säsongsvariation gjordes alltså bara för 5 veckor under sommaren.

Vecka	Säsongsvariation (%)
28	90
29	40
30	20
31	30
32	50

Tabell 5.2 Säsongsvariation från medelvärdet

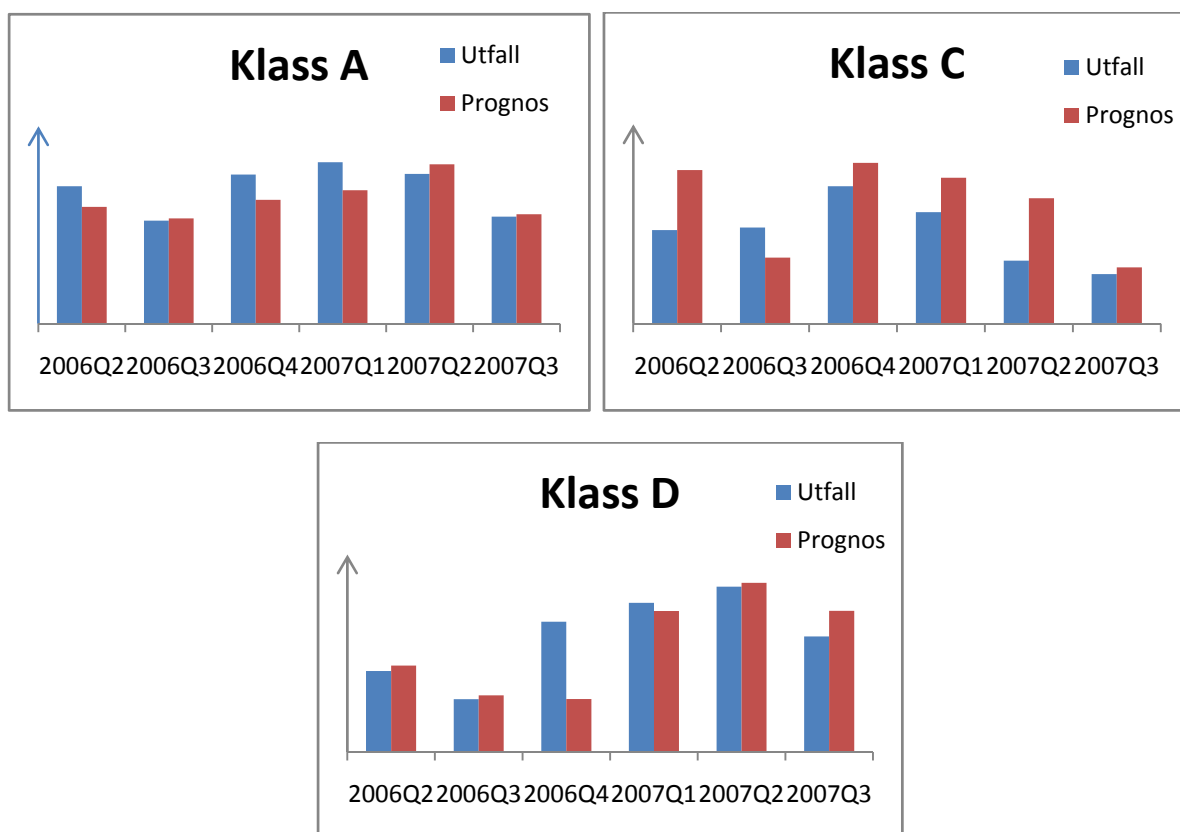
Beroende på vilken typ av efterfrågemönster en artikel har varierar de olika prognosmetodernas lämplighet. Även metodernas ingående parametrar påverkar deras lämplighet. För att finna den

bästa prognosmetoden per klassificeringsgrupp jämfördes ett antal olika metoder med varandra. Även parametrarna för de enskilda metoderna varierades. I Tabell 5.3 visas de prognosmetoder som gav bäst resultat samt deras parametrar för respektive klassificeringsgrupp.

Klassificering	Prognosmetod	Tid	α	β	MAPE (%)
A	Exp. med trend	∞	0,12	0,1	9,74
B	-	∞	-	-	-
C	Exp. med trend	∞	0,2	0,05	31,15
D	Exp. med trend	∞	0,13	0,11	14,64

Tabell 5.3 Prognosmetoder för varje klassificering

För klassificering A som har högfrekvent efterfrågan passade en exponentiell utjämning med trend mycket bra och gav endast ett prognosfel på 9,74 % för den totala kvantiteten per kvartal från 2006 kvartal 2 till och med 2007 kvartal 3. För klassificering C och D fungerade inte exponentiell utjämning med trend lika bra vilket beror på att artiklarna som hamnar inom dessa klassificeringar har en sporadisk efterfrågan vilket är mycket svårare att prognostisera. Märk väl att vi prognostiserar per vecka för enskilda produkter men de optimala prognosmetoderna är anpassade för att optimera de totala prognoserna för hela klassificeringsgrupper. Anledningen till att vi inte använder Smart-Wille mains metod att beräkna sporadisk efterfrågan är helt enkelt att denna metod inte gav bättre resultat än exponentiell utjämning med trend.

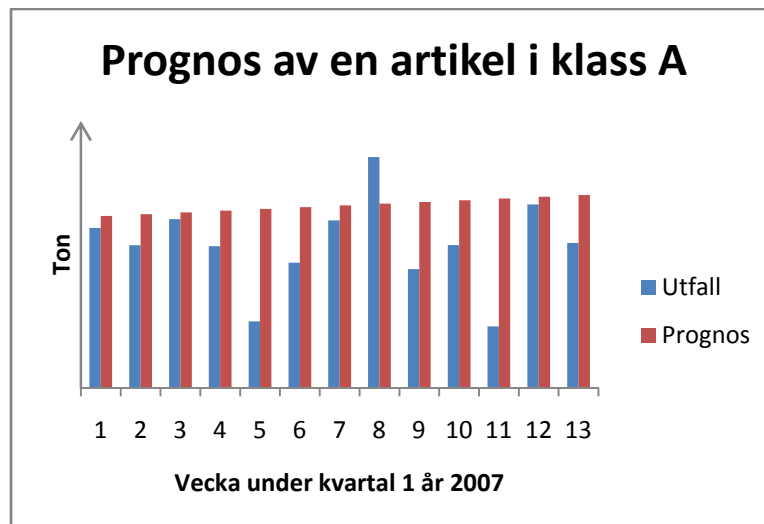


Figur 5.3 Prognostisering uppdelad efter klassificering

I Figur 5.3 har vi redovisat hur väl våra prognoser stämmer överrens med det verkliga utfallet under samma tidsperiod som tidigare fast uppdelade efter våra egna klassificeringar. Den totala differensen

för prognoserna för artiklar som kan delas in i klass A var 9,74 %, för klass C 31,15 % och slutligen för klass D 14,64 %. Det är naturligt att prognoserna för klass A och D är mycket bättre eftersom dessa artiklar har en kontinuerlig efterfrågestruktur, vilket är mycket lättare att prognostisera med kvantitativ prognostisering, medan artiklarna i klass C har en mer sporadisk efterfrågestruktur.

Vi har även försökt öka detaljeringsgraden genom att prognostisera en artikel ur klass A som har en kontinuerlig efterfrågan veckovis istället för per kvartal. Vi valde att utföra prognosen för efterfrågan under kvartal 1 under 2007. Som historisk data utnyttjade vi hela 2006. Vi utgår alltså från nyårsafton 2006 och försöker prognostisera efterfrågan 13 veckor framåt i tiden.



Figur 5.4 Veckovis prognostisering av efterfrågan för en artikel i klass A

I Figur 5.4 kan vi se resultatet av vår kvantitativa prognostisering. Som vi ser i figuren är det omöjligt att t.ex. kunna reagera på efterfrågeminskningen vecka 4 och 5. För att kunna reagera på förändringar måste nya prognoser genomföras varje vecka. I detta fall har prognosmetoden valt en grundnivå på hur stor efterfrågan beräknas bli samt en viss trendökning. Trendökningen ser vi genom att prognosen successivt ökar varje vecka.



