

# Kundorderstyrning

– Möjligheter och konsekvenser för Johnson Pump

Customer-order-driven planning and control

– Possibilities and consequences for Johnson Pump

Examensarbete vid  
Institutionen för produktionsekonomi,  
Linköpings tekniska högskola  
och vid Johnson Pump

av

**Sara Holvid**  
och  
**Isac Johansson**

LITH-IPE-EX--06/776--SE

Handledare

Mattias Hallgren (IPE)  
Göran Kring (Johnson Pump)

## **Förord**

Det är med lätt vemod vi närmar oss slutet av vår tid här på Johnson Pump i Örebro. Alla vi har haft kontakt med på företaget har varit mycket hjälpsamma och tillmötesgående under arbetets gång. De har alltid tagit sig tid att svara på våra frågor och visat intresse för vårt arbete. Ett stort tack går till vår handledare Göran Kring, som tagit mycket väl hand om oss och inspirerat oss med sin entusiasm. Vi vill även tacka Stefan Jonsson, Rikard Larsson, Matti Mönkkönen och alla andra som visat oss runt i den mekaniska verkstaden och monteringen, samt alla vi fått hjälp av på kontoret. Sist vill vi säga tack till Mattias Hallgren, vår handledare på Institutionen för produktionsekonomi vid Linköpings tekniska högskola, för vägledning under arbetets gång.

Den avslutande delen av civilingenjörsutbildningen förflyttade oss skoningslöst från den välordnade universitetsvärlden ut i verkligheten. Från föreläsningar i produktionsekonomi till vardagen på ett pumptillverkande företag. Vi insåg snart att allt inte fungerar som i läroböckerna, vilket ibland har varit frustrerande men också gett oss nyttiga erfarenheter. Det har framförallt varit motiverande att få arbeta med ett verkligt problem, där våra resultat faktiskt betyder någonting. När vi i skrivande stund avslutar rapporten, känns det att vi har kommit en lång väg sen den första dagen i Örebro i slutet av förra sommaren.

Rapporten tillägnas Örebro Universitets idrottsförening, vars gym har varit vår största källa till återhämtning, uppladdning och inspiration.

Örebro, Januari 2006

Sara Holvid och Isac Johansson

## **Sammanfattning**

Examensarbetet har utförts på Johnson Pump AB i Örebro och behandlar tillverkningen av marina kylvattenpumpar. På den allt mer globala pumpmarknaden har konkurrensen blivit hårdare och Johnson Pump har märkt ökade krav på främst kostnadseffektivitet och leveransprecision. Samtidigt efterfrågas ett brett sortiment. I dagsläget har man dock problem med långa ledtider och höga lagernivåer, varför man på senare tid har ställt frågan om det bästa vore att kundorderstyra tillverkningen inom det marina affärsområdet. Syftet med arbetet är därför att undersöka möjligheterna att övergå till en högre grad av kundorderstyrd produktion och se vilka konsekvenser detta skulle medföra på kostnader och leveransservice.

För att det ska bli möjligt för Johnson Pump att tillverka pumpar mot kundorder, måste planeringen bli tydligare och mer strukturerad. I dagsläget är produktionsledningarna för långa och framförallt för osäkra, för att kunna ha en kundorderstyrd produktion. Den viktigaste åtgärden blir därför att reducera ledtiderna. Kortare ledtider minskar kapitalbindning i PIA, gör produktionen mer flexibel, och minskar variationer och störningar. Såväl marknads-, produktions- och produktkaraktäristika tillåter en förflyttning av kundorderpunkten längre bak i flödet. Slutsatsen är således att Johnson Pump har goda möjligheter till kundorderstyrning av produktionen, under förutsättningen att nya planeringsmetoder införs för att uppnå kortare och stabilare ledtider.

De viktigaste punkterna i föreslagen planering, är att ha färre tillverkningsorder igång samtidigt och att minska partistorlekarna. Planeringssituationen är mer komplex i den mekaniska verkstaden än i monteringen, där man även har större volym- och produktmixflexibilitet. Därför ska produktionen pushstyras utifrån den mekaniska verkstaden med hjälp av MRP-systemet. För att göra systemet mer pålitligt och säkerställa att det verkligen används, måste det uppdateras kontinuerligt. Materialflödet mellan arbetsstationer bör vidare bli mer direkt och mellanlagring bör elimineras. Med ett stort antal artiklar i kraftigt varierande efterfrågevolymer, måste man förenkla planeringssystemet och samtidigt anpassa produktionen så den bättre följer marknadsefterfrågan. En ABC-klassificering delar in artiklarna i mer homogena grupper för differentierad styrning av varje artikelklass.

Resultatet av den nya planeringen är en ledtidsreduktion på i genomsnitt 83 procent. De kortare ledtiderna ger, förutom en minskning i bundet kapital, även högre produktmix- och volymflexibilitet, vilket i sin tur ger Johnson Pump fler strategiska valmöjligheter. Det sätter företaget i en bättre position inför ökade krav på kortare leveransledtider och tätare leveranser, samtidigt som kostnaderna sänks. Genom att tydliggöra effekterna av ledtids- och ställtidsreduktioner, vilka tidigare doldes av stora produktionsserier, skapas dessutom incitament till förbättringsprogram som på sikt kan öka Johnson Pumps konkurrensfördelar.

## ***Abstract***

The master thesis has been carried out at Johnson Pump AB in Örebro and deals with the manufacture of marine cooling pumps. The competition has hardened on the increasingly global pump market and Johnson Pump has noticed greater demands principally for cost-efficiency and delivery performance. At the same time a broad product-mix is requested. In the present-day situation the company experiences problems with long lead-times and high levels of inventory, wherefore lately the question has been raised whether it would be better with a make-to-order strategy for the marine business area. The purpose of the thesis work is therefore to examine the possibilities of moving towards a higher degree of customer-order-driven production and to look into which consequences this would have on costs and the customer service elements.

To enable make-to-order production of pump bodies at Johnson Pump, the planning and control must be more distinct and structured. Today the production lead-times are too long, but above all too uncertain, to make a customer-order-driven production possible. The most important measure in order to achieve this is therefore reduction of lead-times. Shorter lead-times decrease capital tied up in WIP, make the processes more flexible, and reduce variation and disturbances. Market, production and product characteristics allow a relocation of the customer order decoupling point further back in the production flow. The conclusion is hence that Johnson Pump has good chances of a customer-order-driven production, under the condition of a new planning system to achieve shorter and more stable lead-times.

The main points in the proposed planning system are to have fewer production orders running simultaneously and to have smaller batch sizes. The planning situation is more complex in the mechanical workshop than in the assembly, where, in addition, the volume and product-mix flexibility is greater. Therefore the production ought to be controlled with a push strategy from the workshop with the help of the MRP-system. The business process software should also be updated continuously to ensure its accuracy and usage. The material flow between workstations should further be more direct without buffers. With a large number of stock-keeping units in greatly varying demand volumes, the planning system must be simplified and the production brought in line with market demand. An ABC-classification divides the items into more homogenous groups for differentiated planning and control of each class.

The result of the new planning system is a reduction of lead-times by 83 percent on average. The shorter lead-times give, apart from a reduction in capital tied up, also higher product-mix and volume flexibility, which in turn gives Johnson Pump more strategic opportunities. It puts the company in a better position to respond to raised requests for shorter delivery lead-times, while costs are lowered. Through making the effects of lead-time and set-up-time reductions more evident, which before was concealed by large production series, an incentive for starting an improvement program is created. This can, in the long run, increase Johnson Pump's competitive advantage.

# Innehållsförteckning

<b>1. INLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1. BAKGRUND .....	3
1.2. SYFTE .....	3
1.3. SYFTESDISKUSSION .....	3
1.4. AVGRÄNSNINGAR .....	3
1.5. STRUKTUR .....	5
<b>2. FÖRETAGSPRESENTATION</b> .....	<b>7</b>
2.1. HISTORIK .....	9
2.2. ORGANISATION OCH VERKSAMHET .....	9
2.3. MARKNAD .....	11
<b>3. NULÄGESBESKRIVNING</b> .....	<b>13</b>
3.1. PRODUKT .....	15
3.1.1. Funktion .....	15
3.1.2. Ingående komponenter .....	15
3.1.3. Gjutämnen .....	16
3.1.4. Artikelklassificering .....	17
3.2. PRODUKTION .....	20
3.2.1. Mekanisk verkstad .....	20
3.2.2. Mellanlager .....	24
3.2.3. Montering .....	25
3.3. PLANERING .....	26
3.3.1. Sälj- och verksamhetsplanering .....	27
3.3.2. Huvudplanering .....	27
3.3.3. Materialbehovsplanering .....	27
3.3.4. Detaljplanering .....	29
<b>4. REFERENSRAM</b> .....	<b>33</b>
4.1. PRODUKT- OCH PROCESSKARTLÄGGNING .....	35
4.1.1. Artikelklassificering .....	35
4.1.2. Produktegenskaper .....	36
4.1.3. Processflödesanalys .....	37
4.2. PLANERING OCH STYRNING .....	38
4.2.1. Kundorderpunkt .....	38
4.2.2. Push- och pullplanering .....	44
4.2.3. Push och pull kopplat till kundorderpunkt .....	46
4.2.4. Ledtidfokus .....	48
4.2.5. Kapacitet .....	49
4.2.6. Partiformning .....	51
4.2.7. Nyckeltal .....	52
4.3. PRODUKTIONSFILOSOFIER .....	53
4.3.1. Total Quality Management .....	53
4.3.2. Just-In-Time .....	54
4.3.3. Lean Manufacturing .....	55
4.3.4. Quick Response Manufacturing .....	56
4.4. SAMBAND MELLAN KOSTNADER OCH SERVICE .....	57
4.4.1. Lager .....	57
4.4.2. Leveransservice .....	59
4.4.3. Trade-off-teori .....	62
4.5. SYNTES .....	64
<b>5. UPPGIFTSPRECISERING</b> .....	<b>67</b>
5.1. UPPGIFTSPRECISERING .....	69
<b>6. METOD</b> .....	<b>73</b>
6.1. ARBETSGÅNG FÖR RAPPORTEN .....	75
6.2. DATAINSAMLING .....	75

6.3. FELKÄLLOR .....	76
<b>7. EMPIRI OCH ANALYS .....</b>	<b>79</b>
7.1. NULÄGE .....	81
7.2. MÖJLIGHETER TILL ÖKAD KUNDORDERSTYRNING .....	82
7.2.1. Planeringssystem.....	83
7.2.2. P/L-kvot och marknadskarakteristika .....	92
7.2.3. Produktions- och produktkarakteristika .....	94
7.2.4. Kundorderpunkt.....	95
7.3. KONSEKVENSER AV EN MER KUNDORDERSTYRD PRODUKTION .....	99
7.3.1. Lagerföringskostnader.....	100
7.3.2. Produktivitetskostnader .....	104
7.3.3. Leveransservice .....	106
7.3.4. Känslighetsanalys.....	108
7.3.5. Sammanfattning av konsekvenser.....	109
7.4. PRODUKTLEVERANSSTRATEGI FÖR HELA SORTIMENTET .....	111
7.5. SAMMANFATTNING AV ANALYSENS VIKTIGASTE PUNKTER .....	113
<b>8. SLUTSATSER.....</b>	<b>115</b>
8.1. SLUTSATSER .....	117
<b>ORDLISTA.....</b>	<b>119</b>
<b>KÄLLFÖRTECKNING .....</b>	<b>123</b>
ARTIKLAR .....	125
BÖCKER .....	125
ÖVRIGA SKRIFTLIGA KÄLLOR .....	126
ELEKTRONISKA KÄLLOR .....	127
MUNTliga KÄLLOR .....	127
<b>BILAGOR.....</b>	<b>129</b>
BILAGA 1 TILLVERKNINGSVOLYM.....	I
BILAGA 2 SLUTPRODUKTER OCH KUNDER FÖR UTVALDA PUMPHUS .....	II
BILAGA 3 EFTERFRÅGEDATA .....	III
BILAGA 4 FIXTURER OCH OPERATIONSTIDER I FLEROPERATIONSMASKINERNA .....	IV
BILAGA 5 PROCESSFLÖDESSCHEMA FÖR UTVALDA PRODUKTER .....	V
BILAGA 6 LAYOUTFLÖDESSCHEMA FÖR UTVALDA PRODUKTER .....	XIII
BILAGA 7 OPERATIONSORDNING.....	XV
BILAGA 8 LAYOUTFLÖDESSCHEMA MED NY PLANERING .....	XVII
BILAGA 9 PROCESSFLÖDESSCHEMA MED NY PLANERING .....	XIX
BILAGA 10 KAPITALBINDNING.....	XXVII
BILAGA 11 PRODUKTIVITETSKOSTNADER .....	XXXII
BILAGA 12 KAPACITETSUTNYTTJANDE I SVARV.....	XXXIV

## Figurförteckning

FIGUR 1.1 AVGRÄNSAT SYSTEM. ....	4
FIGUR 1.2 ARBETSGÅNG FÖR EMPIRI OCH ANALYS. ....	5
FIGUR 2.1 ORGANISATIONSSCHEMA (JOHNSON PUMP AB 2004, MODIFIERAD).....	10
FIGUR 2.2 FABRIKSLAYOUT ÖREBRO (JOHNSON PUMP AB 2005, INTERNMATERIAL). ....	11
FIGUR 3.1 KYLVATTENPUMP F35B-8 (JOHNSON PUMP AB 2005, INTERNMATERIAL).....	15
FIGUR 3.2 PRINCIPEN FÖR EN FLEXIBEL IMPELLERPUMP (JOHNSON PUMP AB 2005). ....	15
FIGUR 3.3 KOMPONENTER I KYLVATTENPUMP (JOHNSON PUMP AB 2005, INTERNMATERIAL, MODIFIERAD). ....	16
FIGUR 3.4 ABC-KLASSIFICERING AV PUMPHUS. ....	18
FIGUR 3.5 INDELNING EFTER VOLYM, BEHOVSFREKVENNS OCH STANDARDAVVIKELSE I VOLYM.....	19
FIGUR 3.6 ÖVERSIKTSBILD ÖVER FLÖDET FÖR MARINA PUMPAR.....	20
FIGUR 3.7 LAYOUT FÖR MEKANISK VERKSTAD. ....	21
FIGUR 3.8 PALETT MED KUB, PLATTA OCH KOPPFIXTUR. ....	23
FIGUR 3.9 LAYOUT FÖR MELLANLAGER. ....	25
FIGUR 3.10 MONTERINGEN STEG FÖR STEG. ....	25
FIGUR 3.11 LAYOUT FÖR MONTERINGSAVDELNING. ....	26
FIGUR 3.12 PLANERINGSSTRUKTUR. ....	27
FIGUR 3.13 UPPDELNING AV PRODUKTIONSFLÖDE I TVÅ ORDER-/LEVERANSPROCESSER. ....	30
FIGUR 4.1 80/20-REGELN (OLHAGER 2000, MODIFIERAD). ....	35
FIGUR 4.2 PRODUKTSTRUKTURER (OLHAGER 2000, MODIFIERAD). ....	36
FIGUR 4.3 MATERIALPROFILER (OLHAGER 2000, MODIFIERAD). ....	36
FIGUR 4.4 EXEMPEL PÅ LAYOUTFLÖDESSCHEMA (OLHAGER 2000). ....	38
FIGUR 4.5 KUNDORDERPUNKTER (OLHAGER 2000, MODIFIERAD). ....	38
FIGUR 4.6 PÅVERKANSMODELL FÖR POSITIONERING AV KOP (OLHAGER 2003). ....	40
FIGUR 4.7 LEDTIDSGAP (ARONSSON M.FL. 2003, MODIFIERAD). ....	40
FIGUR 4.8 P/L-KVOT (SHINGO 1989, MODIFIERAD).....	41
FIGUR 4.9 PRODUKTLEVERANSSTRATEGIER (OLHAGER 2003, MODIFIERAD).....	41
FIGUR 4.10 KUNDORDERPUNKTSSPEKTRUM (WIKNER 2004B). ....	42
FIGUR 4.11 PUSH- OCH PULLBASERAD PLANERING (MATTSSON & JONSSON 2003). ....	44
FIGUR 4.12 ALLMÄN MODELL FÖR PLANERING (NAYLOR M.FL. 1999, MODIFIERAD). ....	47
FIGUR 4.13 LEAGILITY (NAYLOR M.FL. 1999). ....	47
FIGUR 4.14 PLANNING LOOP (PLOSSL 1985, MODIFIERAD). ....	49
FIGUR 4.15 UTNYTTJNINGSGRADENS EFFEKT PÅ LEDTIDEN (SURI 1998). ....	50
FIGUR 4.16 INDELNING AV PARTIFORMNINGSMETODER (MATTSSON & JONSSON 2003). ....	51
FIGUR 4.17 PARTISTORLEKENS EFFEKT PÅ LEDTIDEN (SURI 1998). ....	52
FIGUR 4.18 SAMBAND MELLAN HÖGRE KVALITET OCH FÖRBÄTTRAD LÖNSAMHET (BERGMAN & KLEFSJÖ 2002). ....	54
FIGUR 4.19 IMPLEMENTERINGSPLAN FÖR JIT (OLHAGER 2000). ....	54
FIGUR 4.20 DEN JAPANSKA SJÖN (CHRISTOPHER 1998, MODIFIERAD). ....	59
FIGUR 4.21 FUNKTIONS- OCH PROCESSORIENTERING (ARONSSON M.FL. 2003, MODIFIERAD). ....	62
FIGUR 4.22 DEN ACKUMULERANDE MODELLEN (OLHAGER 2004A).....	63
FIGUR 4.23 DYNAMISK TRADE-OFF-MODELL (GUNASEKARAN 2001, MODIFIERAD).....	64
FIGUR 5.1 MODELL FÖR ATT UNDERSÖKA MÖJLIGHETERNA TILL EN HÖGRE GRAD AV KUNDORDERSTYRNING. ....	70
FIGUR 7.1 FÖRDELNING AV KAPITALBINDNING MELLAN DE OLIKA ARTIKELKLASSERNA. ....	82
FIGUR 7.2 ANDEL AKTIV TID AV TOTAL PRODUKTIONSLEDTID I PROCENT. ....	83
FIGUR 7.3 PRODUKTLEVERANSSTRATEGI UTIFRÅN P/L-KVOT OCH EFTERFRÅGEVARIATION. ....	92
FIGUR 7.4 PRODUKTLEVERANSSTRATEGI UTIFRÅN VARIANTSPRIDNING OCH PRODUKTVOLYM. ....	93
FIGUR 7.5 OMRÅDEN FÖR UTVÄRDERING AV KONSEKVENSER. ....	100
FIGUR 7.6 KAPITALBINDNING I NULÄGET. ....	100
FIGUR 7.7 KÄNSLIGHETSANALYS AV PRODUKTIVITETSKOSTNAD. ....	109
FIGUR 7.8 DUPONT-SCHEMA ÖVER KONSEKVENSER. ....	110
FIGUR 7.9 KOMPONENTER I MRP-SYSTEMET.....	113

## Tabellförteckning

TABELL 4.1 EXEMPEL PÅ PROCESSFLÖDESSCHEMA (OLHAGER 2000, MODIFIERAD).....	37
TABELL 4.2 PRODUKTIONSSTRATEGIER FÖRE OCH EFTER KUNDORDERPUNKTEN (OLHAGER 2003).....	43
TABELL 4.3 PROGNOSEOBJEKT VID OLIKA KUNDORDERPUNKTER (OLHAGER 2000).....	44
TABELL 6.1 DATAINSAMLING.....	75
TABELL 6.2 FELKÄLLOR.....	76
TABELL 7.1 P/L-KVOTER.....	81
TABELL 7.2 PRODUKTDATA A-KLASS.....	87
TABELL 7.3 NYA PARTISTORLEKAR FÖR A-KLASSPRODUKTER.....	88
TABELL 7.4 PRODUKTDATA B-KLASS.....	89
TABELL 7.5 EKONOMISK ORDERKVANTITET I SVARVEN FÖR B-KLASSPRODUKTER.....	90
TABELL 7.6 NYA PARTISTORLEKAR FÖR B-KLASSPRODUKTER.....	90
TABELL 7.7 PRODUKTDATA C-KLASS.....	90
TABELL 7.8 NYA PARTISTORLEKAR FÖR C-KLASSPRODUKTER.....	91
TABELL 7.9 P/L-KVOTER EFTER LEDTIDSREDUKTION.....	92
TABELL 7.10 KUNDORDERPUNKT OCH PRODUKTLEVERANSSTRATEGI FÖR VARJE ARTIKELKLASS.....	99
TABELL 7.11 A-PRODUKTERNAS KAPITALBINDNING (KR).....	101
TABELL 7.12 B-PRODUKTERNAS KAPITALBINDNING I NULÄGET (KR).....	102
TABELL 7.13 B-PRODUKTERNAS KAPITALBINDNING MED NY PLANERING (KR).....	102
TABELL 7.14 C-PRODUKTERNAS KAPITALBINDNING I NULÄGET (KR).....	102
TABELL 7.15 C-PRODUKTERNAS KAPITALBINDNING MED NY PLANERING (KR).....	103
TABELL 7.16 TOTAL KAPITALBINDNING (INTERPOLERAD, KR).....	103
TABELL 7.17 A-ARTIKLARNAS STÄLLKOSTNAD.....	104
TABELL 7.18 B-ARTIKLARNAS STÄLLKOSTNAD.....	105
TABELL 7.19 C-ARTIKLARNAS STÄLLKOSTNAD.....	105
TABELL 7.20 TOTAL PRODUKTIVITETSKOSTNAD (INTERPOLERAD, KR).....	106
TABELL 7.21 LEDTIDSREDUKTION PER STUDERAD ARTIKEL.....	107
TABELL 7.22 RESULTERANDE KOSTNADSFÖRÄNDRING (KR).....	109
TABELL 7.23 SAMMANFATTNING AV MARKNADSKARAKTERISTIKA.....	113
TABELL 7.24 SAMMANFATTNING AV PLANERING FÖR OLIKA ARTIKELKLASSER.....	114



# Kapitel 1

## INLEDNING

---



## **1.1. Bakgrund**

Johnson Pump AB är ett medelstort företag i Örebro, som tillverkar pumpar för marint och industriellt bruk. Industripumpar tillverkas främst efter kundens specifika behov och försäljningen sker styckvis genom egna säljbolag. Inom marknaden för marina pumpar till fritidsbåtar är Johnson Pump världsledande med visionen att ha ”en pump i varje båt”. Tillverkningsserierna är längre på den marina sidan och produktionen övervägande prognosstyrd. De marina produkterna består av pumphus, lock och axlar, som bearbetas inom företaget, samt ett flertal inköpta komponenter. Pumparna har likartad konstruktion, men kundspecifika detaljer har resulterat i omkring 200 olika varianter.

På den allt mer globala marknaden har konkurrensen blivit hårdare. Det påverkar företagets framgångsfaktorer och många har i dagsläget produktionsstrategier som inte är anpassade till dagens snabba förändringar på marknaden. För Johnson Pump har kraven ökat på främst kostnadseffektivitet och leveransprecision, samtidigt som ett brett sortiment efterfrågas.

Företagets breda produktmix gör att prognoserna blir osäkra på artikelnivå, trots att de är tillförlitliga i aggregerad form. Tillverkning mot lager är därför inte alltid optimalt. Ledtiderna är i regel för långa och lagernivåerna för höga. Lågvolymprodukter tillverkas idag till viss del efter kundorder. På senare tid har frågan ställts om det bästa vore att införa kundorderstyrd produktion för hela det marina affärsområdet. Med det som utgångspunkt, avser det här arbetet att hitta den produktleveransstrategi för marina kylvattenpumpar som bäst matchar Johnson Pumps förutsättningar under rådande förhållanden.

## **1.2. Syfte**

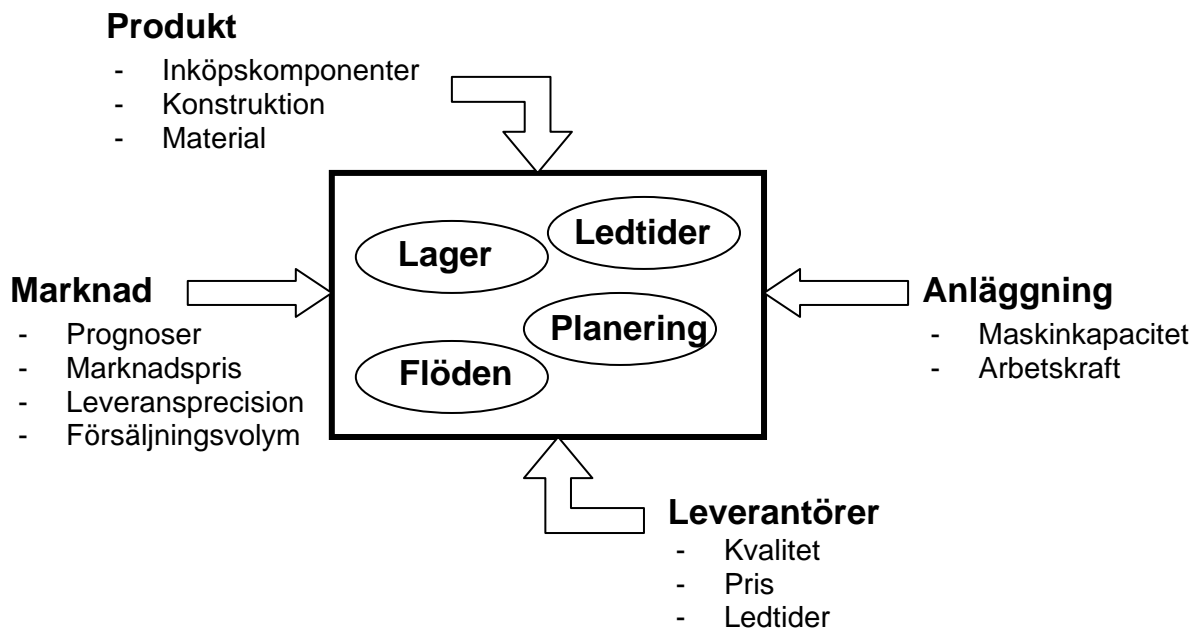
Syftet med arbetet är att undersöka möjligheterna att övergå till en högre grad av kundorderstyrd produktion av marina kylvattenpumpar samt vilka konsekvenser detta skulle medföra.

## **1.3. Syftesdiskussion**

Resultatet av arbetet ska kunna utgöra underlag för ett beslut om förändring av produktionssystemet. Företagets produktleveransstrategi avgörs av kundorderpunktens placering i flödet, där en förflyttning av kundorderpunkten bakåt i produktionsflödet innebär en högre grad av kundorderstyrning. Tyngdpunkten i arbetet kommer därför att ligga på möjligheterna att skjuta kundorderpunkten uppströms i flödet, för att sedan se vilka konsekvenser ett nytt planeringssystem medför i form av kostnader för lager och produktion samt för leveransprecisionen.

## **1.4. Avgränsningar**

För att begränsa arbetets omfattning har vi delat in företagets verksamhet i en fast och en rörlig del. Den fasta delen antas i examensarbetet vara given och följaktligen inte påverkbar. Den utgör systemets input och omgivning. Den rörliga delen är faktorer som en förflyttning av kundorderpunkten har inverkan på och som kan behöva förändras. I Figur 1.1 ses de rörliga delarna inom ramen och de fasta utanför.



**Figur 1.1 Avgränsat system.**

Vi har, med utgångspunkt i Figur 1.1, avgränsat oss till att behandla marknad, fabriksanläggning, produkt och leverantörer som opåverkbara faktorer. De kommer visserligen att påverka möjligheterna till placering av kundorderpunkten och diskuteras därför i arbetet, men vi kommer inte att gå in på hur de skulle kunna förändras. Bland marknadsfaktorer ingår kunders krav och önskemål på leveransservice, information om försäljningsvolym och order samt prognoser från marknadsavdelningen. Även anläggningens kapacitet i maskiner och arbetskraft samt layout är input till systemet. Eventuella nyinvesteringar kommer därför inte att behandlas. Arbetet begränsas även till att endast omfatta produktionsprocessens olika led från uttag ur råvaruförråd till inleverans i färdigvarulager. Det innebär att lagerstyrningen av inköpskomponenter inte studeras. Ledtider och kvalitetsaspekter hos leverantörer är givna faktorer. Alternativa leverantörer diskuteras således inte i arbetet och inte heller valet av material eller pumphusens konstruktion.

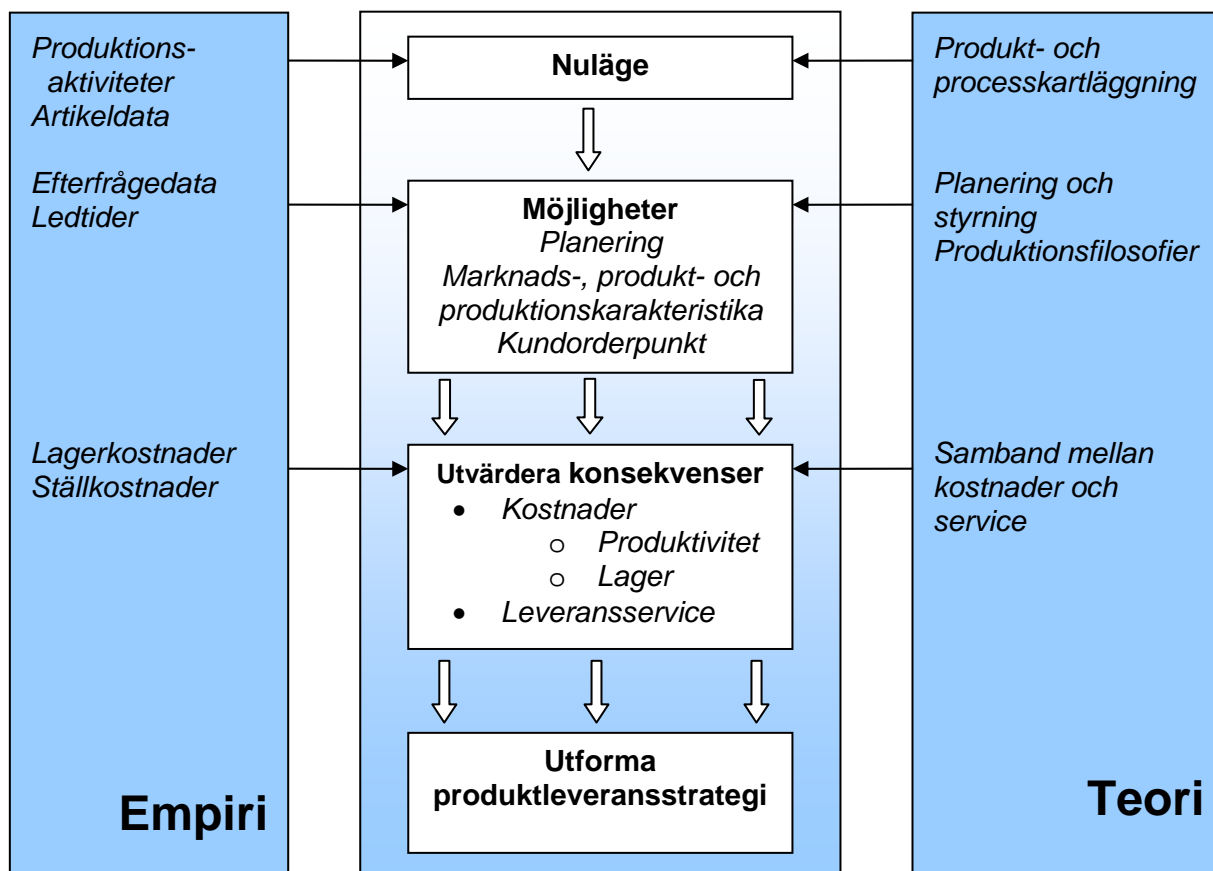
Vi kommer vidare endast att studera de marina pumpar som bearbetas och monteras i företagets produktionsanläggning i Örebro. Fokus ligger på leveransen av gjutna och bearbetade pumphus från den mekaniska verkstaden till monteringen. Övriga inköpta och bearbetade komponenter, som ingår i slutprodukten, behandlas inte. Därutöver görs följande avgränsningar av systemet:

- Av de cirka 200 slutprodukterna kommer åtta pumpar att väljas ut och studeras närmare.
- Vid datainsamlingen används data från det senaste året, det vill säga 2004-10-01 till 2005-09-30.
- Arbetet kommer inte att närmare behandla hur en ny produktleveransstrategi skulle implementeras.

## 1.5. Struktur

Rapportens första del syftar till att ge läsaren en bild av företaget och produktionsprocessen i dagsläget. Här ges dels en överblick över företagens organisation och verksamhet, dels identifieras problemområden inom det studerade systemet. Nästa del består av en teoretisk referensram. Sedan följer en datainsamling för att ge ett empiriskt underlag till problemanalysen. Hur datainsamlingen är genomförd beskrivs i metodkapitlet. I metoden diskuteras även vilka felkällor som finns vid datainsamlingen. Teorin tillsammans med insamlade data utmynnar i en analys i rapportens avslutande del, och beskrivs närmare i nästa stycke. Resultatet av analysen sammanställs slutligen i det sista kapitlet. För att underlätta för läsaren, finns en ordlista längst bak i rapporten, där vissa tekniska begrepp och förkortningar förklaras.

Som tidigare nämnts, har Johnson Pump i dagsläget en blandstrategi för produktionen av marina pumpar, där vissa produkter lagerförs medan andra har en kundorderstyrd tillverkning. Anledningen till detta är att efterfrågemönstren varierar kraftigt mellan olika pumpar. Vissa går i stora jämna volymer, medan andra tillhör utgående modeller som det endast tillverkas ett fåtal av per år. Vi kommer därför att göra en artikelklassificering. För varje klass tar vi sedan fram en alternativ utformning av produktleveransstrategin med stöd i litteraturen och utifrån företagets rådande förutsättningar. Arbetsgången i kapitel 7 Empiri och Analys följer i stora drag stegen i Figur 1.2.



Figur 1.2 Arbetsgång för empiri och analys.

Där visas vilka områden ur teorin som har använts vid de olika stegen, samt vilka insamlade data analysen är baserad på. Det första steget är att ta fram förslag på hur produktionen ska styras och planeras med utgångspunkt i nuläget. Vi kommer sedan att se på olika karakteristika som påverkar valet av produktleveransstrategi, för att komma fram till var i produktionsflödet det är möjligt och lämpligt att placera kundorderpunkten. Nästa steg är att jämföra den alternativa strategin för varje produktklass med hur produktionen ser ut i dagsläget, för att undersöka vilka konsekvenser det nya alternativet innebär i avseende på leveransprecision samt lager- och produktivitetskostnader. Slutligen kommer vi att se hur man bäst kan utforma en produktleveransstrategi för hela den marina avdelningen, det vill säga hur strategierna för de olika produktklasserna ska kombineras.

## Kapitel 2

# FÖRETAGSPRESENTATION





## **2.1. Historik**

Johnson Pump grundades i Örebro av Åke Johnson och Lennart Wiklund. Åke Johnson hade trettio år tidigare grundat metallgjuteriet Å Johnsons Gjuteri & Metallfabrik, och sökte nya områden att expandera sin verksamhet inom. Lennart Wiklund hade sedan förut goda kontakter med båtmotortillverkaren Volvo Penta. När Volvo sökte en leverantör av kylvattenpumpar i slutet av 1960-talet insåg Åke och Lennart potentialen i ett samarbete kring pumptillverkning. 1968 bildades följaktligen Johnson Pump och samma år levererade företaget sin första produkt, en impellerpump, till Volvo Penta.

Produktutbudet utökades med tillverkning av industriella pumpar och i början av 70-talet indelades verksamheten i två affärsområden: industri- och marinpumpar. Samtidigt expanderade verksamheten i rask takt och säljbolag bildades i bland annat Tyskland, Finland och Norge. För att fortsätta den snabba expansionen behövdes kapitaltillskott och 1984 börsnoterades företaget.

I början av 90-talet förvärvades den amerikanska pumptillverkaren Mayfair Marine. För att minska beroendet av den konjunkturkänsliga marinmarknaden, togs några år senare beslutet att ta över delar av det nederländska företaget Storcks pumpdivision. Johnson Pump mer än fördubblade sin omsättning genom förvärvet och fick dessutom tillgång till nya marknader, samtidigt som andelen egenproducerade produkter steg. Sedan slutet av 90-talet har företaget genomgått ett flertal omstruktureringar. Bland annat flyttades all produktion av industripumpen FreFlow från Holland till Sverige, samtidigt som produktionen av lobrotorpumpar flyttades från Belgien. Detta gav anledning till en utbyggnad av fabriken i Örebro med 4000 m<sup>2</sup>. (Johnson Pump AB 2004)

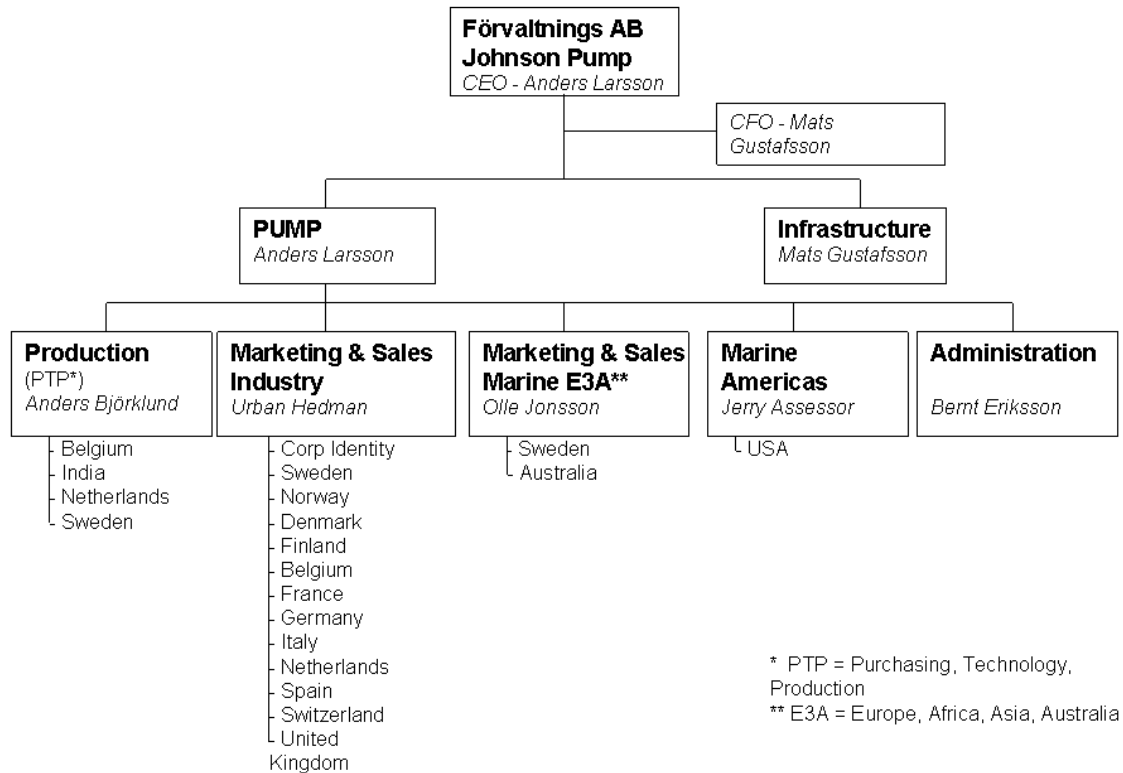
## **2.2. Organisation och verksamhet**

Bolaget är noterat på Stockholmsbörsens O-lista och har cirka fyra tusen registrerade aktieägare. Merparten av aktiekapitalet tillhör de tjugo största aktieägarna, vilket gör att ett fåtal starka ägare kontrollerar koncernen. Ägarna har satt som ett långsiktigt mål att vinstmarginalen skall överstiga 10 procent och att minst hälften av det årliga resultatet ska delas ut till aktieägarna. Dessutom har ledningen som målsättning att Johnson Pump ska växa mer än pumpmarknaden i genomsnitt, genom att bearbeta befintliga marknader och skapa nya distributionskanaler (Björklund, muntligen).

Under 2004 var omsättningen 625 miljoner kr varav den marina delen stod för en tredjedel. Rörelseresultatet för samma period uppgick till 37 miljoner kr vilket gav en vinstmarginal på 6 procent för året. Detta tillsammans med en kapitalomsättnings-hastighet på 1,6 gav en årlig avkastning på investerat kapital på 9,6 procent. Företagets finansiella ställning är god och soliditeten ligger runt 60 procent. (Johnson Pump AB 2004)

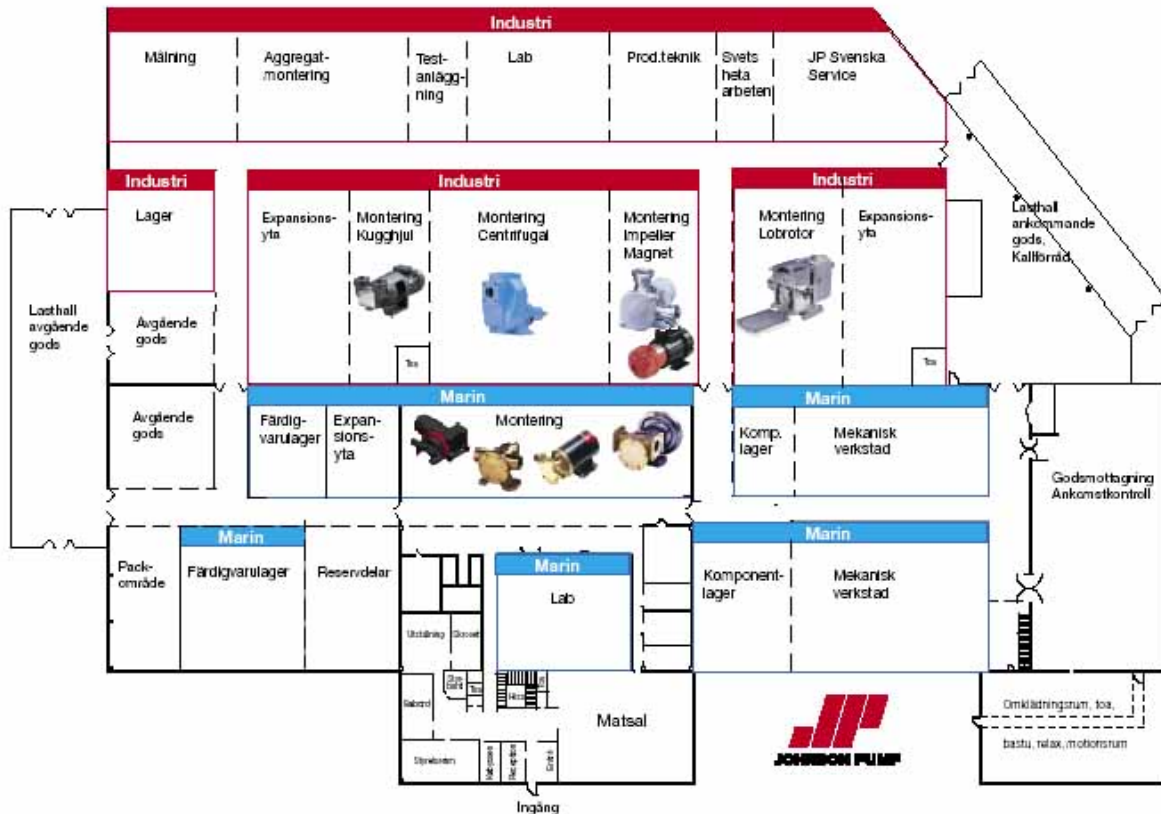
Organisationen är strukturerad enligt Figur 2.1 och är uppdelad i de två divisionerna Pump och Infrastruktur. Produktionsanläggningar finns i Sverige, Belgien, Nederländerna, Indien och USA. I Sverige sker produktion av både industripumpar och marina

pumpar. Marina pumpar tillverkas även i USA, och industripumpar i Belgien, Nederländerna och Indien. Utöver de fem produktionsanläggningarna har företaget säljbolag i tretton länder. Totalt har koncernen cirka 560 anställda. (Johnson Pump AB 2004)



Figur 2.1 Organisationsschema (Johnson Pump AB 2004, modifierad).

I Örebro finns det svenska säljbolaget samt tillverkning av industriella och marina pumpar. Antalet anställda vid anläggningen är totalt 130. I Figur 2.2 visas layouten för fabriken i Örebro. Anläggningen har en tydlig uppdelning mellan industripumpar och marina pumpar eftersom marknadsförutsättningarna för de två områdena är väsentligt olika. Sortimentet av industriella pumpar tillverkas till största delen av inköpta komponenter och monteras i fyra avdelningar. På den marina sidan är det bara kylvattenpumpar till båtmotorer som tillverkas i Örebro. Mässingsgjutna pumphus köps in och bearbetas i den mekaniska verkstaden före slutmontering. De färdiga produkterna packas och läggs i färdigvarulager för industri respektive marin. Vid lasthallen för avgående gods sker sedan utskeppning av leveranser till kund.



Figur 2.2 Fabrikslayout Örebro (Johnson Pump AB 2005, internmaterial).

### 2.3. Marknad

Den globala pumpmarknaden värderas till cirka 100 miljarder kr, varav majoriteten utgörs av industriumpumpar. Europa och Nordamerika är de största enskilda marknaderna med mer än hälften av den globala marknaden. Totalt finns det omkring femhundra olika pumptillverkare, varav merparten är lokala tillverkare av en speciell pumpkategori. Endast ett fåtal företag verkar på flera marknader och marknadsandelar över tio procent är ovanligt. Johnson Pump skiljer därför ut sig genom att erbjuda ett brett produktsortiment och satsa på att utvidga sitt distributionsnätverk globalt (Öjdemark, muntligen). Det finns stora olikheter mellan marknaderna för Johnson Pump Industri och Marin, vilket var orsaken till uppdelningen i två affärsområden under 70-talet. Skillnaderna ligger både i försäljningsätt och i produkterna själva.

Industriumpumparna säljs ofta styckvis till slutkunden, som kan vara ett tillverkande företag inom till exempel livsmedelsindustrin. Johnson Pump anpassar pumpen efter kundens specifika behov. Det ställer krav på säljarens kompetens och förutsätter ett nära samarbete med kunden, vilket uppnås genom att marknadsföring och distribution sker via egna säljbolag i tolv länder. Fokus ligger på den Europeiska marknaden, men Johnson Pump har produktion och säljbolag även i Indien. Industriumpumpar har ett stort användningsområde inom bland annat läkemedelstillverkning och pappersindustri.

Det marina affärsområdet tillverkar både standardpumpar och kundanpassade pumpar till marina tillämpningar, men även cirkulationspumpar till fordonsindustrin. Målet är

att ha ett brett sortiment för att kunna erbjuda en komplett uppsättning av pumpar till kundens olika problem. Visionen är:

En Johnson Pump i varje båt för att bli nummer 1 bland pumpleverantörer till den marina marknaden i hela världen (Johnson Pump AB 2005).

På en modern fritidsbåt ingår en uppsjö av olika pumpar och Johnson Pump har som mål att, genom ett brett sortiment, kunna erbjuda en pump för varje ändamål. I sortimentet finns bland annat läns-pumpar, spolpumpar och tryckvattensystem, tillverkade vid Johnson Pumps produktionsanläggning i USA, samt kylvattenpumpar tillverkade vid anläggningen i Örebro. Kunderna återfinns bland tillverkare av marinmotorer, tillverkare av fritidsbåtar, kommersiell sjöfart (främst fiskebåtar) och på eftermarknaden.

Johnson Pump är världsledande inom segmentet marina kylvattenpumpar med 65 procent av världsmarknaden och en årsvolym på omkring 140 000 pumpar. Distributionen till motor- och båttillverkare sker direkt från anläggningarna i Sverige och USA. De förstnämnda är så kallade OEM-kunder<sup>1</sup>, av vilka Volvo Penta och japanska Yanmar är störst och står för drygt hälften av försäljningen. Ett globalt distributionsnätverk i drygt femtio länder når resten av marknaden. Det vidsträckta nätverket är viktigt för att Johnson Pump ska kunna erbjuda reservdelar och service på eftermarknaden. Det enda egna säljbolaget på det marina affärsområdet ligger i Australien.

Omkring 95 procent av pumparna går till OEM-kunder och har relativt fasta leveransplaner. Leveransplanerna sätts för de kommande 52 veckorna och uppdateras varje vecka. I praktiken är de i genomsnitt frysta 6 veckor framåt. En del pumpar säljs internt till Johnson Pumps egna säljbolag och distribueras sedan vidare. Säljbolagen ger ofta prognoser sex månader framåt i tiden. De resterande pumparna tillhör standardsortimentet och säljs till ett stort antal distributörer och mindre båttillverkare. Distributörerna köper ofta in i små volymer och vill ha korta ledtider, eftersom pumparna ofta går till eftermarknaden som reservdelar. Johnson Pump vill gärna hålla en leveransledtid på en vecka till dessa kunder, vilket kan hållas om pumpen finns i färdigvarulager eller har material tillgängligt för montering. Om pumphusen inte har bearbetats ännu blir ledtiden två till tre veckor (Öjdemark, muntligen).

Styrkorna hos Johnson Pump ligger i innovativa konstruktioner samtidigt som de har kort utvecklingstid för nya produkter. Den nuvarande produktportföljen karaktäriseras i dagsläget av bra tekniska lösningar och produkter av hög kvalitet. Företagets väl inarbetade relationer och höga leveransprecision är mycket viktiga för kunderna inom OEM-segmentet. Dessa kunder efterfrågar dessutom kortare ledtider och årliga kostnadssänkningar på runt tre procent (Björklund, muntligen). Kostnadssänkningar är något som företaget i dagsläget har svårt att klara, utan att samtidigt försämra de egna marginalerna. På eftermarknaden är priset inte lika viktigt. Där är istället tillgängligheten en avgörande faktor och kraven på väl utvecklade distributionsnät är därför större. Totalt sett ligger leveransprecisionen på omkring 92 procent för de marina pumparna (Kring, muntligen).

---

<sup>1</sup> *Original Equipment Manufacturer*. Avser här ett företag som köper in specialanpassade komponenter, vilka ingår i en slutprodukt under företagets eget märke.

# Kapitel 3

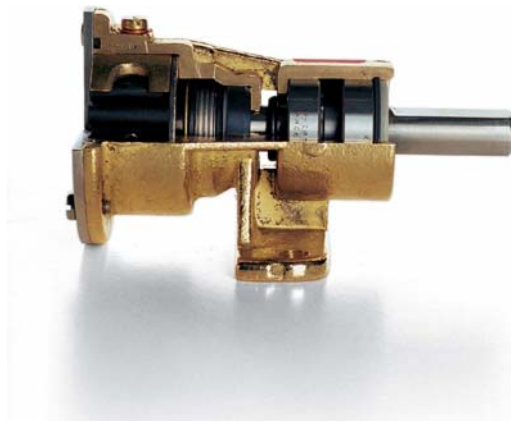
## **NULÄGESBESKRIVNING**

---



### 3.1. Produkt

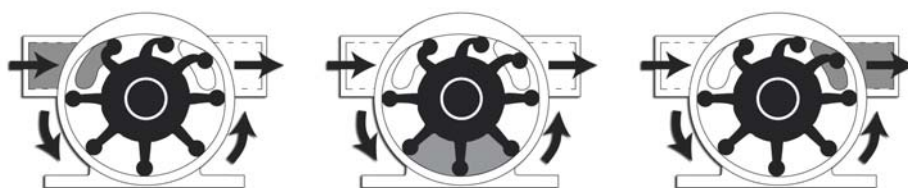
Johnson Pumps marina kylvattenpumpar används i inombordsmotorer på fritidsbåtar. Det innefattar båtar upp till 60 fot långa. Kylvattenpumparna tillverkas i ett stort antal varianter. Det finns till exempel flera storlekar på pumphus och diametrar på in- och utloppsrör. Pumparna kan också monteras på olika sätt i motorn. Figur 3.1 visar ett exempel på hur en kylvattenpump kan se ut.



Figur 3.1 Kylvattenpump F35B-8 (Johnson Pump AB 2005, internmaterial).

#### 3.1.1. Funktion

Johnson Pumps marina pumpar är av typen flexibla impellerpumpar. Impellern, som görs i gummi, är den roterande delen i pumpen och har böjbara – flexibla – blad. Principen för hur en flexibel impellerpump fungerar illustreras i Figur 3.2. När impellerbladen pressas samman av en kam inne i pumphuset för att sedan utvidgas, skapas ett undertryck och vätska sugas in i pumpen. Fördelen med en flexibel impellerpump är just att den är självsugande. En helt torr pump kan lyfta vatten upp till 3 meters höjd, vilket innebär att pumpen inte behöver vara placerad under vattenlinjen.

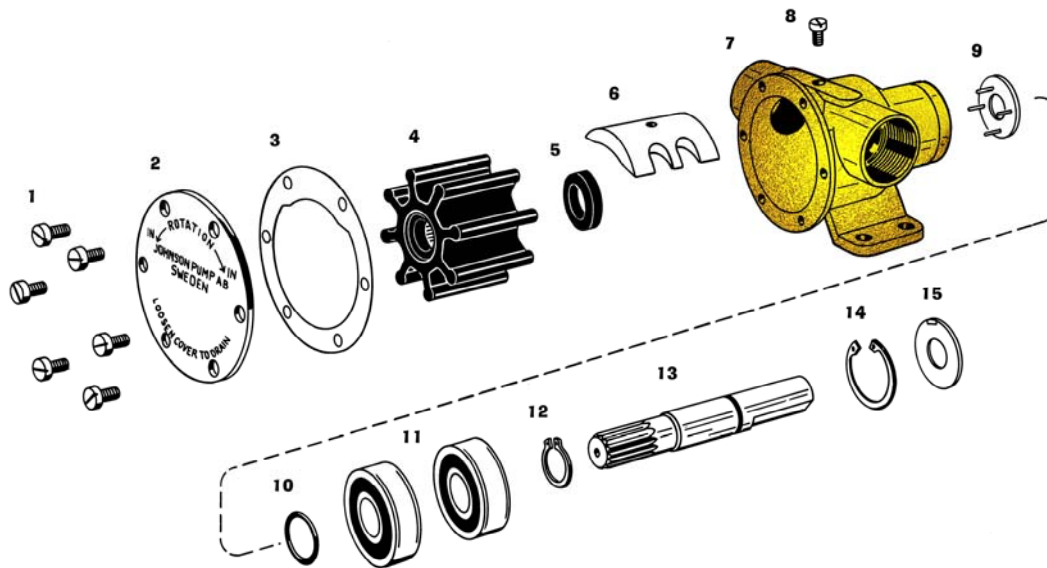


Figur 3.2 Principen för en flexibel impellerpump (Johnson Pump AB 2005).

#### 3.1.2. Ingående komponenter

De komponenter som vanligtvis ingår i en kylvattenpump visas i Figur 3.3. Pumphus och lock är gjutna i mässing. Det är ett material som är korrosionsbeständigt i sjö- och havsvatten, samtidigt som det är relativt billigt och lättbearbetat. Gjutämnen köps in från gjuterier för att sedan bearbetas hos Johnson Pump. Vissa gjutämnen kan, genom varierande bearbetning, bli till flera olika pumphus, men det finns i princip lika många artikelnummer av gjutämnen som av pumphus. De viktigaste ingående delarna i pumpen därutöver är en axel i rostfritt stål, impeller, tätningar och kullager. Impellern och

vissa tätningar slits ut och kan ersättas med reservdelar. Det är därför viktigt för Johnson Pump att nå eftermarknaden via ett stort distributionsnät.



- |               |              |             |
|---------------|--------------|-------------|
| 1 Lockskruv   | 6 Kam        | 11 Kullager |
| 2 Lock        | 7 Pumphus    | 12 Låsring  |
| 3 Packning    | 8 Kamskruv   | 13 Axel     |
| 4 Impeller    | 9 Stödbricka | 14 Låsring  |
| 5 Låpptätning | 10 O-ring    | 15 Bricka   |

Figur 3.3 Komponenter i kylvattenpump (Johnson Pump AB 2005, internmaterial, modifierad).

### 3.1.3. Gjutämnen

Johnson Pump har tre leverantörer av gjutämnen: SGV och Metallfabriken Norden pressgjuter pumphus, medan Strängnäs Aluminiumgjuteri utför kokill- och sandgjutningar. Vid pressgjutning trycker en maskin in den smälta mässingen i gjutformen, eller gjutverktyget. Det går snabbt (15-20 sekunder per del) och relativt tunna pumphus kan gjutas med gott resultat. Kokillgjutning tar längre tid eftersom metallen hålls ned i en form för hand. Å andra sidan kan mer komplicerade former gjutas, till exempel vridna delar, medan pressgjutningen kräver ett symmetriskt materialflöde. Sandgjutning används för att ta fram prototyper till nya pumpmodeller.

Johnson Pump har avropsavtal med gjuterierna, som får information om en beräknad årsvolym. Planeraren i den mekaniska verkstaden gör sedan avrop för leveranser av gjutämnen som ska bearbetas i fleroperationsmaskinen först, medan operatören i svarven avropar om gjutämnen som har den som första operation. Gjuteriet får planer för order på 10 veckor i taget, men har inga bekräftade leveransdatum utan leveransen preciseras endast till vilken vecka den ska komma. Gjutämnen levereras en till tre gånger per vecka från det största gjuteriet.

Gjutämnena görs i stora tillverkningspartier. Omställning mellan olika produkter tar omkring två timmar och vanligtvis utförs bara ett ställ per dag, vilket gör att man ofta producerar 500 till 1000 stycken åt gången. Johnson Pump har möjlighet att köpa in i



partier på 200 till 300 stycken, men då tillkommer en ställkostnad, och inköpspartierna ligger på minst 500 för de flesta pumphusen (Malmqvist, muntligen). Man köper in omkring 75 olika gjutämnen, som sedan bearbetas till 105 olika varianter av pumphus.

### **Kvalitetsbrister**

Då gjutformen fylls med mässing, blandas luft med metallen. Luftbubblorna orsakar porer i gjutämnet. Ofta spelar dessa ingen roll för slutprodukten, men vid bearbetningen av pumphusen exponeras ibland porer. En por kan löpa en lång sträcka genom mässingen och utmynna på ett annat ställe. Det orsakar en läcka i pumphuset, som ofta måste kasseras. Eftersom porerna inte går att upptäcka innan gjutämnet har bearbetats, kasseras pumphus ofta sent i produktionsprocessen. Johnson Pump skickar tillbaka pumphus med materialfel till gjuteriet och ersätts med varans inköpspris.

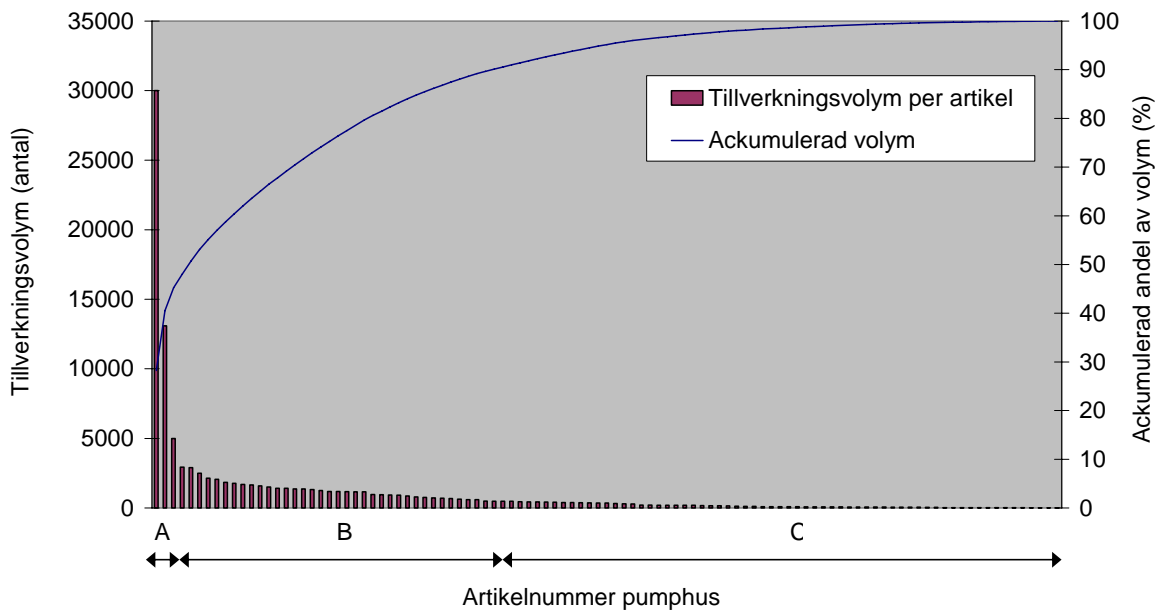
Kvalitetsbristerna är ett stort bekymmer och består till största delen materialfel på grund av porositet i gjutämnet. I genomsnitt kasseras omkring 10 procent av produkterna, men ibland är andelen så hög som 70 procent av ett parti. Det är därför svårt att statistiskt förutsäga hur många procent som kommer att kasseras. Det förekommer även en del arbetsfel, som uppstår både i den mekaniska verkstaden och i monteringen. Orsaken kan vara att bearbetningsmaskinen programmeras fel eller att komponenter monteras åt fel håll eller i fel ordning.

### **3.1.4. Artikelklassificering**

De omkring 200 marina pumparna i Johnson Pumps sortiment baseras på drygt 100 olika pumphus och uppvisar mycket varierande efterfrågemönster. Det gör produktionsplaneringen komplex och svår att effektivisera. Genom att dela in produkterna i klasser efter vissa egenskaper, kan man differentiera produktionen och anpassa den bättre till de olika grupperna. Se även avsnitt 4.1.1 i referensramen.

Det som påverkar planeringen, med bland annat partiformning och materialflöde, för pumphusen är hur ofta och i vilka volymer de ska tillverkas samt om de har leveransplaner eller ej. Ett kriterium för indelning är då behovsfrekvens, men på grund av datastrukturen har det inte varit praktiskt genomförbart. Man kan även göra klassificeringen utifrån volym eller volymvärde, där det förra har störst inverkan på själva produktionssituationen. Indelning efter kundtyp stämmer relativt väl överens med volymen där de flesta högvolumprodukterna går till OEM-kunder och de med små volymer säljs till distributörer. Det skulle dock vara svårt att använda kund som grund för klassificeringen, eftersom en pump kan ha flera typer av kunder (se Bilaga 2) och därmed ingå i fler än en kategori. Ytterligare en faktor som påverkar valet av klassificeringskriterium är att vissa artiklar har relativt pålitliga leveransplaner som fastställs lång tid i förväg. Även här är volym ett bättre kriterium än volymvärde eftersom det oftast är OEM-kunder med högvolumprodukter som har leveransplaner.

Vi har följaktligen valt att dela in pumphusen efter volym. Figur 3.4 visar tillverkad volym över ett år för de olika artikelnumren och indelningen i tre klasser genom en så kallad ABC-klassificering.



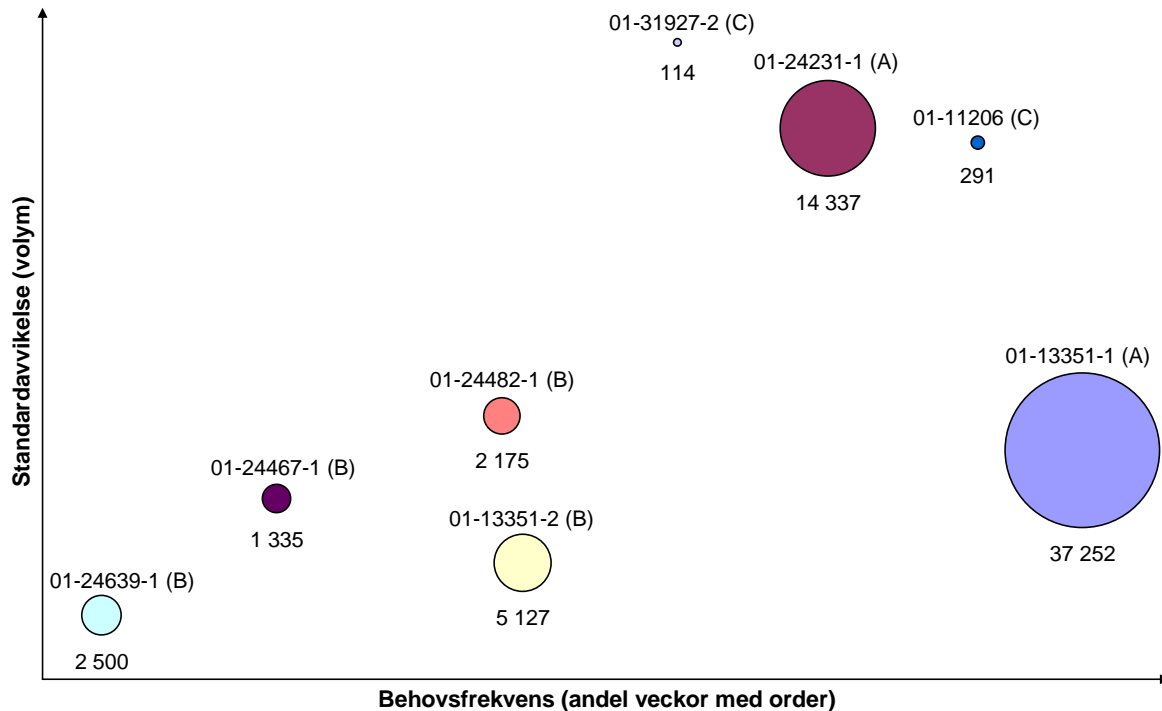
Figur 3.4 ABC-klassificering av pumphus.<sup>1</sup>

A-klassen innehåller endast två pumphus, vilka har mycket större årsvolymmer än de övriga och tillsammans utgör 40 procent av tillverkningen. Pumpen med allra störst volym började man producera först i juni 2005, vilket innebär att vi endast har data för fyra månader. För att få ett mer rättvisande värde i artikelklassificeringen har vi använt den uppskattade årsvolymen på 30 000 för produkten. Detsamma gäller den största B-produkten, som går till samma kund. Pumparna i B-klassen har volymer mellan 500 och 5000 per år och omfattar drygt en tredjedel av artikelnumren och 50 procent av den totala volymen. Allt med en årsvolym därunder hör till C-klassen, som med två tredjedelar av artiklarna endast utgör 10 procent av volymen. Det finns alltså en mycket stor spridning mellan pumphuset med störst volym och det med minst (9 stycken tillverkade på ett år). Det gör att även antal kundorder per år varierar mycket mellan de olika artiklarna. Vissa produkter uppvisar ett jämnt efterfrågemönster, medan andra beställs mer oregelbundet. Det samma gäller variansen i beställd volym per vecka för en viss pump.

För att försäkra oss om indelningen baserad på volym är rättvisande, har vi valt ut ett antal artiklar ur de tre klasserna att studera närmare. Dessa har ytterligare klassificerats efter behovsfrekvens och variation i efterfrågan. I Figur 3.5 är pumphusen ordnade efter behovsfrekvens (antal order per vecka) och standardavvikelse i volym (per order). Årsvolymen är representerad av storleken på cirklarna. A- och C-klassartiklarna har alla en hög behovsfrekvens, där C-klassartiklarna varierar mycket i efterfrågad volym. B-klassartiklarna beställs mer sällan men då i jämnare volymer. Figur 3.5 visar tydligt att artiklarna tillhörande de olika volymklasserna placerar sig relativt samlat, både i avseende på standardavvikelse och behovsfrekvens. Slutsatsen kan därför dras att både standardavvikelsen på volymen och behovsfrekvensen har stor korrelation till volymen. Volym kan därför antas vara ett bra kriterium för klassifi-

<sup>1</sup> Indelningen baseras på data från Bilaga 1.

cering. En tabell över artikelnummer och slutprodukter för de utvalda pumphusen finns i Bilaga 2.



Figur 3.5 Indelning efter volym, behovsfrekvens och standardavvikelse i volym.<sup>1</sup>

A-produkterna är viktigast för företaget och är, trots långa leveransplaner och en hög efterfrågan, de pumpar man har mest problem med att få färdiga i tid. Eftersom klassen endast innehåller två produkter, har vi inte kunna studera fler. Båda produkterna har OEM-kunder, det vill säga att de tillverkas exklusivt till en enda kund.

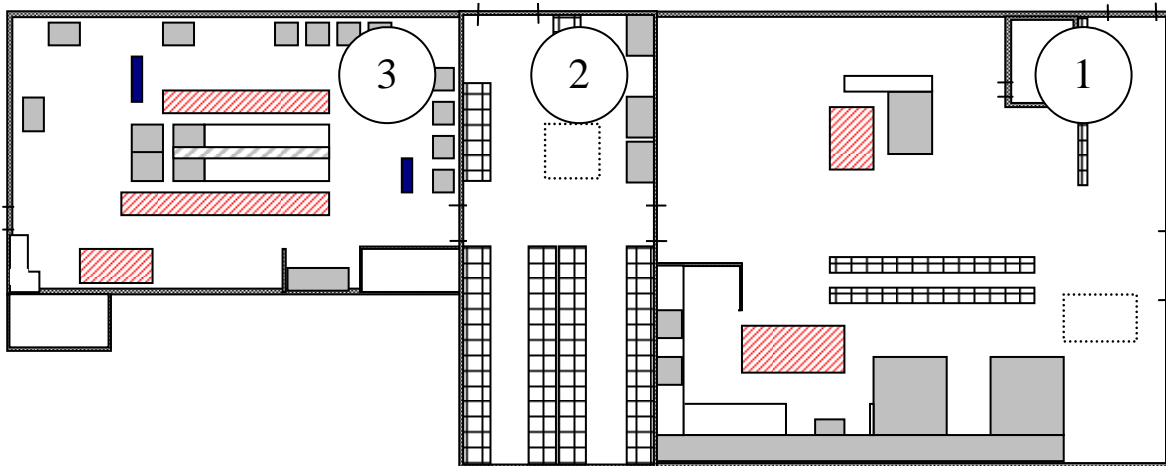
B-klassprodukterna utgör även de en betydande del av produktionen och vi har därför valt ut fyra pumphus i den klassen. De vi har valt är spridda över volymintervallet för att få ett representativt urval. Även dessa pumpar går till OEM-kunder. Precis som A-produkterna har de långtgående leveransplaner som är frysta en till två månader framåt.

Pumparna i C-klassen utgör en mycket liten del av försäljningen och av många säljs endast ett fåtal stycken per år. Vissa har emellertid relativt hög behovsfrekvens och man skulle därför kunna tänka sig en indelning i ytterligare en klass. Vi kommer dock att se det som en klass, men har valt ut två C-produkter med något högre behovsfrekvens att representera klassen. De påverkar produktionen i högre grad än artiklarna med endast en order per år, och är av större strategisk betydelse. Majoriteten av C-klass-produkterna är standardpumpar och säljs till distributörer, varför det kan finnas ett stort antal kunder till en pump. Det ses i Figur 3.5 på att ordena kommer ofta och varierar mycket i storlek, samtidigt som den totala volymen är liten. Tillverkningen sker i små partier och man har sällan problem med att få färdigt ordena i tid.

<sup>1</sup> Diagrammet baseras på data från Bilaga 3.

### 3.2. Produktion

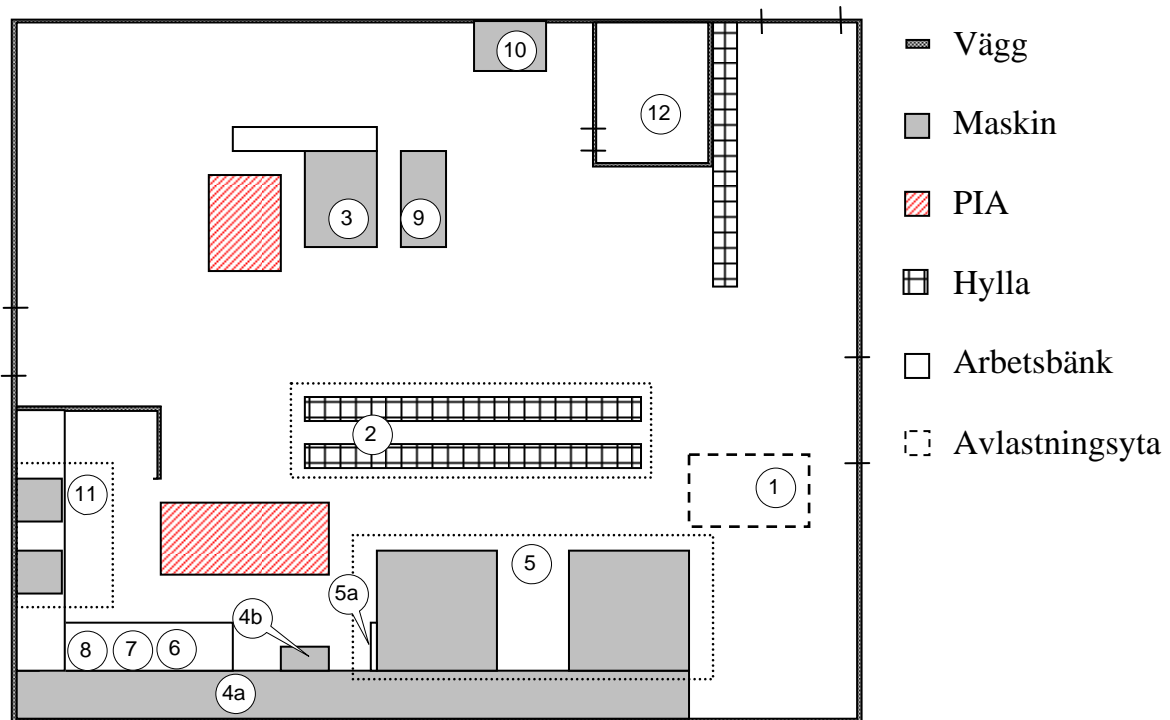
Alla marina kylvattenpumpar följer samma produktionsflöde genom anläggningen. Inköpta komponenter inkommer initialt till godsmottagningen där en ankomstkontroll görs. Därefter förflyttas de delar som ska bearbetas, främst mässingsgjutna pumphus, till den mekaniska verkstaden, nummer 1 i Figur 3.6. Efter bearbetning transporteras komponenterna till mellanlagret, markerat med 2 i figuren. Där lagras även inköpskomponenter som inte bearbetas. Sista steget i flödet före leverans till färdigvarulager sker i monteringsavdelningen, vid nummer 3. Där görs slutmontering, funktionskontroll och förpackning av pumparna.



Figur 3.6 Översiktsskiss över flödet för marina pumpar.

#### 3.2.1. Mekanisk verkstad

Produktionsprocessen är utformad som en funktionell verkstad, där de olika maskinerna är grupperade efter funktionalitet. Vid varje station utförs en operation varefter produkten flyttas till nästa. Detta skapar ett komplicerat flöde där vissa produkter måste flyttas fram och tillbaka, ofta med lagring mellan varje operation. Interntransporterna inom verkstaden sker främst med truck, pallfartar eller enklare rullbord. Figur 3.7 visar layouten i den mekaniska verkstaden.



- |   |                     |
|---|---------------------|
| 1) Avlastning för inkommande gods           | 6) Gradning         |
| 2) Buffertlager                             | 7) Mätning          |
| 3) 2-spindlig svarv, Okuma Hova ACT         | 8) Tvättning        |
| 4) Laddningsställage till fleroptionsmaskin | 9) Manuell borrning |
| a) Ställage och kran                        | 10) NC-borrning     |
| b) Laddningsstation                         | 11) Provtryckning   |
| 5) Fleroperationsgrupp, 2 st Okuma MC-500H  | 12) Kontor          |
| a) Planeringstavla                          |                     |

**Figur 3.7 Layout för mekanisk verkstad.**

Arbetet i den mekaniska verkstaden sker i tvåskift med fyra medarbetare i varje skift, varav en i svarven och tre i fleroptionsstationen. Måndag till torsdag har man två skift på åtta respektive tio timmar och fredagar ett förmiddagsskift. Därutöver arbetar två personer dagtid. Det finns ingen produktionsledare, utan planering och administration sköts av produktionslaget.

### Arbetsgång

Trots att samtliga marina pumpar som tillverkas av Johnson pump i Örebro är av typen flexibla impellerpumpar, är antalet olika slutprodukter väldigt många. Det innebär att i princip alla pumpar passerar samma bearbetningsstationer samtidigt som bearbetningen varierar. Till exempel är antalet kundspecifika delar på pumpar avsedda för OEM-marknaden väldigt stort på grund av det nära samarbetet med kunderna. En stor andel slutprodukter har därför samma konstruktion i grunden, men med en liten modifiering för exempelvis en fästordning eller anslutning.

Samtliga produkter som ska bearbetas i den mekaniska verkstaden levereras från godsmottagningens ankomstkontroll till en avlastningsyta (markerad med 1 i Figur 3.7). Maskinverkstadens personal placerar sedan in produkterna i buffertlagret (vid nummer 2 i figuren) med hjälp av en truck. Varorna lagras på första lediga plats i stället. Man

gör ingen notering i datasystemet om var produkten är placerad, utan registrerar endast produktsaldot. När en maskinoperation ska påbörjas, hämtar operatören produkterna från lagerplatsen och ställer pallen bredvid maskingruppen. De flesta produkterna bearbetas i följande stationer: 2-spindlig svarv (3), fleroperationsgrupp (5), gradning, (6), mätning (7), tvättning (8), och provtryckning (9). Vissa produkter passerar samma station flera gånger och en del bearbetas även vid stationerna för manuell borrar eller NC-borrar.

I Bilaga 5 visas processflödesscheman (se avsnitt 4.1.3) för de åtta pumphus vi har valt att studera närmare. Det är en sammanställning av produktionsaktiviteterna och led-tiderna för respektive pumphus. Alla pumpar passerar inte alla bearbetningsstationer och operationsföljden är inte heller densamma. Därför finns det flera möjligheter för hur det fysiska materialflödet ser ut för pumphusen. Bilaga 6 illustrerar de olika flöden som finns för de utvalda pumphusen i layoutflödesscheman (se avsnitt 4.1.3).

### **Svarvning**

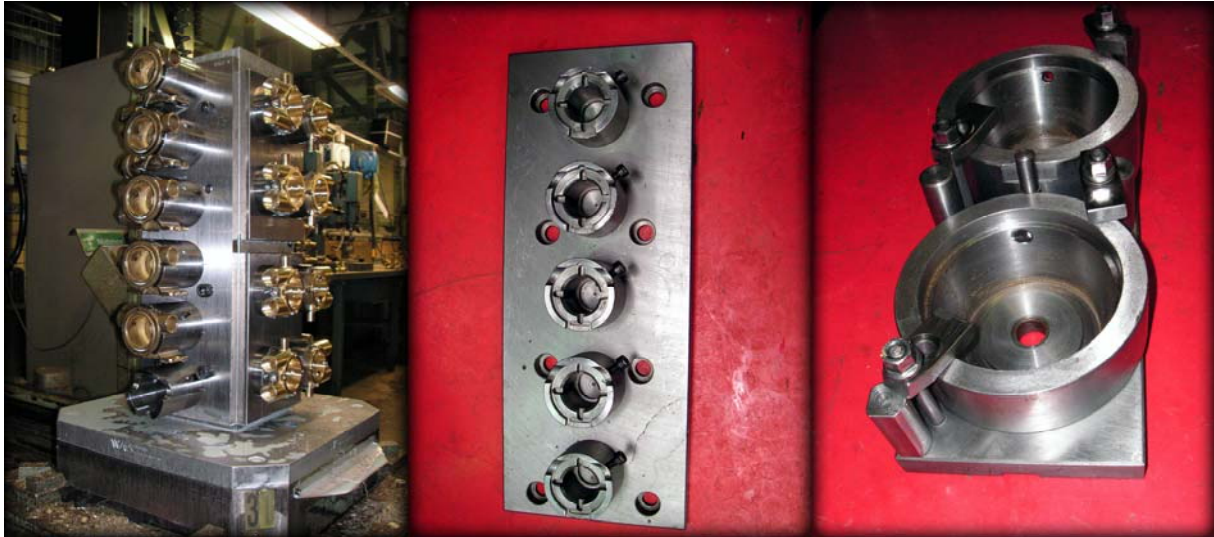
Innan svarvningen kan starta, laddar och initierar operatören programmet som skall köras i maskinen. Operatören måste också se till att verktygen för det inlästa programmet sitter korrekt monterade. Ställtiden för en ny artikel kan vara från 5 minuter upp till 2 timmar, beroende på hur många verktyg och backar som måste bytas (Karlsson, muntligen). Normalt är ställtiden omkring 20 minuter. Den kortaste ställtiden gäller för artiklar med samma impellerstorlek, som därför kan sättas upp på samma backar.

Vid svarvning måste operatören för hand byta ut varje bearbetad detalj mot en ny. Det kräver att operatören står beredd framför svarven under hela bearbetningen. Bearbetningstiden för en detalj är vanligtvis runt en minut, men den kan variera kraftigt. Det kan ta från 13 sekunder för de minsta detaljerna upp till 3 minuter för de som kräver mest bearbetning.

### **Bearbetning i fleroperationsmaskin**

I fleroperationsgruppen finns två maskiner av modell Okuma MC-500H. Varje maskin är utrustad med 40 verktyg för borrar, fräsning och gängning i olika dimensioner. Endast i undantagsfall måste något verktyg bytas ut på grund av slitage eller för att ett lämpligt verktyg saknas. Man eftersträvar en produktionstakt på 3000 pumphus i veckan. Maskinerna körs i två skift under dagen och ett obemannat skift under natten.

De två fleroperationsmaskinerna laddas med paletter, vilket i princip är en platta med fästansordningar. På varje palett monteras sedan en kub, som har fyra plattor med koppfixturer för pumphusen som ska bearbetas. Figur 3.8 visar hur en palett med monterad kub, plattor och koppfixturer ser ut. Antalet koppfixturer per platta varierar med storleken på pumphuset. Idag används 34 paletter med kuber, på vilka man kan sätta upp mellan 12 och 40 pumphus. Antal plattor och fixturer för våra utvalda pumphus kan ses i Bilaga 4. Operationstiden för ett varv i maskinen, det vill säga färdigbearbetning av alla pumphus på en kub, varierar mellan 10 minuter och 1 timme för olika pumphus.



Figur 3.8 Palett med kub, platta och koppfixtur.

Trots att fixturer, plattor och kuber går att montera loss från respektive palett, görs detta oftast inte. Upp till 80 procent av paletterna har en i princip permanent uppsättning av fixturer. Antalet fixturplatser för en given produkt är därför begränsat till nuvarande fördelning. De plattor som inte är uppsatta ligger i ett lager och används till produkter som beställs sällan och i små volymer. Tiden för att byta ut en platta är cirka 10 minuter.

För uppnå högre utnyttjningsgrad i maskinen, har den försetts med ett ställage där paletter som ska, eller har, bearbetats i fleroperationsmaskinen kan lagras i väntan på manuell hantering. En kran, som styrs automatiskt av programmet för fleroperationsmaskinen, matar in paletter i maskinen i en bestämd kördning. När produkterna på en palett har bearbetats färdigt, transporteras hela paletten till ställagets laddningsstation. Operatören gör där en snabb inspektion av pumphusen för att upptäcka eventuella porer som kommit fram under bearbetningen. Pumphusen blåses sedan rena från kylvätska och metallspån.

Partistorlekarna är ofta betydligt större än antalet pumphus som kan bearbetas på ett varv i maskinen, varför en stor del av ledtiden genom fleroperationsstationen utgörs av kötid i stället. Man kan ha 30 olika order på gång samtidigt, men oftast körs drygt 20 åt gången.

### **Gradning**

Vid bearbetning i svarven och fleroperationsmaskinen bildas skarpa kanter. Det är ett problem eftersom de sliter på rörliga delar samt riskerar att skada personal och kunder vid montering och service. För att jämna till kanterna passerar varje färdigbearbetad detalj en manuell station för gradning.

### **Kontrollmätning**

Varje tisdag och torsdag görs kontrollmätningar av samtliga produkter producerade under dagen. Man kontrollerar att produkterna ligger inom uppsatta toleransintervall för att se att maskinerna har varit korrekt inställda vid de olika operationerna.

### **Tvättning**

Kylvätskan som används vid fleroperationsmaskinen, och ibland även i den 2-spindliga svarven, bildar en tunn beläggning på detaljerna som bearbetats. För att ta bort beläggningen och eventuella rester av metallspån som finns kvar, passerar detaljerna en tvättningsstation. Detaljerna sänks ned i ett vattenbaserat lösningsmedel i en halv minut och är sedan färdiga för provtryckning.

### **Provtryckning**

Vid provtryckningen testas varje enskilt pumphus för läckor i en av två provtryckningsstationer. De färdigbearbetade pumphusen monteras vid en fixtur som sluter tätt mot pumphusets anslutningar. Därefter trycksätts pumphuset med luft och sänks ned i vatten. Om läckage uppstår försöker operatören identifiera var och, om möjligt, åtgärda felet. Det tar cirka 10 sekunder att testa ett pumphus och mellan 5 och 15 minuter att byta provtryckningsfixtur. Provtryckningen är ofta den station som blir överbelastad och kan ses som en flaskhals för pumphusflödet (Jonsson, muntligen).

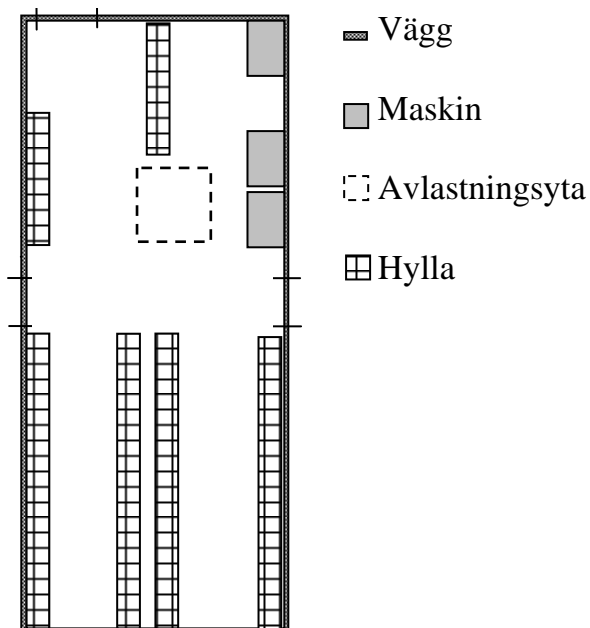
### **Buffertlager**

Det finns i princip ingen organisering av buffertlagret i den mekaniska verkstaden. Pallar placeras helt enkelt där det för tillfället finns plats. Ofta måste operatören i svarven eller fleroperationsmaskinen leta efter rätt hylla, vilket tar onödigt lång tid. Lagret används både för inleveranser av gjutämnen och till lagring av PIA. Pallar som placerats oåtkomligt vid inlagringen, har en tendens att bara tas ut när de inte finns annat material att tillgå och får därför låg omsättning. Produkter kan ofta få vänta länge mellan på varandra följande operationer.