Figur 5.5 Veckovis prognostisering av efterfrågan för en artikel i klass C

I jämförande syfte har vi tagit med en artikel som har sporadisk efterfrågan. Som vi kan se i Figur 5.5 är det mycket svårt att prognostisera rätt kvantitet. Grundnivån för prognosen beror mycket på efterfrågan de närmaste veckorna innan, vilket kan vara missvisande för det faktiska utfallet i framtiden. I de fall då efterfrågan de närmaste veckorna inte har varit noll ser prognostiseringen ut som i Figur 5.5. I övriga fall, då efterfrågan de närmaste veckorna varit noll, medför detta att även prognosen in i framtiden är noll, då exponentiell utjämning med trend utnyttjas. Detta är den främsta orsaken till att det är så svårt att prognostisera efterfrågan för artiklar med en sporadisk efterfrågan, klass C. Detta grundar sig på att det är mycket svårt att identifiera de veckor som inte har någon efterfrågan. Speciellt uppstår det problem då prognostiseringen sträcker sig så pass långt som 13 veckor fram i tiden. Att genomföra prognostiseringen oftare skulle förbättra prognoserna något.

5.3 Behovsberäkning

Färdigvaruartiklarna består av antal råvaror, varför de prognostiserade färdigvarorna måste översättas till reellt behov. Detta problem kan beaktas ur två perspektiv, säkerhetstid och kvantitet.

5.3.1 Säkerhetstid

För att kunna upprätthålla en viss servicenivå mot kunderna, trots att de förändrar leveransdatumet en kortare tid, krävs det att färdigvarorna planeras att vara klara en viss tid före det planerade utleveransdatumet. Denna tid kallas säkerhetstid. Vi har arbetat fram två sätt att fastställa säkerhetstider på.

Det första sättet, vilket vi förordar mest, är att helt enkelt registrera hur ofta och hur lång tid de planerade utleveranserna ändras för varje artikel eller baserat per kund. Därefter skulle ett medelvärde samt en standardavvikelse kunna tas fram och utnyttjas för att fastställa lämpliga säkerhetstider. Tyvärr är detta ingen data som Stena Aluminium registrerar varvid vi inte har kunnat ta fram någon statistik för detta.

Det alternativa sättet att beräkna säkerhetstiden är att säkerhetstiden är genom att först beräkna ett säkerhetslager utifrån $Serv_2$ för varje produkt. Via säkerhetslagerberäkningen har vi då fått ett mått på hur många artiklar det behövs för att täcka för osäkerheter under ledtiden. I Tabell 5.4 visas ett exempel på en artikel som vi beräknat säkerhetstiden för.

Ledtid (Kvartal)	Standardavvikelse (Kg)	Medelefterfrågan (Kg)	Orderkvantitet (Kg)	Servicenivå (%)	Säkerhetslager (Kg)	Säkerhetstid (Dagar)
0,066	30 000	39 500	50 000	95	1 300	3

Tabell 5.4 Säkerhetstidsberäkning

Det som är gemensamt för alla artiklar är att vi utnyttjat prognosdata samt utfallsdata under perioden kvartal 3 år 2005 till kvartal 3 år 2007. Ledtiden är också densamma för alla artiklar vilken är 5,35 h och omvandlat till kvartal blir detta 0,066 kvartal. Då har vi utgått från att det är 24 h arbetstimmar under en dag samt att det är 78 dagar på ett kvartal.

De ingående parametrarna till säkerhetslagerberäkningen är ledtid, standardavvikelse, medelefterfrågan, orderkvantitet samt vald servicenivå. För att fastställa standardavvikelsen utnyttjade vi helt enkelt differensen mellan prognoserna och det verkliga utfallet. Medelefterfrågan är alltså medelefterfrågan under den aktuella tiden. För att beräkna orderkvantiteten för färdigvaran har vi utgått från batchstorleken i smältugnen på 25 000 kg. Vi dividerade medelefterfrågan med 25 000 för att få reda på hur många batcher det tar i medeltal per kvartal för att täcka efterfrågan. På

detta sätt kunde vi fastställa den mest passande orderkvantiteten i färdigvaror räknat. I exemplet ovan blev detta 1,58 vilket betyder att vi i medeltal behöver 1,58 batcher för att klara av efterfrågan, vilket leder till en orderkvantitet på 50 000 kg ($2 \cdot 25\,000$). Vi satte även kundservicen i form av en servicenivå till att vara 95 %. Därefter utnyttjade vi säkerhetslagerberäkningen som redovisats i teorin, Kapitel 3.8.1. För att täcka osäkerheten under ledtiden skulle det alltså krävas 1 300 kg av just den artikeln. För att översätta detta till en säkerhetstid dividerade vi säkerhetslagret med medelefterfrågan varvid säkerhetstiden blev 3 dagar. Detta genomförde vi för alla artiklar i vårt urval.

Säkerhetstiden varierar kraftigt mellan de olika produkterna. Den lägsta säkerhetstiden är 1 dag och den högsta ligger på 859 dagar samt medel ligger på 54 dagar. Dock är 859 dagar ett undantag och det näst högsta värdet ligger på 210 dagar.

Inför beräkningarna av säkerhetslagret och därmed även säkerhetstiden antog vi att differensen i kvantitet är större än differensen i ledtiden. Detta kom vi fram till då vi såg att differensen i kvantitet var stor för de olika artiklarna samt att ca 53 % av artiklarna hade en mindre medelefterfrågan än standardavvikelsen. Vi har även fått indikationer från Stena Aluminium att deras ledtider varierar mycket litet. T.ex. är det väldigt sällan de har något produktionsstopp. Detta medför att standardavvikelsen för ledtiden är försumbar.

Observera att vi här säger att standardavvikelsen under ledtiden är försumbar trots att vi indikerar att Stena Aluminiums problem ligger i variation i tid. Detta beror på att en variation i ledtiden är hur mycket Stena Aluminiums ledtid från order till att färdigvaran är tillgänglig för kunden varierar. En variation i tid sker då en kund vill ha sin order tidigare än väntat vilket inte berör Stena Aluminiums ledtid.

5.3.2 Kvantitet

Vilken som är den optimala kvantiteten och sammansättning av råvara för att framställa en given mängd färdigvara beror på ett antal faktorer, bl.a. råvarans pris, tillgänglighet samt smältutbyte. Att optimera detta ligger utanför detta arbetes avgränsningar. I denna modell har vi alltså utgått ifrån att denna optimering är utförd. Praktiskt använder vi oss av företagets standardsammansättningar, d.v.s. varje artikel kan med enkelhet översättas till motsvarande råvara.

5.4 Optimala orderkvantiteter

Med vår modell är det möjligt att beräkna de orderkvantiteter som minimerar totalkostnaden för hela systemet. För att åstadkomma detta krävs först och främst efterfrågedata som kan bestå av framtida säkrade leveranser eller prognostiserade leveranser. Utöver detta behövs uppgifter om lagerhållningsparametrarna, lagerhållningskostnad och ordersärkostnad.

Vi genomförde ett enklare test för att se vilken av den approximativa metoden, Part-Period, och den optimala metoden, Wagner-Whitin, som fungerade bäst på utfallet under 2006. Vi kom fram till att Wagner-Whitin var mest fördelaktig. Trots att Wagner-Whitin är en optimal metod är det inte självklart att den i alla lägen är bättre än andra metoder som är approximativa. Under längre intervall som sträcker sig över många perioder är Wagner-Whitin alltid bättre, men då intervallet minskas kan andra metoder få bättre resultat. Anledningen är att Wagner-Whitin bara optimerar över det aktuella intervallet, vilket är sämre än optimeringen av flera intilliggande intervall. Detta är fallet i verkligheten då det bara existerar efterfrågedata för nästkommande period. För att undersöka detta tog vi ett större antal perioder med efterfrågedata och delade in dessa i intervall om 5 perioder.

Därefter utfördes orderkvantitetsberäkningar över de individuella intervallen med både Wagner-Whitin och Part-Period. Som facit utnyttjade vi de optimala orderkvantiteterna beräknade med Wagner-Whitin över hela intervallet. För att jämföra de olika metoderna beräknade vi standardavvikelsen från de optimala orderkvantiteterna, facit. Resultatet var att Wagner-Whitin hade en hälften så låg standardavvikelse som Part-Period och var därmed även bäst vid intervalloptimering. Detta motiverar en användning av Wagner-Whitin i dessa sammanhang.