### **3.2.2. Mellanlager**

Efter provtryckningen i den mekaniska verkstaden transporteras pumphusen med truck eller pallift till mellanlagret. De lämnas på avlastningsytan, som är markerad i Figur 3.9. En lagerarbetare placerar sedan ut produkterna i hyllorna och registrerar lagerartikel och plats i datasystemet. Förutom bearbetade artiklar, lagras även inköpta komponenter som packningar, kullager och impellrar i mellanlagret. Små artiklar förvaras i ett paternosterverk, medan tunga eller känsliga produkter lagras i två lagerautomater för att underlätta hanteringen. Innan monteringen av en pump kan påbörjas, görs en plocklista för varje tillverkningsorder och en vagn eller pall förbereds med alla ingående komponenter.



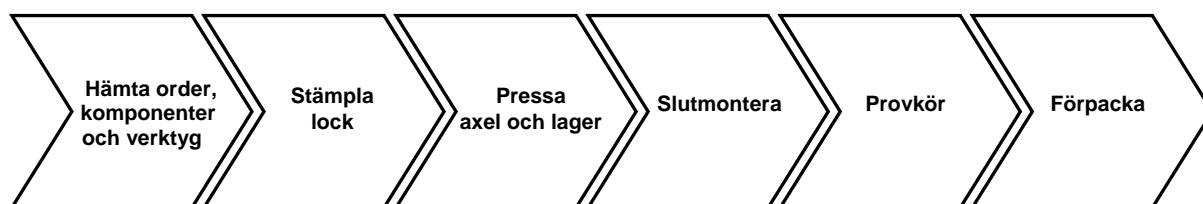


Figur 3.9 Layout för mellanlager.

### 3.2.3. Montering

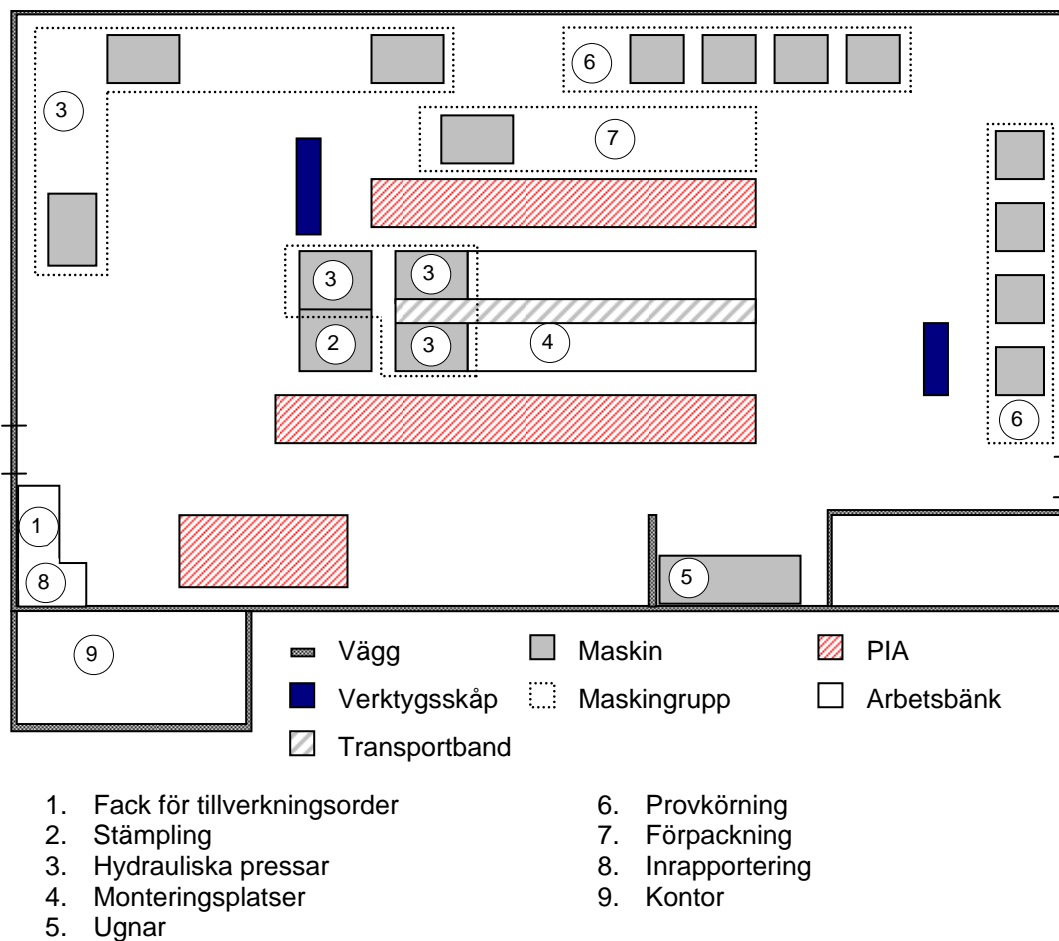
I monteringen av marina kylvattenpumpar arbetar 17 personer. Varje montör ansvarar för en hel order från start till färdigpackad produkt, förutom för större tillverkningsorder (några hundra stycken) vilka delas upp på två eller flera personer. I genomsnitt monteras omkring 600 pumpar per dag.

Huvudparten av arbetsmomenten utförs vid en monteringsbänk mitt i lokalen. Vid bänkens ena ände står en maskin för stämpling av pumplocken. Utmed väggen mot mellanlagret finns provkörningsstationer där färdigmonterade pumpar testas för läckor. Efter provkörning förpackas produkterna. Monteringen av olika typer av kylvattenpumpar följer i stort sett samma sekvens av arbetsmoment, vilka åskådliggörs i Figur 3.10.



Figur 3.10 Monteringen steg för steg.

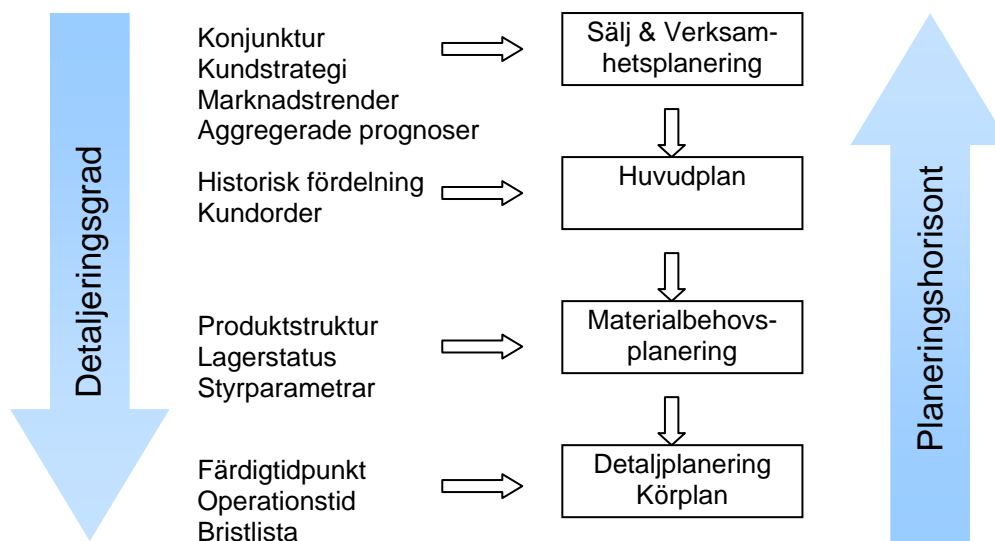
I lokalen finns även en avdelning för bearbetning i ugn av vissa pumpar. Figur 3.11 visar layouten i monteringsavdelningen.



Figur 3.11 Layout för monteringsavdelning.

### 3.3. Planering

Planeringen av produktionen kan delas upp i nivåer enligt en hierarkisk struktur. Som Figur 3.12 visar har den högsta nivån en lång tidshorisont och låg detaljeringsgrad. Ju längre ned i hierarkin man kommer desto mer detaljerad blir planeringen och desto kortare blir planeringsperioden.



Figur 3.12 Planeringsstruktur.

### 3.3.1. Sälj- och verksamhetsplanering

Sälj- och verksamhetsplanen utgör grunden för den långsiktiga kapacitetsplaneringen. Prognoser för aggregerade produkters försäljningsvolym skapas genom att utnyttja data från tidigare års försäljning, det allmänna konjunkturläget och trender på båtmarknaden. Utöver detta får Johnson Pump långsiktiga leveransplaner från sina största kunder. Trots att planerna inte är fasta, är de relativt stabila. Det görs ingen uppföljning av prognoserna, men en uppskattning är att de slår fel i 30-40 procent av fallen (Öjdemark, muntligen).

### 3.3.2. Huvudplanering

Sälj- och verksamhetsplanen bildar tillsammans med inkomna kundorder underlaget för huvudplanen, som är på artikelnivå. De aggregerade försäljningsprognoserna måste därför brytas ned till att gälla enskilda artiklar med hjälp av data för hur fördelningen varit tidigare. Huvudplanen bestämmer vilka produkter som skall färdigställas och till vilket datum, med hänsyn till kundorder och befintlig kapacitet.

### 3.3.3. Materialbehovsplanering

Nästa nivå är materialbehovsplaneringen, där behovet av ingående komponenter relateras till efterfrågan på slutprodukten i ett MRP-system. För detta använder sig Johnson Pump av ett affärssystem från IFS. Systemet underlättar dessutom för företaget att koordinera verksamheten mellan olika avdelningar och mellan bolag i koncernen. Varje natt sammanställs automatiskt en materialbehovstabla i MRP-systemet. Materialbehovsplaneringen skapas genom att utnyttja produktstrukturen för alla komponenter som ingår i slutprodukten. För varje nivå i produktstrukturen beaktas antal ingående komponenter på nivån närmast under. Behovet av varje komponent stäms även av mot ingående lager och säkerhetslager för att få fram nettobehovet.

Johnson Pump använder sig av standardiserade ledtider i MRP-systemet för att räkna ut planerade startdatum, men i praktiken bestäms startdatum utifrån planerarens erfarenhet och bedömning av beläggningssituationen.

Ur behovet av en artikel genereras en tillverknings- eller inköpsanmodan på produkter eller ingående komponenter. Anmodanden kan sedan slås ihop till tillverkningsorder, vilka har någon av följande status i MRP-systemet: planerad, fast planerad eller frisläppt. En planerad order kan fortfarande flyttas av systemet självt, medan en fast planerad eller frisläppt order kräver att någon godkänner alla ändringar. En order frisläpps först efter att planeraren på respektive avdelning har bekräftat att de resurser som krävs finns tillgängliga. När en order frisläpps ger det en försäkran om att produkten kommer att färdigställas till angivet datum.

De data som registreras i systemet är bland annat färdigdatum för en tillverkningsorders operationer samt inlevererad respektive kasserad kvantitet. Uttag ur lager registreras genom så kallad *backflush*, vilket innebär att lagersaldot automatiskt räknas ned med storleken på en tillverkningsorder då färdigdatum för följande operation inrapporteras. Man registrerar dock inte startdatum för en operation och det finns ingen uppföljning av verkliga produktionsledtider. De ledtider som finns i MRP-systemet är därför ofta inte alls tillförlitliga och används inte i produktionsplaneringen.

### **Partiformning**

Johnson Pump använder en blandstrategi i sin produktionsplanering för den mekaniska verkstaden. Pumphus med stora försäljningsvolymerna tillverkas mot prognoser och lagerförs, medan små volymer tillverkas mot kundorder. Det system som används för partiformning av de prognosstyrda produkterna är *behovstäckningstid*. Behovstäckningstiden är 60 dagar, vilket innebär att ett tillverkningsparti ska täcka efterfrågan under denna tidsperiod. Johnson Pump har även angett en standardpartistorlek som baseras på beräknad årsvolym dividerad med 8. Dessa två partiformningsregler ses dock mest som riktlinjer och i praktiken sker partiformningen ofta enligt *bedömd orderkvantitet*. Det innebär att tillverkningsanmodanden från MRP-systemet slås samman till ett tillverkningsparti, om färdigdatumen ligger nära varandra. För övriga produkter används *lot-for-lot* som partiformningsmetod. Enligt den metoden motsvarar orderstorleken den aktuella periodens behov och en order skapas varje gång ett behov uppstår. Monteringen av slutprodukter sker övervägande direkt mot kundorder enligt *lot-for-lot*-metoden. (Se även avsnitt 4.2.6 om partiformningsmetoder.)

Indelningen av produkter för partiformning är emellertid något oklar. Några av pumpharna med allra högst försäljningsvolym ska enligt MRP-systemet tillverkas *lot-for-lot*, samtidigt som pumphus med små volymer kan tillverkas utifrån prognoser och säkerhetslagernivåer. Storleken på tillverkningspartierna varierar mycket för samma produkt och stämmer inte alltid överens med standardpartistorleken i MRP-systemet.

### **Säkerhetslager**

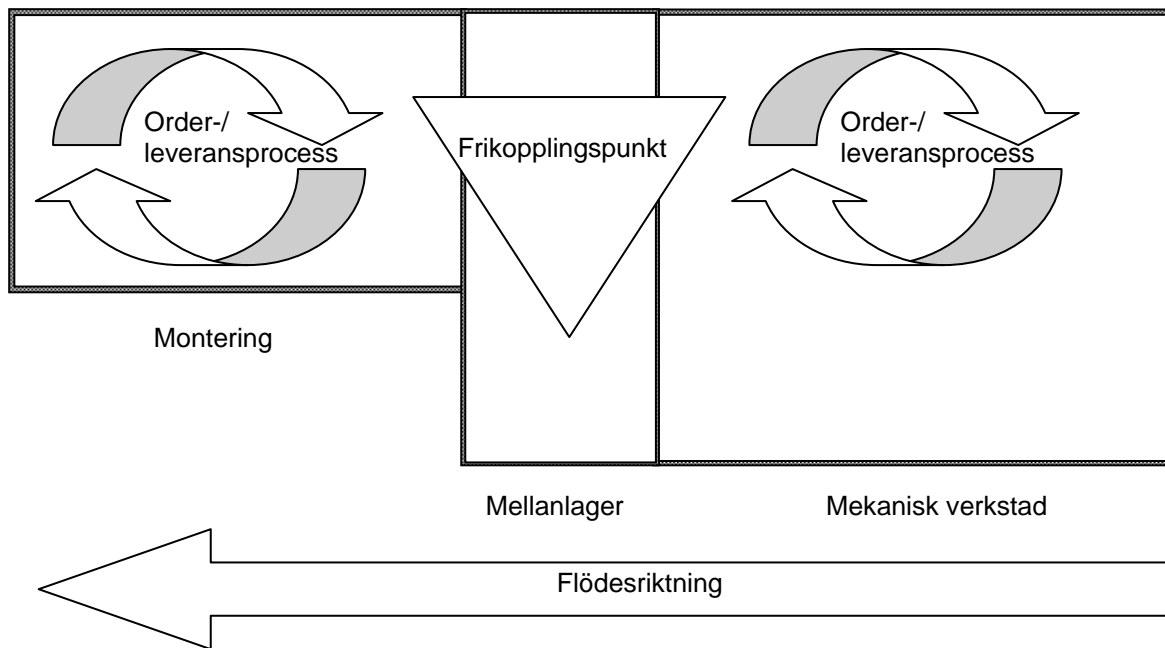
Storleken på säkerhetslager varierar mellan olika produkter och steg i förädlingsprocessen. Bland slutprodukterna är det endast ett fåtal som har säkerhetslager. Dessa

är standardprodukter, vilka ofta säljs som reservdelar på eftermarknaden med krav på snabba leveranser. Man har istället säkerhetslager för bearbetade pumphus och för gjutämnen. Säkerhetslagernivån för pumphusen är baserad på vad man tror krävs utifrån förväntad försäljningsvolym (Malmqvist, muntligen). För produkter där snabba leveranser är kritiskt, motsvarar säkerhetslagret ofta en orderkvantitet. Den säkerhetslagernivå som finns angiven för gjutämnen baseras på årsförbrukning och leveransledtid, men de data som finns i systemet är inte helt tillförlitliga och följs inte. Det finns i många fall ändå stora lager av gjutämnen, på grund av att gjuterierna helst inte vill ha order på färre än 500 stycken.

### 3.3.4. Detaljplanering

Den lägsta nivån i hierarkin är detaljplanen som berör planeringen dag för dag. Här bestäms vilka order som ska köras under dagen och i vilken ordning olika de ska gå i maskinerna. Det ger operatörerna en körplan att följa. I praktiken kan produktionsflödet uppdelas i två fristående order-/leveransprocesser. Informationsflödet vid planeringen gör att endast monteringen ser slutbehovet hos kunden och datum för utleverans. Den mekaniska verkstaden tillverkar istället mot mellanlagret och får tillverkningsanmodanden för pumphus från MRP-systemet, vilka antingen baseras på lagernivåer eller på faktiska kundorder. Figur 3.13 visar hur de två processerna – en för mekanisk verkstad och en för montering – kopplas isär vid mellanlagret. Det medför att kundorderpunkten befinner sig i mellanlagret och att produktleveransstrategin för de marina pumparna är montering mot kundorder (se avsnitt 4.2.1).

För det mindre antal pumpar som tillverkas lot-for-lot ligger kundorderpunkten egentligen redan i förrådet av gjutämnen, men de tillverkningsanmodanden som den mekaniska verkstaden får behandlas på samma sätt som för de prognosstyrda produkterna. Även bearbetningen av dessa gjutämnen styrs alltså av ett nettobehov och har ingen direkt koppling till kundordern. Arbetsgången för de två order-/leveransprocesserna beskrivs i de följande avsnitten.



Figur 3.13 Uppdelning av produktionsflöde i två order-/leveransprocesser.

### Mekanisk verkstad

Varje arbetsdag söker produktionsplanerarna i den mekaniska verkstaden i systemet efter tillverkningsanmodanden 100 dagar framåt i tiden och skapar tillverkningsorder för pumphus och lock. Mindre anmodanden på samma produkt slås ihop till en tillverkningsorder om färdigdatumen ligger nära varandra. Anledningen att söka så långt fram i tiden är för att vara säkra på att hinna få hem gjutämnen med lång leveransledtid. I monteringen, som arbetar på samma sätt, finns det däremot ingen egentlig anledning till att ha en tidsperiod på 100 dagar.

Planering är på körplansnivå och ger information om i vilken sekvens tillverkningsorder ska köras i varje maskin. De order som ska gå i fleroptionsstationen skrivs dagligen upp på en planeringstavla. Under dagskiftet körs order med högst prioritet och på natten sker till större delen tillverkning mot lager. Planeringssystemet från IFS innehåller förslag till partistorlekar och utjämnad produktion. Planerarna har möjlighet att anpassa partistorleken beroende på hur orderstrukturen ser ut, och som tidigare nämnts är bedömd orderkvantitet den partiformningsmetod som används i praktiken. Vidare har produkterna klassificerats efter beräknad årsvolym och regelbundenhet. Klassificeringen har resulterat i en lista med lagerbyggande produkter som kan användas för att utjämna produktionen vid låg beläggning.

Produktionsplaneraren ansvarar för planeringen av fleroptionsmaskinerna, medan operatören i svarven ansvarar för de produkter som har svarvning som första operation. Omkring tre fjärdedelar av alla pumphus har svarven som första operation, medan flertalet av de övriga har första operationen i en av fleroptionsmaskinerna (se Bilaga 7). Körplaneringen i svarven tar viss hänsyn till om olika pumphus bearbetas på liknande sätt och då kan köras efter varandra för att minimera ställtiderna. När opera-

tionen i svarven är avslutad för en tillverkningsorder, noteras detta på planeringstavlan vid fleroperationsgruppen.

Trots att man har ett planeringssystem sker den mesta produktionen efter en så kallad bristlista, som sammanställs varje vecka över det material som saknas till monteringen. Orsaken är att den mekaniska verkstaden konstant ligger efter planeringen, vilket gör att man tvingas prioritera de order som monteringen anser vara mest bråttom (Jonsson, muntligen). Förseningarna i maskinbearbetningen anses till stor del bero på sena leveranser av gjutämnen från gjuterierna. För svarven rör det sig ofta om flera veckors eftersläpning.

Det finns vissa brister i produktionsplaneringen för den mekaniska verkstaden. Eftersom ingen i den dagliga produktionsplaneringen har övergripande ansvar, skapas ett glapp mellan produktionsplanerare och produktionschef. Produktionsplanerarna kan ändra partistorleken godtyckligt utan att ha överblick över hela produktionsprocessen. De får ingen information om färdigdatum för slutprodukten, utan materialbehovet genereras på samma sätt i MRP-systemet oavsett vilken typ av order det är. Eftersom planerarna i verkstaden inte kan se om det gäller produktion för att fylla på lager eller för att fylla ett kundbehov, blir det lätt felprioriteringar.

### **Montering**

I monteringsavdelningen sker planeringen på liknande sätt. Även här söker planeraren 100 dagar framåt för att ta fram nyinkomna anmodanden. Om ordern ligger sex veckor eller längre fram i tiden, frisläpps den direkt. Det antas då vara självklart att ingående komponenter ska finnas färdiga i tid till monteringen. Har ordern ett färdigdatum tidigare än så, måste planeraren först kontrollera att materialet kommer att finnas tillgängligt. Kan detta inte bekräftas läggs ordern på fast plan och marknadsavdelningen kontaktas angående en förskjutning av ordern.

Den frisläppta tillverkningsordern har ett färdigdatum en dag före leverans till kund och ett planerat startdatum två veckor tidigare, då materialet ska finnas färdigt från den mekaniska verkstaden. Man lägger sedan till 64 timmar på det planerade startdatumet som en säkerhetsledtid, för att försäkra sig om att bearbetningen hinner bli färdig i tid. I praktiken tar det dock sällan mer än ett par dagar för en mindre order att passera monteringen och runt en arbetsvecka för en stor order (uppåt 500 stycken) (Mönkönen, muntligen). Startdatum för monteringen av en pump ligger därför betydligt senare än det datum då pumphusen ska vara färdiga. Tillverkningsorder och plocklistor skrivs ut på morgonen för de pumpar som ska monteras under dagen. Listorna läggs i en korg sorterade på färdigdatum och fullbordas efterhand som montörerna blir färdiga med ett jobb.





# Kapitel 4

## REFERENSRAM

---



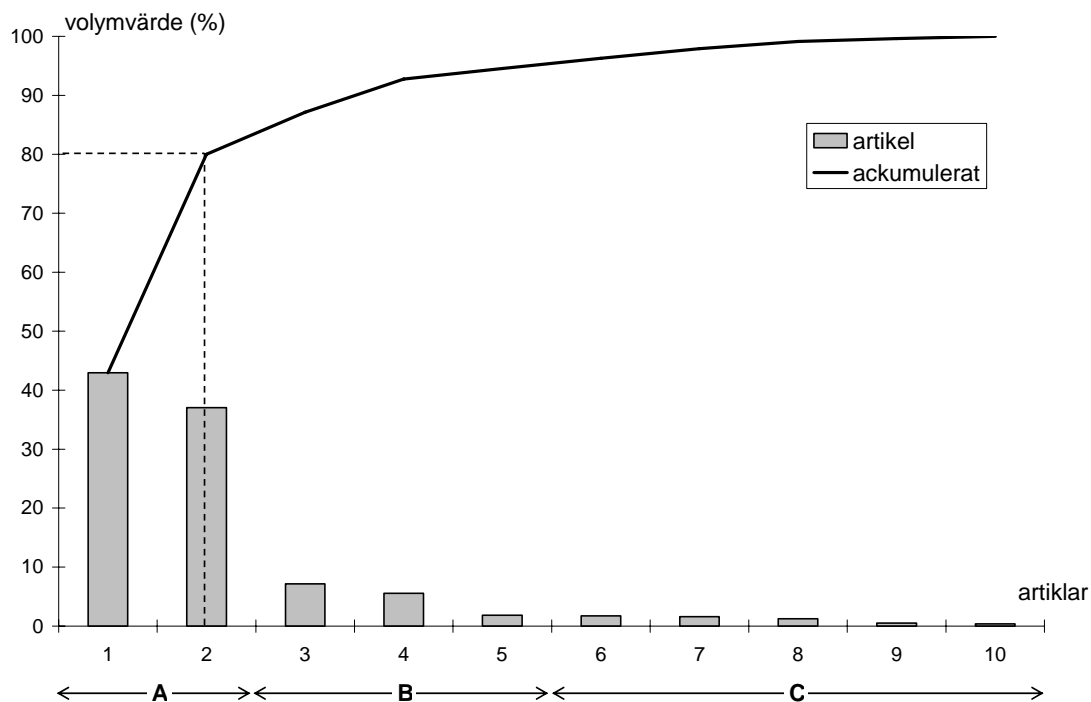
## 4.1. Produkt- och processkartläggning

För att kunna analysera ett system är det nödvändigt att först göra en kartläggning av produkter och processer. Olika verktyg kan användas för att kartlägga flöden och produkttegenskaper.

### 4.1.1. Artikelklassificering

Klassificering används för att gruppera produkter med vissa liknande egenskaper för att kunna styra dem effektivt med avseende på prognosmetoder och planeringssystem. Genom att dela in artiklarna i klasser kan styrningen differentieras (Aronsson m.fl. 2003). Styrsystemet utformas olika för produkter av skilda klasser, för att hitta bästa sättet att styra en viss typ av artikel, men även för att prioritera resurser. Olhager (2000) räknar upp volym, volymvärde och behovsfrekvens som några alternativa klassificeringskriterier.

Volymvärde är en artikels årliga förbrukning multiplicerad med artikelns värde. Artiklarna kan delas in i tre klasser, A, B och C, efter 80/20-regeln (eller Paretos lag) som illustreras i Figur 4.1. 80/20-regeln innebär att 20 procent av artiklarna bidrar med 80 procent av volymvärdet och vice versa. Till exempel kan de första 20 procenten tillhöra A-klassen, följande 40 procent B- och resterande produkter tillhöra C-klassen.



Figur 4.1 80/20-regeln (Olhager 2000, modifierad).

Klassificering efter volymvärde kan användas i produktionsplaneringen. Det kan, enligt Olhager (2000), vara lämpligt att ha olika produktleveransstrategier för olika klasser av artiklar. Lagerproduktion kan till exempel vara att föredra för produkter med hög volym och kundorderstyrning för produkter med låg volym. Olhager (2000) tar vidare upp behovsfrekvens som klassificeringsmetod. Efterfrågan på vissa produkter kan variera mycket i volym och tid, medan andra har små regelbundna uttag. Det är

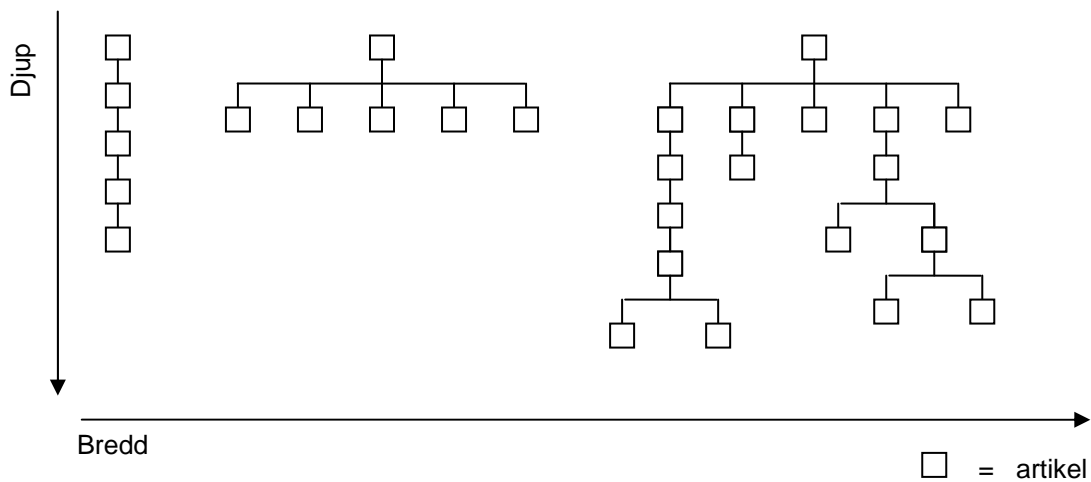
viktigare att styra produkter med högt volymvärde effektivt, samtidigt som lågfrekventa och oregelbundna uttag gör dem svåra att prognostisera.

### 4.1.2. Produktegenskaper

Produkternas egenskaper påverkar i stor utsträckning hur artiklarna ska planeras och styras. För att kartlägga dessa egenskaper är det vanligt att undersöka produktstruktur och materialprofil.

#### Produktstruktur

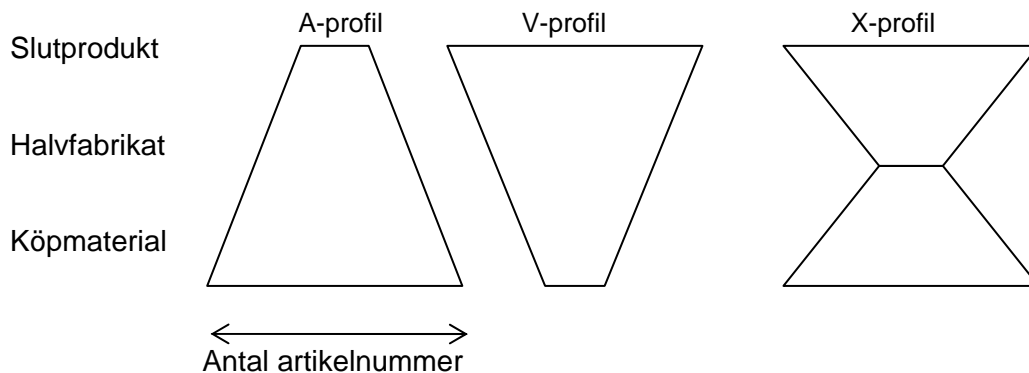
Produktstrukturen beskriver hur en produkt är uppbyggd i olika nivåer (Olhager 2000). Strukturen illustreras som ett träd med slutprodukten överst. Varje nivå under slutprodukten består av halvfabrikat eller delmontage och visar produktens stegvisa färdigställande. På den lägsta nivån finns råvaror eller köpkomponenter. Strukturen kan ha olika bredd och djup och vara mer eller mindre komplex. Tre typexempel på produktstrukturer visas i Figur 4.2.



Figur 4.2 Produktstrukturer (Olhager 2000, modifierad).

#### Materialprofil

Materialprofilen beskriver hur det totala antalet artikelnummer ser ut längs förädlingskedjan. Olhager (2000) beskriver tre grundläggande materialprofiler, kallade A, V och X, som består av nivåerna råmaterial och komponenter, halvfabrikat samt slutprodukt. Profilerna illustreras i Figur 4.3.



Figur 4.3 Materialprofiler (Olhager 2000, modifierad).

Vid en A-profil tillverkas få slutprodukter av ett stort antal komponenter. Vid V-profil kan företaget istället tillverka ett stort antal artiklar av få ingående köpartiklar. X-profilen är en kombination de två tidigare med ett stort antal komponenter som blir ett fåtal halvfabrikat. Dessa kan sedan kombineras till ett stort antal slutprodukter.

Profilerna utnyttjas, enligt Olhager (2000), för att identifiera var i flödet antalet artikelnummer är minst, den så kallade midjan. Där läggs sedan fokus vid planering och prognostisering. A-profilen är vanlig vid produktion mot lager, V-profilen vid produktion mot kundorder och X-profilen vid montering mot kundorder. Kundorderpunkten sammanfaller således med materialprofilens midja. Olhager (2000) menar att en midja sent i förädlingskedjan är fördelaktigt, eftersom man under större delen av produktionen har få artikelnummer att styra, vilka resulterar i ett stort antal slutprodukter.

### 4.1.3. Processflödesanalys

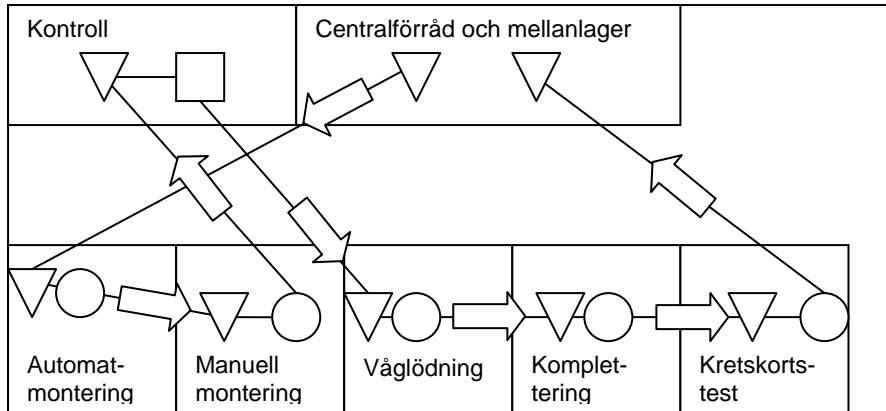
En processflödesanalys utförs för att ta reda på vad som görs i olika processer samt av vem och när, varför aktiviteter utförs på ett visst sätt, och om processerna överhuvudtaget är nödvändiga. Tillverkningsprocessen kan beskrivas i ett processflödesschema eller layoutflödesschema, exempel kan ses i Tabell 4.1 och Figur 4.4. Processflödesschemat beskriver arbetsgången med symboler för olika aktiviteter som operation, transport, kontroll, lagring och hantering. Vidare kategoriseras aktiviteterna som värdeskapande, stödjande, icke-värdeskapande eller med okänd effekt, för att se om aktiviteter kan elimineras eller effektiviseras.

**Tabell 4.1 Exempel på processflödesschema (Olhager 2000, modifierad).**

Processflödesschema		Objekt: Artikel A							
Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V/I/S/?)
1	I förråd				x		40		?
2	Till montering		x					60	I
3	Vid montering				x		6		I
4	Montering	x					2		V
5	Till kontroll		x					70	I
6	Vid kontroll				x		4		I
7	Kontroll			x			4		S
8	Till förråd		x					60	I
	Summa						56	190	-

Värdekod: värdeskapande (V), icke värdeskapande (I), stödjer värdeskapande aktiviteter (S), okänd värdeeffekt (?)

Layoutflödesschemat visar var aktiviteter äger rum och hur resurser är placerade i förhållande till varandra. Det kan till exempel ge information om ifall transporterna är onödigt långa.



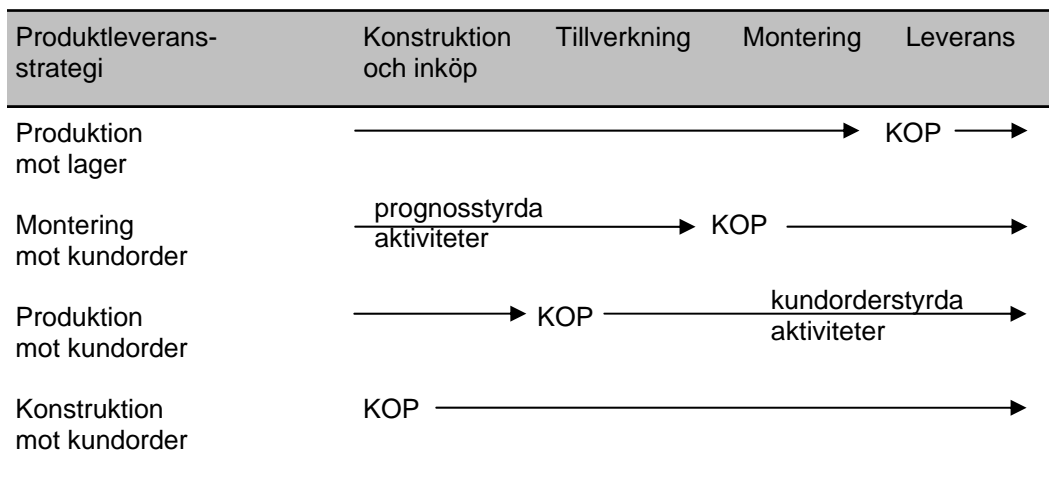
Figur 4.4 Exempel på layoutflödesschema (Olhager 2000).

## 4.2. Planering och styrning

Planering och styrning av produktionen omfattar beslut om när tillverkning ska ske och i vilka volymer, hur materialflöde och informationsflöde ska fungera, och hur processerna ska följas upp. Viktiga aspekter är hur lång tid olika produktionsmoment tar och hur den tillgängliga kapaciteten ska utnyttjas.

### 4.2.1. Kundorderpunkt

Förhållandet mellan en produkts genomloppstid och leveransledtid bestämmer om produkten kan tillverkas mot kundorder eller om den ska tillverkas i förväg mot prognos och sedan lagerföras, det vill säga vilken produktleveransstrategi företaget har (Olhager 2003). Produktleveransstrategin är kopplad till kundorderpunkten (KOP) som enligt Olhager (2000) är det steg i förädlingskedjan då en order knyts till en specifik kund. Figur 4.5 visar fyra olika kundorderpunkter. Till vänster om punkten är aktiviteterna baserade på prognoser, medan de till höger sker under leveransledtid till kund.



Figur 4.5 Kundorderpunkter (Olhager 2000, modifierad).

Aronsson m.fl. (1998) gör en indelning av kundorderpunkter i distribution (produktion mot lager), montering (montering mot kundorder), tillverkning (produktion mot kund-

order då allt material finns i råvaruförråd) och materialförsörjning (produktion mot kundorder då material måste beställas innan produktionen kan starta).

Kundorderpunktens placering påverkas av ett antal faktorer rörande marknad, produkt och produktion. Följande faktorer tas upp av Olhager (2003):

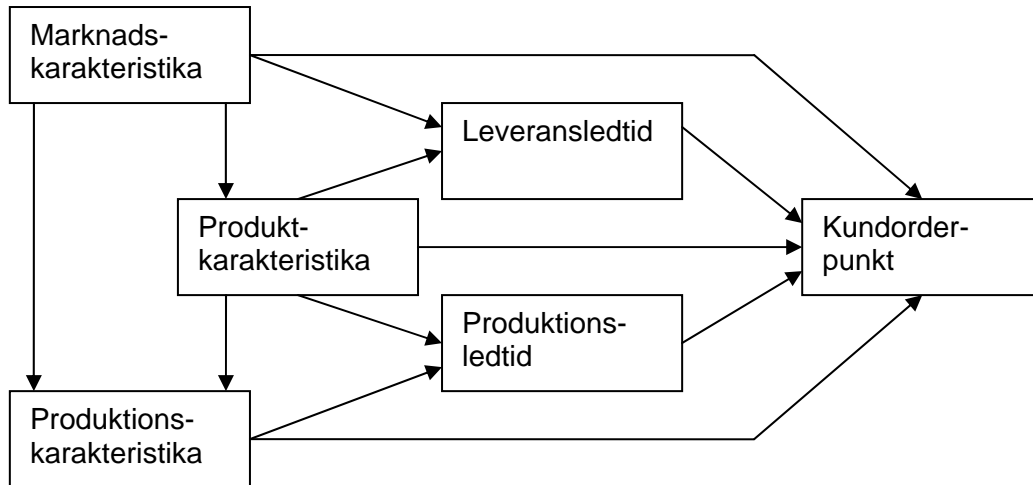
<u>Marknad</u>	<u>Produkt</u>	<u>Produktion</u>
• Leveransledtid	• Modularisering	• Produktionsledtid
• Efterfrågevariation	• Kundanpassnings- möjlighet	• Planeringspunkter
• Efterfrågevolym	• Materialprofil	• Processflexibilitet
• Produktbredd	• Produktstruktur	• Flaskhalsposition
• Kundanpassnings- krav		• Sekvensberoende ställtider

Marknaden påverkar kundorderpunktens placering genom till exempel kundernas krav på leveranstid. Leveransledtiden, som är tiden från order till leverans, sätter en gräns för hur långt bak i flödet kundorderpunkten kan placeras. Variationen i efterfrågan påverkar hur svår produktionen är att prognostisera. Vidare kan produkter med kraftiga säsongvariationer vara oekonomiska att producera mot kundorder eftersom de ställer väldigt stora krav på volymflexibiliteten. Dessutom kan en bred produktportfölj eller en hög grad av kundanpassning göra det omöjligt att producera mot lager på grund av överdriven lageruppbbyggnad.

Problemen med bred produktportfölj och hög grad av kundanpassning kan ibland motverkas av produktens egenskaper. En modulariserbar produkt samt produkter med kundanpassning sent i flödet ökar möjligheterna till kundorderstyrning. Även produktstrukturen påverkar. En enkel produktstruktur resulterar vanligen i kortare ledtider vilket också underlättar kundorderstyrning. Kundorderpunktens placering kan också relateras till produktens materialprofil där en lämplig placering är i profilens midja.

En av de viktigaste aspekterna som påverkar kundorderpunkten är produktionsledtiden, som tillsammans med leveransledtiden begränsar placeringen. Möjliga placeringar begränsas ytterligare av antalet planeringspunkter inom produktionsprocessen. Planeringspunkt är till exempel en maskin eller produktionscell som planeras individuellt, vilket innebär att det finns långt fler planeringspunkter i en funktionell verkstad än vid kontinuerlig tillverkning. Vidare är produktionsprocessens flexibilitet en grundsten för att kunna producera mot kundorder.

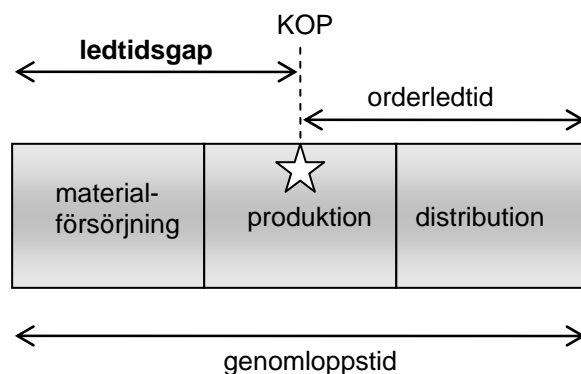
Hur de olika faktorerna samverkar illustreras i Figur 4.6. Modellen visar hur marknadskrav påverkar leveransledtiden, samtidigt som produkternas och produktionsprocessens egenskaper avgör hur lång produktionsledtiden är. Förhållandet mellan de två ledtiderna har stor betydelse för var kundorderpunkten placeras.



Figur 4.6 Påverkansmodell för positionering av KOP (Olhager 2003).

### Ledtidsgap

Aronsson m.fl. (2003) använder begreppet ledtidsgap för genomloppstiden fram till kundorderpunkten, se Figur 4.7. Ett långt ledtidsgap kräver prognoser över längre tid och ökar osäkerheten i efterfrågan. Ju större osäkerheten är, desto större blir risken för att produkter inte blir sålda, vilket medför hög kapitalbindning och inkuransrisk. Risken ökar även för en bristsituation då fel eller för få produkter tillverkats.



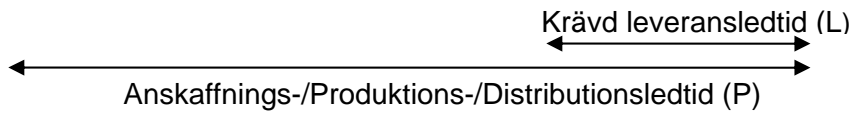
Figur 4.7 Ledtidsgap (Aronsson m.fl. 2003, modifierad).

Enligt Aronsson m.fl. (2003) vore idealet att inget arbete utfördes på en produkt förrän den var efterfrågad, motsvarande konstruktion eller produktion mot kundorder. Detta är ofta inte möjligt på grund av att kunden kräver en leveransledtid som är kortare än tiden för att ta hem material, tillverka och distribuera produkten. Många försöker minska ledtidsgapet så att kundorderpunkten kan flyttas bakåt. Detta kan göras genom att öka leveransledtiden eller minska produktens genomloppstid. Det första alternativet är dock sällan möjligt, eftersom kunderna och marknaden sätter kraven på leveransledtiden. Istället kan det finnas potential att minska genomloppstiden. I många fall är 90 till 95 procent av tiden passiv och den största potentialen för att förkorta genomloppstiden ligger därför i den passiva tiden.



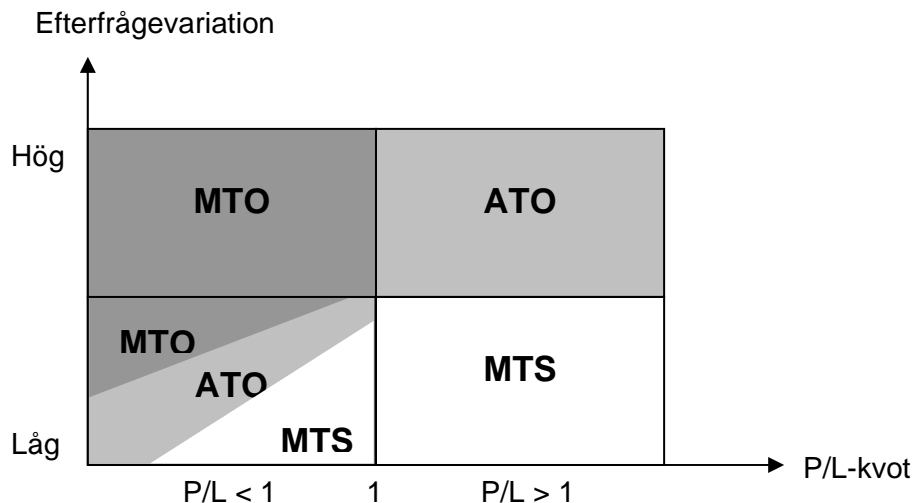
## Produktleveransstrategier

Figur 4.9 visar hur förhållandet mellan faktorerna P/L-kvot och efterfrågevariation gör olika produktleveransstrategier lämpliga i olika situationer. P/L-kvoten är relationen mellan genomloppstid och leveransledtid för en produkt, se Figur 4.8.



Figur 4.8 P/L-kvot (Shingo 1989, modifierad).

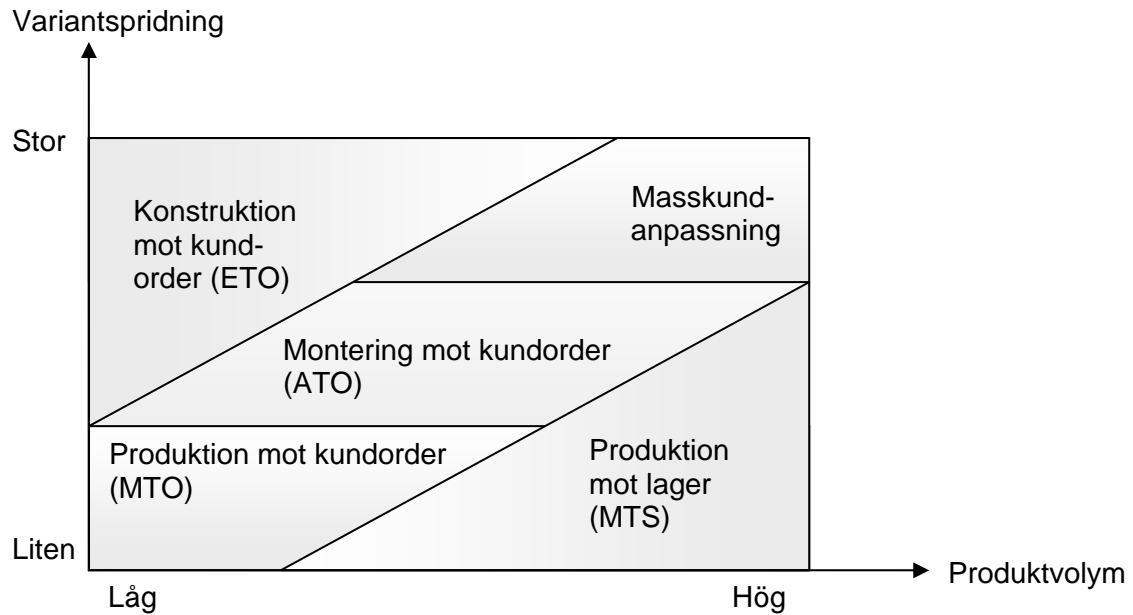
Om kvoten är större än 1 är genomloppstiden längre än den leveransledtid kunden kräver, och en viss del av produktionen bör ske mot prognoser. Vid en kvot som är mindre än 1 blir produktion mot kundorder möjlig, och är speciellt lämplig vid stora variationer i efterfrågan, eftersom prognoser då är mindre tillförlitliga.



Figur 4.9 Produktleveransstrategier (Olhager 2003, modifierad).<sup>1</sup>

En annan uppdelning kan göras med utgångspunkt i produktvolym och variantspridning. Figur 4.10 från Wikner (2004b) illustrerar hur produktion mot lager är en lämplig strategi vid höga volymer och en smal produktflora. Montering mot kundorder passar då det finns ett större antal olika produkter. Om volymerna dessutom är små, kan konstruktion mot kundorder vara den bästa strategin.

<sup>1</sup> MTO (make to order) - tillverkning mot kundorder, ATO (assemble to order) - montering mot kundorder, MTS (make to stock) - produktion mot lager.



Figur 4.10 Kundorderpunktsspektrum (Wikner 2004b).<sup>1</sup>

Produktion mot lager är vanligast för standardprodukter med hög försäljningsvolym. Aronsson m.fl. (2003) nämner att det ofta sker i kombination med massproduktion och långa produktionsserier för att få ned styckkostnaderna. Konkurrenterna är pris och korta leveransledtider. Kapitalbindningen i lager ökar dock ofta eftersom man lagrar högvärdiga slutprodukter. En sen kundorderpunkt ger enligt Olhager (2003) korta leveransledtider, men samtidigt ett högre beroende av prognoser. Det har nackdelen att möjligheterna till kund Anpassning minskar, samtidigt som PIA ökar med fler prognosstyra artiklar.

Leveransledtiden är längre vid produktion mot kundorder än vid produktion mot lager och produktionskostnaderna kan bli högre på grund av kortare tillverkningsserier, samtidigt som kapitalbindningen minskar. En fördel med att ha kundorderpunkten tidigt är att antalet order- och leveransprocesser minskar. Om det tidigare fanns en process för distribution och en för produktion, behövs det endast en distributionsprocess om kundorderpunkten ligger inne i produktionen. Färre processer innebär, enligt Aronsson m.fl. (2003), minskad arbetsinsats och kortare genomloppstid, men även en större störningskänslighet på grund av att antalet buffertar i flödet minskar.

### Kundorderpunktens placering

Wikner (2004a) beskriver de olika argument som finns för att flytta kundorderpunkten framåt respektive bakåt som en "kraftbalans". Effektivitetsdrivkrafter strävar efter att ha kundorderpunkten långt fram i flödet. Det ger en kostnadseffektivare produktion med fler standardprodukter och kortare leveransledtider. På andra sidan finns flexibilitetsdrivkrafter som vill trycka kundorderpunkten bakåt. En tidig kundorderpunkt ger större möjlighet till kund Anpassade produkter, lägre kapitalbindning genom att varor

<sup>1</sup> ETO (engineer to order) - konstruktion mot kundorder, masskund Anpassning - kund Anpassning av stora produktvolym till massproduktionspriser.

inte lagerhålls, samt mindre risktagande eftersom man inte är lika beroende av prognoser. Vidare tar Wikner (2004a) upp hur prestationsmåten skiljer sig åt före och efter kundorderpunkten. Före kundorderpunkten är nyckeltalen effektivitetsdrivande som till exempel effektivitet för att sänka tillverkningskostnaden, ledtid för att minska kapitalbindningen, och servicegrad för att säkra leveransledtid till kund. Efter kundorderpunkten är nyckeltalen flexibilitetsdrivande. Ledtid används som mått för att driva ned leveransledtid till kund, volymflexibilitet för att skapa robusta ledtider och kostnadseffektivitet, leveransprecision, samt produktmixflexibilitet för att uppfylla kundkrav.

Vilken produktleveransstrategi som passar beror bland annat på vad det är för typ av produkt och hur efterfrågan och marknaden ser ut. Olhager (2003) har jämfört produktionsstrategierna före och efter kundorderpunkten i Tabell 4.2.

**Tabell 4.2 Produktionsstrategier före och efter kundorderpunkten (Olhager 2003).**

Attribut	Före KOP	Efter KOP
<b>Marknad och produkter</b> Produkttyp Produktflora Efterfrågan	Standard Förutbestämd, smal Hög volym, förutsägbar	Kundanpassad Bred Låg volym, varierande
Ordervinnare	Pris	Design, leveransservice, flexibilitet
Orderkvalificerare	Design, kvalitet, leveransprecision	Pris, kvalitet, leveransprecision
<b>Produktion (besluts kategorier)</b> Process Kapacitet Anläggning	Lina, stora partier Följa-strategi <sup>1</sup> Produktfokus	Funktionell verkstad, små partier Leda-strategi Processfokus
Vertikal integration	Leverantörsrelationer	Kundrelationer
Kvalitet Organisation	Fokus på processkvalitet Centraliserad	Fokus på produktkvalitet Decentraliserad
Produktionsplanering och -styrning	Utjämnad och taktbaserad produktion Pullsystem	Lagerlös och tidsfasad produktion Pushsystem
Prestationsmått	Kostnad, produktivitet	Flexibilitet, leveransledtid

<sup>1</sup> Vid kapacitetsändringar finns två strategier. Leda-strategin ökar/minskar kapaciteten innan efterfrågan ökar/minskar. Följa-strategin reagerar först när en ändring av efterfrågans storlek är konstaterad och verklig. (Mattsson & Jonsson 2003)

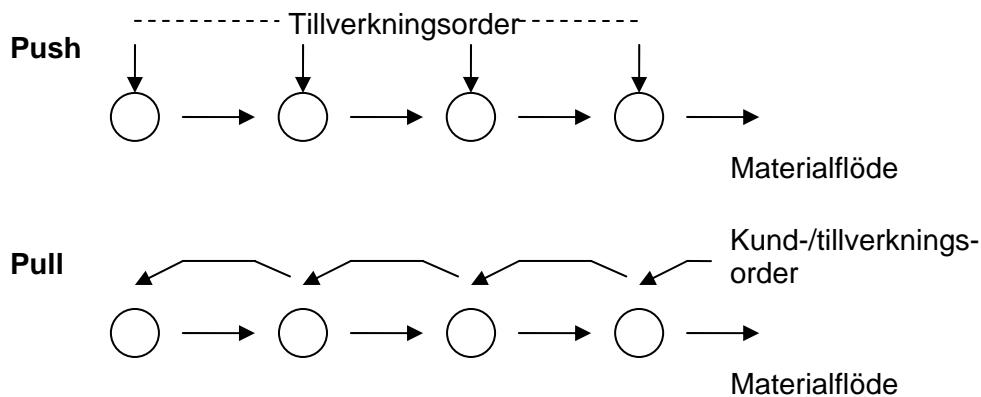
Med en sen kundorderpunkt blir leveransledtiden kortare, men samtidigt ökar behovet av prognoser för efterfrågan. Generellt sett prognostiseras artiklar med oberoende behov, det vill säga slutprodukter och reservdelar, men då kundorderpunkten ligger inne i produktionsprocessen är det, enligt Olhager (2000), rimligare att prognostisera de artiklar som efterfrågas vid specifikation av kundens produkt. Prognoser kan alltså göras på råmaterial, halvfabrikat eller slutprodukter beroende på var kundorderpunkten ligger. Prognosobjekten för olika kundorderpunkter är uppställda i Tabell 4.3.

**Tabell 4.3 Prognosobjekt vid olika kundorderpunkter (Olhager 2000).**

Kundorderpunkt	Prognosobjekt
Produktion mot lager	Slutprodukt
Montering mot kundorder	Modul, halvfabrikat
Produktion mot kundorder	Råmaterial, köpkomponenter
Konstruktion mot kundorder	Råmaterial, köpkomponenter

#### 4.2.2. Push- och pullplanering

Materialplaneringen kan karakteriseras efter om den är baserad på behovssug eller planeringstryck, så kallad *push-* respektive *pullplanering*. Mattsson & Jonsson (2003) definierar pull som ett planeringssystem där materialförflyttning och produktion endast sker på initiativ av och auktoriserat av det nästföljande steget i materialflödet. Push är då produktion och materialförflyttning initieras av den producerande aktören eller en central planeringsinstans. De två principerna illustreras i Figur 4.11.



**Figur 4.11 Push- och pullbaserad planering (Mattsson & Jonsson 2003).**

En ytterligare definition av begreppen är från Hopp & Spearman (2000). Med planeringstryck (push) menas att systemet tidplanerar och initierar arbete baserat på efterfrågan. Med behovssug (pull) menas att arbete initieras baserat på produktions-systemets status. Vid push produceras artiklar enligt en tidplan som bestämts i förväg. Vid pull produceras istället endast artiklar enligt behov eller för att ersätta det som uppfyllt ett behov.

I pushbaserade system sker tillverkningen, enligt Lumsden (1998), ofta i stora partier. Konsekvenserna av pushstyrning i kombination med en funktionell verkstad och stora partistorlekar leder ofta till hög nivå av PIA och långa genomloppstider, men med hög utnyttjningsgrad i produktionsresurserna. Principen tar inte hänsyn till långa vänt- och kötider då materialet trycks framåt. För att planering och styrning ska fungera krävs ett väl fungerande informationsflöde. Ofta används ett MRP-system. Aronsson m.fl. (2003) påpekar att stationerna kan arbeta relativt separat och osynkroniserat i ett pushsystem. Den långsammaste enheten blir en flaskhals, framför vilken lager byggs upp då stationerna framför trycker på. Aronsson m.fl. (2003) anser, även de, att pushsystem kräver mycket planering av varje station. Fördelarna är, enligt författarna, förutom ett högt kapacitetsutnyttjande, att arbetsstressen kan minska då stationerna får arbeta relativt oberoende av varandra.

Vid pull tillverkas ett parti först då nästföljande station signalerar ett behov. Det innebär att vissa operationer inte blir belagda vissa tider om efterfrågan saknas. Pull innebär, enligt Mattsson & Jonsson (2003), ofta att tillverknings- och transportkvantiteterna är små och nära den exakta behovskvantiteten. Enligt Aronsson m.fl. (2003) innebär pull (eller sugstyrning) att man endast tillverkar något då det behövs. Pullstyrning ger korta genomloppstider, vilket tillsammans med små lager ger låg kapitalbindning i förädlingsprocessen. Nackdelen är att samtliga led i försörjningskedjan behöver en buffert för att täcka behovsuget vilket gör pullstyrning lämpliga vid jämn och stabil efterfrågan. Dessutom blir flödet störningskänsligt. Idén är att ständigt förminska buffertar mellan olika delar i processen, vilket synliggör andra problem (se japanska sjön i avsnitt 4.4.1).

### **Materialbehovsplanering**

MRP (Material Requirements Planning) är en metod för materialbehovsplanering där planering av nya inleveranser baseras på uppkomsten av ett nettobehov. Planeringen är av pushtyp, enligt definitionen från Mattsson & Jonsson (2003), eftersom produktion och materialförflyttning initieras av en central planeringsinstans. Metoden jämför prognostiserat behov men lagernivåer och planerade inleveranser, för att få fram datum för en ny order. För material som ingår i slutprodukter görs en nedbrytning av behovet med hjälp av produktstrukturen. Materialbehovsplanering är, enligt Mattsson & Jonsson (2003), användbar både för oberoende och härledda materialbehov. Nettobehovsberäkningen för oberoende behov baseras på efterfrågeprognoser medan beräkningarna för behov längre ned i produktstrukturen härleds från tillverkningsorder på strukturnivåer högre upp. Det möjliggör spårning av varifrån ett materialbehov uppkommit.

### **Nackdelar med MRP-system**

Några av grundtankarna bakom skapandet av MRP var att koppla ihop behoven för olika artiklar i produktstrukturen och en synkronisering längs försörjningskedjan (Olhager 2000). Emellertid förbisågs en rad problem. Suri (1998) tar upp några av dessa. Ett problem är att olika avdelningar tenderar att överdriva ledtider för att kompensera för möjliga förseningar och osäkerhet i kapacitetsutnyttjande. Som ett resultat av detta ökar PIA. Det beror bland annat på de längre ledtiderna samt på att olika avdelningar fortsätter att trycka ut varor till nästföljande steg trots att dessa inte

har kapacitet att ta hand om dem. De produkter som inte drabbas av köbildning blir istället färdiga långt tidigare än planerat vilket också innebär högre lagernivåer. Köbildningen som uppkommer beroende på för högt kapacitetsutnyttjande innebär också att många order riskerar förseningar, vilket leder till ytterligare störningar i form av expressorder, övertid och leveransproblem. MRP-systemets hierarkiska uppbyggnad innebär också att små förändringar i leveransdatum kan skapa stora förändringar i produktionsplanen.

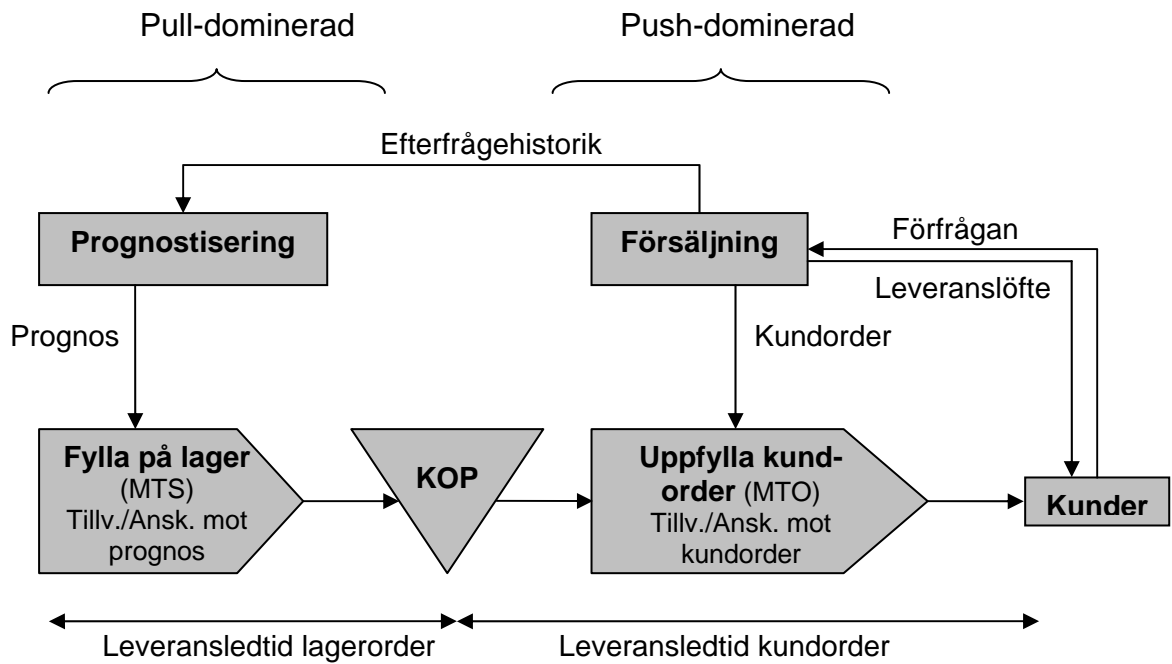
Suri (1998) menar vidare att ovanstående problem av fysisk karaktär med tiden skapar en rad organisatoriska problem. Berörda parter lär sig till exempel att MRP-schemat innehåller ett slack. Detta medför minskad tilltro till systemet och därmed också lägre motivation att följa schemat. Med tiden medför det att ansvariga slutar lägga tid på att planera med hjälp av MRP-systemet och istället fokuserar på att tillverka det som är mest bråttom, eftersom de då vet att de tillverkar något som efterfrågas. Ovanstående problem förvärras av att expressorder förs in i systemet. Ofta innebär det att efterfrågad ledtid är kortare än planerad ledtid i MRP-systemet. Det medför att MRP-systemet föreslår att produktionsstart ska ske på redan passerade datum, vilket ytterligare urholkar förtroendet för systemet.

### **Orderbunden materialförsörjning**

Orderbunden materialförsörjning innebär, enligt Mattsson & Jonsson (2003), att en kundorder automatiskt ger upphov till en tillverknings- eller inköpsorder och på så sätt initierar ett materialbehov. Tillverkning sker direkt mot leverans till kund och den tillverkade kvantiteten motsvarar orderkvantiteten. Samtidigt med tillverkningsordern på slutprodukten, skapas order på ingående material utifrån produktstrukturen. Leveranstidpunkten för dessa order sätts till leveranstidpunkten till kund minus ledtiden för sluttillverkning. Enligt Hopp & Spearman (2000) används kundorderstyrning ofta i produktionsstegen efter kundorderpunkten och är därmed ett pushbaserat system (se avsnitt 4.2.2). Möjligheten till framförhållning i planeringen beror på P/L-kvoten. Enligt Mattsson & Jonsson (2003) är metoden inte lämplig i planeringsmiljöer där oplanerbara behov, till exempel vid kassationer, försvårar framförhållningen.

#### **4.2.3. Push och pull kopplat till kundorderpunkt**

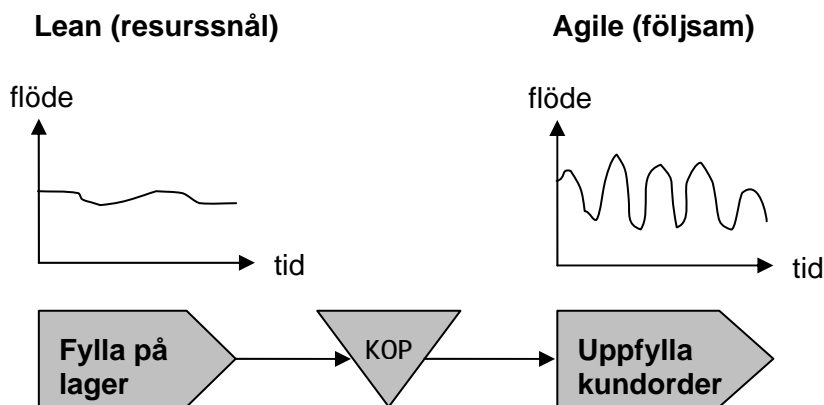
I industrin används sällan renodlade push- eller pullsystem, utan de flesta styrsystemen är en kombination av de två. Enligt Naylor m.fl. (1999) är aktiviteterna fram till kundorderpunkten pullstyrda och aktiviteterna efter pushstyrda, se Figur 4.12. Som Mattsson & Jonsson (2003) påpekar är det dock inte ovanligt att hitta olika uppfattningar om vad som avses med push och pull. Aronsson m.fl. (2003) menar, tvärt emot Naylor m.fl. (1999), att flödet fram till kundorderpunkten ofta är pushstyrt, medan flödet styrs med pull från kundorderpunkten fram till kunden. Tryckstyrning används, enligt Aronsson m.fl. (2003), ibland synonymt med lagerproduktion, medan sugstyrning kan användas som begrepp för kundorderstyrd produktion. Vi kommer i rapporten att använda Naylor m.fl. (1999) synsätt på push och pull.



Figur 4.12 Allmän modell för planering (Naylor m.fl. 1999, modifierad).

### Leagility

Naylor m.fl. (1999) gör skillnad på aktiviteterna före och efter kundorderpunkten genom begreppet *leagility*. Leagility är en kombination av produktionsstrategierna lean manufacturing (se avsnitt 4.3.3) och agile manufacturing. Kundorderpunkten ska placeras på en position i flödet, så att företaget kan svara på en varierande efterfrågan nedströms samtidigt som utjämnad produktion är möjligt uppströms från kundorderpunkten. Idén illustreras i Figur 4.13.



Figur 4.13 Leagility (Naylor m.fl. 1999).

Före kundorderpunkten initieras produktionen av prognoser. Den är utjämnad och styrs pulldominerat, till exempel med kanban. Fokus ligger på effektivitet och produkterna är standardiserade. Efter kundorderpunkten är det kundorder som initierar tillverkningen. Styrningen är pushdominerad och fokus ligger på flexibilitet. Produkterna kan antingen vara av standardtyp eller specialprodukter.

#### 4.2.4. Ledtidfokus

Ett ökat fokus på ledtider har varit en av de tydligaste trenderna de senaste åren. Trenden kan förklaras av allt kortare produktlivscyklar, att tillverkande företag kräver Just-In-Time-leveranser (se avsnitt 4.3.2) och en allt hårdare konkurrens. Dessutom har konkurrerande företag allt oftare likvärdiga produkter, vilket tvingar företagen att differentiera sig med kringtjänster och leveransservice, exempelvis genom korta ledtider (Christopher, 2004). Enligt Aronsson m.fl. (2003), har kraven på kundanpassning och flexibilitet ökat, vilket har gjort det mer kostsamt att tillgodose kundens behov genom att hålla lager. För att minska lagernivåerna gäller det att få snabbare processer för att reducera ledtiderna, samtidigt som leveransprecisionen hålls hög.

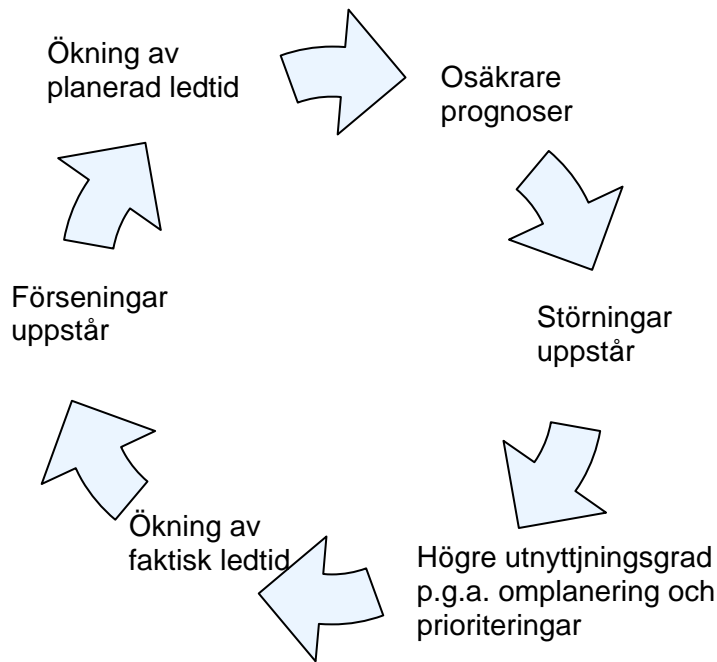
Tid är lätt att mäta och lätt att förstå för människor inom organisationen, enligt Aronsson m.fl. (2003). Det kan vara en fördel att fokusera på ledtidsreduktion istället för på kostnader, eftersom det är svårare att förstå hur olika kostnader påverkas av förändringar som görs. Aronsson m.fl. (2003) anser vidare att ledtidsreduktion i sig har upphöjts till ett eget högprioriterat mål.

Samtidigt som Aronsson m.fl. (2003) betonar vikten av ledtidsreduktion, påpekar de att man inte ska fokusera blint på ledtiderna. Det kan leda till ökade kostnader och en försämrad leveransservice. En bedömning av hur totalkostnaden och leveransservicen påverkas av föreslagna ledtidsreduktioner är alltid nödvändig. För att visa hur ledtidsreduktion minskar ett företags kostnader hänvisar Suri (1998) till en undersökning av ett antal företag. Där fann man att förhållandet mellan reduktion av ledtid och kostnader var 2:1, det vill säga att en 50-procentig förkortning av ledtider ledde till 25 procent lägre produktionskostnader. Studier av sambandet mellan kostnader och ledtid är emellertid inte nytt. Redan 1958 lanserade J. Forrester en modell som fastställde tidens påverkan på ett företags prestation. Problemet, som visades i modellen, brukar i litteraturen kallas *bullwhip-effekten* på grund av dess pisksnärtsliknande utbredning (Olhager 2000).

#### Planning Loop

Stalk & Hout (1990) vidareutvecklar idén med bullwhip-effekten och kallar det *planning loop problem*. Planning loop är applicerbart på företag som tillverkar mot lager och beskriver problemen med prognoser och långa ledtider. Principen illustreras i Figur 4.14.





**Figur 4.14 Planning loop (Plossl 1985, modifierad).**

Då kunderna efterfrågar kortare leveransledtid än företagets totala genomloppstid, tvingas företaget att producera mot lager efter prognos. Marknadsavdelningen i företaget skapar därför försäljningsprognoser över ledtidsgapet. Eftersom prognoserna i någon grad är osäkra, innehåller de fel vilket leder till att störningar uppkommer på olika sätt. Då efterfrågan är lägre än förväntat byggs stora lager upp, medan brist-situationer kan uppstå om efterfrågan blir högre än man räknat med. För att undvika sena leveranser tvingas företaget ta till expressorder som prioriteras genom flödet. Det tar resurser från övrig produktion, som blir lidande och därmed försenas. Till slut tvingas företagsledningen inse att man inte hinner med tillverkningen under den angivna tidsperioden. De efterfrågar prognoser med ännu längre tidshorisont för att lösa problemet. Den längre tidshorisonten innebär i sin tur att prognosarbetet blir svårare och att fler störningar uppstår. Enligt Stalk & Hout (1990) är det enda sättet att bryta den onda cirkeln med planning loop att reducera ledtiderna. Suri (1998) benämner samma problemställning *response time spiral* och utökar samtidigt problemet till att gälla även företag som tillverkar eller konstruerar mot kundorder.

#### 4.2.5. Kapacitet

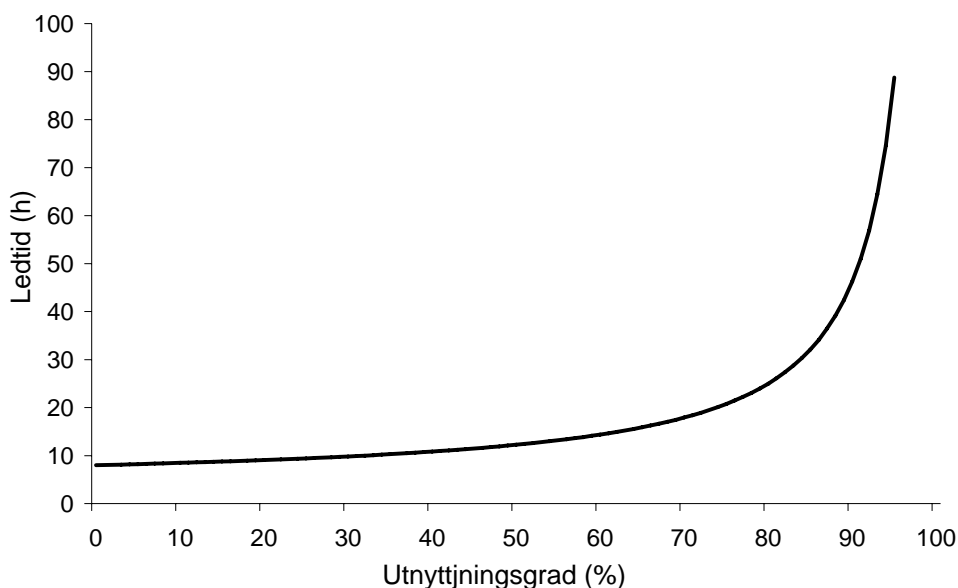
Kapaciteten i ett företags processer beror, enligt Aronsson m.fl. (2003), av hur mycket personal, byggnader, maskiner och andra resurser som finns tillgängliga. Det är viktigt att ha jämn kapacitet hela vägen från materialförsörjning, via produktion, till distribution, eftersom för hög kapacitet är kostsamt medan för låg kapacitet i någon process ger upphov till flaskhalsar och kan inverka negativt på leveransservicen.

Olhager (2000) tar upp två angreppssätt vid stora variationer i efterfrågan. Antingen är kapaciteten tillräckligt hög för att täcka all efterfrågan samma period den uppstår, eller så bygger man upp lager för framtida behov under perioder med lägre beläggning. Vid tillverkning mot kundorder kan lagertillverkning användas för standardiserade kompo-

nenter som ingår i flera slutprodukter. Slutsatsen av detta är att en investering, och därav kapitalbindning, i utökad kapacitet minskar kapitalbindningen i lager. Vid kapacitetsplanering görs avvägningar mellan lagerhållningskostnader och kostnader för att ändra produktionstakten.

För dyra maskiner finns ofta höga krav på högt kapacitetsutnyttjande och en sådan maskin kan enligt Olhager (2000) bli styrande i produktionsflöden, medan enklare maskiner tillåts vara underbelagda. Målsättningen med produktionssystemet är generellt att ha hög grad av kapacitetsutnyttjande, korta genomloppstider och hög flexibilitet (Olhager, 2000).

Enligt Suri (1998) finns det fördelar med att inte ha en för hög utnyttjningsgrad i maskiner. Han påpekar att varianser i ankomsttid till arbetsstationen och i bearbetningstiden påverkar produktionsledtiden negativt. Ju högre utnyttjningsgraden av en resurs är, desto känsligare blir den för störningar i form av hög varians eller avbrott för till exempel reparationer. Köer uppstår lättare vilket ger längre genomsnittliga ledtider. Gung & Stuedel (1999) styrker Suris åsikter och argumenterar för att anledningen till att ledtiden växer mot oändligheten då maskinen närmar sig maximalt utnyttjande, är att förluster som uppkommer inte kan återfås. Problemen förvärras av en högre varians i exempelvis operationstid eller ankomst av råvaror. Figur 4.15 visar en graf över utnyttjningsgradens effekt på produktionsledtiden vid ett medelvärde för bearbetning på 8 timmar.



**Figur 4.15 Utnyttjningsgradens effekt på ledtiden (Suri 1998).**

Suri (1998) menar att företag bör ha en utnyttjningsgrad på 80 procent eller till och med 70 procent på en kritisk resurs. Kostnaden för outnyttjad maskinkapacitet kompenseras då av kortare ledtider.

#### 4.2.6. Partiformning

De olika metoder som finns för partiformning kan enligt Mattsson & Jonsson (2003) delas in efter om behovstäckningstid respektive orderkvantitet är fast eller rörlig. Figur 4.16 visar indelningen av ett antal olika metoder.

Orderkvantitet	Fast	---	- Bedömd orderkvantitet - Ekonomisk orderkvantitet
	Varierande	- Enligt behov - Bedömd behovstäckningstid - Ekonomisk behovstäckningstid	-Dynamiska partiformningsmetoder
		Fast	Varierande
		Behovstäckningstid	

Figur 4.16 Indelning av partiformningsmetoder (Mattsson & Jonsson 2003).

Vid bedömd orderkvantitet baseras beslutet för lämplig kvantitet på erfarenheter och uppskattningar. Ekonomisk orderkvantitet (EOQ) räknas fram genom den så kallade Wilsonformeln och är den kvantitet som ger den lägsta totalkostnaden för lagerhållning och beordring (Olhager 2000):

$$EOQ = \sqrt{\frac{2KD}{H}}$$

K = ordersärkostnad/ställkostnad

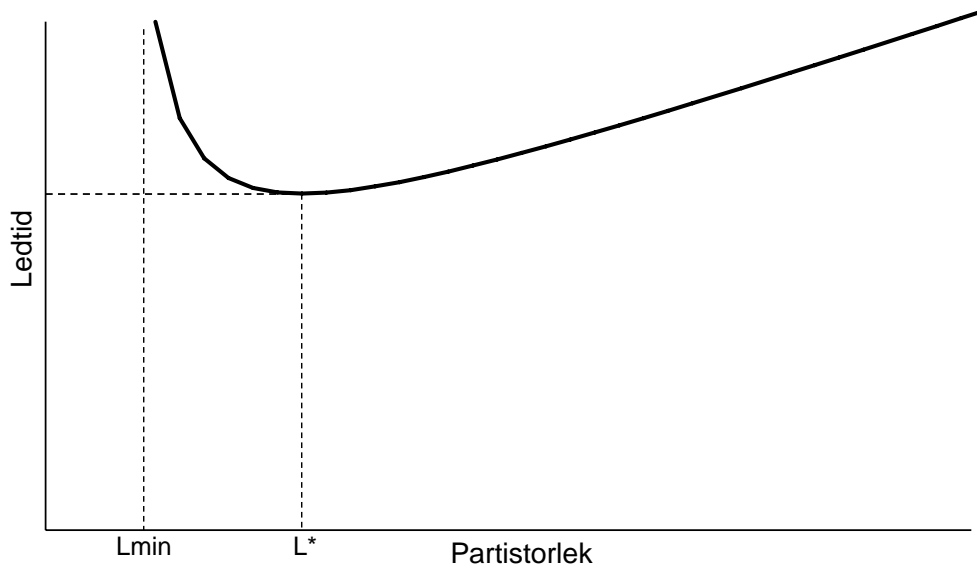
D = efterfrågan per tidsenhet

H = lagerhållningskostnad per tidsenhet

Den första metoden med fast behovstäckningstid är enligt behov eller *lot-for-lot*. Det är egentligen ingen partiformningsmetod, enligt Mattsson & Jonsson (2003), eftersom man skapar en order för varje behov och i den kvantitet som behövs. Metoden används vid kundstyrda materialflöden och Just-In-Time. Enligt behov har en fast behovstäckningstid på en period, där kvantiteten varierar med aktuellt behov.

Istället för att basera orderkvantiteten på en avvägning mellan ordersärkostnad och lagerkostnad, har Suri (1998) tagit fram en optimal partistorlek baserad på minimering av ledtiden. Formeln gäller tillverkningspartier och tar hänsyn till utnyttjningsgraden av kritiska resurser. Förhållandet mellan utnyttjningsgrad och partistorlek är omvänt proportionellt. Mycket stora tillverkningspartier gör att ställtiden mellan olika order blir försumbar medan små partier ger upphov till många ställ och ger en hög utnyttjningsgrad vid konstant produktionsvolym. Partistorleken kan minskas till en viss minimivå, då utnyttjningsgraden överskrider 100 procent och en mindre partistorlek inte

skulle vara praktiskt möjlig på grund av köbildning. Ledtiden i produktionen påverkas av utnyttjningsgraden (se avsnitt 4.2.5). Genom att kombinera detta med utnyttjningsgradens effekt på ledtiderna, har Suri (1998) räknat ut ett samband mellan partistorlek och produktionsledtid, vilket visas i Figur 4.17. Den optimala orderstorleken är utmärkt med  $L^*$  (L från *lot size*) och miniminivån för partistorleken med  $L_{min}$ .



**Figur 4.17** Partistorlekens effekt på ledtiden (Suri 1998).

Ledtiden i Figur 4.17 påverkas av variansen i ankomsttid och bearbetningstid, utnyttjningsgraden i maskinen samt ställtiden. För att reducera ledtiden måste ett företag, enligt Suri (1998), arbeta med förbättring av alla dessa faktorer samtidigt som partistorleken anpassas. Tendensen bland företag har, enligt författaren, varit att ha för stora partistorlekar, möjligtvis som följd av partiformning med ekonomisk orderkvantitet. När flera produkter tas med i bilden blir partiformningen mer komplex, eftersom partistorleken på en artikel påverkar ledtiden för andra artiklar.

### Överlappning av operationer

Ett sätt att reducera produktionsledtiden är att låta operationer överlappa. Det innebär att delkvantiteter av ett parti transporteras vidare till nästa operation innan hela partiet färdigbearbetats i den första operationen. Eftersom man inte behöver vänta på att hela partiet ska avslutas i en maskin, kan den totala ledtiden minskas.

### 4.2.7. Nyckeltal

Det är viktigt att produktiviteten i ett företag mäts av flera anledningar. Utan mått vet man inte hur bra processerna är, om de förbättras eller möter de utsatta målen, eller hur företaget står jämfört med konkurrenter. Enligt Christopher (1998) är det av stor vikt vilka mätetal som används eftersom det som mäts också målstyrs. Dessa områden kommer att få mest uppmärksamhet och därför måste de vara väl valda. Olhager (2004b) uttrycker samma sak i två principer som tydliggör hur viktigt det är att välja rätt nyckeltal för produktionen:

- Det går inte att styra något man inte mäter.
- Det man mäter uppmärksammas som viktigt, påverkar agerande och ger resultat.

Det som mäts ska, enligt Maskell (1991) vara direkt relaterat till produktionsstrategin och måtten ska främst vara icke-monetära. Prestationsmåtten ska vara lätta att förstå och använda. De ska ge snabb återkoppling från processerna och användas för att förbättra snarare än att övervaka produktionen. Måtten ska vidare anpassas till olika delar i företaget och ska kunna förändras med tiden utifrån ändrade förutsättningar.

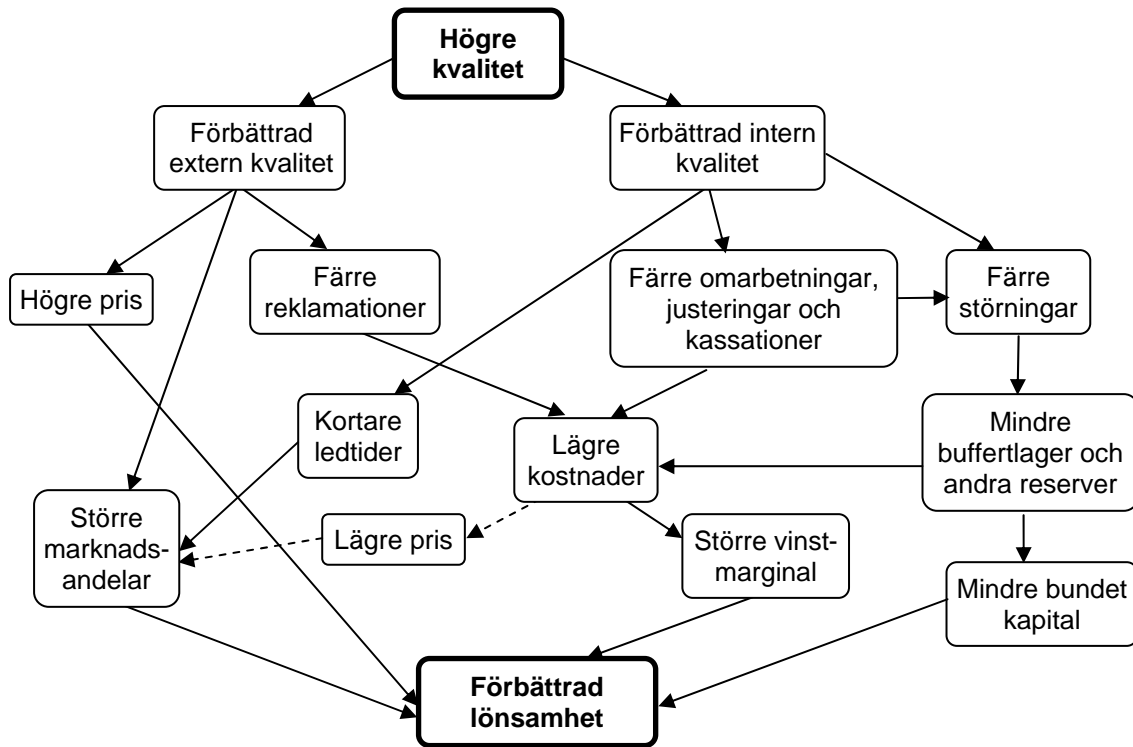
### **4.3. Produktionsfilosofier**

Det finns ett flertal produktionsfilosofier som har som mål att öka produktiviteten och minska kostnader inom produktionen, med hänsyn till nya marknads- och konkurrenskrav. Med den historiska utvecklingen i åtanke tar vi först upp Total Quality Management. Därefter följer Just-In-Time och lean manufacturing, där god kvalitet är en förutsättning för att kunna införa korta ledtider och en effektivare produktion. En vidareutveckling av dessa filosofier finns i Quick Response Manufacturing.