För att kunna jämföra vår modell och nuvarande modell var vi tvungna att göra vissa antaganden. Eftersom vi bara har inköpsdata av råvara och inte uttagsdata av råvaran från RVL är det inte möjligt för oss att räkna ut exakt hur länge råvaran befinner sig i RVL innan det blir färdigvara. Vi har därför antagit att det tar 3 veckor för råvaran att förbrukas efter det att den inkommit i RVL. Denna förbrukning fördelas jämt över denna period. Vid jämförelsen räknade vi också med att färdigvaran i genomsnitt tillbringar 1 vecka i FVL. Detta är naturligtvis inte helt sanningsenligt, tiden (säkerhetstiden) produkterna tillbringar i FVL är varierande i verkligheten. Vidare använde vi oss av två lagerhållningskostnader, en för RVL och en för FVL. Som grund använde vi oss av data från 2006. Eftersom vi utgick från standardsammansättningarna ska också noteras att den totala inköpta volymen skiljde sig något åt (ca 15 % mindre än verklig inköpt volym). Om detta beror på överköp av Stena Aluminium eller att standardsammansättningar underskattar materialåtgången är svårt att svara på. En tänkbar förklaring kan finnas i att Stena Aluminium i ganska stor utsträckning köper in råvara av låg kvalitet. Eftersom produktion av färdigvara från råvara med låg kvalitet kräver större volym råvara kan detta vara en del av förklaringen

Till vår hjälp använde vi oss av optimeringsalgoritmerna Part-Period och Wagner-Whitin. Resultaten kan sammanfattas i Tabell 5.5.

	Wagner-Whitin Totalkostnad (index)	Part-Period Totalkostnad (index)
Modell	67,8	68,4
Stena	100,0	100,0

Tabell 5.5 Jämförelse av totalkostnad för lagerhållning efter optimering

Vi kan alltså notera en minskning av totalkostnaden på som bäst 32,2 % med Wagner-Whitin. En kostnadsminskning av denna storlek innebär i verkligheten en reell besparing på åtskilliga miljoner. Samma optimering utförd med Part-Period ger ett snarlikt men något sämre resultat som i sammanhanget är försumbar.

Som en ytterligare förfining vid beräkning av orderkvantiteter kan även priset på råvarans terminskontrakt användas, (se motsvarande i teoridelen). Tanken är att dagens terminspris är korrelerat med framtidens spotpris och därför har inverkan på orderkvantiteternas storlek.

När vi undersökte korrelationen mellan spotpriset och motsvarande 3-månaders terminskontrakt förskjutet 3 månader fann vi en korrelation på 0.50. Ligger korrelationen vid 0 finns ingen korrelation mellan dataserierna och i motsatt fall finns en full korrelation då värdet ligger nära minus ett eller ett. Detta tyder alltså på att det existerar en relativt god relation mellan dagens 3-månaders terminskontrakt och spotpriset om 3 månader. Det är denna relation som hela resonemanget bygger på.

Eftersom LME anger pris på färdigvara och vi beräknar orderkvantiteter för inköp av aluminiumskrot, fick vi räkna ut en ungefärlig kvot mellan skrotpriset och färdigvarupriset. Detta åstadkoms genom att studera genomsnittspriset för de olika typerna. Vi fann att kvoten mellan de olika typerna var ungefär 0,65.

Vår implementering skiljer sig mot den Berling gör i det att vi varit tvungna att anpassa vår modell efter en varierande efterfrågan. För att öka tydligheten och förenkla räkningarna har vi valt bort modelleringen med hjälp av en Ornstein-Uhlenbeckprocess och använder oss istället av en linjär approximation av de terminspriser som saknas.

Som en konsekvens av att vår efterfrågan varierar har vi infört en variabel χ som betecknar antal tidsenheter som vi blickar framåt i tiden då vi jämför dagens pris med ett framtida pris. Denna variabel är alltså konstant och utgör inte, som i Berlings implementering, en andel av ordercykeln. Vidare införde vi en faktor som ett instrument för att dimensionera inverkan av β på lagerhållningskostnaden. Om C_t betecknar priset vid tid t uttrycker C_0 alltså spotpriset och C_χ terminspriset vid tid χ och en faktor λ använder vi då oss av följande uttryck:

$$\beta = \frac{(C_\chi - C_0)}{C_0\chi} \quad (30)$$

$$h_{tot} = h + \beta\lambda. \quad (31)$$

Eftersom tidigare resultat tyder på att Wagner-Whitin är en bra optimeringsalgoritm valde vi att implementera utvidgningen av orderkvantitetsoptimeringen på denna. Optimeringen utfördes över de tre första kvartalen under 2007. Eftersom vi utgår ifrån terminspriserna på aluminiumlegering och inte på aluminiumskrot har vi fått göra korrigerat priset därefter. Vi har här antagit ett linjärt samband.

	Lagerhållningskostnad (index)	Inköpspris (index)	Besparing (index)
Modell med terminspriser	100,25	7 232,51	31,15
Modell utan terminspriser	100,00	7 263,89	0

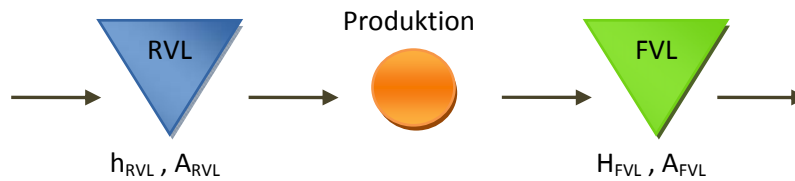
Tabell 5.6 Totalkostnad med hänsyn tagen till terminspriser

Vi summerade alltså kostnaden för lagerhållning och det totala inköpspriset för de båda modellerna och beräknade besparingen. Vi ser att lagerhållningskostnaden ökar något men att detta kompenseras av besparingen genom ett mindre inköpspris. Besparingen kan likställas med minskning av det totala inköpspriset med 0.4 %, vilket motsvarar några miljoner kronor.

För att uppnå denna besparing fann vi det vara bäst att låta $\chi = 60$, d.v.s. vi tittar på terminspriset 60 veckor fram i tiden. Vidare dimensionerade vi λ på så sätt att h kunde röra sig i intervallet $[h \pm h * 0,6]$. Detta visade sig producera bäst resultat.

5.4.1 Lagerstyrningskostnader

Stena Aluminium har två lager varvid det kommer att finnas två olika lagerhållningskostnader och två olika ordersärkostnader, för råvarulagret respektive färdigvarulagret.



Figur 5.6 Olika lagerhållningskostnader samt olika ordersärkostnader

Lagerhållningskostnaderna gäller kostnaderna för att förvara färdigvaror i lager medan ordersärkostnaden endast är kostnader som kan hänföras till inköp av råvara. Ett problem som lätt uppstår är att kunna skilja på kostnader som är proportionella mot volymen och de som inte helt är det, speciellt vid beräkningen av lagerhållningskostnaden. I vårt fall har vi tre olika kostnader som inte är helt proportionella mot volymen. Dessa är kostnaderna för lagrets elkostnader, att utnyttja truckar samt lagerhyran. Vi har för enkelhetens skull beräknat dessa kostnader som att de skulle vara proportionella mot volymen. Detta utgör inte någon större skillnad på det slutgiltiga resultatet, eftersom dessa kostnader endast står för en mindre del av den totala lagerhållningskostnaden samt att de endast är icke-proportionella mot volymen inom vissa nivåer.

5.4.1.1 Beräkning av lagerhållningskostnad

Lagerhållningskostnaderna för råvarulagret och för färdigvarulagret omfattas ungefär av samma typ av kostnader och beräknas i stort sett på samma vis. I Stena Aluminiums fall är lagerhållningskostnaderna lägre för råvarulagret dels för att färdigvarulagret innehåller mer förädlade varor och dels för att råvarulagret är ett utomhuslager, vilket innebär att det inte finns några energikostnader samt att lagerhyran är mycket lägre. Nedan redovisas beräkningarna för lagerhållningskostnaden för färdigvarulagret.

Kapitalkostnad

Stena Aluminium följer Stena-koncernens avkastningskrav på 8 %. För att beräkna självkostnaden utnyttjade vi medellagervärdet.

Förvaringskostnad

För att beräkna kostnaden för lagerpersonalen utgick vi från antalet personer som arbetar med lagerhanteringen och multiplicerade detta med deras genomsnittliga timlön för att därefter kunna beräkna den totala kostnaden per år.

För färdigvarulagret finns inte några kostnader för värme men det uppkommer elkostnader. Elkostnaderna för ett år kunde tas fram direkt ur Stena Aluminiums redovisningssystem.

För att beräkna kostnaden för att emballera färdigvarorna utgick vi från ett pris per kilo som Stena Aluminium tagit fram. Därefter multiplicerade vi detta med antalet kilo färdigvaror som fanns i färdigvarulagret under 2006.

Det uppstår även hanteringskostnader för transporter runt omkring i lagret med truckar. För att beräkna dessa kostnader tog vi först fram drivmedelskostnaden för truckarna. Därefter arbetskostnaden för reparationer samt kostnaden för reservdelarna till truckarna. Vi summerade

dessa kostnader tillsammans med avskrivningarna på truckarna. Alla kostnader var totalkostnaden för respektive post under 2006.

En lagringskostnad som också måste tas hänsyn till är hyran på lagret. Den totala hyreskostnaden kunde Stena Aluminium ta fram ur sitt redovisningssystem.

Lageradministrationen består främst av inventeringar av lagret. För att beräkna denna kostnad per år, som till största delen består av lönekostnader, multiplicerade vi den tid som Stena Aluminium lägger ner på inventeringar och multiplicerade detta med medellönen, som beräknats utifrån deras årsredovisning 05/06.

Osäkerhetskostnad

Dessa kostnader utgörs nästan enbart av försäkringskostnader hos Stena Aluminium. Kostnader för stölder, kassationer och skador är försumbara enligt Stena Aluminium. För att beräkna försäkringskostnaderna utnyttjade vi en siffra framtagen av Stena Aluminium som angav att försäkringskostnaden per kg var 0,82 ‰. Vi multiplicerade därefter denna siffra med medellagervärdet för att få fram en total försäkringskostnad.

För att slutligen kunna fastställa en total lagerhållningskostnad per kilo summerade vi kapitalkostnaden, förvaringskostnaden samt osäkerhetskostnaden. Därefter dividerade vi medellagervärdet och multiplicerade med genomsnittspriset. Slutligen dividerade vi med antalet veckor per år för att få rätt tidsenhet.

5.4.1.2 Beräkning av ordersärkostnad

De olika ordersärkostnaderna skiljer sig åt genom att ordersärkostnaderna för färdigvarulagret endast består av interna kostnader för produktionsordrarna från färdigvarulagret ("produktionen") till råvarulagret. Dessa kostnader är så pass låga att de gick att försumma. Råvarulagrets ordersärkostnader är inte försumbara och består främst av kostnader för inköpsavdelningens verksamhet, vilket redovisas nedan.

Stena Aluminium har inga omställnings- eller nedtagningskostnader som påverkas av antalet inköpsordrar då alla deras artiklar behandlats på samma sätt, trots att de har olika sammansättningar av råvaror. De har inte heller några hastighetsförluster vid omställningar vid olika batcher, något som inte heller är direkt beroende av antalet inköpsordrar. Som tidigare påpekats har de i princip ingen ledig kapacitet, vilket leder till att kostnaden för alternativt användande av personal och material är försumbar. Stena Aluminium har inte heller några kostnader för materialuttag eller förflyttning av råvara internt inom lagret som är beroende av antalet inköpsordrar av råvaror.

Stena Aluminium har själva beräknat en kilokostnad som omfattar godsmottagningen, ankomstkontrollen samt inlagringen av råvara. Denna utnyttjade vi och multiplicerade detta med medelstorleken av inköpsordrarna under 2006 för att få fram en kostnad per order.

De personer som är involverade i arbetet med inköpsordrarna är enbart inköpsavdelningen. För att beräkna dessa kostnader som bl.a. omfattar löner, planering inför inköpsordrarna, resekostnader i samband med kontraktsskrivande, har vi utnyttjat inköpsavdelningens årsbudget. Vi dividerade därefter denna budget med antalet ordrar under 2006. På detta sätt fick vi fram en siffra på hur stor del av budgeten varje order utgöt. Dock så utnyttjas inte hela budgeten till orderhantering utan vi

multiplicerade därefter denna kostnad med hur stor del av budgeten som utnyttjas till orderhantering. Denna procentsats fick vi fram genom att inköpsavdelningen värderade hur stor del av deras arbetstid (indirekt budgeten) som de lägger på orderhanteringen.

För att beräkna den slutgiltiga ordersärkostnaden summerade vi de ovanstående kostnaderna, varvid vi fick fram en totalkostnad per order.

5.5 Uppföljning

Eftersom modellens utgångspunkt är att minimera totalkostnaden för systemet handlar uppföljningen mycket om att kontrollera avvikelser från det optimala tillståndet. Uppföljningen kan koncentreras till uppföljning av modellens tre första faser.

Modellens första fas behandlar prognostisering av efterfrågan. Det är relativt självklart att det optimala tillståndet måste vara prognoser med obefintliga prognosfel. För att utvärdera detta är det naturligt att använda sig av traditionella mått för prognosfel såsom standardavvikelse eller MAPE. Dessa mått ska då vara så låga som möjligt.

Andra fasen består av behovsberäkning. Denna beräkning utgår ifrån två dimensioner, säkerhetstid och kvantitet, och bör därför utvärderas ur två synvinklar. Tidsdimensionen, d.v.s. när färdigvaran bör ligga i färdigvarulagret för att kunna täcka osäkerheten i att kunden vill ha sin leverans tidigare eller senare. Självklart är det ett större problem då kunden vill ha en leverans tidigare än planerat än senare än planerat. Kvantitetsdimensionen är att se till att färdigvarorna översätts med rätt standardsammansättning till råvara som ska ge den mest kostnadseffektiva sammansättningen.

Det kan även vara aktuellt att utnyttja en säkerhetstid på inköpt råvara i råvarulagret. Denna tid bör dimensioneras i förhållande till hur säkra inleveranserna av råvara är i tid samt kvantitet.

I den tredje fasen bör de verkliga inköpsordrarna följas upp efter de mest optimala inköpskvantiteterna som beräknats utifrån ordersärkostnader, lagerhanteringskostnader samt prisrisk. Detta kan enkelt följas upp genom att jämföra de optimala inköpskvantiteterna mot de faktiska inköpen.

6 Analys

I detta kapitel analyserar och utvärderar vi vår modell och vårt sätt att prognostisera, beräkna säkerhetstider, beräkna orderkvantiteter samt uppföljningen av exponeringen mot det sätt som Stena Aluminium idag använder sig av. Vi behandlar även synen på risktagande vid hanteringen av exponeringsproblemet. Vi avslutar med att synliggöra vissa brister i den data som vi utnyttjat.

6.1 Verkligheten som en modell

Att skapa en modell av verkligheten innebär att många variabler måste generaliseras och förenklas, vilket vi även har gjort i vår modell. Modeller är framförallt till för att jämföra olika tillvägagångssätt och procedurer. Denna del av analysen vill vi ta med för att förtydliga att vår modell i första hand finns till för att påvisa att saker och ting kan förbättras. Detta innebär att viss data inte helt stämmer överrens med verkligheten men i ett jämförande syfte kan visa på korrekta slutsatser. T.ex. har vi valt att genomföra förenklade beräkningar av lagerstyrningsparametrarna då vår fokus på arbetet legat på att ta fram arbetssätt för att kontrollera exponeringen av råvara samt färdigvara. Detta bör inte nämnvärt påverka om resultatet är positivt eller negativt då samma värden konsekvent har utnyttjats på verkligt utfall och i vår modell.

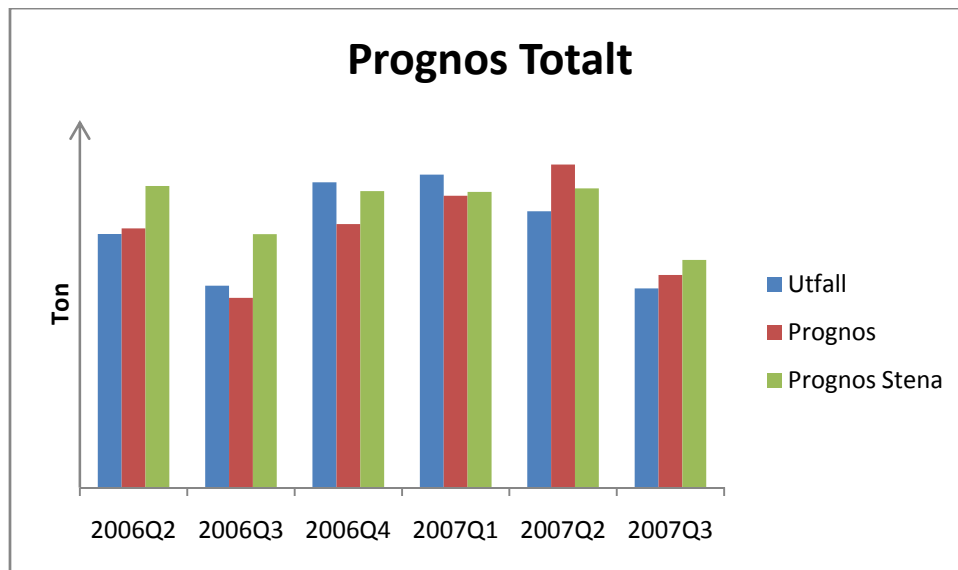
I verkligheten är det dock mycket viktigt att tänka på att det inte går att få bättre analyser än kvaliteten på de data som man utnyttjar.