#### **4.3.1. Total Quality Management**

Total Quality Management (TQM) är en förändringsfilosofi som har till syfte att skapa kvalitet i företagets alla led. Bergman & Klefsjö (2002) översätter TQM med *offensiv kvalitetsutveckling* och menar med det att aktivt förebygga, förändra och förbättra istället för att kontrollera och reparera. Vidare är kvalitetsarbetet en ständigt pågående utveckling och inte ett tillfälligt projekt.

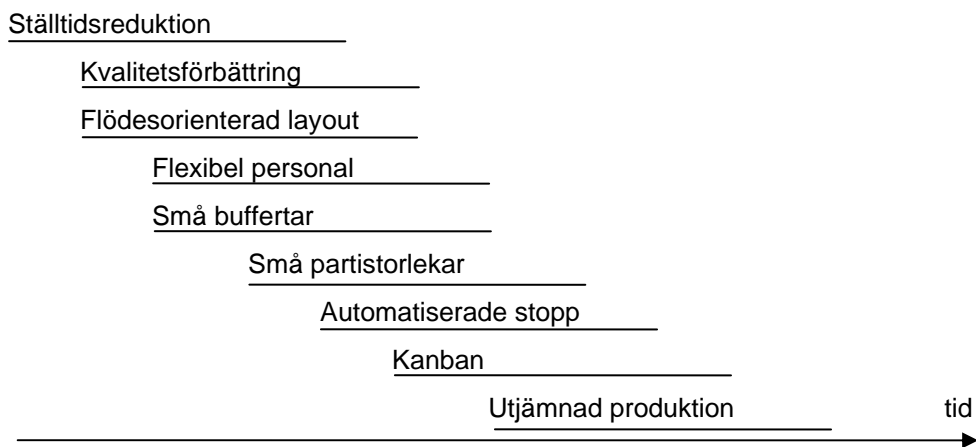
Enligt Bergman & Klefsjö (2002) är variation en viktig orsak till kvalitetsproblem. Utan variationer blir processen mer kostnadseffektiv och lättare att styra. Hög kvalitet behöver därmed, enligt TQM-filosofin, inte innebära högre kostnader, utan kan istället resultera i förbättrad lönsamhet. Kvalitetsutvecklingens grundregel är, enligt Bergman & Klefsjö (2002), att det alltid finns ett sätt att åstadkomma högre kvalitet till en lägre kostnad. Sambanden mellan kvalitet och lönsamhet illustreras i Figur 4.18.



Figur 4.18 Samband mellan högre kvalitet och förbättrad lönsamhet (Bergman & Klefsjö 2002).

### 4.3.2. Just-In-Time

Just-In-Time (JIT) innebär att rätt antal av rätt artikel är färdiga just när de behövs. Detta ger lägre PIA vilket, förutom lägre kapitalbindning och minskad hantering, lyfter fram problem i produktionssystemet (se avsnitt 4.4.1). För att JIT-produktion ska fungera väl ställs ett antal krav på det tillverkande företaget. Olhager (2000) tar upp korta ställtider, små partistorlekar, korta ledtider, flödesorienterat produktionssystem, flexibel personal och decentraliserat kvalitetsarbete. Figur 4.19 visar den naturliga sekvensen i en implementeringsplan av JIT.



Figur 4.19 Implementeringsplan för JIT (Olhager 2000).

En viktig förutsättning är arbetet med ständiga förbättringar. JIT kan därför sägas bygga på TQM genom att lägga till de element som syftar till att skapa korta och framför allt säkra leveransledtider. Enligt Olhager (2000) bör efterfrågan för JIT-produktion vara hög och jämn, så att tillverkningen kan ske repetitivt och med täta intervall. Dessutom bör produkterna vara tämligen standardiserade och layouten flödesorienterad. Även Suri (1998) argumenterar för att JIT lämpar sig bäst för produkter med hög volym och stabil efterfrågan.

### **Nackdelar med Just-In-Time**

Suri (1998) identifierar problemen för JIT med många små buffertar i produktionen, och anser att JIT har ett fundamentalt fel i principen ”sälj en, tillverka en”. Principen bygger på antagandet att det alltid finns en enhet tillgänglig i varje steg i försörjningskedjan. För företag som tillverkar kundanpassade produkter, innebär det att JIT inte är möjligt att implementera.

Womack & Jones (2003) nämner att den vanligaste orsaken till misslyckade implementeringar av JIT beror på att leverantörerna tvingas hålla lager, istället för det inköpande företaget. Ett annat problem med JIT är att upp- och nedtaktning av produktionen sker långsamt. Det beror på att information om efterfrågevariationer måste passera varje steg i försörjningskedjan, istället för att alla steg får informationen direkt.

### **4.3.3. Lean Manufacturing**

Konceptet med *lean manufacturing* har sin utgångspunkt i att minska resursförbrukningen på alla områden vid tillverkning av produkter. Alla onödiga aktiviteter ska elimineras genom användandet av till exempel Just-In-Time-leveranser, TQM eller parallellisering av arbete (Kidd 1994). Eftersom JIT är en central del i lean manufacturing, ställs samma krav för att lean manufacturing ska fungera väl som för JIT.

En kritisk startpunkt för lean manufacturing är, enligt Womack & Jones (2003), att definiera kundvärde. Det är viktigt att kundvärdet definieras utifrån slutkundens perspektiv och inte efter vad producenten tror att kunden efterfrågar. Som exempel nämner Womack & Jones (2003) hur företag tillverkar onödigt avancerade produkter med sofistikerad produktionsteknologi, med förvändningen att sådana lösningar kommer att efterfrågas framöver. Dessa produkter blir emellertid ofta för dyra och ger inget upplevt mervärde för slutkunden.

Det finns många olika processer i ett företag och nästa steg är att identifiera vilka processer som ingår i värdekedjan och om de är värdeskapande eller inte. Detta kallas processflödesanalys (se avsnitt 4.1.3), enligt Olhager (2000).

Det tredje steget i arbetet med lean manufacturing ställer, enligt Womack & Jones (2003), krav på ett helt nytt tankesätt. Normalt organiseras aktiviteter i tillverkningsprocessen efter funktion eller avdelning. Det bygger på uppfattningen att det mest effektiva sättet att producera är att genomföra alla liknande aktiviteter samtidigt och i stora partier. Författarna menar att en flödesorienterad produktion är mycket mera

effektiv. Aktiviteterna ska, istället för att vara organiserade efter avdelning eller funktion, organiseras efter produktionsflödet och produktorienterade lag.

Nästa steg är, enligt Womack & Jones (2003), att materialförsörjningen ska vara behovsbaserad. Genom att låta slutkundens efterfrågan skapa ett behovssug (pull) genom försörjningskedjan, undviks många problem genom att endast det som kunden faktiskt efterfrågar produceras. En viktig förutsättning för att behovsbaserad materialförsörjning ska fungera, är en mycket jämn efterfrågan. Det finns därför alltid en strävan efter att eliminera variationer. Monden (1998) menar att en efterfrågebaserad taktid kan användas samt att efterfrågan kan utjämnas genom att bearbeta marknaden.

Det femte och sista steget, som Womack & Jones (2003) tar upp, bygger på det faktum att de tidigare principerna samverkar med varandra. Genom att arbeta med en princip framträder brister som tidigare varit svåra att upptäcka. Arbetet med att skapa ett bättre flöde kan till exempel få tidigare dolda slöserier att framträda. Resultatet av samspelet mellan principerna är att arbetet med lean manufacturing aldrig tar slut, utan är en fortgående process mot perfektion (Womack & Jones 1996).

#### **4.3.4. Quick Response Manufacturing**

Tid är, enligt Stalk & Hout (1990), ett enkelt och tydligt måttetal för alla i en organisation. Det kan ibland vara ett viktigare mått än pengar, och sett som strategiskt vapen är tid likvärdigt med pengar, produktivitet, kvalitet och innovation. Tidens betydelse för konkurrenskraften har gett upphov till produktionsfilosofin Time Based Competition (TBC), som går ut på att företag erbjuder bredare produkt- eller serviceutbud till lägre kostnad och på kortare tid (Stalk & Hout 1990). Quick Response Manufacturing (QRM) har sedan utvecklats ur TBC och är en produktionsfilosofi för att reducera ledtider inom hela verksamheten. Medan TBC kan tillämpas av alla typer av företag, har QRM fokus på tillverkande företag och lämpar sig främst vid produktion i små volymer med hög grad av kund Anpassning (Suri 1998).

Suri (1998) tar upp tio grundläggande principer för QRM. Han menar att dessa ofta strider mot de traditionella tankesätten inom industrin.

1. Man måste inte jobba hårdare och längre för att reducera ledtiden. Detta kan istället åstadkommas genom att arbeta på ett helt nytt sätt med fokus på ledtidsreduktion.
2. Produkter tillverkas inte snabbare genom maximalt kapacitetsutnyttjande, utan en kritisk resurs bör köras på 80 eller 70 procent av sin kapacitet.
3. Företaget ska fokusera på mätning och reduktion av ledtider. Istället för ökad effektivitet i produktionen ska det styrande nyckeltalet vara ledtid.
4. Det är viktigare att minska ledtider än att arbeta med att nå högre leveransprecision.
5. MRP-system ska användas till att koordinera material. Organisationen ska omorganiseras i produktorienterade celler och materialet styrs av ett system som kombinerar push och pull.



6. Istället för att beställa stora partier från leverantörer, ska dessa motiveras att implementera QRM. Detta ska resultera i mindre partier till lägre kostnad, bättre kvalitet och kortare ledtider.
7. Istället för att uppmuntra kunderna att köpa i stora volymer, ska dessa informeras om QRM och fördelarna med att köpa produkter i mindre partier.
8. QRM implementeras genom att forma arbetslag tvärs över avdelningar i hela företaget, inte inom varje funktion som fallet är i till exempel TQM.
9. Målet med QRM är inte att kunna ta ut högre priser av kunderna, utan att skapa ett konkurrenskraftigt företag med en säker framtid.
10. Det krävs inga stora investeringar i teknologi för att implementera QRM. Svårigheten ligger i att komma över gamla övertygelser och tänka på ett helt nytt sätt. CAD/CAM och andra datorhjälpmedel kan hjälpa till att reducera ledtider, men först måste verksamhetens arbetssätt förändras.

QRM liknar lean manufacturing i arbetet med att eliminera slöseri. Suri (1998) pekar dock på vissa skillnader i vad som räknas som slöseri. Båda filosofierna menar att konsekvenser av dålig kvalitet i omarbete och kasserat material är slöseri. QRM tar även upp tidsförlusterna som följer i form av omplanering av order som försenats på grund av omarbete, övertid som läggs in för att få klart försenade order, tid till att lösa konflikter mellan sena order som ska genom samma resurser, och tid att ta hand om kunder som inte får sina order levererade i tid.

#### **4.4. Samband mellan kostnader och service**

Inom logistiken har många författare presenterat modeller som beskriver sambandet mellan kostnader och servicenivå. Aronsson m.fl. (2003) presenterar en modell där kostnaderna för lagerföring, lagerhållning/-hantering, transport, administration och övrigt ingår. Enligt modellen kommer en kostnadsänkning inom ett område att innebära en kostnadsökning inom ett annat. Det uppstår en avvägning, eller *trade-off*, mellan olika kostnader och svårigheten ligger i att hitta den kombination som ger lägst totalkostnad.

##### **4.4.1. Lager**

Det finns många anledningar till att ha lager, men de två huvudsakliga skälen är kostnader eller service, enligt Aronson m.fl. (2003). Generellt kan man säga att alla lager har en frikopplande funktion mellan olika flöden i företaget. Även PIA (produkter i arbete) är en typ av lager. Det omfattar, enligt Olhager (2000), alla artiklar där bearbetning har påbörjats men där slutprodukten ännu inte är färdig. PIA kan räknas ut med Littles formel (Suri 1998):

$$PIA = \text{produktionstakt} \times \text{genomloppstid}$$

##### **Kostnader för lager**

Aronsson m.fl. (2003) delar in kostnaderna för lager i *lagerföringskostnader* och *lagerhållningskostnader* eller *hanteringskostnader*. Kostnaderna för lagerföring är kapitalbindning i varorna samt riskkostnader i form av inkurans, kassation, svinn och försäkringar. Kapitalkostnaderna baseras på en av företaget fastställd kalkylränta.

Kalkylräntan motsvarar, enligt Aronsson m.fl. (2003), företagets bästa förräntningsalternativ eller förräntningskrav på investeringar. Övriga kostnader för lokaler, personal och transporter räknas som lagerhållnings- eller hanteringskostnader.

Kostnaden per lagerartikel bestäms som en lagerränta, multiplicerad med artikelns värde (Mattsson & Jonsson 2003). Lagervärdet varierar med inleveranser och uttag. Lagerräntan beräknas därför utifrån värdet på medellagret. Med beteckningar enligt Aronsson m.fl. (2003) blir formeln för uträkningen:

$$\text{lagerränta, } r (\%) = \text{kalkylränta } (\%) + \frac{\sum \text{riskkostnad} / \text{år}}{\text{medellagervärde}} \times 100$$

$$\text{kalkylränta } (\%) = \frac{\text{kapitalkostnad} / \text{år}}{\text{medellagervärde}} \times 100$$

Medellagervärdet är produktvärdet multiplicerat med medellagernivån. Vid en jämn efterfrågetakt kan medellagernivån lätt räknas ut som summan av säkerhetslagret och halva orderkvantiteten, men vid en varierande efterfrågan får man använda sig av uppmätta värden på lagernivån under en tid bakåt (Aronsson m.fl. 2003). Medelvärdet på PIA beräknas enligt (Aronsson m.fl. 2003):

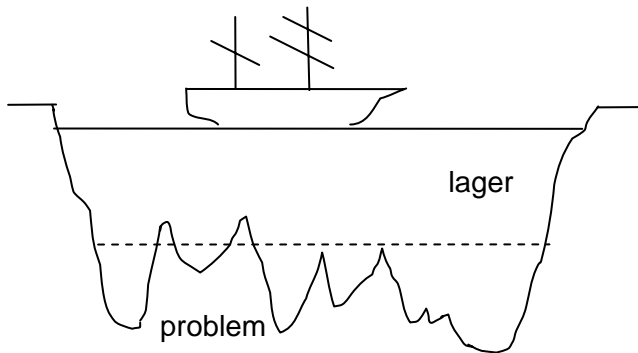
$$\begin{aligned} \text{medel-PIA-värde} &= p_m \times \text{medel-PIA-nivå} = \\ &= p_m \times \text{produktionstakt} \times \text{ledtid} \end{aligned}$$

Produktvärdet approximeras med medelvärdet  $p_m$ , eftersom produkten ökar i värde efter varje förädlingssteg:

$$p_m = \frac{p_{in} + p_{ut}}{2}$$

### Nackdelar med lager

Nackdelarna med att ha höga lagernivåer är inte bara kostnadmässiga. En annan följd av stora lagervolymer inom produktionen, som tas upp av Aronsson m.fl. (2003), är att de kan dölja andra problem. Det kallas allmänt för "den japanska sjön", där problemen symboliseras av klippor på botten av en sjö och lagernivåerna av vattnet, se Figur 4.20. Då vattenståndet är högt syns inte klipporna, men om nivån sjunker kommer de upp till ytan. På samma sätt kan ett företag identifiera och bli tvunget att lösa problem som tidigare dolts av höga buffertar och lager. Problemen kan till exempel röra kvalitet, personal eller maskiner. Christopher (1998) tar även upp variationer i efterfrågan, osäkra prognoser, opålitliga leverantörer och flaskhalsar som problem, vilka kan döljas av lager.



Figur 4.20 Den japanska sjön (Christopher 1998, modifierad).

#### 4.4.2. Leveransservice

Leveransservice kan enligt Aronsson m.fl. (2003) anses vara en del av det vidare begreppet kundservice. Kundservice innefattar alla aktiviteter som sker i interaktion med kunder, både före, under och efter leveransen. Begreppet leveransservice kan då sägas vara de delar som fokuserar på själva leveransen. Det vill säga: Kan man hålla den leveranstid som utlovats och levereras rätt produkter, i rätt antal och till rätt adress? Kan efterfrågad ledtid erbjudas till kunden? Och om fel inträffar, får kunden fortlöpande och korrekt information och klarar företaget av att anpassa sig till ändrade förhållanden?

Även om Aronssons m.fl. (2003) syn på leveransservice behandlar kundrelationer kan begreppet leveransservice också användas internt. Interaktionen är då inte mellan leverantör och kund, utan mellan olika avdelningar eller personer inom företaget.

#### Leveransprecision

Begreppet leveransprecision avser, enligt Mattsson & Jonsson (2003), i vilken utsträckning leverans sker enligt de överenskommelser som gjorts med kunden. Leveransprecisionen kan bland annat mätas som antal verkliga leveranser i förhållande till antal lovade leveranser eller antal försenade leveranser i förhållande till totalt antal. Vidare definierar Mattsson & Jonsson (2003) leveranssäkerhet som ett mått på förmågan att kunna leverera rätt produkt i rätt volym. Leveranssäkerheten kan mätas som antal kundorder utan anmärkning från kund i förhållande till totalt antal levererade kundorder.

#### Ledtid

Ledtid är ett begrepp som används många olika sammanhang och med delvis olika innebörd. Olhager (2000) definierar tre olika typfall: produktutvecklingsledtid, leveransledtid och genomloppstid. Produktutvecklingsledtiden är tiden från upptäckten av ett behov för en ny produkt, till dess att produkten lanseras i produktionsmässigt skick. Denna ledtid brukar också kallas Time-To-Market (TTM). Leveransledtid är tiden från beställning till leverans av en order. Leveransledtid mäts ur kundens synvinkel och svarar mot det tillverkande företagens Time-To-Consumer (TTC). Genomloppstiden är den totala tid det tar för en produkt att passera hela flödet. Aronsson m.fl. (2003) be-

nämner skillnaden mellan genomloppstiden och leveransledtiden ledtidsgap (se avsnitt 4.2.1). Ett företag som enbart producerar mot kundorder saknar således ledtidsgap.

Vidare kan den totala genomloppstiden delas upp i *passiv* tid och *aktiv* tid. Aktiv tid är den tid då någon form av aktivitet utförs, till exempel bearbetning eller transport. Resten av tiden är passiv. Exempel på passiv tid är då produkter ligger i buffert före en maskin eller ärenden som väntar på att behandlas. Enligt Aronsson m.fl. (2003) är det inte ovanligt att så mycket som 99 procent av den totala tiden är passiv tid.

### **Flexibilitet**

I dagens hårda konkurrens har förmågan att anpassa sig till kundens krav blivit kritisk (Christopher 2003). Kunderna efterfrågar inte bara kortare ledtider utan också större flexibilitet och helhetslösningar. Inom litteraturen förekommer många olika definitioner på flexibilitet för ett företag. Olhager (1996) använder följande definition av flexibilitet: "förmåga att anpassa sig till förändrade eller nya förhållanden snabbt och kostnadseffektivt". Flexibilitet kommer inte gratis och priset kan till exempel ligga i högre tillverkningskostnad per enhet eller i högre investeringskostnader. Men flexibiliteten påverkar inte bara kostnadssidan utan kan även påverka ett företags intäkter, till exempel genom att anpassning till kunders önskemål ger högre konkurrensförmåga (Mattsson & Jonsson 2003).

Enligt Grubbström & Olhager (1997) delas begreppet flexibilitet vanligen upp i tre delar: produktmix-, volym- samt designflexibilitet. Produktmixflexibilitet anger förmågan att ändra mixen av produkter och dess produktionskvantiteter under förutsättning att total efterfrågevolymer är konstant. Volymflexibilitet anger förmågan att snabbt kunna öka produktionsvolymerna i företaget. Designflexibilitet anger förmågan att integrera nya produkter och teknologi i produkten eller produktionssystemet och är viktig för att skapa volym- och produktmixflexibilitet på längre sikt.

För att kunna ha en hög volym- eller produktmixflexibilitet måste de rätta förutsättningarna för produktionssystemets flexibilitet skapas. En viktig del i produktionssystemets utformande är den fysiska layouten. Layouten påverkar materialflödet och fortfarande anses den traditionella layouten med funktionell verkstad skapa den största produktmixflexibiliteten (Olhager 1996). Enligt Mattsson & Jonsson (2003) är de faktorer som främst påverkar produktmixflexibiliteten leveransledtiden för köpartiklar, genomloppstider, partistorlekar samt informationstillgång. För volymflexibiliteten är det främst utnyttjningsgraden som påverkar. En låg utnyttjningsgrad ger större möjligheter att temporärt öka producerad volym. Olhager (1996) har samma uppfattning och menar att de produktionsstyrningsbeslut som påverkar flexibiliteten bland annat är partiformning, ledtid, och informationssystem.

Små partistorlekar ger ofta jämnare materialflöde och kortare ledtider, samtidigt som belägningsgraden blir högre, enligt Olhager (1996). Små partistorlekar ger således hög produktmixflexibilitet på bekostnad av lägre volymflexibilitet. Stora partier ger istället möjlighet till ökad produktionsvolym, men också ökad risk för omfattande kösituationer. En kort ledtid är fördelaktig för både produktmix- och volymflexibilitet.

Korta ledtider ger ökad möjlighet till att en volymändring snabbt kan slå igenom, samtidigt som omställning mellan produkter och produktvarianter går snabbare.

Ställtidsreduktion är, enligt Olhager (1996), ett sätt att öka både produktmix- och volymflexibiliteten. Kortare ställtider gör att den tillgängliga produktionskapaciteten blir högre (volymflexibilitet) samt att möjligheterna att ofta byta mellan produkter ökar (produktmixflexibilitet). Genom att till exempel standardisera mått och dimensioner på verktyg och fixturer, kan omställningsarbetet underlättas och ställtiden förkortas.

Enligt Olhager (1996) är informationssystemet av betydelse främst för volymflexibiliteten och dess koppling till kapacitetsutnyttjandet, eftersom volymflexibiliteten främst beror på kapacitetsslacket. Det innebär att man måste ha rätt information om det faktiska kapacitetsutnyttjandet. Det är också en fördel om man så sent som möjligt kan bestämma inom vilken produktionsgrupp en produkt ska bearbetas. Informationssystemet är således ett instrument för att åstadkomma rätt produktmix- och volymflexibilitet gentemot kunderna.

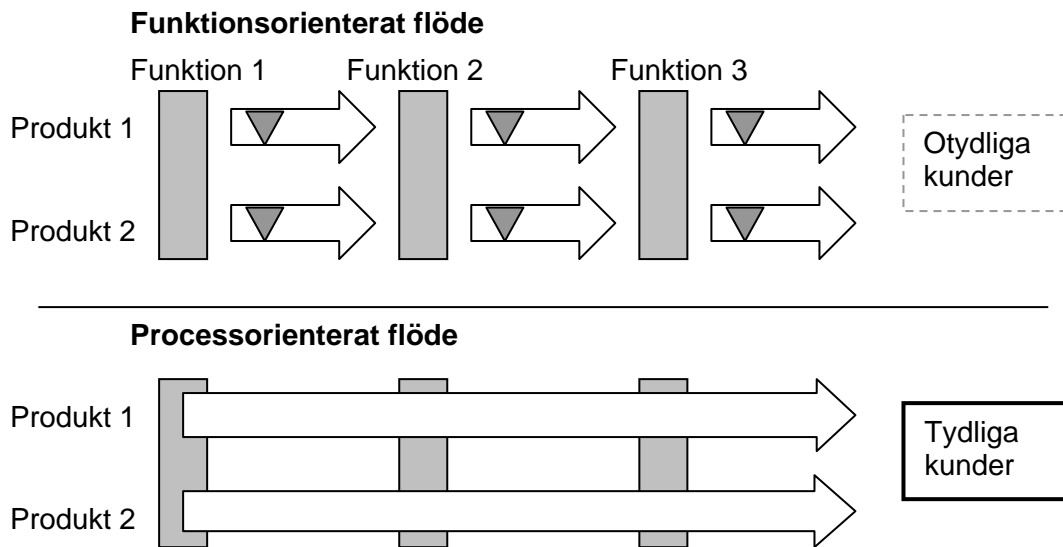
Som vi skrev tidigare är flexibilitet alltid associerat med en kostnad. Stalk & Hout (1990) beskriver hur produktionskostnaden kan delas upp i två delar. En del som beror av volym och en del som beror av produktmix. Enligt Stalk & Hout (1990) minskar de volymrelaterade kostnaderna vanligtvis med 15 till 25 procent per enhet för varje fördubbling i tillverkningsvolym. Kostnaderna för produktmix ökar däremot med 20 till 30 procent per enhet för varje fördubbling av antal olika produkter beroende på att kostnaderna för ställtid, lager och avskrivningskostnader stiger.

### **Information**

Enligt Aronsson m.fl. (2003) blir informationsutbytet viktigare allt eftersom ledtidskraven ökar. Det blir viktigare att tidigt få information om förändringar, så att verksamheten kan planeras med bättre framförhållning. Informationsutbytet påverkas dock av en rad faktorer, exempelvis företagskultur, organisation och affärssystem.

Ett företag kan, enligt Aronsson m.fl. (2003), vara organiserat efter funktion eller processer. I en funktionsorienterad organisation går ordern och produkten från avdelning till avdelning utan att dessa har något närmare samarbete, se Figur 4.21. Ett planeringssystem ser till att produkten kommer till kunden i rätt tid och mellan olika funktioner finns mellanlager. Slutkunden blir på det sättet osynlig för de flesta i företaget. Nackdelarna med funktionsindelning är bland annat att (Aronsson m.fl. 2003):

- Problem har en tendens att adderas i slutändan, till exempel genom att varje funktion har sina egna säkerhetslager för att kompensera mot störningar.
- Ingen är ansvarig för helheten, vilket gör att information kan glömmas bort eller misstolkas.
- Ett revirtänkande kan uppstå där optimeringen av den egna avdelningen går före det som är bäst för hela företaget.



Figur 4.21 Funktions- och processorientering (Aronsson m.fl. 2003, modifierad).

I ett processorienterat företag arbetar personal från olika funktioner med flödet för en speciell produkt eller kund. Man försöker då, enligt Aronsson m.fl. (2003), optimera dessa flöden eller processer istället för de enskilda funktionerna. Till skillnad från funktionsorienteringen är kunden synlig i alla flöden och man får en bättre helhetssyn. Undersökningar har visat att ledtiderna kan sänkas med över 40 procent samtidigt som produktivitet och vinstmarginaler stiger, genom en ökad processorientering (Aronsson m.fl. 2003). Det kan dock vara svårt att behandla ett mycket stort antal kunder eller produkter på ett unikt sätt, och målet är att hitta lämpliga avvägningar mellan funktions- och processtänkande.

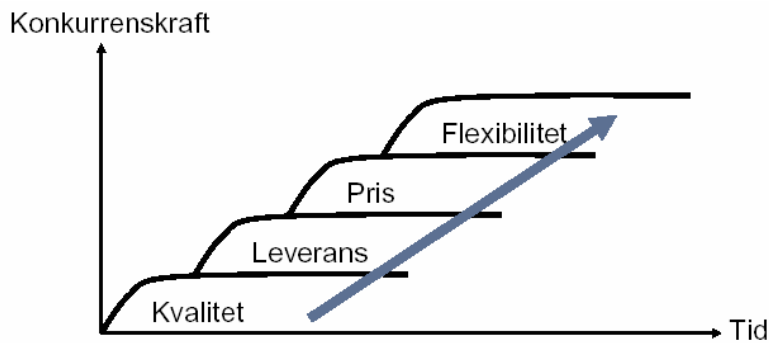
Processorientering ökar genomskinligheten i flödet, det vill säga att kundbehovet syns redan tidigt i produktionsprocessen. Enligt Christopher (2003) ökar detta tillförlitligheten i produktionen. Han menar att den största anledningen till att ha säkerhetslager är att gardera sig mot osäkerhet. Det gör att ett processtänkande, genom att öka produktionens tillförlitlighet, kan minska behovet av säkerhetslager.

#### 4.4.3. Trade-off-teori

Inom produktionslitteraturen förekommer liknande teorier som de som syftar till att beskriva sambanden mellan kostnader och service inom logistikområdet. 1984 föreslog Hayes & Wheelwright att ett företag konkurrerar genom att vara framstående inom ett eller flera av områdena kvalitet, kostnad, tid och flexibilitet. Det går emot de antaganden som Skinner publicerade 1969, om att förbättringar inom ett område alltid sker på bekostnad av andra områden (Mapes m.fl. 1992). Till exempel skulle en förlängning av ledtider kunna ge högre leveransprecision, genom att företaget får möjlighet att planera sin verksamhet bättre. Det blir då inte möjligt att samtidigt optimera alla dessa områden.

Åsikterna angående trade-off-teorin går isär även inom produktionsområdet. Ferdows & De Meyer (1990) har tagit fram en flerstegsmodell som beskriver hur konkurrenskraft för produktionens fyra attribut kan öka samtidigt. Modellen som kallas den

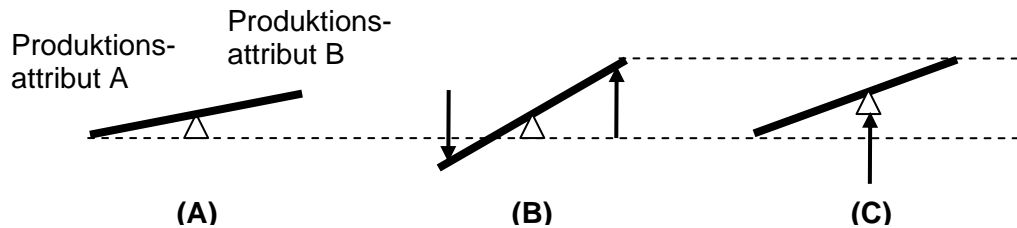
ackumulerande modellen (eller *Sandcone model*) tar upp hur ett företags konkurrenskraft inom produktionen byggs upp. Figur 4.22 visar den logiska sekvensen för förbättringsarbetet. Ferdows & De Meyer (1990) menar att konkurrenskraft inom området kvalitet är en grundförutsättning för att kunna uppnå konkurrenskraft inom områdena tid, kostnad och flexibilitet. Hayes & Pisano (1994) har tagit fasta på Ferdows & De Meyers modell och anser att den framgång som många företag upplevt, genom införandet av till exempel lean manufacturing, visar att den ackumulerande modellen stämmer.



**Figur 4.22 Den ackumulerande modellen (Olhager 2004a).**

Dock kan logiken ifrågasättas i resonemanget med att ingen trade-off uppstår. Szwejczewski m.fl. (1997) menar att utan trade-off skulle producenterna, genom att bli framstående inom ett område även kunna bli det inom ett annat. Världsledande företag skulle ha möjlighet att utklassa alla andra företag inom alla områden. Som en följd av detta skulle det alltså kunna finnas en generell produktionsstrategi för att bli världsledande, som alla företag kunde följa. Studier gjorda av Szwejczewski m.fl. (1997) visar att det, även om framgångsrika företag inom ett område brukar vara framgångsrika inom andra områden, finns bevis för att en bred produktmix tenderar att skapa högre kostnader, längre ledtider och sämre leveransprecision. Författarna antyder samtidigt att de negativa effekterna med en bred produktmix kan elimineras i framtiden genom att designa fokuserade tillverkningsceller.

Gunasekaran (2001) anser att trade-off-teorin är mer dynamisk. Dynamiken kan illustreras som en gungbräda. Så länge jämviktpunkten för gungbrädan anses fast överensstämmer problemet med trade-off-teorin. Gunasekaran (2001) anser dock att jämviktpunkten inte är fast utan kan förflyttas på lång sikt. Som exempel nämns ett företag som vill förbättra lagertillgängligheten. För att höja lagertillgängligheten kan företaget arbeta på olika sätt. Det kan åstadkomma en snabb ökning i lagertillgängligheten genom att höja lagernivåerna. Därmed uppkommer en avvägning mellan lagerråhållningskostnad och servicenivå, vilket ses vid (B) i Figur 4.23. Företaget kan också arbeta med att sänka variationen i ledtid eller efterfrågan och på så sätt höja lagertillgängligheten, samtidigt som samma lagernivåer behålls. Detta illustreras i Figur 4.31 (C) genom att jämviktpunkten förflyttas uppåt.



Figur 4.23 Dynamisk trade-off-modell (Gunasekaran 2001, modifierad).

#### 4.5. Syntes

På senare tid har fokus på en snabb och flexibel produktion ökat inom den tillverkande industrin, vilket bland annat Aronsson m.fl. (2003) och Christopher (2004) uppmärksammat. Trenden kan också ses i utvecklingen av nya produktionsfilosofier som JIT, QRM och agile manufacturing. De grundläggande koncepten är korta ledtider, god kvalitet och hög kundanpassning, samtidigt som kostnaderna pressas. Konkurrensen är hårdare och produktlivscyklerna kortare, vilket har gjort att leveransservice har blivit en viktig ordervinnare. Det gäller att ha korta ledtider både vid framtagning av nya produkter och vid leverans till kunderna.

Korta ledtider har, som vi tidigare sett, även fördelar internt i produktionen. Dels blir PIA och lagernivåer lägre om genomloppstiden förkortas. Det reducerar kapitalbindningen i material och lagerhållningskostnaderna. Dels minskar variationer och störningar orsakade av oförutsedda förändringar. Det så kallade ledtidsgapet, då tillverkningen sker mot prognoser, minskar och med det riskerna för brister respektive lageruppbyggnad vid en missbedömd försäljningsvolym. Stalk & Hout (1990) och Suri (1998) har båda beskrivit de onda cirklar som kan uppstå vid långa ledtider och osäkra prognoser i planning loop respektive response time spiral.

För att kunna erbjuda korta leveransledtider med hög precision och samtidigt kundanpassa produkten till en låg kostnad, kan kvalitet ses som en grundförutsättning (Ferdows & De Meyer 1990). Det gäller inte bara kvaliteten i slutprodukten, utan även i produktionsprocessen. Kvalitetsbrister inom produktionen leder till kassationer och omarbeten. Traditionellt har strategin varit att kompensera detta med säkerhetslager och extra långa ledtider, vilket har dolt problemen snarare än löst dem. Med fokus på leveransservice måste företaget istället arbeta för att nå en genomgående hög och jämn kvalitet.

Flexibilitet har blivit ett allt viktigare konkurrensmedel enligt många, bland annat Christopher (2003), Mattsson & Jonsson (2003) och Olhager (2000). En flexibel produktion kan lättare och snabbare anpassa sig till kraven på högre kundanpassning vad gäller utformningen av produkten, men även volym och ledtider. Hög kundanpassning gör det svårare och dyrare att bygga lager, men som vi sett tidigare är lageruppbyggnad oftast inte önskvärd. Det kan, som i liknelsen med den japanska sjön, dölja andra problem i produktionen.



Kundanpassning och flexibilitet har båda utgångspunkt i en mer kundfokuserad produktion. Målet är att efterfrågan på marknaden ska styra vad som ska tillverkas när och i vilka volymer. En fördel med kundorderstyrning är att slutkunden blir synlig genom hela förädlingsprocessen. Det underlättas av ett flödesorienterat tänkande, som ger en ökad helhetssyn över produktionsstegen. Enligt Aronsson m.fl. (2003) kan det bidra till kortare ledtider och ökad produktivitet.

Som vi tidigare nämnt, minskar ledtidsgapet ju längre bakåt i flödet kundorderpunkten flyttas. En tidig kundorderpunkt gör det lättare att anpassa produkterna efter specifika behov och sänker kraven på prognoser. Det kräver dock att genomloppstiden i produktionen minskar, om man inte samtidigt ska öka leveransledtiden. Det innebär också en högre störningskänslighet genom att antalet säkerhetsbuffertar minskar. Mattsson & Jonsson (2003) anser att kundorderstyrning inte är lämpligt då materialbehovet är svårt att förutse.

Sammanfattningsvis är trenden på marknaden att kraven på en flexibel produktion med korta ledtider ökar. Det förra talar för en tidig kundorderpunkt medan det senare kan vara lättare att uppnå med lagerproduktion. Man kan därför sällan att säga att en produktleveransstrategi alltid är bättre än en annan, utan det beror bland annat på vilka produkter och kunder företaget har. Ofta måste avvägningar, så kallade trade-offs, göras för att nå lägsta möjliga totalkostnad.

Det finns emellertid teorier som menar att man kan förbättra sig på alla områden och på så vis reducera de totala kostnaderna. TQM bygger på att högre kvalitet ger lägre kostnader. Lean manufacturing tar upp hur en reduktion av slöseri i form av bland annat kassationer, överproduktion och långa ledtider ger lägre totalkostnad samtidigt som leveransprecision ökar och ledtider minskar. På samma sätt utgår QRM från att kortare ledtider och mindre partistorlekar ger lägre lager och kostnader samtidigt som konkurrensfördelar uppnås. Många av dessa filosofier menar att det största hindret att överkomma, i arbetet med att förbättra verksamheten, helt enkelt är gamla invanda tankesätt om lageruppbyggnad och kapacitetsutnyttjande.



# Kapitel 5

## UPPGIFTSPRECISERING

---



### **5.1. Uppgiftsprecisering**

I motsats till vad de senaste årens trend har indikerat, är det inte alltid bättre att övergå till en högre grad av kundorderstyrning. Valet av produktleveransstrategi måste vara baserat på företagets interna och externa förutsättningar. Enligt Olhager (2003) påverkas strategin bland annat av marknads-, produkt- och produktionskaraktistika. Marknadens krav på leveransledtid tillsammans med produktionsledtiden sätter till exempel gränsen för hur långt bak i flödet kundorderpunkten kan placeras. Kvoten mellan dessa två ledtider, den så kallade P/L-kvoten, har en nyckelroll i kundorderpunktens placering. Även variansen i efterfrågan och flexibiliteten inom produktionen är viktiga faktorer som påverkar vilken produktleveransstrategi som passar företaget bäst.

I vårt studerade system är det endast produktionsledtiden som är påverkbar av den totala genomloppstiden. Hur hög grad av kundorderstyrning som är möjlig för Johnson Pump begränsas därför av hur mycket produktionsledtiden kan reduceras. Kortare ledtider har, som vi tidigare sett, även fördelar internt i produktionen. Dels blir PIA och lagernivåer lägre, vilket reducerar lagerhållningskostnader och kapitalbindning i material. Dels minskar risken för variationer och störningar. Det så kallade ledtidsgapet, då tillverkningen sker mot prognoser, blir kortare och med det minskar riskerna för brister respektive lageruppbyggnad vid en felaktig försäljningsprognos. Stalk & Hout (1990) och Suri (1998) har båda beskrivit de onda cirkelorna som kan uppstå vid långa ledtider och osäkra prognoser i planning loop problem respektive response time spiral.

Enligt Suri (1998) är det en felaktig uppfattning att man måste arbeta hårdare och ha högre kapacitetsutnyttjande för att kunna producera snabbare. Det gäller istället att arbeta på ett nytt sätt med fokus på just ledtiderna. Som Aronsson m.fl. (2003) observerar är större delen av genomloppstiden passiv. Det ger alltså större effekt att få ned kötider och tid i lager än att förkorta bearbetningsprocesserna. Ett viktigt steg vid framtagandet av en ny produktleveransstrategi ligger följaktligen i att undersöka hur stor andel av den totala produktionsledtiden som är passiv tid, och om det är möjligt att reducera denna. Anledningen till att vi lagt fokus på den passiva tiden beror, förutom på att den har störst potential till reduktion, på att vi har avgränsat oss från produktionsanläggningens beskaffenhet. Operationstider ligger därför till stor del utanför examensarbetets gränser. Eftersom ledtidsreduktion är av stor vikt vid kundorderpunktens placering, har detta blivit vår utgångspunkt vid framtagandet av en alternativ planering.

För att undersöka var det är möjligt att placera kundorderpunkten för de olika produktklasserna, utgår vi från Olhagers (2003) modell över faktorer som påverkar kundorderpunkten (se avsnitt 4.2.1). Vi utökar emellertid modellen till att även innefatta varianser inom produktionen. Med det menar vi variationer i produktionsledtid på grund av omarbetning eller variationer i antalet verkligt producerade enheter. Motiveringen till att ta med dessa faktorer är att det är något som starkt påverkar Johnson Pumps verksamhet. Vi har även tagit bort ett antal karaktistika från Olhagers modell, som inte är relevanta i Johnson Pumps fall. Kundenpassningskrav

vad gäller ledtider tas med i P/L-kvoten, men anpassning av produkten i sig är inte tillämpligt på de marina pumparna eftersom de inte ändras mer efter konstruktionsstadiet. Kundenpassningen sker istället helt vid framtagandet av en ny pumpmodell. Det samma gäller kundenpassningsmöjligheter av produkten och modularisering. Vi har inte heller tagit med flaskhalsens position. Dessa faktorer har ingen större betydelse för produktionssystemet och påverkar inte placeringen av kundorderpunkten.

I enlighet med rapportens avgränsningar, betraktar vi endast de delar i modellen vilka påverkas av planeringssystemet som variabla. De delar som inte är påverkbara är markerade med grå bakgrund i modellen, som illustreras i Figur 5.1.



**Figur 5.1** Modell för att undersöka möjligheterna till en högre grad av kundorderstyrning.

Den första delen i rapportens syfte, att undersöka möjligheterna till en högre grad av kundorderstyrning, är följaktligen en process i tre steg: utforma ett alternativt planeringssystem för de olika produktklasserna, fastställa P/L-kvoten, och slutligen hitta en lämplig kundorderpunkt. Under hela processen används befintliga marknads-, produktions- och produktkarakteristika som input.

En förflyttning av kundorderpunkten förändrar dock företagets förutsättningar. En tidig kundorderpunkt kan till exempel påverka störningskänsligheten, genom att antalet säkerhetsbuffertar minskar. Mattsson & Jonsson (2003) anser av den anledningen att kundorderstyrning inte är lämpligt då materialbehovet är svårt att förutse, till exempel vid kassationer. En viktig konsekvens för oss att undersöka är därför hur en förflyttning av kundorderpunkten påverkar leveransprecisionen. En hög leveransprecision är en viktig aspekt i förbättringsprogram som JIT, lean manufacturing och QRM. Argument har dock tagits upp tidigare för att fokus på leveransprecision kan ge fel effekt i form av längre ledtider och högre lager. Leveransprecision ska därför hellre ses som en följd av ledtidsreduktion än som en styrparameter i sig.