6.2 Prognostisering av efterfrågan

I dagens läge har Stena Aluminium nästan en helt deterministisk, d.v.s. känd, efterfrågan, eftersom deras kunder framförallt lägger ordrar ett helt kvartal eller en hel månad i förväg. I många andra industrier är efterfrågan okänd redan några veckor framåt i tiden. Enligt Stena Aluminium själva är det kunder som tidigarelägger ordrar med mer än en vecka samt kunder som har dålig framförhållning i sina beställningar som omöjliggör en fullständig prognos.

Stena Aluminium utför idag inga kvantitativa prognostiseringar utan deras prognoser baseras endast på försäljningsavdelningens uppskattningar av hur mycket de tror att de kommer att sälja under en viss period. Eftersom stora delar av deras efterfrågan är känd minst en månad före produktion bör deras prognoser vara så pass bra att de går att ha som grund för resterande delar av verksamheten. Att notera är dock att deras kvartalsvisa prognoser av efterfrågan inte är tillräckligt bra för att basera beräkningen av lämpliga säkerhetstider efter, se Kapitel 6.3. Detta tror vi beror på att deras prognoser blir bättre och bättre ju närmare utleveransdatumet de kommer, dock har vi inte haft någon möjlighet att kontrollera detta eftersom det endast är de kvartalsvisa prognostiseringarna som registreras. Trots att våra egna kvantitativa prognostiseringar gav bättre resultat baserat på totala volymen under ett kvartal än Stena Aluminiums egna prognostiseringar tror vi ändå att deras prognostiseringar är bättre då detaljeringsgraden är högre. Med högre detaljeringsgrad menar vi att prognostisering genomförs veckovis eller månadsvis.

Att prognostisera kvantitativt på de totala kvantiteterna kvartalsvis är dock inte helt obefogat då alla artiklar till största del består av samma råvaror, nämligen aluminiumskrot. Detta medför att i stort sett all råvara som köps in till en viss artikel går att utnyttja för att tillverka en annan artikel. I och med detta ökar vikten av att den totala kvantiteten som köps in stämmer överrens med den efterfrågade kvantiteten.



Figur 6.1 Prognostisering per kvartal

I Figur 6.1 ser vi differensen mellan den totala prognostiserade kvantiteten och det verkliga utfallet för varje kvartal. Detta är den mest detaljerade prognosen som vi kan ta fram via de data som sparas i Stena Aluminiums ERP-system. De röda staplarna representerar våra egna prognoser där vi utnyttjat olika sätt att kvantitativt prognostisera efterfrågan, beroende på vilken klassificeringsgrupp artiklarna hamnar inom. Stena Aluminiums prognoser, de gröna staplarna, är kvalitativa prognoser utförda av säljavdelningen. Våra kvantitativa prognostiseringar gav en differens från det verkliga utfallet på totalt 9,74 % medan Stena Aluminiums prognoser gav en differens på 12,34 %.

Det finns dock ett problem med den data som vi haft som utgångspunkt i denna jämförelse, då vi valt att endast analysera produktionen i Sverige. I vissa fall kan det vara så att en artikel istället har producerats i Danmark. Detta skulle visas som en differens mellan verkligt utfall och prognos, men skulle inte ha någon negativ påverkan på kundservicen. För att kontrollera hur stor påverkan detta skulle kunna ha på resultatet har vi manuellt kontrollerat alla utleveranser under första kvartalet år 2006. Under detta kvartal fanns det 24 artiklar som tillverkats på båda fabrikerna. För fem av dessa artiklar syntes det tydligt att produktionen helt eller delvid flyttats till fabriken i Danmark. Detta utgjorde ca 8 % av det totala utfallet. Det kan även vara så att Stena Aluminium har producerat en annan artikel som är likvärdig för kunden. Detta är något som vi inte kunnat ta hänsyn till då det inte finns någon möjlighet att kontrollera detta.

Det är väldigt viktigt att prognoserna är så pass bra som möjligt då dessa ligger till grund för optimering av hela lagersystemet. Det är utifrån prognoserna som säkerhetstider, lagernivåer samt orderkvantiteter fastställs. Prognosens precision är alltså helt avgörande för hur låga lagerföringskostnaderna kan hållas utan att försämma kundservicen. Då prognosen stämmer exakt mot det verkliga utfallet blir lagren så låga som det produktionstekniskt är möjligt.

För att Stena Aluminiums prognoser ska kunna bli ännu bättre krävs bättre rutiner då efterfrågan registreras. Det är viktigt att hela ordern delas upp efter de utleveranser som kunden begärt. För att prognoserna sedan ska kunna följas upp för att se hur väl de stämde överens med verkligheten måste både prognosen och försäljningen ha samma mätpunkter, d.v.s. baseras på utleveranser. Är registreringen av data noggrann går det mycket lätt att identifiera kunderna med dålig

framförhållning och därefter prognostisera deras förekomster samt dimensionera en lämplig säkerhetstid för att täcka dessa.

6.3 Säkerhetstid

Stena Aluminium utnyttjar endast erfarenhet då de fastställer säkerhetstider. Idag utnyttjar de 3 veckors säkerhetstid på råvara och 1 veckas säkerhetstid på färdigvara. Bara för att dessa tider har fastställts via erfarenhet samt att säkerhetstiden används för att täcka upp för osäkerheter behöver dessa inte vara felaktiga. Dessa tider har troligen reglerats fram till lämpliga nivåer under en längre tid. Dock förordar vi att dessa säkerhetstider fastställs med grund i historisk data samt fastställda servicenivåer gentemot kunderna.

Vi anser att Stena Aluminium endast behöver använda sig av säkerhetstid och inte säkerhetslager då deras prognoser är så pass bra i kvantitet att det endast är differenser i tid som behöver täckas.

Vi tror att i Stena Aluminiums fall är det bästa sättet att beräkna lämpliga säkerhetstider på är att registrera hur ofta kunderna väljer ett nytt utleveransdatum än det planerade. Då är det statistiskt lika viktigt att registrera då en utleverans framflyttas som då den tidigareläggs. Speciellt då Stena Aluminium antar att deras differenser i produktionsledtiden är minimala, dock bör de ha i åtanke att en säkerhetstid även finns till för att täcka för störningar i produktionsledtiden. Till detta förutsätts att det finns ett sådant stort råvarulager att inleveranserna av råvarorna inte påverkar den totala ledtiden, annars bör även inleveransernas ankomsttider tas med i beräkningen.

För att säkerhetstiderna ska kunna räknas ut genom att fastställa en säkerhetsnivå och via säkerhetslagerberäkningar ta fram lämpliga säkerhetstider måste prognostiseringens detaljeringsgrad öka. Då vi genomförde detta på den prognosdata och utfallsdata som fanns tillgänglig resulterade detta i onormalt långa säkerhetstider för större delen av artiklarna. Generellt varierade säkerhetstiderna mellan 1 dag och 210 dagar samt i medeltal 54 dagar (9 arbetsveckor). Eftersom Stena Aluminium har klarat sig med en veckas säkerhetstid på färdigvara är det inte aktuellt att basera verksamheten på dessa siffror. Anledningen till att de beräknade säkerhetstiderna blir så pass långa är att differensen mellan Stena Aluminiums prognoser och det faktiska utfallet är för stora, vilket medför att standardavvikelsen blir stor. För att kunna beräkna dessa mer korrekt måste prognostiseringen öka i detaljeringsgrad så att prognostiseringen i alla fall genomförs månadsvis, men helst veckovis. Speciellt då de verkliga säkerhetstiderna är så pass korta att de beräknas i antalet dagar eller veckor.

En fråga som också bör belysas är om säkerhetstiden ska vara samma för alla artiklar eller samma för alla kunder. Är det så att det inte finns några differenser i produktionsledtiden kan det vara aktuellt att anpassa säkerhetstiderna efter olika kunder och deras benägenhet att i sista minuten planera om en order på färdigvara.

Stena Aluminium håller idag råvaran i lager i ett antal veckor. Anledningen till att de håller råvaran så pass länge är inte för att de har en osäker ledtid från deras leverantörer, anledningen är att de behöver denna tid är för att kunna matcha ihop olika kvaliteter av råvara för att skapa den mest kostnadseffektiva mixen av råvara för de olika legeringarna de producerar. Detta sänker produktionskostnaden men ökar naturligtvis exponeringen betydligt. Om Stena Aluminium istället i större grad börjar använda sig av i förväg fastlagda sammansättningar skulle produktionen bli mer effektiv eftersom det då blir möjligt att koordinera råvaruleveranserna med produktionen och därför

minska exponeringen. Baksidan att kostnaden kan öka något då det inte längre finns tid att matcha råvaran. Det blir här viktigt att göra en avvägning mellan ökning av kostnader för produktionen och vinsten med en reduktion av råvara i lager.

6.4 Exponering och risk

Stena vill minska den prisrisk de upplever för befintliga lager i samband med att priset förändras på världsmarknaden. De vill alltså minska exponeringen av de tillgångar de har uppbundna i råvara och färdigvara. Det naiva sättet att angripa detta problem skulle vara att så långt det är möjligt försöka minimera lagernivåerna med resonemanget "inget lager – ingen exponering". Men att minimera lagernivåerna är inte ett självändamål då det finns risker kopplade till att göra detta, t.ex. lägre servicegrad eller mindre effektiv produktion. Det sunda sättet är istället att ha som utgångspunkt att försöka minimera kostnaden för hela systemet.

Goda lagernivåer är de lagernivåer som minimerar totalkostnaden för systemet vid en viss servicegrad. Detta behöver nödvändigtvis inte betyda så låga lager som möjligt. Som en del av beräkningen av optimala lagernivåer måste därför kostnader identifieras. Stena Aluminium har inte tidigare arbetat med begrepp som ordersärkostnad eller lagerhållningskostnad, åtminstone inte på ett systematiskt sätt. Detta försvårar en optimerad lagerpolicy. Det är först när kostnader kartlagts och utvärderats på ett rationellt sätt som det är möjligt att närma sig optimala lagernivåer. Det är viktigt att öka graden av mätbarhet.

Lagerhållningskostnad och ordersärkostnad är observerbara och kan beräknas på ett ganska traditionellt sätt men hur ska vi göra då göra för att ta hänsyn till risk? För att klargöra detta är det först viktigt att anta att vi inte vet mer än någon annan på marknaden om framtidens prisutveckling. Vi innehar alltså ingen information utöver den som alla andra har och vi anser oss inte bättre på att analysera marknaden än någon annan. När vi talar om prisrisk innebär detta att en prisförändring ger upphov till antingen större kostnader eller mindre vinst, d.v.s. det kvittar om priset går upp eller ner. Vi kan alltså säga att det är prisets livlighet, eller volatilitet, vi vill undvika. För att en individ ska vara beredd att ta mer risk måste denne få större avkastning på sitt kapital i enlighet med CAPM (se teori). Ett sätt att ta hänsyn till risken borde vara att låta en del av lagerhållningskostnaden, h , bero på vilken volatilitet det råder på marknaden. Om den är hög ger detta ett utslag i form av en förhöjd lagerhållningskostnad vilket i sin tur resulterar i lägre lager. Om istället volatiliteten är låg är det inte så riskfyllt att hålla lager vilket regleras med en lägre lagerhållningskostnad.

För att reglera h måste även företaget bestämma sig för sin inställning mot risk, deras s.k. riskaversion. Vi kan alltså tänka oss följande uttryck för h betecknar lagerhållningskostnaden, V betecknar marknadens volatilitet och c är en konstant som betecknar företagets riskaversion.

$$h_{tot} = h + V * c \quad (32)$$

Ett lite trubbigare sätt hade varit att sätta V till en konstant. Företaget skulle då få en lagerpolicy som inte förändrades utefter marknadssituationen.

Stena har idag inget systematiskt sätt arbeta med risk. Vad som modellen möjliggör är ett systematiskt och vetenskapligt förhållningssätt till risk och exponering.

Idag köper Stena Aluminium in en del av sina råvaror på termin, dvs. de säkrar sig mot prisförändringar genom att binda sig till att köpa en viss kvantitet råvara till ett visst pris vid en viss

tidpunkt. För att minska den risk som företaget tar kanske möjligheterna att utöka inköp på termin bör undersökas. Att handla på termin kan dock bara göras i begränsad utsträckning då det finns extra kostnader och begränsningar förknippade med terminer. Terminer kommer främst på tal när det handlar om stora, fastlagda ordrar en bra bit framåt i tiden. Vidare blir råvaran något dyrare än dagens pris, till detta tillkommer också administrativa kostnader. Det krävs även viss kunskap för att handla i terminer. För att motiverad de ökade kostnader måste man se till den riskreducering som uppnås och försöka göra en optimal avvägning mellan ökade kostnader och risk, dvs. bestämma sig för vad man är beredd att betala för mindre risk.

6.5 Optimala orderkvantiteter

En viktig del i modellen är att förändra de orderkvantiteter som Stena lägger vid inköp av råvara. Hur mycket råvara som köps in och när har stor inverkan på lagernivåer och kostnader. Genom att kvantifiera kostnaderna är det genom modellen möjligt att beräkna optimala orderkvantiteter. Stena arbetar idag inte aktivt med att optimera sina inköp på ett systematiskt sätt.

Utan hänsyn tagen till riskproblematiken, dvs. vi är likgiltiga till risk, visar modellen vi presenterade att med optimala inköpskvantiteter är det möjligt att sänka lagerhållningskostnaderna med 32.2 %. Vi har med denna modell försökt uppskatta kostnaderna i verksamheten, t.ex. har vi utgått från att det kostar ett visst belopp per tidsenhet att hålla en enhet i lager samt att det kostar ett fast belopp att lägga en order. Detta är en generalisering av verkligheten men det tillhandahåller ändå en viktig utgångspunkt. Vi noterar dock att Stena Aluminiums nuvarande lagerpolicy är relativt god som den är, då kostnaden med en optimal lagerpolicy bara är knappt en tredjedel mindre.

Vi tittade vidare på ett sätt att förändra orderkvantiteter utifrån terminspriserna på aluminium. Resultatet blev en aning dåligt, bara en minskning av inköpspriset på 0,14 %. Anledningen till detta tror vi främst beror på att terminsprisnoteringarna hade ganska låg volatilitet under perioden vilket innebar att det inte spelade någon större roll när volymerna köptes in – priset var ungefär det samma över hela perioden.

Inköpsarbetet på Stena idag karakteriseras mycket av att fylla de volymer som satts vid den årliga inköpsplaneringen. Eftersom Stena är en så stor spelare har de stor påverkan på hela branschen. De kan därför inte följa en helt godtycklig inköspolicy. Det kan naturligtvis också visa sig vara logistiskt omöjligt att följa den optimala inköspolicyn.

6.6 Uppföljning av exponering

Vi ser vissa nackdelar med den modell som Stena Aluminium använder för att följa upp exponeringen av råvara samt färdigvara. För att råvara, färdigvara, inköpsportföljs samt säljportföljs ska kunna ha möjlighet att balanseras varje vecka, alltså att exponeringen blir noll, måste säljportföljen och inköpsportföljen vara baserade på samma tidshorisont. Med detta menar vi att t.ex. säljportföljen inte kan vara hela kvartalets prognostiserade försäljning medan inköpsportföljen endast innehåller den närmaste månadens inköp av råvara. Ett sätt att lösa detta problem är att göra dessa två poster ackumulerade varvid vi då kan se om de verkar ta ut varandra vid den aktuella tidsperiodens slut.

En annan nackdel med den modell för uppföljning som de använder idag är att den inte är baserad på metallvärde, alltså hur stor del av råvaran som är aluminium. Detta medför svårigheter att jämföra de olika posterna mot varandra.