En annan konsekvens av att ha kundorderpunkten tidigt i flödet, är lägre kostnader i form av kapitalbindning. Den lägre kapitalbindningen beror till en del på att endast artiklar med verklig efterfrågan tillverkas då produktionen baseras på kundorder istället för prognoser, men den kan även vara en följd av kortare produktionsledtider. Kortare produktionsledtider kan å andra sidan innebära högre produktionskostnader,

om de åstadkoms genom att minska partistorlekarna. Det ger högre ställkostnader per tillverkad enhet och lägre kapacitetsutnyttjande.

För att svara på den andra delen av syftet, vilka konsekvenser en ökad kundorderstyrning skulle innebära, behöver vi alltså ta reda på hur ledtider och leveransprecision i olika produktionssteg påverkas vid en förflyttning av kundorderpunkten. Vi kommer även att se på konsekvenserna för lagerföringskostnaderna, främst i form av kapitalbindning i lager och PIA samt produktivitetskostnader i form av ställkostnad.





# Kapitel 6

## METHOD

---



## 6.1. Arbetsgång för rapporten

Arbetet med examensarbetet kan delas in i fem faser: planering och uppgiftsdefiniering, nulägesbeskrivning, litteraturstudie, datainsamling samt analys. Samtliga delar har genomförts vid Johnson Pumps anläggning i Örebro.

Under den första fasen planerade vi hur arbetet skulle läggas upp och fick tid att lära känna verksamheten genom möten med personal från olika avdelningar. Vi definierade även syftet med rapporten, för att komma fram till en uppgift som kan vara till nytta för Johnson Pump. Utvecklingen av uppgiften fortsatte under nulägesbeskrivningen, då vi hade nära kontakt med personal inom produktionen och på tjänstemannasidan. Vår handledare på företaget, Göran Kring, gav oss övergripande information om företaget och instruktioner i hur affärssystemet från IFS fungerar. Vi fick guidning i arbetet inom produktionen av produktionssamordnarna Rikard Larsson, Matti Mönkönen och Stefan Jonsson.

Under litteraturstudien behandlades de teoretiska områden som bildar en referensram för datainsamlingen och analysen. Därefter följde arbetet med datainsamling. Insamlad data används som ett stöd i analysen, för att komma fram till vilka konsekvenser som uppkommer till följd av en ny produktleveransstrategi.

Den sista delen i rapporten består av en analys av den information vi har samlat in för uppgiften. Data diskuteras och analyseras här främst utifrån ett kvalitativt angreppssätt, för att besvara frågeställningarna i syftet. Kapitlet innehåller även rekommendationer för hur företaget kan fortsätta att arbeta utifrån de slutsatser som examensarbetet har resulterat i.

## 6.2. Datainsamling

Data har samlats in på flera olika sätt. En viktig källa har varit affärssystemet från IFS, där vi har kunna söka uppgifter om bland annat tillverkningsorder, produkter och operationer. Där vi har saknat information har vi utfört egna mätningar. Ett tredje sätt att samla data har varit muntliga källor genom intervjuer av och frågor till företagets personal. Vi har även fått information om företagets historia och organisation från Johnson Pumps internmaterial. Tabell 6.1 visar en sammanställning av vilka data som har samlats in och från vilken källa.

**Tabell 6.1 Datainsamling.**

Område	Källa
Företagsinformation	Internmaterial, muntlig källa
Artikeldata	Affärssystem
Produktstruktur	Affärssystem
Orderdata	Affärssystem
Efterfrågedata	Affärssystem
Partiformning	Affärssystem
Operationsdata	Affärssystem, muntlig källa
Data om anläggning och maskiner	Egna mätningar, muntlig källa
Ledtider	Egna mätningar, Affärssystem, muntlig källa

## METOD

Produktionsplanering	Muntlig källa
Lagernivåer	Affärssystem
Lagerränta	Affärssystem
Kunddata	Affärssystem, muntlig källa
Leveransledtider	Muntlig källa
Leverantördata	Muntlig källa

### 6.3. Felkällor

Under datainsamlingen har vi stött på problem med att data inte har funnits att tillgå eller inte har varit tillförlitliga. Vi har därför kunnat identifiera ett antal felkällor i det dataunderlag vi utgått från i analysen. De avgränsningar och antaganden som gjorts i rapporten är även de en källa till osäkerhet, eftersom de skapar en förenklad bild av den verkliga situationen. Tabell 6.2 sammanfattar rapportens felkällor.

**Tabell 6.2 Felkällor.**

Område	Felkälla
Affärssystemet	Det saknas information om startdatum för operationer och i många fall även slutdatum i affärssystemet. Uttag ur lager registreras med så kallad backflush, vilket innebär att saldot inte räknas ned förrän nästa färdiga operation rapporteras in. Vi har därför inte kunnat jämföra start- och slutdatum rakt av för att få fram ledtider.
	Rapporteringen av order i affärssystemet är inte konsekvent. Den sker inte alltid på samma sätt och inte efter alla operationer.
	Det är svårt att veta vilka data i affärssystemet som är aktuella, eftersom systemet sällan uppdateras. Det gäller till exempel inlagd information om partiformning, ledtider och säkerhetslager.
	Den information som planerarna får från affärssystemet används inte alltid. Ofta flyttas behovsdatum manuellt och planerade startdatum följs inte.
Produktbredd	Vi har använt oss av medeltal av orderstorlekar och partistorlekar i våra beräkningar. Dessa kan ibland ge en något missvisande bild, eftersom företaget har en bred produktportfölj med stora variationer.
Tidsperiod	Tidsperioden för datainsamlingen är satt till ett år, vilket för vissa produkter har gett mycket små mätserier.
	Eftersom tidsperioden är på ett år, har vi inte kunnat ta hänsyn till säsongsvariationer eller trender i efterfrågestatistiken.
	A-klassprodukten 01-13351-1 och B-klassprodukten 01-13351-2 började tillverkas först i juni 2005. Vi har därför använt tillgänglig data vid beräkningar (2005-06-01 till 2005-09-30). De årsvolymer som används i artikelklassificeringen är baserade på uppskattade årsvolymer.
Egna mätningar	De egna mätningarna av produktionsledtider i den mekaniska verkstaden gjordes endast vid ett tillfälle. Operatörens egen arbetstakt har därför en inverkan på tiden. Vidare har inte tiden för

## METOD

	alla artiklar kunnat mätas, utan vi har använt oss av ett genomsnitt för de studerade artiklarna.
Avgränsningar	Eftersom vi har avgränsat examensarbetet till att bara se på pumphusflödet, bortser vi helt från axlar och andra komponenter. Vi antar att dessa artiklar alltid finns tillgängliga i tid, vilket är en avsevärd förenkling. I dagsläget har man nämligen stora problem med förseningar av axlarna.



# Kapitel 7

## EMPIRI OCH ANALYS

---





## 7.1. Nuläge

Det finns svårigheter med att avgöra var det är möjligt att placera kundorderpunkten i nuläget. Osäkra och varierande ledtider inom produktionen gör att man inte kan beräkna en P/L-kvot rakt av. Produktions- och leveransledningstiderna i Tabell 7.1 ger en uppskattning av P/L-kvoten i dagsläget.

Tabell 7.1 P/L-kvoter.

Klass	Artikelnummer	Produktionsledningstid <sup>1</sup> (v)	Leveransledningstid <sup>2</sup> (v)	P/L-kvot
A	01-13351-1	3,9	6,0	0,7
	01-24231-1	9,9	6,0	1,7
B	01-24639-1	4,2	6,0	0,7
	01-13351-2	21,4	6,0	3,6
	01-24467-1	6,1	6,0	1,0
	01-24482-1	7,5	6,0	1,2
C	01-11206	12,6	2,5	5,0
	01-31927-2	23,3	2,5	9,3

Den totala genomloppstiden inklusive inköp av komponenter, bearbetning och montering, uppskattas till 14 veckor. Materialförsörjning mot kundorder är därför uteslutet. Vi har dessutom avgränsat rapporten till att bara behandla flödet från råvaruförråd till färdigvarulager, och kommer i fortsättningen inte att ta upp ledtider från leverantörer. I andra änden av skalan för produktleveransstrategier ligger produktion mot lager, där endast distribution sker mot kundorder, vilket inte heller är aktuellt för Johnson Pump, med tanke på det stora antalet slutprodukter. I nuläget befinner sig kundorderpunkten för den marina avdelningen i mellanlagret, vilket motsvarar montering mot kundorder. Frågan blir därmed om det är möjligt att även bearbetning, helt eller till viss del, kan kundorderstyras.

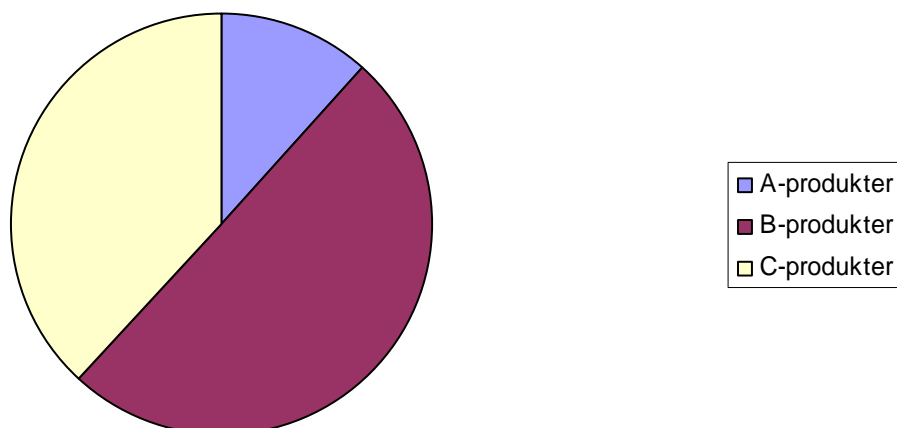
Enligt P/L-kvoterna i Tabell 7.1 skulle produktion mot kundorder vara möjligt för enbart några produkter. De övriga, särskilt C-klassprodukterna, har en alltför hög kvot för att kundorderstyrning ska vara möjligt. Förutom att P/L-kvoten är för hög för merparten av artiklarna, finns en stor begränsning i osäkerheten i ledtid och antal. För att kundorderstyrning ska vara praktiskt möjligt måste man därför, förutom kortare ledtider, även ha säkrare och mer förutsägbara tillverkningsprocesser.

Den största variationen i ledtid uppstår i fleroperationsstationen. Vid bearbetning i fleroperationsmaskinen körs ett begränsat antal pumphus åt gången. Ett tillverkningsparti delas därför upp på ett antal varv i maskinen beroende på hur många fixturer som finns tillgängliga. En stor del av tiden i maskinen består av kötid i ställaget, vilket gör det svårt att förutsäga hur lång tid det tar för ett helt parti att passera stationen. Man har därför säkerhetsledningstider och -lager för att kompensera för osäkerheten.

<sup>1</sup> Produktionsledningstiderna räknas från uttag ut råvaruförråd till inleverans i färdigvarulager. Ledtiderna baseras på data i Bilaga 5.

<sup>2</sup> Leveransledningstiderna ligger i medeltal på 6 veckor för OEM-pumpar. För standardpumparna ges 1 vecka om material finns färdigt för montering, annars 2 till 3 veckor.

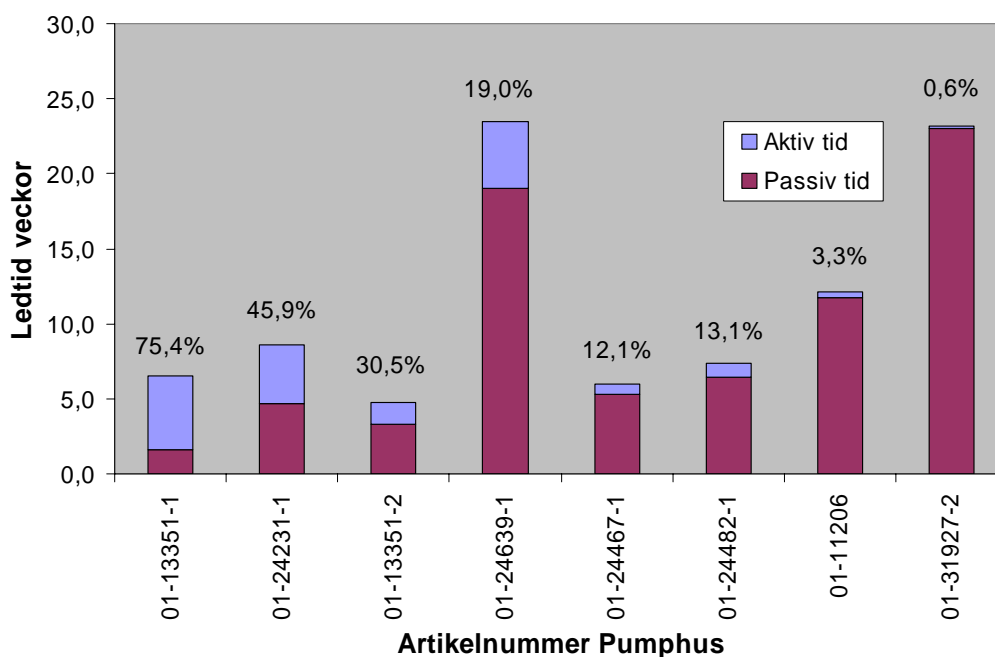
Trots osäkerheten håller Johnson Pump idag en hög leveransprecision gentemot kunderna utifrån nuvarande leveransledtider. Det beror troligen på väl tilltagna produktionsledtider, mellanlagrets frikopplingsfunktion samt monterings flexibilitet. De långa ledtiderna och stora lagren resulterar dock i högre kostnader i form av kapitalbindning. Som Figur 7.1 visar står B- och C-klassen för merparten av kapitalbindningen, varför produkterna i dessa klasser är viktigast att kundorderstyra. Eftersom P/L-kvoterna är ofördelaktiga i dagsläget, bör man försöka få ned ledtiderna för att öka möjligheterna till kundorderstyrning.



Figur 7.1 Fördelning av kapitalbindning mellan de olika artikelklasserna.

## 7.2. Möjligheter till ökad kundorderstyrning

P/L-kvoten avgör tidigast möjliga kundorderpunkt med nuvarande produktionssystem. Produktionen kan emellertid effektiviseras genom en förbättring av planeringssystemet, främst avseende kortare ledtider vilket ger nya P/L-kvoter. Ledtidförkortning bidrar till en högre leveransprecision men ger också bättre kontroll över produktionen, vilket ytterligare underlättar tillverkning efter kundorder. Andelen aktiv tid är endast en bråkdel av den totala genomloppstiden, vilket visas i Figur 7.2. Den låga andelen aktiv tid innebär att en ny planering, där material kan levereras direkt mellan olika operationer, skulle minska ledtiderna drastiskt.



Figur 7.2 Andel aktiv tid av total produktionsledtid i procent.

I följande avsnitt tas förslag fram på hur den aktiva tiden, och därigenom den totala produktionsledtiden, kan förkortas genom bättre planering. Därefter räknas P/L-kvoterna ut på nytt och utgör, tillsammans med de marknads-, produktions- och produktkaraktäristika som beskrivs i Figur 5.1, en grund för att hitta den mest lämpliga placeringen av kundorderpunkten för respektive artikelklass.

### 7.2.1. Planeringssystem

Den alternativa planeringen, för var och en av artikelklasserna, utgår från att reducera genomloppstiderna i den mekaniska verkstaden och göra dem mer stabila. Ledtiderna påverkas bland annat av partiformning, styrning av material och informationsflöde. Hur man väljer att styra produktionen påverkas även av vilka nyckeltal som är viktiga för respektive produktklass. Vi har valt att fokusera på den mekaniska verkstaden, eftersom ledtiden i monteringen till största delen är aktiv, och man har en relativt bra uppfattning om hur lång tid en order tar där. För den mekaniska verkstaden har vi utgått från nuläget med kundorderpunkten i mellanlagret, för att se hur en ledtidsreduktion skulle kunna möjliggöra en tidigare placering.

Till viss del diskuteras förbättringar inom produktionen allmänt för hela sortimentet av marina pumpar. Det gäller hur systemet kan göras enklare och tydligare, hur information förmedlas mellan olika produktionssteg samt hur materialflödet ska fungera. Därefter går vi in på varje produktklass för sig för att ta fram partistorlekar och hur ofta produkterna ska tillverkas. Det är främst i fleroperationsmaskinen som partistorleken påverkar genomloppstiden. Här eftersträvas så små partier som möjligt för att kunna hålla ihop en order och få säkrare värden på ledtiderna. I planeringen tas även hänsyn till vilka nyckeltal som är viktiga för respektive klass samt hur det påverkar styrning och uppföljning av produktionen.

### **Förenkling av produktionsplaneringen**

Ett stort problem med planeringen idag är att det finns så många olika produkter som ska köras i samma maskiner och att produkterna har så varierande tillverkningsvolym. Produktionssystemet behöver därför förenklas vad gäller planering och materialstyrning. Ett sätt är att tillverka färre produkter åt gången och se till att dessa färdigställs innan nya order påbörjas. Det skulle ge bättre kontroll över vilka order som körs för tillfället, samt ge dessa kortare genomloppstid. Det gäller främst för fleroperationsmaskinerna, där man kan ha upp till 30 olika artiklar igång samtidigt.

Med en ständigt växande produktflora går det inte längre att hålla allt i huvudet, utan man behöver hjälp av ett datasystem vid planeringen. I dagsläget är MRP-systemet inte särskilt pålitligt. De data som finns tillgängliga uppdateras sällan och man har bristande rutiner i inrapportering av order. Bland kraven på ett fungerande MRP-system saknas tillförlitlig information om uteliggande order och ledtider. De problem som tas upp av Suri (1998) beträffande överdrivna ledtider för att kompensera för osäkerheter, stämmer bra in på den marina produktionsavdelningen. Monteringen lägger på ett antal dagar på sitt behovsdatum för att vara säker på att den mekaniska verkstaden blir färdig. Det har bidragit till ett minskat förtroende för systemet i den mekaniska verkstaden. Man har, precis som Suri påpekar, slutat att planera själva och kör helt efter bristlistan från monteringen.

För att kunna utnyttja MRP-systemet i planeringen, behöver man ha mer strikta datum och realistiska ledtider. Dessa ledtider ska sedan följas upp och kontinuerligt uppdateras i systemet. För varje operation måste start och slutdatum rapporteras in för varje order. Det krävs dessutom rutiner för rapporteringen så att denna sker likadant varje gång, och att den faktiskt alltid utförs.

### **Informationsflöde**

Avdelningen för marina pumpar kan beskrivas som funktionsorienterad, där den mekaniska verkstaden och monteringen separeras av ett mellanlager och inte har något närmare samarbete. Även inom den mekaniska verkstaden verkar olika operationer var för sig. Det finns ett par typiska problem med funktionsorientering, enligt Aronsson m.fl. (2003), som känns igen hos Johnson Pump. Det första är hur problem adderas mellan avdelningar i form av säkerhetsledtider för att kompensera mot störningar. Svarven startar en order långt innan den behövs vid fleroperationsstationen, som i sin tur har ett färdigdatum upp till två veckor innan monteringen egentligen behöver materialet. Tillgängliga pumphus i monteringen kan sedan ligga och vänta några extra dagar efter framplockning. I längden ger detta mycket långa ledtider och en större osäkerhet i genomloppstiden, liknande planning loop-problemet. Det andra problemet med ett funktionstänkande är att ingen är ansvarig för helheten. I den mekaniska verkstaden ser man inte slutbehovet hos kunderna och får därför svårt att planera in order utan att det uppstår förseningar.

Ett mer processororienterat tänkande skulle göra kunden synlig tidigare i flödet. Det ger bättre information om det verkliga behovet och man behöver inte få så stora differenser mellan tillverkad volym för pumphusen och efterfrågad volym för respektive slut-

produkter. Det skulle även kunna öka tillförlitligheten i processen, vilket är en förutsättning för att minska säkerhetsledtider och -lager.

I nuläget består informationen till den mekaniska verkstaden av tillverkningsanmodanden från MRP-systemet, med tillhörande behovsdatum, samt en bristlista från monteringen. Eftersom behovsdatumen i systemet har väl tilltagna ledtider är, som tidigare nämnts, tillförlitligheten för dessa låg. Det som styr produktionen i praktiken är därför bristlistan. Med ett mer tillförlitligt MRP-system skulle detta istället kunna användas. Det skulle då ge förslag på startdatum för order och verkliga behovsdatum. Den mekaniska verkstaden skulle sköta planeringen av order och själva veta om vilka order som har högst prioritet. Informationen om eventuella förseningar skulle gå *från* den mekaniska verkstaden till monteringen, och inte tvärt om som idag.

Det innebär att produktionen pushstyrs från den mekaniska verkstaden. Monteringen får information om behovsdatum på färdiga pumpar från systemet, men tillverkningen sker utifrån planeringen i verkstaden. Fördelen med detta är att bearbetningsstationerna för pumphusen är svårare att planera och mindre flexibla än monteringen. Monteringen kan i princip tillverka vilka order som helst i olika storlek och volym. Det är därför bättre att verkstaden sköter planeringen och inte tvingas följa bristlistan.

Det bör vidare finnas en person med huvudansvar för planeringen i den mekaniska verkstaden, istället för att svarv och fleroperationsmaskin planeras separat. Det skulle underlätta kommunikationen med monteringen och underleverantörerna, och personen i fråga skulle få en bättre överblick över aktuella tillverkningsorder. Personen skulle lämpligtvis vara en av operatörerna i fleroperationsgruppen, eftersom de maskinerna är mer komplicerade än svarven. I svarven tillverkas ett helt parti i taget och man har ofta bara ett fåtal ställ per dag. I fleroperationsstationen går ett stort antal order samtidigt, vilka delas upp i mindre tillverkningspartier och det uppkommer en hel del kötid. Man har dessutom ett nattskift att planera in, till skillnad från svarven. Vidare har två av operatörerna i fleroperationsgruppen tid avsatt för planering. Operatören i svarven är ensam på sin station och kan inte gå ifrån utan att produktionen stannar upp. Planeringen bör dock ske i samråd med svarvoperatören, för att på bästa sätt koordinera de olika stationerna.

### **Materialflöde**

En av åtgärderna för förbättrad ledtidstyrning är synkronisering av aktiviteterna i flödet, så att dessa kan följa direkt på varandra utan väntetid. Med andelen passiv tid i åtanke, är det i just väntetiden som stora ledtidförkortningar kan åstadkommas. Materialflödet bör vara så direkt som möjligt. I dagsläget lagras alltid pumphus, ofta under lång tid, i den mekaniska verkstadens buffertlager mellan på varandra följande operationer. Exempel på detta kan ses i processflödesscheman och layoutflödesscheman i Bilaga 5 och Bilaga 6. Aktiviteterna för transport till och från buffertlagret, samt den inlagring och utplockning som tillkommer, är icke-värdeskapande. De bör därför elimineras för att minska ledtiden. Utplockningen kan dessutom vara tidskrävande, eftersom operatören ofta måste leta i ställagen efter rätt pall.

Ett Just-In-Time-flöde har följaktligen stora fördelar. Om färre och mindre order körs åt gången och materialet transporteras direkt till nästa operation, kan ledtiderna och variationerna minskas betydligt. Mindre variation i ledtider innebär vidare att man inte behöver lägga på en säkerhetsledtid på behovsdatumet för pumphus till monteringen. Idealt kan dessa levereras dagen före montering eller samma dag. JIT innebär dock en större störningskänslighet och kräver en tillförlitlig produktkvalitet, vilket är svårt med tanke på kvalitetsproblemen med gjutämnen. För att kunna implementera JIT helt ut måste mycket jobb läggas ned på kvalitetsförbättringar. Vissa åtgärder för att kompensera för osäkerheter i produktionen, som till exempel säkerhetslager, kan därför behövas.

Ett alternativ för materialstyrning är kanban. Det skulle kunna fungera för produkterna med stora och jämna volymer, men med tanke på den breda produktfloran är kanbanstyrning inte möjligt för hela sortimentet. Man skulle behöva ha flera olika system för materialstyrningen och snarare göra planeringen mer komplicerad än förenklad. Till förmån för ett enklare system är det därför bättre att pushstyra tillverkningen av alla pumphus. Vidare är pushstyrning är att föredra eftersom pullstyrning, i linje med Suris (1998) resonemang, kräver att det alltid finns en enhet tillgänglig i varje steg i försörjningskedjan. Detta skulle för Johnson Pumps del innebära att det vore nödvändigt att ha buffertlager av samtliga artiklar.

Utöver mer direkta flöden bör man utnyttja överlappning av operationer. Det fungerar bra mellan fleroperationsmaskinen och de följande stationerna gradning och tvättning. Tillsammans skapar de en lina, där varje delparti direkt går vidare till nästa steg. Fleroperationsmaskinen delar naturligt upp ett tillverkningsparti i mindre delar och stationerna står nära varandra, vilket underlättar överlappning. Delleveranser kan även göras från svarv till fleroperationsmaskin, eftersom fleroperationsmaskinerna ändå bara kan köra mindre partier åt gången. Det är däremot bättre att vänta in ett helt tillverkningsparti mellan fleroperationsmaskin och svarv respektive provtryckning, samt mellan svarv och provtryckning. Anledningen är att man har en viss ställtids på provtryckning och svarv, vilket motiverar tillverkning av ett helt parti åt gången.<sup>1</sup>

Omkring 60 procent alla pumphusen har svarven som första operation. Materialflödet kommer därför oftast att se ut som i layoutflödesschemat som beskrivs i Figur 9, Bilaga 8. De produkter som svarvas efter bearbetningen i fleroperationsmaskinen, måste vänta tills hela partiet färdigställts innan svarvningen påbörjas. Denna extra väntetid berör ett tjugotal pumphus. Resterande produkter passerar inte svarven alls, vilket gör materialflödet mycket enklare och ger större möjligheter till små tillverkningspartier, då man slipper ta hänsyn till ställtiderna i svarven.

### **Nyckeltal**

En annan viktig del i planeringen är uppföljning och styrning av nyckeltal i produktionen. Enligt teorin kan man inte styra det som inte mäts, så för att kunna förbättra

---

<sup>1</sup> Se Bilaga 5 för vilka operationer de olika artiklarna passerar.

effektiviteten i produktionen måste man fastställa vilka måttetal som är viktigast för en viss produktgrupp och hur man ska följa upp dessa. OEM-kunderna vill ha pumpar med hög leveransprecision till ett lågt pris, medan distributörerna av standardpumpar prioriterar snabba och flexibla leveranser före priset. Hur detta påverkar styrningen av produktionen tas upp närmare under respektive produktklass nedan.

Kvalitet är ett viktigt nyckeltal oavsett vilken pump det gäller. I dagsläget registrerar man kvalitetsbristkostnader och andel kasserade enheter vid olika operationer, samt orsak till kassationen. Om man vet hur stora kassationerna är i medeltal, är det lättare att kompensera för kassationer genom säkerhetslager eller överkapacitet för att ha tid till omarbetningar.

### A-klassprodukter

De två produkterna i A-klassen kännetecknas av en hög efterfrågan med täta kundorder. Pumparna säljs till OEM-kunder i stora partier enligt långsiktiga leveransplaner. Planerna fås, som tidigare nämnts i avsnitt 2.3, med rullande 52-veckors framförhållning och är i princip frysta 4 till 8 veckor framåt. Tabell 7.2 visar efterfrågedata för volym och antal order per vecka. En viss del av artikel 01-24231-1 går även till distributörer, men det utgör en försumbar andel av den totala volymen och påverkar inte planeringen. För OEM-kunderna är pris och leveransprecision viktigt. Nyckeltalen för produktionen blir därför kostnad (låg kapitalbindning i PIA och lager samt hög utnyttjningsgrad i resurserna) och leveransprecision (antal order i rätt tid i förhållande till totalt antal order). Trots att de efterfrågade volymerna är relativt jämna över tiden, kan en liten variation ge stort genomslag på grund av att produkterna tillhör högvolymklassen. En viktig egenskap hos systemet blir därför volymflexibilitet, vilket kan uppnås genom en viss överkapacitet i resurserna.

**Tabell 7.2 Produktdata A-klass.**

Artikelnummer	Efterfrågan per vecka	Medelstorlek per order	Antal order per vecka
01-13351-1	716	860	0,83
01-24231-1	276	421	0,64

Överkapaciteten kan tyckas motsäga en hög utnyttjningsgrad i maskinerna. Enligt Suri (1998) ökar dock ledtiderna då kapacitetsutnyttjandet stiger och han förespråkar 20 till 30 procent i överkapacitet. För Johnson Pump motiveras en viss överkapacitet även genom de stundtals höga kassationsandelarna. Det behövs i dessa fall tillgängliga resurser för reparationer eller tillverkning av ytterligare artiklar.

Partiformningen påverkas av flera faktorer. I fleroperationsmaskinen kan endast ett begränsat antal produkter köras åt gången och för att få igenom ett parti så snabbt som möjligt skulle man helst ha en partistorlek lika med antal produkter per varv (se Bilaga 4). Det är dock inte lika lämpligt i svarven, som kräver en viss ställtid mellan olika artiklar och därför hellre har en stor partistorlek. Den ekonomiska orderkvantiteten (EOQ) för 01-24231-1 i svarven är 522 stycken (artikel 01-13351-1 svarvas inte). Det ligger nära en medelorderstorlek (se Tabell 7.2) och en partistorlek runt 420 stycken

verkar därför rimligt för artikel 01-24231-1. På samma sätt skulle 01-13351-1 ha en partistorlek på 860 stycken.

Med tanke på hur stora volymer som efterfrågas varje vecka, kommer fleroperationsmaskinerna å andra sidan i princip alltid tillverka någon av A-klassprodukterna. Det gör det mindre intressant att planera varje kundorder för sig. Det är istället viktigt att se till att ha kapacitet i resurserna. Leveransplanerna är i princip frysta 6 veckor framåt, vilket gör att man med stor tillförlitlighet kan slå ut den närmaste månads efterfrågevolymer på tillgänglig arbetstid för att få ut en produktionstakt per vecka. Det innebär en utjämning av produktionen med viss lagerbyggnad till följd. A-klassprodukterna bidrar dock inte till kapitalbindningen i någon större grad, vilket Figur 7.1 visar. Uppföljningen sker sedan av produktionstakten för att försäkra sig om att den inte över- eller underskrider den verkliga efterfrågan. Artikel 01-13351-1 har redan en jämn efterfrågan, men hos 01-24234-1 varierar storleken på order mer (se Figur 3.5). Variationen beror på att det senare pumphuset monteras till ett flertal olika pumpar, som sedan säljs till flera kunder. En utjämnad produktionstakt baserad på månads-volymer ger därför en mer regelbunden tillverkning.

För artikel 01-13351-1 ligger antal order per vecka nära 1, vilket talar för tillverkning med en partistorlek som är lika med veckoefterfrågan på 716 stycken. Den andra A-klassprodukten får en partistorlek på 276 stycken vid veckovis tillverkning. Det är inte helt optimalt med avseende på svarven (detsamma gäller för den manuella borningen), men det ger fördelen att ett parti passerar igenom fleroperationsstationen på kortare tid innan det går vidare till svarven. Det förenklar också produktionsplaneringen att alltid hålla samma takt på produktionen av volymprodukterna, istället för att ha tillverkning sju gånger per tio veckor. Partistorlekar för A-klassprodukterna sammanfattas i Tabell 7.3. Partistorlekarna i tabellen är baserade på medelvärden över det senaste året, men kommer i praktiken att variera varje månad.

**Tabell 7.3 Nya partistorlekar för A-klassprodukter.**

Artikelnummer	Partistorlek
01-13351-1	716
01-24234-1	276

Elimineringen av de icke-värdeskapande aktiviteterna för inlagring i och utplockning ur buffertlager tillsammans med de nya partistorlekarna ger en enklare produktion med kortare ledtider. Resultatet kan ses i Bilaga 8 i uppdaterade processflödesscheman för de två A-klassprodukterna.

### **B-klassprodukter**

Produkterna i B-klassen säljs, precis som de i A-klassen, främst till OEM-kunder. Johnson Pump får därmed även här långsiktiga leveransplaner. Det finns omkring 35 olika produkter i klassen och de utgör knappt hälften av den totala produktionsvolymer. Varje pumphus blir till ett litet antal olika pumpar och har därför få kunder. Följden av det är en låg frekvens på kundorder, men i jämnstora volymer (se Figur 3.5).



De viktigaste nyckeltalen blir samma som för A-klassen: kostnad (låg kapitalbindning och hög utnyttjningsgrad i resurserna) och leveransprecision. Volymflexibilitet blir dock inte lika viktigt här. Det beror på det stora antalet produkter i klassen och de relativt små årsvolymerna för varje produkt. Den aggregerade volymen för B-klassprodukterna kommer därför inte att variera så mycket. Här bör istället produktmixflexibilitet eftersträvas. Produktmixflexibilitet innebär att man lätt kan byta mellan olika B-klassartiklar i produktionen. Det kan uppnås genom korta ställtider och en flexibel personal. Båda dessa kriterier kan anses uppfyllda i den mekaniska verkstaden, där ställtiderna för fleroperationsmaskinen är försumbara och för provtryckning och svarv ligger på cirka 10 respektive 20 minuter. En funktionsorienterad verkstad är i sig flexibel och personalen cirkulerar ofta mellan olika operationer i fleroperationsstationen och provtryckningen.

Vi har valt fyra B-klassprodukter spridda över volymintervallet 500 till 5000 stycken per år (se Figur 3.4). De efterfrågade volymerna varierar mellan produkterna, vilket kan ses i Tabell 7.4 tillsammans med data om orderfrekvens och medelorderstorlek.

**Tabell 7.4 Produktdata B-klass.**

Artikelnummer	Efterfrågan per vecka	Medelstorlek per order	Antal order per vecka
01-13351-2	99	240	0,41
01-24639-1	48	500	0,09
01-24467-1	26	111	0,23
01-24482-1	42	104	0,40

Med tanke på den lägre behovsfrekvensen och de många olika produkterna i B-klassen, bör dessa inte styras på samma sätt som A-klassprodukterna. Den kontinuerliga tillverkningen, som följer en veckotakt snarare än enskilda kundorder, fungerar bara för en smal produktflora med hög och jämn efterfrågan. B-klassprodukterna har, som kan ses i Figur 7.1, en högre kapitalbindning och bör istället tillverkas lot-for-lot då en kundorder uppkommer för att undvika lageruppbyggnad. Ett tillverkningsparti utgörs då lämpligen av en kundorderstorlek. Om partistorleken är mindre än så, blir man tvungen att hålla produkter i lager mellan mekanisk verkstad och montering eller som färdig produkt. Det binder kapital, vilket ökar ju senare i processen lagret uppkommer på grund av upparbetat värde. Detta innebär dock inte att man inte ska försöka minska kundorderstorleken. Tvärtom skulle det med stor sannolikhet vara en fördel för kunden att få tätare och mindre leveranser.

Medelstorleken per kundorder kan jämföras med den ekonomiska orderkvantiteten för svarven i Tabell 7.5 (artikel 01-13351-2 svarvas inte). Det två minsta artiklarna 01-24467-1 och 01-24482-1 har medelorderstorlekar nära EOQ för svarven. Artikel 01-24639-1 har däremot betydligt större kundorder än EOQ. Antal order per vecka är mycket litet och en order tillgodoser omkring tio veckors efterfrågan i medeltal. Det verkar därför lämpligt att dela upp en kundorder i två tillverkningspartier, vilket kommer närmare EOQ. För att vinna något på detta måste man undersöka om kunderna kan gå med på att produkten levereras oftare i mindre partier. Den sista B-klass-

artikeln, 01-13351-1, behöver inte ta hänsyn till svarven och kan utan problem tillverkas lot-for-lot.

**Tabell 7.5 Ekonomisk orderkvantitet i svarven för B-klassprodukter.**

Artikelnummer	Ekonomisk orderkvantitet
01-24639-1	260
01-24467-1	179
01-24482-1	146

De partistorlekar som vi föreslår för B-klassprodukterna blir således som följer i Tabell 7.6. Utifrån dessa partistorlekar, tillsammans med direkta leveranser mellan operationer, har vi tagit fram nya processflödesscheman, vilka kan ses i Bilaga 8.

**Tabell 7.6 Nya partistorlekar för B-klassprodukter.**

Artikelnummer	Partistorlek
01-13351-2	240
01-246391	250
01-24467-1	111
01-24482-1	104

Kundorderstyrning innebär dock en större störningskänslighet, eftersom man har mindre lager och tillverkningen startas närmare inpå behovsdatumet. Störningarna består i kassationer, som tidigare diskuterats, samt andra oförutsedda problem med maskiner eller liknande. Man bör dock inte ha några större problem med efterfrågevariationer. Dels kan man dra stor fördel av de långsiktiga leveransplanerna, som är relativt fasta även bortanför fryshorizonten. Dels ger produktmixflexibiliteten möjlighet att snabbt ställa om produktionen mellan olika B-klassprodukter, så att en hög efterfrågan på en produkt kompenseras av en lägre efterfrågan hos en annan.

### C-klassprodukter

Till skillnad från produkterna i A- och B-klassen, säljs C-klassprodukterna ofta via distributörer till ett stort antal kunder. De är antingen standardpumpar eller OEM-pumpar, som ligger sent i produktlivscykeln och endast säljs som reservdelar. För efterfrågan innebär detta låga volymer med små order, som dock kan variera mycket i storlek mellan olika tillfällen. Standardpumparna har en hög behovsfrekvens tack vare det stora antalet kunder, och efterfrågan blir därför mer jämn över tiden. Vissa C-klassprodukter har istället bara en eller ett fåtal order per år, också dessa i små volymer. De två utvalda artiklarna 01-11206 och 01-31927-2 tillhör den första kategorin och efterfrågedata kan ses i Tabell 7.7.

**Tabell 7.7 Produktdata C-klass.**

Artikelnummer	Efterfrågan per vecka	Medelstorlek per order	Antal order per vecka
01-11206	6	7	0,75
01-31927-2	2	4	0,53

Även nyckeltalen skiljer sig från A- och B-klassprodukterna. Det är viktigt för kunderna att C-klasspumparna finns tillgängliga hos distributören då de behövs, vilket gör leveransledtid viktigt. För dessa produkter får Johnson Pump inte heller leveransplaner, utan det är svårt att förutsäga när behov uppkommer. Priset har däremot inte lika stor betydelse inom C-klassprodukternas kundsegment och därigenom blir inte tillverkningskostnaden lika styrande för produktionen. Det andra nyckeltalet är produktmixflexibilitet eftersom produktfloran, precis som för B-klassen, är bred samtidigt som årsvolymerna för varje produkt är små. C-klassen utgör nästan två tredjedelar av antalet artikelnummer, men bara en tiondel av den totala volymen.

Problemet med partiformningen är störst vid svarven, där man inte vill ha alltför små order vilket medför många ställ. De ekonomiska orderkvantiteterna för 01-11206 och 01-31927-1 är 44 respektive 56 stycken. Det skulle innebära tillverkningspartier motsvarande 7,3 respektive 28 veckors behov. Kundorderstorlekarna är alltför små för ett effektivt utnyttjande av svarven. En sammanslagning av kundorder till ett större tillverkningsparti över en viss behovstäckningstid skulle vara bättre. Problemet är att man inte har information om order mer än några veckor framåt i tiden. Att tillverka efter prognoser är å andra sidan inte att föredra för C-klassprodukterna. De binder mycket kapital, se Figur 7.1, och för vissa produkter vet man inte med säkerhet att de alls kommer att bli sålda.

Vi föreslår att man partiformar C-klassprodukterna enligt en lång behovstäckningstid, förslagsvis på 60 dagar som används idag. Antagligen kommer det inte att finnas information om order mer än ett par veckor framåt i tiden och de nya partistorlekarna antas därför i medeltal bli enligt Tabell 7.8. Partistorlekarna baseras på medelorderstorleken i Tabell 7.7 multiplicerad med genomsnittligt antal order över en tvåveckorsperiod.

**Tabell 7.8 Nya partistorlekar för C-klassprodukter.**

Artikelnummer	Partistorlek
01-11206	10
01-31927-2	4

På grund av den korta leveransledtiden och C-klassartiklarnas varierande efterfrågan är risken stor att leveransprecisionen blir lidande. Vidare är det troligt att efterfrågan av C-produkter tidvis kommer att vara betydligt högre än allokerade maskinresurser. Detta medför att ett säkerhetslager är nödvändigt för att upprätthålla samma leveransprecision som i dagsläget.

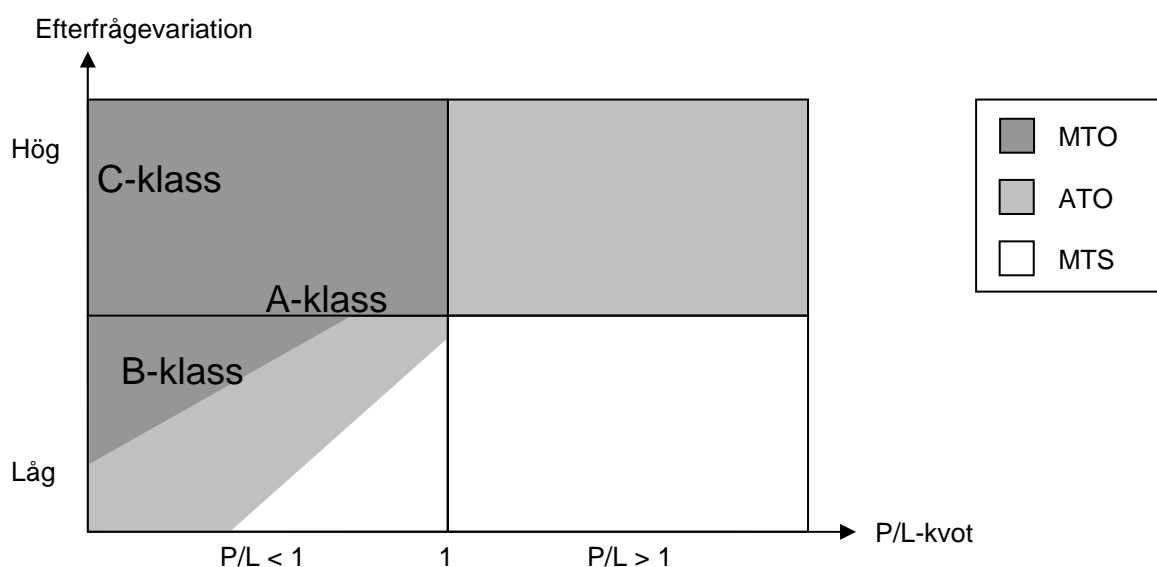
Precis som för A- och B-klassprodukterna, har vi tagit fram nya processflödes-scheman. De utgår från den föreslagna partistorleken med antagandet att operationerna i den mekaniska verkstaden följer direkt på varandra och kan ses i Bilaga 8.