Vårt förslag till uppföljning är istället att öka detaljeringsgraden på prognoserna för att kunna se till att inte köpa in fel mängd råvaror och för att i slutändan få bättre lagernivåer i råvarulagret samt färdigvarulagret. Något som kontinuerligt bör följas upp är att registrera hur ofta en kund planerar om sin leverans av färdigvaror för att på detta sätt kunna fastställa lämpliga säkerhetstider och därmed kunna ligga närmare de optimala lagernivåerna. För att kunna följa upp hur nära Stena Aluminium ligger de optimala inköpskvantiteterna, bör de jämföra lagersaldot för råvaror mot de beräknade inleveranserna. På detta sätt kan ett mått tas fram på hur nära de mest kostnadseffektiva orderkvantiteterna de ligger.

6.7 Erfarenhet försvinner

Stena Aluminium har under många år byggt upp en stor erfarenhet och kompetens på ett antal områden såsom prognostisering och inköp. Detta innebär också att enskilda anställda blivit tätt knutna till den operativa verksamheten vilket ställer företaget i visst beroende. En anställd med stor erfarenhet och kunskap är alltid svår att ersätta. Om dessutom nyckelaktiviteter är dåligt dokumenterade och bara kan utföras av denna person, blir han eller hon ännu svårare att ersätta.

Ett exempel är prognostisering som idag utförs helt kvalitativt på Stena Aluminium. En övergång till en kvantitativ metod har två fördelar. Den första är att den blir helt oberoende av vem som utför prognostiseringen. Den andra fördelen är att resultaten blir konsekventa, dvs. prognoserna håller alltid samma kvalitet. Om de båda prognostiseringsmetoderna har ungefär samma prognosfel är det givet att den kvantitativa är den bästa. Den kan även vara bäst om ovan nämnda fördelar överväger ett större prognosfel.

Att delvis gå över till metoder som är mindre beroende av enskilda anställdas kunskap och erfarenhet gör alltså företaget bättre rustat mot personalförändringar och hjälper även till att skapa resultat som håller jämn kvalitet.

Stena Aluminium bör undersöka möjligheterna att utöka sitt ERP-system för att stödja kvantitativ prognostisering och beräkning av orderkvantiteter. Det finns idag programvara dedikerade för ändamålet på marknaden.

6.8 Brister i data

Prognosdata

- Prognosernas detaljgrad har inte varit tillräcklig för att kunna jämföras mot våra prognoser. För att verkligen kunna utvärdera deras prognosers kvalitet skulle det ha varit bra om det går att prognostisera per vecka. Idag finns endast per kvartal.
- Vissa prognoser prognostiseras att tillverkas i Sverige men tillverkas istället i Danmark. Detta medför att det uppstår differenser i prognos/utfall som egentligen inte påverkar kunderna.

Försäljningsdata

- 319 av 7439 prognoser har kvantiteten noll, vilket inte bör finnas. Utgör ca 4,3 % av antalet ordrar. 103 av 319 ligger i 2007 års data. Dessa utgör inget problem då de kan plockas bort. Dessa ordrar har antingen producerats i Kolding eller så är dessa bara en felinmatning och bör inte tas med i statistiken. (Detta är alltså ett påpekande att detta, som kan se ut som en brist, i data inte berör resultatet)

Lagerstyrningskostnader

- Stena Aluminium utnyttjar inte helt sina egna standardsammansättningar vilket medför att våra konverteringar från färdigvara till råvara inte stämmer med det faktiska utfallet.

Standardsammansättningar

- Stena Aluminium utnyttjar inte helt sina egna standardsammansättningar vilket medför att våra konverteringar från färdigvara till råvara inte stämmer med det faktiska utfallet.
- Det fattades 3 artiklars standardsammansättning vilka vi lade in enligt en annan artikels standardsammansättning istället.

Övrigt

- Det fattades 3 artiklars standardsammansättning vilka vi lade in enligt en annan artikels standardmix istället.

7 Slutsatser

Efter genomgång av dagens läge kom vi fram till att vi behöver en modell för att på ett systematiskt sätt kunna behandla problemet med risk och exponering. Idag sker mycket av dagens verksamhet utifrån beprövade metoder utan egentliga möjligheter till kontrollerad optimering och reglering. Denna modell ger oss de verktyg som gör det möjligt att faktiskt påverka graden av risktagande och exponering.

Modellen utgår från att prognostiseringen är så pass detaljerad att Stena Aluminium med säkerhet kan säga att prognoserna kan ligga till grund för optimering av andra delar av deras verksamhet. Därefter bör produktionen fastställa vilka säkerhetstider som bör införas på färdigvaran för att täcka produktionsosäkerheter samt den osäkerhet som finns i att kunden planerar om sin leverans. Prognoserna över färdigvaran bör därefter översättas till råvara enligt de optimala standardsammansättningarna. Nästa steg är att beräkna optimala orderkvantiteter per vecka på råvara, som inköpsavdelningen därefter försöker hålla så jämna steg som möjligt med. På detta sätt köps det inte in för mycket råvara samt att den i rätt tid kommer in till råvarulagret så att produktionen har den råvara de efterfrågar i tid innan smältning. Varje del av denna process bör därefter utvärderas.

Vid en jämförelse mellan en kvantitativ prognostiseringsmetod och Stena Aluminiums kvalitativa prognoser kom vi fram till att de båda metoderna är jämförbara då den utförs kvartalsvis över total volym. Eftersom Stena Aluminium egentligen har en relativt känd efterfråga efterlyser vi dock ökad detaljeringsgrad i prognoserna då detta tillåter tillförlitligare beräkning av säkerhetstid och större precisionsstyrning i andra delar av verksamheten. Detta tror vi är möjligt då efterfrågan i stort sett är känd månad innan produktion, vilket är fullt tillräckligt då ledtiden från order till utleverans är betydligt kortare än en månad. En kombination mellan kvalitativ och kvantitativ prognostisering kan tänkas utnyttjas så att fördelarna med en artikelklassificering kan tillvaratas.

En ökad användning av standardsammansättningar vid beräkning av råvarubehovet av färdigvara ser vi som en möjlighet att begränsa exponeringen eftersom det tillåter mindre lagernivåer. Standardsammansättningarna bör utgöras av den kombination som utgör den minsta kostnaden för framställning av en given mängd färdigvara och beror då på faktorer såsom råvarans pris, kvalitet, tillgänglighet samt smältutbyte.

För att inköpsavdelningen inte ska arbeta fristående från de andra delarna i verksamheten bör deras inköp i grunden baseras på prognoserna för efterfrågan och därefter beräknas utifrån optimala orderkvantiteter. Försök att minska det totala inköpspriset genom att ta hänsyn till terminspriser gav inga större kostnadsreduceringar, i alla fall inte under den period vi valt att undersöka.

Vi kom fram till att ett sätt för Stena Aluminium att kontrollera graden av exponering och därmed den risk de utsätter sig för är att reglera lagerhållningskostnaden utefter volatiliteten på marknaden. Detta skapar en naturlig reglering av lagernivån, anpassad efter marknadssituationen. Låga lager ska dock inte ses som ett självändamål då det agerar som en buffert för produktionsosäkerheter och varierande efterfråga. En avvägning mellan risk och kostnad måste här göras.

Generellt sett måste mer data sparas för att kunna ha tillräckligt med information för att följa upp alla delar av verksamheten, t.ex. historiska prognoser för att kunna följa prognostiseringen och lagernivåer för uppföljning av inköpets avvikelse mot optimala nivåer.

Att delvis gå över till metoder i likhet med de vi presenterat gör även Stena Aluminium mindre beroende av enskilda anställdas kunskap och erfarenhet vilket gör företaget bättre rustat mot personalförändringar och hjälper även till att skapa resultat som håller jämn kvalitet.