## 7.2.2. P/L-kvot och marknadskarakteristika

För att ta reda på vilken produktleveransstrategi som är lämplig vid olika marknadskarakteristika kan två olika diagram användas. De tar upp P/L-kvot och efterfrågevariation, samt efterfrågevolym och produktbredd (se utvärderingsmodellen i Figur 5.1). Med det nya planeringssystemet ser ledtiderna för olika steg i produktionen ut som i Bilaga 8. Leveransledningerna från marknadssidan är oförändrade, vilket ger P/L-kvoter för de utvalda produkterna enligt Tabell 7.9.

Tabell 7.9 P/L-kvoter efter ledtidsreduktion.

Klass	Artikelnummer	Produktionsledtid <sup>1</sup> (v)	Leveransledtid (v)	P/L-kvot	Efterfrågevariation <sup>2</sup>
A	01-13351-1	1,5	6,0	0,3	0,54
	01-24231-1	1,2	6,0	0,2	1,01
B	01-24639-1	0,7	6,0	0,1	0,37
	01-13351-2	1,6	6,0	0,3	0,3
	01-24467-1	0,9	6,0	0,1	0,47
	01-24482-1	0,7	6,0	0,1	0,59
C	01-11206	0,1	2,5	0,05	1,00
	01-31927-2	0,1	2,5	0,02	1,15



Figur 7.3 Produktleveransstrategi utifrån P/L-kvot och efterfrågevariation.<sup>3</sup>

I det första diagrammet, Figur 7.3, jämförs P/L-kvoterna med efterfrågevariationen i Tabell 7.9. En låg P/L-kvot innebär att leveransledtiden är längre än tiden det tar att

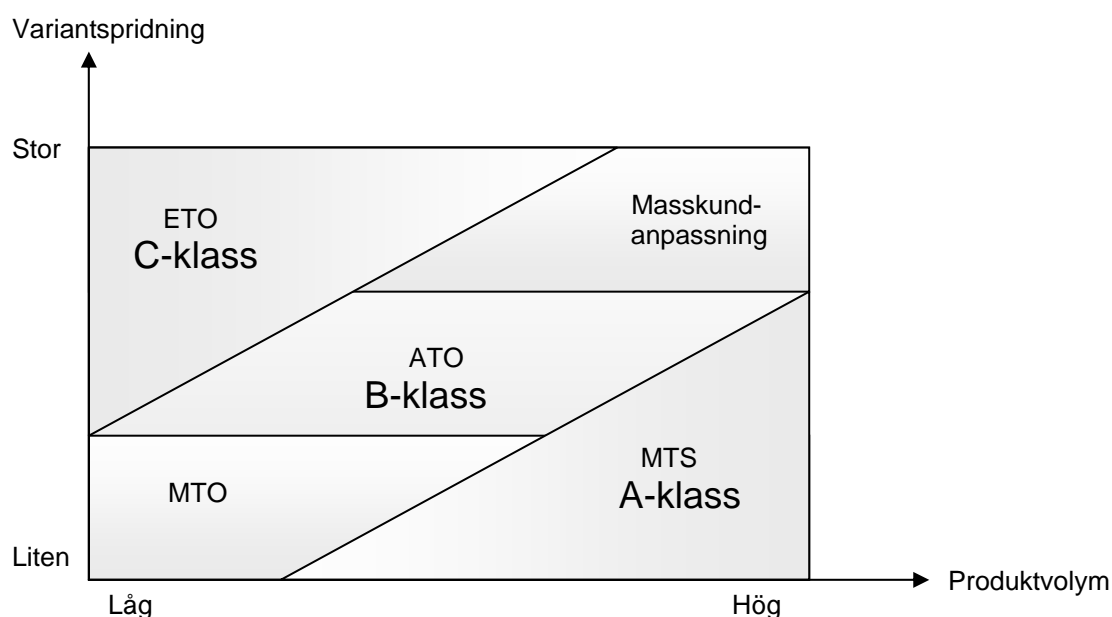
<sup>1</sup> Produktionsledningerna räknas från uttag ut råvaruförråd till inleverans i färdigvarulager. Ledtiderna baseras på data i Bilaga 8.

<sup>2</sup> Se Bilaga 2.

<sup>3</sup> Se även Figur 4.9 i avsnitt 4.2.1.

tillverka produkten. Tillverkning mot kundorder är därför möjligt för alla artiklar som placeras i någon av de två rutorna till vänster. Frågan om denna strategi är lämplig påverkas av hur hög efterfrågevariationen är. Med en låg efterfrågevariation blir prognoserna mer tillförlitliga, vilket gör lagertillverkning mer fördelaktigt genom längre planeringshorisont och en utjämnad produktion. De olika artikelklasserna är markerade i diagrammet.

Det andra diagrammet kan ses i Figur 7.4 och visar hur produktleveransstrategin påverkas av vilken variantspridning företaget har i sitt produktsortiment och i vilka volymer produkterna tillverkas.<sup>1</sup> Med en hög produktvolym skapas stordriftsfördelar vilket gör det viktigare att ha en hög utnyttjningsgrad i resurserna och att planera långsiktigt. De olika produktklassernas placering är markerade i diagrammet.



Figur 7.4 Produktleveransstrategi utifrån variantspridning och produktvolym.<sup>2</sup>

### A-klassprodukter

A-klassprodukterna har en P/L-kvot under 1 och en relativt hög efterfrågevarians. Enligt diagrammet i Figur 7.3 finns det därmed möjlighet att tillverka mot kundorder. De långsiktiga leveransplanerna minskar emellertid påverkan av efterfrågevariationen, vilket gör att artiklarna borde hamna längre ned på den skalan och därmed i rutan för montering mot kundorder. Det andra diagrammet talar istället för lagertillverkning. För A-klassartiklarna finns därför argument som både talar för såväl produktion mot lager som produktion mot kundorder.

### B-klassprodukter

B-klassprodukterna har en lägre efterfrågevarians och lägre P/L-kvoter än A-klassprodukterna. Även här borde artiklarna egentligen placeras längre ned på

<sup>1</sup> Variantspridning baseras på antal artikelnummer i de olika produktklasserna och produktvolym på tillverkad årsvolym. Båda utgår från artikelklassificeringen i Figur 3.4.

<sup>2</sup> Se även Figur 4.10 i avsnitt 4.2.1.

variansskalan. Tillverkning eller montering mot kundorder är den produktleveransstrategi som passar bäst enligt det första diagrammet. I nästa diagram i Figur 7.4 hamnar B-klassprodukterna i mitten på båda skalorna, vilket även där ger montering mot kundorder som mest lämpliga strategi.

### **C-klassprodukter**

Eftersom C-klassprodukterna har en så pass varierande efterfrågan passar kundorderstyrd tillverkning bäst. De låga P/L-kvoterna gör denna strategi möjlig. Utifrån det andra diagrammet skulle konstruktion mot kundorder (ETO) vara den mest passande produktleveransstrategin, eftersom produktvolymen är låg och variantspridningen inom klassen stor. Tillverkningen hos Johnson Pump är emellertid speciell i det avseendet. Visserligen konstrueras pumphusen efter kundens önskemål då en ny OEM-produkt tas fram. Denna produkt ändras dock inte mer därefter och ingen ytterligare kundanpassning sker i tillverkningsstadiet. Standardpumparna, vilka till största delen tillhör C-klassen, kundanpassas inte alls. Konstruktion mot kundorder är i det här fallet därför inte ett praktiskt alternativ.

### **7.2.3. Produktions- och produktkaraktäristika**

Det finns, som vi sett i Figur 7.3 och Figur 7.4, faktorer som talar för olika produktleveransstrategier för de tre klasserna. Förutom *efterfrågevariation*, *-volym* och *produktbredd* samt *P/L-kvot*, som har tagits upp i de tidigare diagrammen, finns ett antal karaktäristika i Figur 5.1 som påverkar valet av kundorderpunkt. Dessa avser produkten i sig och produktionssystemet för de marina pumparna och är i princip samma för alla pumpar. Produktstruktur och bearbetningssteg är oberoende av vilken produktklass pumpen tillhör. Vi diskuterar därför följande karaktäristika gemensamt för alla klasser.

#### **Produktionskaraktäristika**

Eftersom den mekaniska verkstaden är organiserad som en funktionell verkstad, finns det flera *planeringspunkter* och därmed flera möjliga placeringar av kundorderpunkten. Efter råvaruförrådet är dessa svarv, fleroptions- och provtryckningsstation. Därpå följer planeringspunkter i mellanlagret och monteringen. En funktionell verkstad innebär även en hög *processflexibilitet*, vilket underlättar kundorderstyrd produktion. Den största flexibiliteten ligger i fleroptionsmaskinerna, som med försumbara ställtider kan byta mellan de drygt hundra olika artiklarna och inte bara tillåter tillverkning i små partier utan också premierar små partistorlekar. Även provtryckningen är flexibel, med korta ställ- och operationstider. Personalen kan lätt flyttas mellan aktiviteterna vid fleroptionsstationen, gradning, tvättning och provtryckning.

Svarven är den minst flexibla stationen, med mer komplicerade och tidskrävande ställ mellan olika artiklar. Det är även svårt att utöka kapaciteten eftersom det endast finns en station med en operatör. Problemet med ställen i svarven kan dock minskas genom att utnyttja att ställtiderna är *sekvensberoende*. Större delen av pumphusen har svarven som första operation. När man planerar in vilka order som ska gå olika dagar i veckan, bör man därför ta hänsyn till hur det påverkar ställtiderna i svarven. Det gäller särskilt

C-klassprodukterna, där ställtiden utgör en väsentlig del av den totala operationstiden. Med kortare ställtider kan man ha mindre partistorlekar

En annan produktionsaspekt är *variansen i produktionsledtid och -kvantitet*. I nuläget har man problem med osäkerheten i hur lång tid det egentligen tar att få fram en komplett order i den mekaniska verkstaden. Osäkerheten beträffande ledtiderna beror till viss del på bristande rapportering. Man registrerar inte starttider för operationer och gör ingen uppföljning av ledtider. Dessutom påverkas hur lång tid ett parti tar i fleroperationsmaskinen av vilka andra order som körs samtidigt. Detta skapar en väldigt svår och komplex planeringssituation. Ju fler olika order som körs i fleroperationsmaskinerna samtidigt och ju större tillverkningspartierna är, desto längre tid måste paletterna vänta i stället, vilket ger en längre genomloppstid genom stationen. Skillnaden i genomloppstid för olika order av samma artikel beror även på varierande kvalitet. Om en stor del av ett parti måste kasseras, behövs det extra tid för att reparera felen, bearbeta en ny omgång eller, i värsta fall, vänta på en ny leverans av gjutämnen. Osäkerheten i färdigdatum och färdig kvantitet för en order reducerar möjligheterna till att flytta kundorderpunkten bakåt.

### **Produktkaraktistika**

*Materialprofilen* är i princip A-formad, med ett stort antal komponenter som monteras ihop till ett mindre antal slutprodukter. Det gör att man tidigt i flödet har många artikelnummer att styra och talar för en senareläggning av kundorderpunkten. Vi har emellertid sedan tidigare avgränsat oss från att behandla inverkan av några andra ingående artiklar än pumphusen, och betraktar därför pumphusflödet separat. Då kan man snarare anta att materialprofilen har en V-form. Från ett antal gjutämnen tillverkas något fler olika varianter av pumphus, som sedan kan monteras till dubbelt så många olika pumpar. Kundorderpunkten bör, med utgångspunkt i detta, läggas före monteringen, vilket också är fallet i dagsläget. Det ger dock inget argument för att lägga kundorderpunkten redan före bearbetningen. *Produktstrukturen* för de marina pumparna är grund och bred. Den består av ett fåtal bearbetningssteg, innan ett stort antal komponenter monteras ihop till en slutprodukt. Produktionsledningarna borde därför kunna hållas korta, vilket ökar möjligheterna för kundorderstyrning.

### **7.2.4. Kundorderpunkt**

Vi kan nu sammanfatta tidigare diskussioner om möjligheterna till kundorderstyrning, för att föreslå en lämplig kundorderpunkt för var och en av de tre produktklasserna. Med kundorderpunktens placering fastställd vidareutvecklar vi sedan planeringssystemen med hur styrningen ska ske före och efter kundorderpunkten.

### **A-klassprodukter**

De viktigaste prestationsmått för A-klassprodukterna är leveransprecision och kostnader. Det första kan uppnås genom att arbeta med planeringssystemets pålitlighet. Kostnaderna fås ner genom att kunna utnyttja resurserna på ett effektivt sätt. Detta talar för en utjämnad produktion. En kostnadsfaktor är kapitalbindningen, men utifrån Figur 7.1 utgör inte A-klassprodukterna någon större del av kapitalbindningen. Den höga efterfrågan gör att varor inte ligger länge i lager och att de är garanterade att

säljas. Det tredje nyckeltalet är volymflexibilitet, vilket underlättas med en utjämnad produktion.

A-klassprodukterna bör enligt placeringen i de två diagrammen i Figur 7.3 och Figur 7.4 monteras mot kundorder. Bearbetningen av pumphus sker då efter prognos mot mellanlagret, det vill säga före kundorderpunkten. Montering mot kundorder innebär prognostisering av pumphus och andra köpkomponenter. Ledtidsgapet blir större än vid montering mot kundorder, vilket ökar osäkerheten i efterfrågan. Prognoserna för pumphusen är emellertid mycket tillförlitliga, eftersom de egentligen är leveransplaner.

Processflexibiliteten i anläggningen, tillsammans med det stora antalet planeringspunkter, skapar möjligheter för ökad kundorderstyrning. Detsamma gäller materialprofil och produktstruktur. Variansen i produktionsledtid och kvalitet talar däremot för lagertillverkning, eftersom det innebär en störning vid tillverkning mot kundorder. Med stora order utjämnade till veckovolymer, går det dock fortare att få igenom ett parti genom fleroperationsstationen, vilket reducerar osäkerheten i ledtiderna.

Enligt Wikner (2004a) är kostnadseffektivitet och leveransprecision två krafter som trycker kundorderpunkten framåt. Kravet på volymflexibilitet talar istället för en tidigare kundorderpunkt. Det finns emellertid fler saker som talar för att ha bearbetningen före kundorderpunkten: Pumparna är en standardprodukt som inte kundanpassas. A-klassprodukterna är endast två, vilket ger en mycket smal produktflora. Efterfrågan är hög och förutsägbar. Priset är en viktig faktor, vilket ger kostnad och produktivitet som prestationsmått. Produktionen bör då, enligt Tabell 4.2, vara utjämnad och taktbaserad. Styrsystemet borde därutöver vara pullbaserat, till exempel med kanban. Som tidigare argumenterats fungerar detta system dock endast för A-klassen och för att få ett enklare system föreslår vi pushstyrning av all bearbetning. Förutom just pushstyrningen ska A-klassprodukterna därmed produceras enligt principerna för lean manufacturing.

Aktiviteterna före och efter kundorderpunkten skiljer sig däremot åt, enligt teorin för leagility. Bearbetningen uppströms genomsyras av ett lean-tänkande och ska vara resurssnål och utjämnad. Efter kundorderpunkten är emellertid flexibilitet viktigare. Montering sker direkt mot kundorder och operatörerna förser sig med material ur ett lager av pumphus.

### **B-klassprodukter**

Kostnader är ett viktigt nyckeltal även för B-klassprodukterna. Det innebär att man vill ha ett högt resursutnyttjande, men här spelar även kapitalbindningen en stor roll. Det är viktigt att få ner PIA och mellanlager, vilket åstadkoms genom ledtidsreduktion. Kundorder kommer med lägre frekvens, men i jämna och stora volymer samt efter leveransplaner med långa leveransledtider. Det passar därför med tillverkning av pumphus och montering enligt lot-for-lot, vilket innebär att kundorderpunkten placeras i råvaruförrådet före den mekaniska verkstaden.



Tillverkning efter kundorder underlättas av att personalen är flexibel och av att produktionen är organiserad som en funktionell verkstad. Produktmixflexibiliteten är viktig och kan höjas genom att reducera ställtider i främst svarven. Kundorderstyrning innebär en högre störningskänslighet. Störningarna kommer dock inte uppstå på grund av efterfrågevariationer. Detta beror dels på leveransplanerna och den jämna efterfrågan, dels på att ledtidsgapet minskas då kundorderpunkten skjuts bakåt. Störningarna finns dock i kassationer och osäkerhet i ledtider, men med ledtidsreduktionen och P/L-kvoter långt under 1 (se Tabell 7.9) borde man inte ha något problem med att upprätthålla en hög leveransprecision. Diagrammen i Figur 7.3 och Figur 7.4 visar att både tillverkning och montering mot kundorder är möjligt, men att montering mot kundorder kan vara mindre lämpligt med tanke på produktflorans bredd.

Kundorderpunkten trycks bakåt av flexibilitetskrafter. Flexibiliteten rör produktmixen och är viktig med tanke på den breda produktfloran. Den är även viktig för att kunna hålla små tillverkningspartier i arbetet med att få ner produktionsledtiderna. Den höga kapitalbindningen för B-klassprodukterna måste minskas. Ett sätt är att ha lagerlös produktion vilket åstadkoms med kundorderpunkten redan i råvaruförrådet. Det som talar för en senare kundorderpunkt är att produkterna är standardiserade, kostnadsfokus och den förutsägbara efterfrågan. Det innebär dock inga hinder för kundorderstyrning och kostnadsfokus kan, som sagt, nås genom en lägre kapitalbindning med lagerlös produktion.

Vid produktionsplanering med kundorderpunkten i råvaruförråd blir prognosobjekten gjutämnen samt övriga köpkomponenter. Det är i dagsläget svårt att undvika lager av gjutämnen på grund av de stora tillverkningspartierna i gjuteriet. Förhoppningsvis blir detta något man kan arbeta med och få kortare ledtider och snabbare leveranser. Ledtidsgapet för inköpsledtiden blir då mindre och prognoserna säkrare, samtidigt som kapitalbindningen i råvaruförråd minskar.

Före kundorderpunkten utgörs därmed styrningen av prognostisering av inköpsartiklar. Efter kundorderpunkten initieras tillverkningen av kundorder. Artiklarna produceras enligt en tidplan som bestämts i förväg enligt MRP-systemet. Systemet anger start- och färdigdatum för tillverkningsorder, och det är därför viktigt att ha bra koll på tidsåtgången samt att ledtiderna hålls korta. Informationssystemet måste fungera väl och det är av stor vikt att alla tider rapporteras in. Planeringen måste ta hänsyn till alla stationer i verkstaden och sekvensberoende ställ i svarven. Styrningen är av pushtyp där tillverkningen initieras i den mekaniska verkstaden och monteringen matas med färdigbearbetat material. Varje avdelning har varsitt start- och färdigdatum, dock utan det stora slack som finns idag.

### **C-klassprodukter**

C-klassprodukterna har ett stort antal olika kunder, en mycket bred produktflora med små volymer och varierande efterfrågan. Produkterna måste finnas tillgängliga hos distributören då de behövs, och leveranshastigheten är därför viktig. Man har inga leveransplaner och efterfrågevariationerna gör prognoser osäkra. Alla dessa faktorer

gör flexibiliteten till en viktig drivkraft och talar för en så tidig kundorderpunkt som möjligt med hänsyn till önskad leveransledtid.

Kostnaderna för C-klassprodukterna påverkas genom att kundorderstyrning kan minska utnyttjningsgraden i systemet. Priset är emellertid inte en lika kritisk faktor för C-klassen. Lagertillverkning av pumphus skulle istället resultera i en hög kapitalbindning, på grund av den låga efterfrågan och det stora antalet olika produkter. Lagren skulle till stor del bli trögrörliga och risken för osålda varor hög. Därför är det bättre att endast tillverka det som verkligen efterfrågas och ha kundorderpunkten före bearbetning av pumphus.

De två tidigare diagrammen i Figur 7.3 och Figur 7.4 över lämpliga produktleveransstrategier, anger att tillverkning eller till och med konstruktion mot kundorder vore den lämpligaste strategin. P/L-kvoterna blir låga för produkterna om man kan eliminera stora delar av tiden för mellanlagring. Fleroperationsstationen är välanpassad för tillverkning i små partier. Detsamma gäller flexibiliteten i en funktionell verkstad tillsammans med personalflexibiliteten. Situationen är värre i svarven där de små partistorlekarna orsakar ett stort antal ställ. Ställtidsreduktion blir därför ett avgörande moment för att kunna använda mindre partistorlekar.

C-klassprodukterna är, liksom resten av sortimentet, standardiserade modeller som inte vidare kundanpassas efter konstruktionsstadiet. Det skulle kunna tala för en senare kundorderpunkt, men med produktflorans bredd och små volymer passar tillverkning mot kundorder bättre. Variansen i produktionsledtid blir ett mindre problem med små partistorlekar och korta ledtider. Det hindrar inte en tidigareläggning av kundorderpunkten, samtidigt som variansen i efterfrågan motiverar en tidig kundorderpunkt för att reducera ledtidsgapet.

Med kundorderpunkten före bearbetning av pumphus omfattar de prognosstyrda aktiviteterna inköp av gjutämnen och andra komponenter. För C-klassprodukterna märks problemet med stora gjutämnespartier mest. I dagsläget finns det till exempel lager på gjutämnen motsvarande drygt fyra års förbrukning av C-artikel 01-31927-2. Problemet förvärras av att man inte med säkerhet vet om produkterna alls kommer att säljas. Det är därför ett starkt argument för att inte tillverka något som inte har en verklig efterfrågan, samt för att verka för mindre inköpspartier.

Efter kundorderpunkten bör produktionen vara pushstyrd och starta enligt den tidplan som fås ur MRP-systemet med anpassningen att order inom behovstäckningstiden slås samman till ett tillverkningsparti. I enlighet med teorin för leagility, ska flödet för bearbetning och montering av C-klassprodukter vara agile, det vill säga följsamt och flexibelt för variationer.

## Sammanfattning

Placeringen av kundorderpunkten för de tre artikelklasserna sammanfattas i Tabell 7.10. I tabellen anges också vilken produktleveransstrategi denna placering motsvarar.

**Tabell 7.10 Kundorderpunkt och produktleveransstrategi för varje artikelklass.**

Klass	Kundorderpunkt	Produktleveransstrategi
A	Mellanlager	Montering mot kundorder
B	Råvaruförråd	Produktion mot kundorder
C	Råvaruförråd	Produktion mot kundorder

### 7.3. Konsekvenser av en mer kundorderstyrd produktion

En tidigareläggning av kundorderpunkten ger konsekvenser i form av minskade lagerkostnader på grund av lägre lagernivåer, samtidigt som kundorderstyrning och kortare ledtider ger högre produktivetskostnader. De produktivetsberoende kostnader som förändras avser ställtiderna. Antalet ställ kommer att öka med mindre partistorlekar och därmed också kostnaderna för ställtid. Kostnader för den planerade överkapaciteten tas inte med i rapportens beräkningar, eftersom de inte förändras i och med att det totala genomflödet av produkter hålls konstant.

Eftersom vi enligt tidigare avgränsningar betraktar anläggningens beskaffenhet som given, påverkas inte lagerhållningskostnaderna och dessa är därför inte relevanta att undersöka. Minskningen av kostnaderna för lager beror istället på att lagerföringskostnaderna minskar. Vi har också valt att inte inkludera några kostnader i monteringsavdelningen då vi utvärderar konsekvenserna. Anledningen till detta är att vår nya planering inte påverkar arbetet i monteringen, och därför inte heller inverkar på lager- eller produktivetskostnader för den avdelningen i någon större utsträckning.

Förutom de olika kostnaderna, kommer vi även att se på konsekvenserna för leveransservice. Den nya planeringen eftersträvar kortare och mer pålitliga ledtider, vilket gör leveransserviceelementen ledtid, leveransprecision och information relevanta att studera. När tidskraven i planeringen ökar blir informationsutbytet allt viktigare. Förändringar i ledtid ger även genomslag för produktionsprocessens flexibilitet.

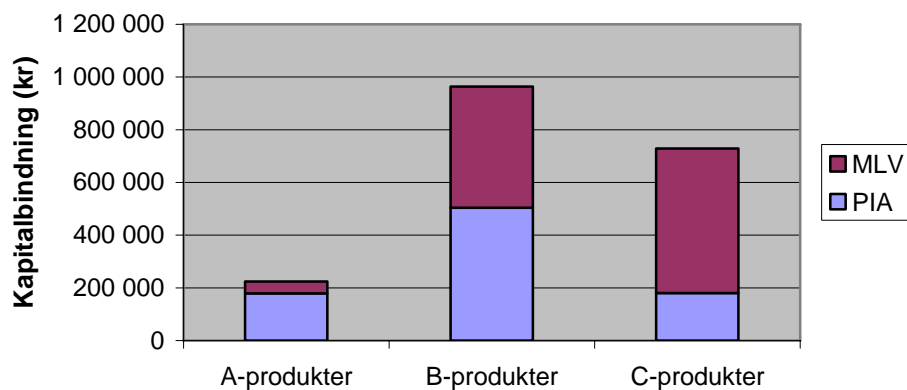
Utvärderingen av den med kundorderstyrda produktionsplaneringen görs alltså för lagerkostnader, produktivetskostnader samt leveransservice. Inom dessa områden tas följande punkter upp enligt Figur 7.5:



Figur 7.5 Områden för utvärdering av konsekvenser.

### 7.3.1. Lagerföringskostnader

Lagerföringskostnader består av två delar, kostnader för kapitalbindning och för den risk det innebär att ha varor i lager. Kapitalbindningen kan ses som en alternativkostnad för företagets ägare, som inte har möjlighet att använda kapitalet på ett bättre sätt. Riskkostnaden är däremot en verklig kostnad, som i Johnson Pumps fall främst uppkommer på grund av inkurans. Riskkostnaden beror på storleken på lagret och det är brukligt att fördela denna efter produkternas kapitalbindning. De totala lagerföringskostnaderna beräknas med en lagerränta på 14,9 procent, varav 10 procent är ägarnas avkastningskrav och 4,9 procent är riskkostnader (se Bilaga 10).



Figur 7.6 Kapitalbindning i nuläget.

Som framgår i Figur 7.6, är fördelningen av kapitalbindningen<sup>1</sup> olika för de tre artikelklasserna. En ledtidsreduktion ger stora besparingar genom lägre kapitalbindning i PIA, men den största förtjänsten ligger i att få ned nivåerna på mellanlagret hos B- och C-klassprodukterna. Produktion mot kundorder skulle alltså möjliggöra en betydande sänkning av kostnaderna för bundet kapital.

<sup>1</sup> Samtliga beräkningar av kapitalbindning i PIA och mellanlager redovisas i Bilaga 10.

### A-klassprodukter

Kapitalbindningen för A-klassprodukterna är relativt begränsad och utgörs i huvudsak av PIA. Produktklassens stabila efterfrågan tillsammans med en kontinuerlig produktion med produktionsserier nära kundorderstorleken, har lett till mycket låga medel-lagernivåer i mellanlagret i förhållande till total volym. Man anser sig kunna hålla en bra leveransprecision gentemot kund i dagsläget, vilket tyder på att prognoser och produktionssystem fungerar så pass bra att lageruppbyggnad inte är nödvändigt. Leveransplanerna bör därför vara tillräckligt tillförlitliga för att inte behöva ha säkerhetslager på A-klassprodukterna, och därmed inte heller B-klassprodukterna. Den totala kapitalbindningen i nuläget och med den nya planeringen sammanfattas i Tabell 7.11.

Tabell 7.11 A-produkternas kapitalbindning (kr).

<b>Nuläge</b>			
<b>Artikelnummer</b>	<b>PIA</b>	<b>MLV mellanlager</b>	<b>Summa bundet kapital</b>
01-13351-1	80 257	18 679	98 936
01-24231-1	98 520	26 107	124 627
<b>Summa</b>	<b>178 777</b>	<b>44 786</b>	<b>223 563</b>
<b>Ny planering</b>			
<b>Artikelnummer</b>	<b>PIA</b>	<b>MLV mellanlager</b>	<b>Summa bundet kapital</b>
01-13351-1	32 832	0	32 832
01-24231-1	9 852	0	9 852
<b>Summa</b>	<b>42 684</b>	<b>0</b>	<b>42 684</b>

Genom att eliminera buffertar inom produktionen minskar PIA med 76 procent. Mellanlagernivån har minskat till noll, eftersom man i princip tillverkar det som efterfrågas per vecka och därför inte bygger upp lager. Detta är en förenkling då det kommer att skapas ett litet mellanlager, när en månads efterfrågan delas upp på en jämn veckotakt. Detta lager anser vi dock vara försumbart i sammanhanget. Den totala reduktionen av bundet kapital uppgår till 81 procent.

### B-klassprodukter

Produkterna i B-klassen står i nuläget för den högsta kapitalbindningen. Fördelningen är relativt jämn mellan PIA och mellanlager, vilket kan ses i Figur 7.6. Tabell 7.12 visar hur kapitalbindningen för B-klassprodukterna ser ut idag.

Tabell 7.12 B-produkternas kapitalbindning i nuläget (kr).

Artikelnummer	PIA	MLV mellanlager	Summa bundet kapital
01-24639-1	69 562	69 381	138 943
01-13351-2	6 403	11 034	17 437
01-24467-1	7 098	3 374	10 472
01-24482-1	15 945	6 482	22 427
<b>Summa</b>	<b>99 008</b>	<b>90 271</b>	<b>189 279</b>

I det nya planeringssystemet är B-klassprodukterna helt kundorderstyrda och det finns därför inga lager av dessa produkter. I det nya planeringssystemet levereras produkterna direkt till monteringen då bearbetningen av en order i den mekaniska verkstaden är avslutad. På så sätt övergår produkterna från att vara PIA i verkstaden till PIA i monteringen, utan någon mellanlagring. Kapitalbindningen med det nya planeringssystemet sammanställs i Tabell 7.13. Resultatet är en avsevärd sänkning av det totala bundna kapitalet, både genom direkta leveranser av pumphus till monteringen och genom kortare ledtider i den mekaniska verkstaden. Reduktionen uppgår till drygt 90 procent för de fyra utvalda produkterna.

Tabell 7.13 B-produkternas kapitalbindning med ny planering (kr).

Artikelnummer	PIA	MLV mellanlager	Summa bundet kapital
01-24639-1	4 141	0	9 937
01-13351-2	4 433	0	2 955
01-24467-1	1 253	0	1 461
01-24482-1	1 627	0	2 278
<b>Summa</b>	<b>11 453</b>	<b>0</b>	<b>11 453</b>

### C-klassprodukter

Även C-klassprodukterna har stor potential för att reducera kostnaderna för bundet kapital. De utgör en betydande del med 38 procent av kapitalbindningen, samtidigt som de bara utgör 11 procent av den totala volymen. Kapitalbindningen i PIA och mellanlager i nuläget redovisas i Tabell 7.14.

Tabell 7.14 C-produkternas kapitalbindning i nuläget (kr).

Artikelnummer	PIA	MLV mellanlager	Summa bundet kapital
01-11206	6 016	15 885	21 902
01-31927-2	324	3 392	3 716
<b>Summa</b>	<b>6 340</b>	<b>19 277</b>	<b>25 618</b>

För att få ned kapitalbindningen är produkterna i C-klassen, precis som de i B-klassen, tänkta att produceras mot kundorder med direkta leveranser till monteringen. Problemet med C-klassen är att Johnson Pump inte har några leveransplaner för dessa produkter och att prognoserna har låg tillförlitlighet på grund av den varierande efterfrågan. Ett ytterligare problem är att leveransledtiden är betydligt kortare än för B-klassprodukterna. För att kompensera för detta har C-klassprodukterna därför säkerhetslager i den nya planeringen. Trots det minskar det totala kapitalet bundet i C-klassprodukter med 92 procent jämfört med dagsläget. Tabell 7.15 visar hur kapitalbindningen blir efter att det nya planeringssystemet införts.

**Tabell 7.15 C-produkternas kapitalbindning med ny planering (kr).**

Artikelnummer	PIA	MLV mellanlager	Summa bundet kapital
01-11206	86	1 644	1 730
01-31927-2	12	180	192
<b>Summa</b>	<b>98</b>	<b>1 824</b>	<b>1 922</b>

### Sammanfattning av kapitalkostnad

För de artiklar vi har valt att studera närmare minskar kapitalbindningen, eller förblir på samma nivå som tidigare, för samtliga artikelklasser. För att hitta total besparingspotential måste den totala kapitalbindningen beräknas. Eftersom våra utvalda artiklar kan anses representera hela sortimentet väl är det möjligt att interpolera kapitalbindningen för våra utvalda artiklar, och därigenom få en uppskattning av den totala kapitalbindningen. Beräkningarna (som redovisas i Bilaga 10) visar att det finns en besparingspotential för kapitalkostnaderna på totalt 262 444 kr genom ett mer direkt flöde, se Tabell 7.16.

**Tabell 7.16 Total kapitalbindning (interpolerad, kr).**

Nuläge	A	B	C	Totalt MLV	Total kapitalkostnad
<b>PIA</b>	178 777	504 359	180 518	863 654	128 684
<b>Mellanlager</b>	44 787	459 849	548 803	1 053 439	156 962
<b>Summa</b>	<b>223 563</b>	<b>964 209</b>	<b>729 321</b>	<b>1 917 093</b>	<b>285 647</b>
Ny planering	A	B	C	Totalt MLV	Total kapitalkostnad
<b>PIA</b>	42 684	58 343	2 783	103 810	15 468
<b>Mellanlager</b>	0	0	51 915	51 915	7 735
<b>Summa</b>	<b>42 684</b>	<b>58 343</b>	<b>54 698</b>	<b>155 724</b>	<b>23 203</b>

Konsekvensen på kapitalkostnaden av en förflyttning av kundorderpunkten från mellanlager till råvaruförråd, blir alltså en betydande besparing för samtliga artikelklasser. Störst blir effekten för B- och C-klassen, eftersom dessa har den högsta kapitalbindningen i nuläget. När beslut fattas utifrån hur lönsamt det är att producera

mot kundorder, är det värt att notera att C-klassartiklarna egentligen borde ha en betydligt högre lagerränta än både A- och B-klassartiklarna. Det beror på att de är lågvolymprodukter med större inkuransrisk. Besparingspotentialen för produkterna i C-klassen bör därför vara ännu högre än vad beräkningarna visar.

### 7.3.2. Produktivitetskostnader

Produktivitetskostnaden är, precis som kapitalbindningen, en alternativkostnad. Det beror på att kostnaden för ställ endast är en verklig kostnad, om resurserna annars hade kunnat utnyttjas på annat sätt. Ett exempel är att kostnaden för ett ställ i en flaskhals är lika med värdet av den alternativa produktion som går förlorad under ställtiden och kostnaden kan då ses som en förlorad intäkt. För en icke-flaskhals är ställtiden endast en belastning om operatören hade kunnat utföra andra arbetsuppgifter under samma tid. För maskinerna i den mekaniska verkstaden är detta mest aktuellt vid provtryckningen, som utgör en flaskhals och där personalen lätt kan utnyttja tiden till annan verksamhet. I svarven, som bidrar till den största delen av de totala produktivitetskostnaderna, gäller detta oftast inte. Man kan öka antalet ställ utan att för den skull behöva tillföra mer personal- eller maskinresurser och en stor del av dessa kostnader bör därför egentligen inte tas med.

Antalet ställ är beroende av varje artikels partistorlek. För nuläget har vi valt att använda en beräknad genomsnittlig partistorlek (se Bilaga 11). I den nya planeringen räknar vi istället med våra föreslagna partistorlekar. Timkostnaden<sup>1</sup> för ställtiden baseras på produktionskostnaden för den 2-spindliga svarven. Anledningen till denna förenkling är att en dominerande andel av den totala ställtiden tillhör svarven, en station som de flesta pumphus passerar, och att skillnaden i ställkostnad mellan olika maskiner är marginell.

#### A-klassprodukter

Med de nya partistorlekarna ökar antalet ställ för A-klassprodukterna och kostnaderna skiljer sig markant mellan nuläge och ny planering. För artikel 01-13351-1 har ställtiden dubbletats medan den är fem gånger större än tidigare för 01-24231-1. Detta beror på att antalet ställ går från 26 till 53 respektive från 10 till 52 per år. Kostnaderna presenteras i Tabell 7.17.

Tabell 7.17 A-artiklarnas ställkostnad.

<b>Nuläge</b>		
<b>Artikelnummer</b>	<b>Ställtid (timmar/år)</b>	<b>Kostnad (kr)</b>
01-13351-1	4,33	1313
01-24231-1	8,33	2525
<b>Summa</b>	<b>12,66</b>	<b>3 838</b>
<b>Ny planering</b>		
<b>Artikelnummer</b>	<b>Ställtid (timmar/år)</b>	<b>Kostnad (kr)</b>
01-13351-1	8,83	2 677
01-24231-1	43,33	13 130
<b>Summa</b>	<b>52,17</b>	<b>15 806</b>

<sup>1</sup> Samtliga beräkningar av ställtider och -kostnader redovisas i Bilaga 11.



**B-klassprodukter**

De nya partistorlekarna för B-klassprodukterna skiljer sig inte så mycket från medel-partistorleken i nuläget, och ökningen av ställkostnaden är därför inte lika påtaglig som för A-klassprodukterna. Kostnaderna i nuläget och med den nya planeringen kan ses i Tabell 7.18.

**Tabell 7.18 B-artiklarnas ställkostnad.**

<b>Nuläge</b>		
<b>Artikelnummer</b>	<b>Ställtid (timmar/år)</b>	<b>Kostnad (kr)</b>
01-13351-2	0,83	252
01-24639-1	12,83	3 889
01-24467-1	3	909
01-24482-1	3,5	1 061
<b>Summa</b>	<b>20,10</b>	<b>6 111</b>
<b>Ny planering</b>		
<b>Artikelnummer</b>	<b>Ställtid (timmar/år)</b>	<b>Kostnad (kr)</b>
01-13351-2	1,83	556
01-24639-1	10,50	3 181
01-24467-1	4,17	1 262
01-24482-1	5,83	1 767
<b>Summa</b>	<b>22,33</b>	<b>6 767</b>

**C-klassprodukter**

C-klassprodukterna har, på grund av de begränsade årsvolymerna i förhållande till partistorlek, en låg produktivetskostnad i nuläget. Kostnaderna ökar emellertid avsevärt med de nya, mindre, partistorlekarna. I Tabell 7.19 redovisas kostnaderna för ställ före respektive efter omplanering.

**Tabell 7.19 C-artiklarnas ställkostnad.**

<b>Nuläge</b>		
<b>Artikelnummer</b>	<b>Ställtid (timmar/år)</b>	<b>Kostnad (kr)</b>
01-11206	1,50	455
01-31927-2	1,50	455
<b>Summa</b>	<b>3,00</b>	<b>910</b>
<b>Ny planering</b>		
<b>Artikelnummer</b>	<b>Ställtid (timmar/år)</b>	<b>Kostnad (kr)</b>
01-11206	15,00	4 545
01-31927-2	14,50	4 393
<b>Summa</b>	<b>29,50</b>	<b>8 938</b>

### Sammanfattning av produktivetskostnader

De produktivetsberoende kostnaderna ökar mycket för A- och C-klassartiklarna då den nya planeringen med mindre partistorlekar införs. På samma sätt som för kapitalbindningen kan dessa kostnader interpoleras för att ta fram den totala kostnadsökning som detta medför. Resultatet redovisas i Tabell 7.20.

Tabell 7.20 Total produktivetskostnad (interpolerad, kr).<sup>1</sup>

<b>Nuläge</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total produktivetskostnad</b>
<b>Produktivetskostnad</b>	3 838	31 128	25 878	60 844
<b>Ny planering</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total produktivetskostnad</b>
<b>Produktivetskostnad</b>	15 806	34 472	254 470	304 748

Tabellen ovan visar att C-klassprodukterna står för 83,5 procent av produktivetskostnaderna, vilket tyder på att det i dagsläget är oekonomiskt att tillverka dessa i så små partistorlekar. Det är en mer rimlig ökning av kostnaderna för A-klassprodukterna, medan det inte blir någon större skillnad för B-klassen. Det är dock viktigt att ha de olika klassernas produktivetsmått i åtanke när skillnaderna analyseras. För A-klassprodukterna är priset, och därmed produktionskostnaderna, en viktig faktor. Produkterna i C-klassen kan man å andra sidan ta ut ett högre pris för, och kostnaderna blir inte lika avgörande.

### 7.3.3. Leveransservice

Den nya planeringen påverkar leveransservicen både med avseende på ledtider, leveransprecision, flexibilitet samt information. De faktorer som spelar in är hur partistorlekar, tillverkningsflöde och lagernivåer har förändrats.

#### Ledtider

Målet med ett nytt planeringssystem är att reducera den passiva tiden och på så sätt få en kortare genomloppstid. Med den nya planeringen beräknar vi att man kan uppnå en ledtidsreduktion på i genomsnitt 83 procent. Denna siffra ska ses som ett målvärde, eftersom den bygger att samtliga produkter kan transporteras direkt till nästa operation utan fördröjning. Det förutsätter att nästföljande station alltid är tillgänglig, vilket är svårt att uppnå i praktiken. Ledtidsreduktionen för varje enskild artikel redovisas i Tabell 7.21.

<sup>1</sup> Se Bilaga 11 för beräkningar.

Tabell 7.21 Ledtidsreduktion per studerad artikel.<sup>1</sup>

Artikelnummer	Ledtid i nuläge (v)	Potentiell ledtid (v)	Ledtidsreduktion
01-13351-1	2,2	0,9	59 %
01-24231-1	5,0	0,5	90 %
01-13351-2	1,3	0,5	62 %
01-24639-1	8,4	0,9	89 %
01-24467-1	3,4	0,6	82 %
01-24482-1	4,9	0,5	90 %
01-11206	2,8	0,04	99 %
01-31927-2	2,2	0,08	96 %

Den lägre kapitalbindningen, som beräknades tidigare, kan till stor del tillskrivas de kortare ledtiderna. Det beror både på att PIA minskar, men även på att det blir möjligt att producera direkt mot kundorder utan lagerhållning. Förutom ett förbättrat ekonomiskt resultat, resulterar de kortare ledtiderna även i att Johnson Pump blir bättre anpassat till framtida krav från kunder på kortare leveransledtider. Däremot innebär lägre lagernivåer att det kan bli svårare att tillgodose mycket korta leveransledtider.

### Leveransprecision

Leveransprecisionen påverkas olika för varje artikelklass. A-klassprodukternas leveransprecision kommer förmodligen inte att förändras i större grad, eftersom man redan idag kan hålla en hög leveransprecision med låga lagernivåer. De problem som kan tänkas uppkomma på grund av mindre buffertlager i produktionen kompenseras av en högre produkt- och volymflexibilitet. Det blir dessutom betydligt lättare att beräkna ledtiderna eftersom färre produkter tillverkas parallellt.

B-klassprodukternas leveransprecision till slutkund kommer troligen inte heller att påverkas negativt tack vare de tillförlitliga prognoserna. För att undvika en sämre leveransprecision vid införandet av det nya planeringssystemet, bör produktionen inledningsvis initieras med en viss bufferttid, så att eventuella störningar kan åtgärdas. Målet är dock att kontinuerligt reducera denna tid i takt med att processtillförlitligheten ökar, så att man till slut uppnår ett direkt flöde.

Störst risk att drabbas av försämrad leveransprecision har C-klassprodukterna, trots att säkerhetslager införs. Det beror på svårigheten i att prognostisera efterfrågan av dessa produkter, samtidigt som kunderna efterfrågar en mycket kort leveransledtid. Det är därför möjligt att efterfrågan på C-klassprodukter tidvis blir betydligt högre än allokerade maskinresurser. För att kompensera detta kommer överkapaciteten i produktionen främst att utnyttjas till C-klassprodukter, utöver omarbeten vid kassationer.