8 Övrig diskussion

- Ett framtida examensarbete kan vara att optimera sammansättningen av olika råvaror till en slutlig produkt utifrån kvalitet, pris, tillgänglighet. Expertis på dessa olika sammansättningar finns att hämta inom Stena Aluminium. På detta sätt skulle RVL kunna optimeras bättre.
- Ett annat framtida examensarbete skulle kunna vara att beräkna lagerhållningskostnaderna samt ordersärkostnaderna mycket mer noggrant. På detta sätt skulle dessa kostnader vara mycket mer rättvisande.
- Kvaliteten på datan måste bli bättre. Stora delar av de data som matats in innehåller fel datum för beställning och leverans. På detta sätt kan vi inte se vilka ordrar som har beställts med kort varsel, vilket leder till att det är svårt att fastställa ett säkerhetslager samt att det omöjliggör bra lageruppföljning.
- För att på ett bättre sätt kunna följa upp lagernivåerna (lagersaldo) måste data registreras och sparas, annars är det omöjligt att följa upp. På detta sätt kan Stena Aluminium se om de hade för mycket eller för litet i lager för varje period.
- Eventuellt kan vissa synergieffekter komma fram med ett ökat samarbete mellan de båda fabrikena. T.ex. kan gemensamma prognoser för efterfrågan tas fram samt samkoordinerad produktion till stora kunder.
- Slattproblemet är framförallt ett problem för försäljningsavdelningen samt för produktionsplanerarna. Det bör prövas om det är mer kostnadseffektivt att inte köra hela batcher i förhållande till att lagerhålla färdigvaran en viss tid. Det går då bra att utnyttja vår uträkning av lagerhållningskostnaden för färdigvarulagret.
- Skall kvantitativ prognostisering utnyttjas veckovis är det att föredra att endast prognostisera kortare perioder på några veckor. Annars är prognoserna inte tillräckligt reaktiva. Stena Aluminium skulle kunna utnyttja kvantitativ prognostisering för att fastställa totala kvantiteter per kvartal och därefter utnyttja dessa som underlag för den kvantitativa prognostiseringen

9 Litteraturförteckning

- Axsäter, Sven. 1991.** *Lagerstyrning*. Lund : Studentlitteratur, 1991. ss. 14, 18-25, 29-30, 53-63, 140.
- Backman, Jarl. 1998.** *Rapporter och Uppsatser*. Lund : Studentlitteratur, 1998. ss. 102-117.
- Berling, Peter. 2005.** *On Determination of Inventory Cost Parameters*. Lund : Media-Tryck, 2005. ss. 5-15, 18-19.
- Björklund, Maria och Paulsson, Ulf. 2003.** *Seminarieboken - att skriva, presentera och opponera*. Lund : Studentlitteratur, 2003. ss. 62-63, 66-73.
- CME.** About Futures. *CME Chicago Mercantile Exchange*. [Online] CME.[Citat: den 30 09 2007.] <http://chicagomercantileexchange.org/edu/res/intro/futures/futrhist.html>.
- Eriksson, Lars Torsten och Wiedersheim-Paul, Finn. 2006.** *Att utreda, forska och rapportera*. Malmö : Liber, 2006.
- European Aluminum Association. 2006.** *Aluminum Recycling in Europe*. 2006.
- Ghobbar, Adel A och Friend, Chris H. 2003.** *Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model*. 2003. ss. 2097-2114.
- Holme, Idar M och Solvang, Bernt K. 1997.** *Forskningsmetodik*. Lund : Studentlitteratur, 1997. s. 76.
- Hyndman, Rob J och Koehler, Anne B. 2005.** *Another look at measures of forecast accuracy*. 2005.
- Jonsson, Patrik och Mattsson, Stig-Arne. 2005.** *Logistik - Läran om effektiva materialflöden*. Lund : Studentlitteratur, 2005. ss. 129-136, 138-139.
- Mattsson, Stig-Arne. 2007.** *Professor emeritus*. Lund, den 27 11 2007.
- Namvar, Bob. 2000.** Graziadio Business Report. *Economic forecasting*. [Online] 2000. [Citat: den 30 09 2007.] <http://gbr.pepperdine.edu/001/forecast.html>.
- Patel, Runa och Davidson, Bo. 1994.** *Forskningsmetodikens grunder*. Lund : Studentlitteratur, 1994. ss. 12-13, 23-28, 85-88.
- Rakes, Harold W. 1974.** *Grass Roots Forecasting*. u.o. : ABI/INFORM Global, 1974. ss. 38-39.
- Reuters.** Reuters Financial Glossary. *Reuters*. [Online] [Citat: den 30 09 2007.] Contango, Backwardation. <http://glossary.reuters.com>.
- Smart, Charles. 2005.** *Accurate Intermittent Demand Forecasting for Inventory Planning: New Technologies and Dramatic Results*. 2005.
- Stena Aluminium AB.** Om Stena Aluminium AB. *Stena Aluminium AB Website*. [Online] [Citat: den 25 09 2007.] <http://www.stenametal.com/>.
- Wallén, Göran. 1996.** *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*. Lund : Studentlitteratur, 1996. ss. 47-48.

Willemain, Thomas, Smart, Charles och Schwartz, Henry. 2004. *A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories.* 2004. ss. 375-387.

Vollmann, Thomas och Whybark, Clay. 1984. *Manufacturing planing and control systems.* Homewood, Ill : Richard D. Irwin, 1984. ss. 40-41, 359-365.

10 Figurförteckning

FIGUR 1.1 DE OLIKA AFFÄRSOMRÅDENA INOM STENA METALL	3
FIGUR 3.1 OPTIMAL ORDERKVANTITET M.A.P. TOTALKOSTNAD	15
FIGUR 3.2 SAMKOSTNADER ÖKAR STEGVIS MEDAN SÄRKOSTNAD ÖKAR PROPORTIONELLT MED VOLYMEN	15
FIGUR 3.3 LAGERHÅLLNINGSKOSTNADENS KOMPONENTER ENLIGT JONSSON & MATTSSON (2005)	16
FIGUR 3.4 CONTANGO OCH BACKWARDATION	19
FIGUR 3.5 OSÄKERHETER I LAGERSYSTEMET	22
FIGUR 3.6 SÄKERHETSLAGER ELLER SÄKERHETSTID VID OLIKA OSÄKERHETSKATEGORIER	23
FIGUR 4.1 PROCESSÖVERSIKT AV DAGENS VERKSAMHET	27
FIGUR 4.2 LEDTID FRÅN ORDER TILL FÄRDIGVARA	28
FIGUR 4.3 SCHEMATISK BILD ÖVER DEN OPERATIONELLA INKÖPSVERKSAMHETEN	30
FIGUR 4.4 PRISUTVECKLING AV SPOTPRISER SAMT TERMINER	32
FIGUR 5.1 PROCESSÖVERSIKT	34
FIGUR 5.2 EFTERFRÅGA PER VECKA UNDER 2006	36
FIGUR 5.3 PROGNOTISERING UPPDELAD EFTER KLASSIFICERING	37
FIGUR 5.4 VECKOVIS PROGNOTISERING AV EFTERFRÅGAN FÖR EN ARTIKEL I KLASS A	38
FIGUR 5.5 VECKOVIS PROGNOTISERING AV EFTERFRÅGAN FÖR EN ARTIKEL I KLASS C	38
FIGUR 5.6 OLIKA LAGERHÅLLNINGSKOSTNADER SAMT OLIKA ORDERSÄRKOSTNADER	43
FIGUR 6.1 PROGNOTISERING PER KVARTAL	47

11 Bilagor

11.1 Val av prognostiseringsparametrar

Prognosmetod	Tid	α	β	Klassificering			
				A MAPE (%)	B MAPE (%)	C MAPE (%)	D MAPE (%)
Exp med trend	∞	0,5	0,5	27,77	-	54,35	34,06
Exp med trend	∞	0,2	0,1	15,98	-	36,1	15,07
Exp med trend	∞	0,2	0,05	17,46	-	31,15	18,96
Exp med trend	∞	0,15	0,1	11	-	35,07	14,67
Exp med trend	∞	0,13	0,11	10,24	-	34,19	14,64
Exp med trend	∞	0,125	0,1	9,99	-	34,52	14,96
Exp med trend	∞	0,12	0,1	9,74	-	35,62	15,31
Exp med trend	∞	0,11	0,1	9,76	-	38,76	16,27
Exp med trend	∞	0,1	0,125	10,18	-	43,82	16,5
Exp med trend	∞	0,1	0,11	9,98	-	42,64	17,19
Exp med trend	∞	0,1	0,1	9,88	-	41,91	17,57
Exp med trend	∞	0,1	0,05	11,01	-	34,29	19,87
Exp med trend	∞	0,09	0,1	9,98	-	44,83	18,98
Exp med trend	∞	0,05	0,1	10,78	-	53,05	24,18
Exp med trend	∞	0,05	0,05	11,13	-	40,59	23,72
WMA	5	-	-	21,04	-	51,62	33,61
WMA	6	-	-	18,42	-	48,36	29,53
WMA	8	-	-	14,96	-	46,99	24,83
WMA	10	-	-	13,79	-	47,01	22,38
WMA	12	-	-	12,05	-	40,97	19,81
WMA	13	-	-	11,32	-	38,41	18,6