<sup>1</sup> Se Bilaga 5 och Bilaga 8 för beräkningar.

### **Flexibilitet**

En kortare ledtid ger en positiv effekt på både volym- och produktmixflexibiliteten, eftersom ändringar i produktionstakt och växlingar mellan tillverkning av olika produkter får snabbare genomslag. Även kundanpassningsmöjligheterna ökar, i den mån det handlar om expresstransporter av artiklar som inte täcks av lager i dagsläget.

En nackdel med den nya planeringens mindre partistorlekar är att det påverkar maskinernas tillgängliga kapacitet genom att mer tid går åt till ställ. På lång sikt kan emellertid en högre andel ställtid få en positiv effekt. Då tiden för ställ utgör en mer betydande del av den totala produktionstiden, motiveras arbete med ställtidsreduktion, vilket i slutändan ger en ökad produktionskapacitet (volymflexibilitet) samt snabbare byte mellan olika produkter (produktmixflexibilitet).

### **Information**

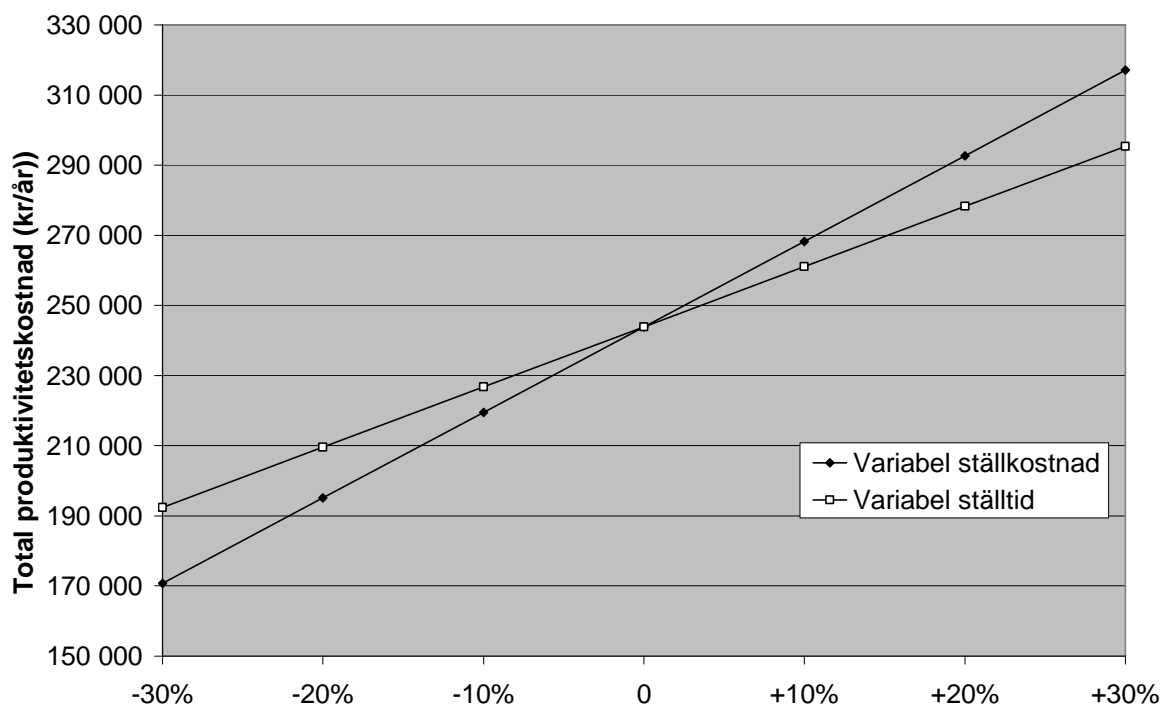
Genom att produktionen blir pushstyrd ökar genomskinligheten av det verkliga kundbehovet genom hela flödet, vilket i sin tur ökar tillförlitligheten i produktionen. Samtidigt ställs större krav på kommunikation mellan olika stationer i och med det mer direkta flödet och mindre buffertlager. Genomskinligheten och de större kraven medför också att orsaken till olika problemområden blir lättare att identifiera och angripa. Det är en viktig punkt eftersom Johnson Pump i dagsläget ofta arbetar för mycket med bearbeta symptomen, istället för att angripa orsaken till problem. De kortare ledtiderna och enklare flödet gör också att variationen minskar, vilket ökar MRP-planeringens tillförlitlighet, förutsatt att affärssystemet kontinuerligt uppdateras.

### **7.3.4. Känslighetsanalys**

I de tidigare beräkningarna av kapital- och produktivitetskostnader har vissa antaganden gjorts. För att undersöka hur känsliga beräkningarna är med avseende på dessa antaganden, har vi låtit ledtid respektive ställtid och timkostnad variera.

Kapitalbindningskostnaden beror på hur mycket ledtiden kan förkortas. Eftersom sambandet är linjärt kan man med hjälp av två-punktsformeln hitta deras inbördes relation som visar att kapitalbindningskostnaden är proportionell mot ledtiden med faktorn 0,9. Det innebär att en reduktion av ledtiden med 1 procent motsvarar en minskning av kapitalkostnaden på 0,9 procent.

Produktivitetskostnaden påverkas främst av ställtiden och timkostnaden för ställ. Figur 7.7 visar hur produktivitetskostnaderna ändras om timkostnad eller ställtid ändras uppåt eller nedåt utifrån våra beräknade värden. Man kan se i diagrammet att en lägre timkostnad ger större effekt för totalkostnaden än en ställtidsreduktion. Det är dock svårt att sänka timkostnaden, medan ställtiden är relativt enkel att reducera. Ställtiden i våra beräkningar är dessutom troligen lägre i praktiken för de vanligaste produkterna, eftersom dessa har snabbfästen i svarven och ofta bara tar några minuter att ställa om.



Figur 7.7 Känslighetsanalys av produktivitetskostnad.

### 7.3.5. Sammanfattning av konsekvenser

Resultaten av de förändrade kapital- och produktivitetskostnaderna är sammanställda i Tabell 7.22. Totalt sett blir resultatet av den nya planeringen en minskning av kostnaderna med omkring 18 500 kr. Kostnaderna förskjuts från lagerföringskostnader till kostnaderna för ett lägre resursutnyttjande, samtidigt som leveransservicen ökar.

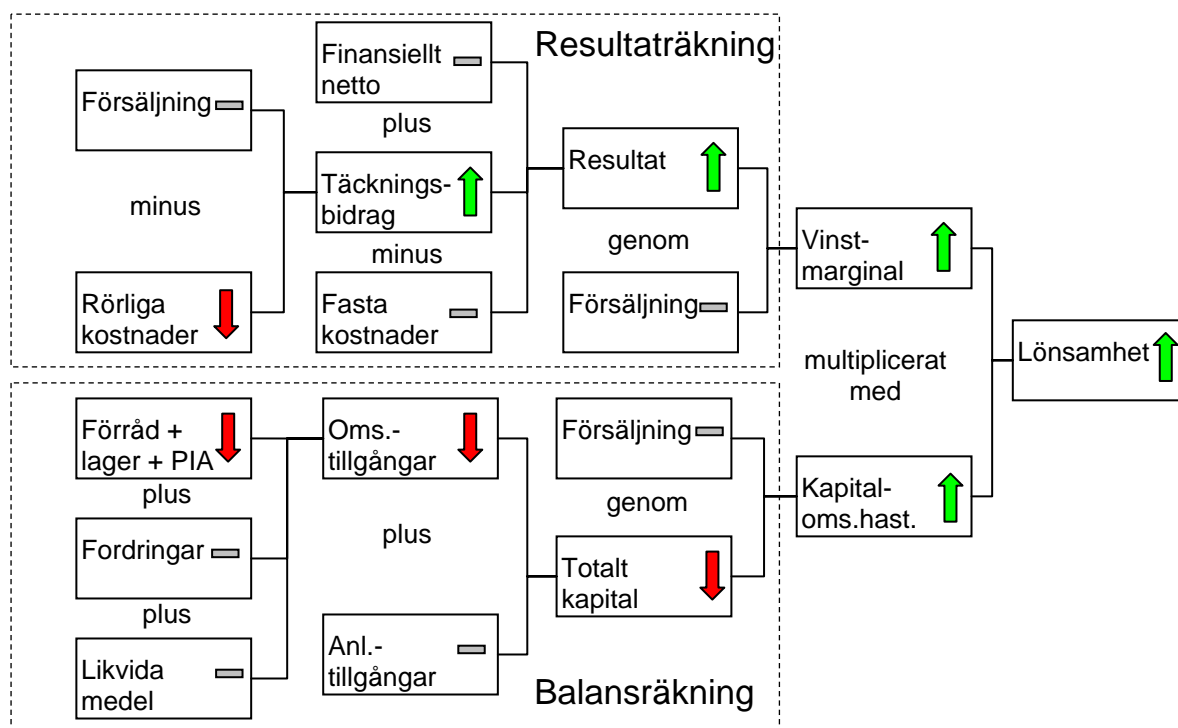
Tabell 7.22 Resultande kostnadsförändring (kr).

Artikel-klass	Nuläge			Ny planering			Skillnad
	PIA	Mellan-lager	Ställ-kostnader	PIA	Mellan-lager	Ställ-kostnader	
A	26 638	6 673	3 838	6 360	0	15 806	-14 983
B	75 150	68 518	31 128	8 693	0	34 472	-131 631
C	26 897	81 772	25 878	415	7 735	254 470	128 073
<b>Summa</b>	<b>128 684</b>	<b>156 962</b>	<b>60 844</b>	<b>15 468</b>	<b>7 735</b>	<b>304 748</b>	<b>-18 539</b>

Som Tabell 7.22 visar är kostnadsförändringen minst för A-klassen, där produktionsplaneringen inte förändras lika mycket som för de andra artikelklasserna. Den allra största besparingspotentialen finns i B-klassen, medan resultatet för C-klassen istället är en ökning av kostnaderna. Det är därför lämpligt att i dagsläget vänta med implementering av den nya planeringen med C-klassartiklarna tills det fungerar väl för A- och B-klassartiklarna.

De ekonomiska konsekvenserna kan också utvärderas med utgångspunkt i företagets resultat- och balansräkning. Under förutsättning att flödet av produkter hålls konstant, kommer även intäkterna att vara det. Detta kan tolkas som att alternativkostnaden för

produktivitetsförlusterna inte realiseras. Samtidigt kommer den del av lagerföringskostnaderna som beror på inkurans att minska med cirka 49 000 kr<sup>1</sup>, vilket medför lägre rörliga kostnader. Effekten på resultaträkningen är således en ökning av resultatet med 49 tkr. Den andra delen av lagerföringskostnaderna, kapitalkostnaden, påverkar istället balansräkningen. Genom lägre kapitalbindning minskar omsättningstillgångarna. Resultatet av detta är att lönsamheten ökar. Figur 7.8 visar ovanstående resonemang nedbrutet i ett DuPont-schema.



Figur 7.8 DuPont-schema över konsekvenser.

Vid analysen av de kvantitativa konsekvenserna, är det viktigt att komma ihåg att kapitalbindningen och produktivitetskostnaderna har olika utgångslägen. Beräkningarna av kapitalbindningen är en optimistisk uppskattning för hur stor kostnadsbesparingen kan bli med det nya planeringssystemet. Man bör vidare tänka på att reduktionen i kapitalbindning endast realiseras då produkterna har sålts och betalning erhållits. Detta är speciellt viktigt för A-produkterna, där det kan vara nödvändigt att undersöka om det är möjligt att leverera till kund oftare, eftersom de taktillverkas veckovis.

Besparingen för C-klassen borde egentligen vara betydligt högre än beräknat, eftersom den stora inkuransrisken för dessa produkter motiverar en högre lagerränta. Här kan man också diskutera om det är rimligt att ha säkerhetslager för alla C-klassprodukter, eller om man borde dela upp klassen ytterligare med en D-klass. D-klassen skulle bestå av produkter med endast ett fåtal order per år i mycket små volymer, vilka eventuellt borde tas ur sortimentet. Ett annat alternativ skulle vara att tillverka C-

<sup>1</sup> Beräknat på skillnaden i bundet kapital i mellanlager.

klassprodukterna mot prognos, trots osäkerheten i dessa, en eller ett par gånger per år. Kostnaden för inkurans och kapitalbindning skulle då få belasta pumpens pris.

Vidare ska den trade-off mellan lagerföringskostnader och produktivetskostnader, som vi räknat med i rapporten, inte ses som given. Genom att omfördela kostnaderna från lagerförings- till produktivetskostnader tydliggörs vilka begränsningar som finns i systemet och förbättringsprogram kan initieras. Därigenom är det möjligt att flytta jämviktspunkten uppåt (se Figur 4.23). Ett konkret exempel på detta för Johnson Pump är att om kostnaden för ställ tydliggörs, kommer arbetet med ställtidsreduktion att påbörjas, istället för som i dagsläget reduktion av antalet ställ.

Arbetet med ledtidsreduktion bör därför påbörjas så snart som möjligt för hela sortimentet. Som känslighetsanalysen tidigare visade ger en minskning av ledtiderna en direkt minskning av kapitalkostnaden. Förhållandet mellan reduktionen av ledtid och kostnader på 0,9 är dessutom bättre än det genomsnitt som Suri (1998) kom fram till vid en undersökning av företag, vilket låg på 0,5. Förutom att en ledtidsförkortning även ökar flexibiliteten och kan ge högre kundservice, är tid ett bra nyckeltal. Det är lättare att förstå och mäta än till exempel kapitalkostnad.

#### **7.4. Produktleveransstrategi för hela sortimentet**

Ett av de största problemen med produktionsplaneringen är det stora antalet artiklar och de varierande efterfrågevolymerna mellan olika artiklar. En viktig åtgärd är därför att förenkla produktionen, så att man inte har så många order igång samtidigt. Frågan är hur många order detta ska vara och hur fördelningen blir över de tre artikelklasserna. Hur ska kapaciteten fördelas och är maskinresurserna tillräckliga för att ta det större antalet ställ, som de mindre partistorlekarna medför? Nästa åtgärd för att få ett system som är enklare att planera, är att utnyttja den resurs som MRP-systemet utgör. Datasystemet är en förutsättning för att kunna hålla ordning på det dryga hundratalet olika pumphus och dubbelt så många slutprodukter.

#### **Kapacitetsfördelning**

Fördelningen av produktionsflödet på maskinerna bör baseras på tillverkningsvolym. Varje klass tilldelas en kapacitet motsvarande dess andel av den totala volymen, vilket innebär 40, 50 respektive 10 procent för A-, B- och C-klassprodukterna. Fördelningen görs på 70 procent av den totala tillgängliga kapaciteten för att få en viss överkapacitet i produktionen. De resterande 30 procenten motiveras av osäkerheten i ledtider och sent ändrade order, omarbetningar eller kassationer på grund av kvalitetsbrister, samt för att kunna få en viss volymflexibilitet. En annan viktig anledning till överkapaciteten är Suris (1998) teori om hur ledtiderna ökar med ett allt högre kapacitetsutnyttjande. Genom att arbeta med att få ned osäkerheten i systemet, bland annat variationerna i ledtider, kan man reducera behovet av överkapacitet. Ett sätt att uppnå detta är just genom kortare ledtider.

I dagsläget körs omkring 25 olika order parallellt i fleroperationsmaskinen och ett ännu större antal kan befinna sig vid olika steg i produktionsprocessen. Man bör reducera detta antal och se till att en order avslutas innan nya påbörjas. I svarven kan

endast en artikel köras åt gången och i provtryckningen maximalt två artiklar. Det är därför i fleroperationsmaskinen som problemet med alltför många olika order uppkommer. Vårt förslag är att endast ha tio order igång samtidigt. Av dessa kommer två att vara A-klassprodukter, vilka på grund av sina stora volymer kommer att köras mer eller mindre konstant. Av resterande åtta order är sex B-klassprodukter och två C-klassprodukter. När en order avslutats startas det jobb som står i kö i respektive klass.

För att kontrollera antal påbörjade order kan ett enkelt system med magneter användas som markörer på planeringstavlan vid fleroperationsstationen. De pumphus som ska köras under dagen skrivs upp på tavlorna för de två maskinerna uppdelade efter artikelklass. Vid de tio första i kön sätts en magnet utifrån fördelningen enligt ovan. När en order avslutats, stryks det uppskrivna artikelnumret på planeringstavlan och magneten flyttas till nästa i tur. I slutet av det andra skiftet laddas alla paletter upp för körningen under natten.

Med fördelningen 2:6:2 av de tio artiklarna mellan de tre artikelklasserna, tar bearbetningen under natten i genomsnitt 6 timmar och 40 minuter.<sup>1</sup> Då kan man i medeltal räkna bort 40 minuter<sup>2</sup> i slutet av andra skiftet då den sista kuben laddas för natten. Det medför att omkring 50 procent av maskinkapaciteten för de två fleroperationsmaskinerna inte utnyttjas, av de sammanlagt tolv timmarna tillgänglig maskintid under nattskiftet. Trots minskningen av tillgänglig tid, kommer man inte att få problem med att hålla dagens tillverkningstakt på omkring 3000 enheter per vecka. Till det krävs knappt 100 maskintimmar och med den nya planeringen är den tillgängliga kapaciteten cirka 190 timmar i fleroperationsmaskinerna.<sup>3</sup>

De små partistorlekarna har stora fördelar genom att reducera ledtider och hålla ihop en order, men det innebär också ett stort antal ställ. Som vi sett tidigare, sänker detta kostnaderna i form av kapitalbindning, men höjer samtidigt produktivetskostnaderna. En annan aspekt är om den tillgängliga tiden i svarven räcker till för det ökade antalet ställ. Suri (1998) beskriver i Figur 4.15 hur ledtiderna blir kortare ju mindre partistorleken är, ner till en viss nivå. Under denna partistorlek, kallad  $L^*$ , ökar istället ledtiden då partistorleken minskar, eftersom de många ställen gör att utnyttjningsgraden höjs. Med den nya planeringen kommer pumphusen att uppta 65 procent<sup>4</sup> av den tillgängliga tiden i den 2-spindliga svarven. Uppskattningsvis 90 procent av alla produkter som svarvas är pumphus, vilket ger en tillfredsställande utnyttjningsgrad på 72 procent för maskinen.

### **MRP-system**

För att kunna kontrollera produktionen och hålla isär styrningen av de olika klasserna, måste MRP-systemet användas. Problemet idag är att data i systemet inte är tillför-

---

<sup>1</sup> Se Bilaga 4 för beräkningar.

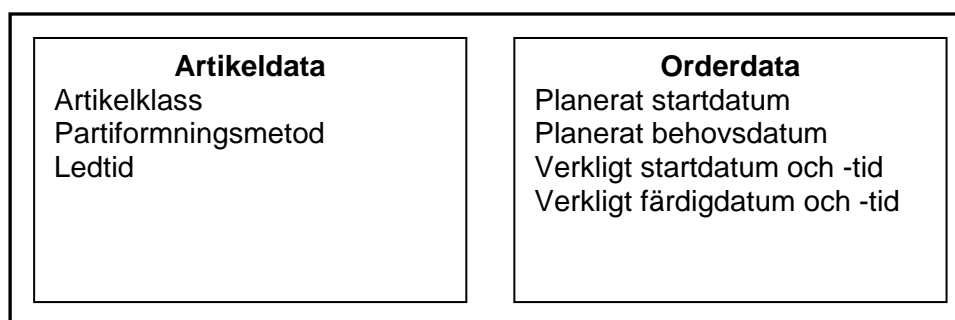
<sup>2</sup> Medeltiden för bearbetning av pumphusen är cirka 40 minuter, varför man i genomsnitt förlorar 20 minuter på att den sista kuben i det andra skiftet inte är klar i maskinen, och därför inte hinner laddas upp på nytt, före nattskiftet. För de två fleroperationsmaskinerna förlorar man totalt 40 minuter.

<sup>3</sup> Se Bilaga 4 för beräkningar.

<sup>4</sup> Se Bilaga 12 för beräkningar.



litliga och det därför kortsiktigt ger bättre resultat att planera utifrån erfarenhet. På längre sikt är det emellertid en dålig lösning, som till exempel resulterar i att en bristlista styr produktionen i den mekaniska verkstaden. Systemet behöver uppdateras kontinuerligt med information om ledtider, partistorlekar och vilken klass en artikel tillhör. Det senaste kommer nämligen att variera med produktens livscykel. För varje order måste därför start- och färdigdatum rapporteras in, allra helst med klockslag, för att få underlag för beräkning av ledtiden. I Figur 7.9 sammanfattas den information som måste finnas för varje artikel eller order i MRP-systemet.



Figur 7.9 Komponenter i MRP-systemet.

De behovsdatum som systemet anger måste vidare följas strikt och får inte ses som variabla. Till en början kan man tillåta ett visst slack, eller lagringstid mellan mekanisk verkstad och montering. Detta slack reduceras sedan successivt i och med att man får kortare och mer tillförlitliga ledtider som input till MRP-systemet.

### 7.5. Sammanfattning av analysens viktigaste punkter

Syftet med rapporten har varit att undersöka vilka möjligheter Johnson Pump har för att ha en mer kundorderstyrd produktion. Målet var att reducera lagret av pumphus mellan den mekaniska verkstaden och monteringen samt att reducera ledtiderna. Det första steget var att göra en artikelklassificering och dela in pumphusen i tre klasser baserat på tillverkningsvolym. De olika klasserna skiljer sig åt på flera sätt, vilket sammanfattas i Tabell 7.23.

Tabell 7.23 Sammanfattning av marknadskarakteristika.

Klass	Efterfrågan	Konkurrensmedel
A	Hög och jämn efterfrågan enligt leveransplaner	Pris, leveransprecision
B	Leveransplaner, order i jämna volymer med lägre frekvens	Pris, leveransprecision
C	Varierar mycket, små volymer och ofta få order	Flexibilitet, leveranshastighet

I dagsläget är produktionsledtiderna för långa, men framförallt för osäkra, för att kunna ha en kundorderstyrd produktion. En alternativ planeringsmodell utformades därför. De viktigaste punkterna i planeringen är:

- Färre tillverkningsorder igång samtidigt.
- Mindre partistorlekar.
- Direkt flöde mellan arbetsstationer samt mellan mekanisk verkstad och montering.
- MRP-systemet används för inplanering av order.
- Kontinuerlig uppdatering av MRP-systemet.
- Rapportering av start- och färdigtidpunkt för order.
- Pushstyrd produktionen från den mekaniska verkstaden.
- Tillgänglig kapacitet uppdelad på de tre artikelklasserna baserat på produktionsvolym.
- 30 procents överkapacitet för att kompensera för störningar.

Med en ny planering kan produktionsledtiderna minskas. Det ger lägre P/L-kvoter samt säkrare ledtider, vilket gör produktion mot kundorder möjlig för alla artikelklasser. För A-klassen är emellertid montering mot kundorder att föredra på grund av den höga och jämna efterfrågan. Kundorderpunkt och partiformningsmetod sammanfattas i Tabell 7.24, tillsammans med den andel av tillgänglig produktionskapacitet som avsätts för varje artikelklass.

**Tabell 7.24 Sammanfattning av planering för olika artikelklasser.**

Klass	Kundorderpunkt	Partiformningsmetod	Andel av tillgänglig kapacitet
A	Mellanlager	Veckotakt	40 %
B	Råvaruförråd	Lot-for-lot	50 %
C	Råvaruförråd	Behovstäckningstid	10 %

Slutligen undersökte vi vilka konsekvenser en ökad kundorderstyrning medför i form av kostnader och leveransservice. Konsekvenserna av den nya planeringen är en kraftig reduktion av ledtider och kapital bundet i PIA och lager. Det minskar kapitalkostnaderna med 92 procent för hela sortimentet. Samtidigt leder de nya, mindre partistorlekarna till ett ökat antal ställ mellan olika produkter. Resultatet är en femdubbling av produktivetskostnaderna. Totalt sett blir kostnaderna 5 procent lägre med det nya planeringssystemet. Konsekvenserna för leveransservicen blir en förbättring genom att ledtiderna blir kortare. Det gör att Johnson Pump kan bli mer flexibla och erbjuda kortare leveransledtider. Den nya planeringen bör ge en lika bra eller ökad leveransprecision, tack vare säkrare ledtider. En viss överkapacitet används för att kompensera för ökad störningskänslighet.

# Kapitel 8

## SLUTSATSER

---



## **8.1. Slutsatser**

För att det ska bli möjligt för Johnson Pump att tillverka pumphus mot kundorder, måste planeringen bli tydligare och mer strukturerad. Den viktigaste åtgärden för att åstadkomma detta är att reducera ledtiderna. Kortare ledtider minskar kapitalbindning i PIA, gör produktionen mer flexibel, och minskar variationer och störningar. Man behöver även struktur för att kunna identifiera problem i produktionen. Den säkerhetsledtid som läggs till det verkliga behovsdatumet och det slack som finns mellan mekanisk verkstad och montering, är Johnson Pumps japanska sjö. Det döljer problemområden och gör det omöjligt att veta exakt hur lång tid olika aktiviteter tar. Därutöver kan MRP-systemets potential inte utnyttjas fullt ut i dagsläget på grund av inaktuella data. Det har också medfört en misstro mot systemet, vilket gör att planerade start- och färdigdatum inte följs inom produktionen. Såväl marknads-, produktions- och produktkaraktäristika tillåter emellertid en förflyttning av kundorderpunkten längre bak i flödet. Slutsatsen är därför att Johnson pump har goda möjligheter till kundorderstyrning av produktionen, under förutsättningen att nya planeringsmetoder införs.

Konsekvenserna av det föreslagna planeringssystemet är omfattande. De ekonomiska effekterna är främst en omfördelning av kostnader vilket visserligen inte leder till nämnvärt förbättrat resultat men likväl till högre lönsamhet. Konsekvenserna för leveransservice är också främst positiva. Alla artikelklasser har dock inte samma förutsättningar. För A-klassartiklarna är förändringarna i planeringen relativt små i dagsläget men så även konsekvenserna. B-klassartiklarna har däremot mycket att vinna på en ökad kundorderstyrning, både ekonomiskt och genom bättre leveransservice. För C-klassartiklarna är förtjänsterna dock inte lika uppenbara. Rent ekonomiskt är det svårt att motivera en högre grad av kundorderstyrning för C-klassartiklarna och det är samtidigt de som lider störst risk att drabbas av försämrade leveransprecision. Det kan därför vara lämpligt att först se hur väl en ny planering för A- och B-klassartiklarna faller ut innan ställning tas för hur C-klassartiklarna ska styras.

Sammanfattningsvis rekommenderar vi att Johnson Pump övergår till en mer kundorderstyrd produktion av marina kylvattenpumpar för A- och B-klassprodukterna. Företaget bör därmed också förändra sina planeringsrutiner genom att bland annat införa mindre partistorlekar och ett mer direkt flöde. Utgångspunkt för planeringen anser vi bör ligga i den mekaniska verkstaden, eftersom planeringssituationen där är mer komplex än i monteringen. Samtidigt rekommenderar vi en kontinuerlig uppföljning av främst ledtider för att öka tillförlitligheten i MRP-systemet.

Resultatet blir kortare ledtider som i sin tur ger högre avkastning på satsat kapital och även större produktmix- och volymflexibilitet. Det gör också Johnson Pump bättre positionerat inför ökade krav på kortare ledtider och tätare leveranser, samtidigt som kostnaderna sänks. I enlighet med Womacks & Jones (2003) sista princip för lean manufacturing, skapar tydliggörandet av effekterna med ledtids- och ställtidsreduktioner incitament till nya förbättringsprogram, som på sikt kan öka Johnson Pumps konkurrensförmåga. Den viktigaste rekommendationen är därför att aldrig anse förbättringsarbetet som avslutat.



# ORDLISTA

---





**Anmodan** En (formell) uppmaning eller begäran. (NE)

**ATO** Assemble To Order - montering mot kundorder.

**Avrop** Beställning av en vara som man tidigare träffat avtal om. (NE)

**Back** Verkstadstekniskt maskinelement som håller ett skärverktyg eller arbetsstycke. (NE)

**Bakåtplanering** Planering med utgångspunkt i orderns färdigtidpunkt. Operationer läggs in bakåt i tiden med hänsyn till ledtid. (Olhager 2000)

**Buffertlager** Lager för att minska effekterna av tillfälliga svängningar i efterfrågan på eller tillförseln av en vara. (NE)

**En-nivå peggning** Ingående komponenter kopplas till den artikel som ger upphov till behovet en nivå upp i produktstrukturen.

**ETO** Engineer To Order - konstruktion mot kundorder.

**Fräsa** Bearbeta i typ av roterande skärverktyg för metall, trä etc. (NE)

**IFS** Leverantör av komponentbaserade affärssystem.

**Impeller** En roterande del i en pump med flexibla propellerblad.

**Kokillgjutning** Gjutmetod där metallsmältan hålls i en eller flera större gjutformar, kokiller. (NE)

**Koppfixtur** Anordning som används för att hålla fast arbetsstycket i maskinen under bearbetning. (NE)

**Lagerautomat** Automatiserad pallagring på höjden.

**Leveransprecision** I vilken utsträckning leverans sker enligt de överenskommelser som gjorts med kunden. (Mattsson & Jonsson 2003)

**MRP** Material Requirements Planning - materialbehovsplanering.

**MTO** Make To Order - tillverkning mot kundorder.

**MTS** Make To Stock - tillverkning mot lager.

**Masskundanpassning** Strategi som kombinerar fördelarna med massproduktion och kundanpassning.

**OEM-kund** Original Equipment Manufacturer. Avser här ett företag som köper in specialanpassade komponenter, vilka ingår i en slutprodukt under företagets eget märke.

**Paternosterverk** Lageranordning en motor som driver transportkedjor med hyllplan.

**Pressgjutning** Gjutmetod där metallsmältan pressas in i en form av stål. (NE)

**Produktionsledtid** Summan av ledtidskomponenterna transporttid, kötid, ställtid, operationstid och väntetid för ingående operationer.

**Sandgjutning** Gjutmetod där metallsmältan hålls i en pressad sandform. Formen knackas loss från det färdiga gjutämnet.

**Säkerhetsledtid** Innebär att en tillverkningsorder planeras att bli färdig en viss tid före det faktiska behovet. (Olhager 2000)



# KÄLLFÖRTECKNING

---



**Artiklar**

Ferdows, K. & De Meyer, A. (1990). "Lasting Improvements in Manufacturing Performance: In Search of New Theory", *Journal of Operations Management*. vol. 9: 2, ss. 168-184.

Grubbström, R.W. & Olhager, J. (1997). "Productivity and flexibility: Fundamental relations between two major properties and performance measures of the production system", *International Journal of Production Economics*. vol. 52: 1-2, ss. 73-82.

Gung, R.R. & Stuedel, H.J. (1999). "A workload balancing model for determining set-up time and batch size reductions in GT flow line workcells", *International Journal of Production Economics*. vol. 37: 4, ss. 769-791.

Hayes, R.H. & Pisano, G.P. (1994). "Beyond World-Class: The New Manufacturing Strategy", *Harvard Business Review*. Januari-Februari, ss. 77-86.

Lee, H., Padmanabhan, V. & Whang, S. (1997). "The Bullwhip Effect in Supply Chains", *Sloan Management Review*. vol. 38: 3, ss. 93-102.

Mapes, J., New, C. & Szwejczewski, M. (1997). "Performance trade-offs in manufacturing plants", *International Journal of Operations & Production Management*. 17 (10), 10201033.

Naylor, J.B., Naim, M.N. & Berry, D.A. (1999). "Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain", *International Journal of Production Economics*. vol. 62: 1/2, ss. 107-118.

Olhager, J. (2003). "Strategic positioning of the order penetration point", *International Journal of Production Economics*. vol. 85: 3, ss. 319-329.

Stalk, G. Jr (1988). "Time – The next source of competitive advantage", *Harvard Business Review*. Juli.

Szwejczewski, M., Mapes, J. & New, C. (1997). "Delivery and trade-offs", *International Journal of Production Economics*. vol. 53: 3, ss. 323-331.

Womack, J.P. & Jones, D.T. (1996). "Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection", *Harvard Business Review*. vol. 74: 5, ss. 140-158.

Wright, T.P. (1936). "Learning Curve", *Journal of the Aeronautical Sciences*. vol. 3, ss. 122-128.

**Böcker**

Aronsson, H., Ekdahl, B. & Oskarsson, B. (2003). *Modern logistik – för ökad lönsamhet*. Malmö: Liber.

- Bergman, B. & Klefsjö, B. (2002). *Kvalitet i alla led*. Lund: Studentlitteratur.
- Christopher, M. (1998). *Logistics and Supply Chain Management*. London: Prentice Hall.
- Hayes, R.H. & Wheelwright, S.C. (1984). *Restoring Our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing*. New York: Wiley.
- Hopp, W.J. & Spearman, M.L. (2000). *Factory physics*. (2. ed.) Boston: McGraw-Hill.
- Kidd, P.T. (1994). *Agile Manufacturing: Forging New Frontiers*. Padstow: Addison-Wesley.
- Lumsden, K. (1998). *Logistikens grunder*. Lund: Studentlitteratur.
- Maskell, B.H. (1991). *Performance Measurement for World Class Manufacturing*. New York: Productivity Press.
- Mattsson, S. & Jonsson, P. (2003). *Produktionslogistik*. Lund: Studentlitteratur.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. (3. ed.) Norcross, GA: Engineering & Management Press.
- Olhager, J. (2000). *Produktionsekonomi*. Lund: Studentlitteratur.
- Plossl, G.W. (1985). *Production and Inventory Control: Principles and Techniques*. (2. ed.) Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System*. New York: Productivity Press.
- Stalk, G. & Hout, T. (1990). *Competing against time*. New York: The Free Press.
- Suri, R. (1998). *Quick Response Manufacturing*. Portland: Productivity Press.
- Womack, J.P. & Jones, D.T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation*. Bath: The Free Press.

### **Övriga skriftliga källor**

- Johnson Pump AB (2004). *Årsredovisning*. Internmaterial.
- Johnson Pump AB (2005). *Produktkatalog för marina affärsområdet*. Internmaterial.
- Olhager, J. (2004a). *Föreläsning 2*. Föreläsningmaterial i kursen TPPE50 Produktionsstrategier, IPE, Linköpings Tekniska Högskola.

Olhager, J. (2004b). *Föreläsning 7*. Föreläsningsmaterial i kursen TPPE50 Produktionsstrategier, IPE, Linköpings Tekniska Högskola.

Wikner, J. (2004a). *Föreläsning 2*. Föreläsningsmaterial i kursen TPPE40 Produktionslogistik, IPE, Linköpings Tekniska Högskola.

Wikner, J. (2004b). *Föreläsning 12*. Föreläsningsmaterial i kursen TPPE40 Produktionslogistik, IPE, Linköpings Tekniska Högskola.

### **Elektroniska källor**

Nationalencyklopedins Internettjänst (2006). <<http://www.ne.se>>

### **Muntliga källor**

Björklund, A. Director Operations/General Manager BU Sweden, Johnson Pump AB.

Jonsson, S. Manufacturing Pumpbody, Johnson Pump AB.

Karlsson, E. Manufacturing Pumpbody, Johnson Pump AB.

Kring, G. Production Manager Marine, Johnson Pump AB.

Larsson, R. Assembly Marine, Johnson Pump AB.

Malm, M. Special Projects Industry, Johnson Pump AB.

Malmqvist, G. Engineer Production Marin, Johnson Pump AB.

Mönkkönen, M. Assembly Marine, Johnson Pump AB.

Nyström, A. Manager R&D Marine, Johnson Pump AB.

Revay, P. Manager European Purchasing & Supply Chain, Johnson Pump AB.

Ring, S. Manager Quality & Environment, Johnson Pump AB.

Saad, F. Assembly Marine, Johnson Pump AB.

Sandberg, M. Manufacturing Pumpbody, HSO, Johnson Pump AB.

Wiklund, P. Senior Buyer, Johnson Pump AB.

Öjdemark, F. Area Sales Manager Marine, Johnson Pump AB.





# **BILAGOR**

---



**Bilaga 1 Tillverkningsvolym****Tabell 1 Fördelning av volym och antal artiklar mellan artikelklasser.**

<b>Klass</b>	<b>Summerad volym</b>	<b>Andel av total volym (%)</b>	<b>Summerat antal artiklar</b>	<b>Andel av totalt antal artiklar (%)</b>
A	43 089	40,5	2	1,9
B	51 741	48,7	36	34,3
C	11 473	10,8	67	63,8

**Bilaga 2 Slutprodukter och kunder för utvalda pumphus****Tabell 2 Slutprodukter och kunder för utvalda pumphus.**

<b>Pumphus</b>	<b>Slutprodukt/-er</b>	<b>Kundkategori<sup>1</sup></b>	<b>Antal kunder</b>
01-13351-1	1	OEM	1 kund
	2	OEM	1 kund
	3	OEM	1 kund
01-24231-1	1	Standard	13 distributörer samt JP AU och JP DK Marin
	2	OEM	1 kund
	3	OEM	1 kund
	4	OEM	1 kund
	5	OEM	1 kund
	6	OEM	1 kund
01-13351-2	1	OEM	1 kund
01-24639-1	1	OEM	1 kund
	2	OEM	1 kund
01-24467-1	1	OEM	1 kund
01-24482-1	1	OEM	1 kund
01-11206	1	Standard	12 distributörer samt JP AU och DK Marin
	2	Standard	14 distributörer samt JP AU, DK och US Marin
	3	OEM	1 kund samt JP US Marin
	4	OEM	1 kund
	5	OEM	1 kund
	6	OEM	2 kunder
	7	OEM	2 kunder
	8	OEM	1 kund
01-31927-2	1	Standard	JP AU Marin
	2	Standard	JP AU Marin samt 6 distributörer
	3	Standard	JP AU och DK Marin samt 18 distributörer

<sup>1</sup> Pumphuset har klassats efter kundkategori för de slutprodukter som utgör störst andel av pumphusets tillverkningsvolym.

**Bilaga 3 Efterfrågedata**

Tabell 3 Efterfrågedata.

Artikel-nummer	Order-frekvens <sup>1</sup>	Medelorder-storlek	StDev (order)	StDev (order, normerad) <sup>2</sup>	Medelefterfrågan /vecka	StDev (vecka)
01-13351-1	0,83	860	486	0,54	716	465
01-24231-1	0,64	422	474	1,02	276	430
01-13351-2	0,41	239	106	0,37	99	89
01-24639-1	0,09	500	0	0,30	48	148
01-24467-1	0,23	111	49	0,47	26	52
01-24482-1	0,40	104	54	0,59	42	61
01-11206	0,75	7	8	1,00	6	7
01-31927-2	0,53	4	6	1,15	2	5

<sup>1</sup> Orderfrekvensen beräknas som antal veckor med order dividerat med det totala antalet veckor under den studerade perioden.

<sup>2</sup> Avser standardavvikelsen per order i förhållande till medelorderstorleken.

## Bilaga 4 Fixturer och operationstider i fleroptionsmaskinerna

Tabell 4 Antal plattor och fixturer för de utvalda pumphusen.

Artikelnummer	Antal plattor	Antal fixturer per platta	Antal färdiga pumphus per varv <sup>1</sup>
01-13351-1	4 + 2 <sup>2</sup>	10	60
01-24231-1	4	10	40
01-13351-2	4 + 2	10	60
01-24639-1	4	8	16
01-24467-1	1	6	6
01-24482-1	1	8	8
01-11206	4	3	6
01-31927-2	1	7	7

Tabell 5 Medeltid för bearbetning per kub för artikelklasserna (h).

Artikelklass	Tid/kub
A	0,96
B	0,61
C	0,55

Den totala bearbetningstiden för de tio artiklar som körs under natten fås genom att summera produkterna av medeltiden per kub för varje klass och antal artiklar som körs per klass:

$$Total\ bearbetningstid = \sum_{i=A,B,C} tid\ per\ kub(i) \cdot antal\ artiklar(i)$$

Med två A-klass artiklar, sex B-klassartiklar och två C-klassartiklar blir den totala bearbetningstiden under nattsiftet 6 timmar och 40 minuter.

<sup>1</sup> Vissa pumphus körs två varv i maskinen. Först bearbetas en sida, sedan vänds pumphuset på fixturen för bearbetning av den andra sidan.

<sup>2</sup> Samma plattor och fixturer som för 01-13351-2. Ofta används kuben med fyra plattor till 01-13351-1 och den med två plattor till 01-13351-2.

**Bilaga 5 Processflödesschema för utvalda produkter****Tabell 6 Processflödesschema för 01-13351-1.**

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h) <sup>1</sup>	Avstånd (m)	Värdekod (V/I/S/?)
1	I förråd				x		421		I
2	Till flerop		x					9	I
3	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
4	Laddning av pallett					x	4,01		S
5	I ställage				x		37,33		I
6	Bearbetning i flerop	x					28,90		V
7	I ställage				x		37,33		I
8	Nedmontering					x	4,01		S
9	Till gradning		x					5	I
11	Bearbetning gradning	x					12,04		V
12	Till tvättning		x					0	I
14	Tvättning	x					6,02		V
15	Till buffertlager		x					13	I
16	I buffertlager				x		24,00		I
17	Till provtryckning		x					13	I
18	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
19	Provtryckning			x			42,14		S
20	Till mellanlager		x					24	I
21	I mellanlager				x		96,42		?
<b>Summa</b>							<b>713</b>	<b>64</b>	

**Tabell 7 Uträkning av produktionsledtid för 01-13351-1.**

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	2,7
Tid i montering	1,2
<b>Summa</b>	<b>3,9</b>

<sup>1</sup> Tillverkningstid för en medelpartistorlek utifrån data för den studerade tidsperioden. Tid i lager är uträknad enligt medellagernivå/genomflöde. Operationstider är tagna ur IFS. Övriga tider är baserade på egna mätningar.

Tabell 8 Processflödesschema för 01-24231-1.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V/I/S/?)
1	I förråd				x		1 896		I
2	Till manuell borring		x					25	I
3	Vid manuell borring (ställtid)				x		0,33		S
4	Bearbetning borring	x					14,45		V
5	Till buffertlager		x					25	I
6	I buffertlager				x		133,47		I
7	Till flerop		x					9	I
8	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
9	Laddning av pallett					x	4,01		S
11	I ställage				x		37,32		I
12	Bearbetning i flerop	x					40,59		V
14	I ställage				x		37,32		I
15	Nedmontering					x	4,01		S
16	Till gradning		x					5	I
17	Bearbetning gradning	x					12,04		V
18	Till tvättning		x					0	I
19	Tvättning	x					12,04		V
20	Till buffertlager		x					13	I
21	I buffertlager				x		133,47		I
22	Till svarv		x					19	I
23	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
24	Bearbetning svarv	x					28,17		V
25	Till buffertlager		x					19	I
26	I buffertlager				x		133,47		I
27	Till provtryckning		x					13	I
28	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
29	Provtryckning			x			24,08		S
30	Till mellanlager		x					24	I
31	I mellanlager				x		233,32		?
<b>Summa</b>							2 745	152	

Tabell 9 Uträkning av produktionsledtid för 01-24231-1.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	6,3
Tid i montering	3,6
<b>Summa</b>	9,9



Tabell 10 Processflödesschema för 01-13351-2.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V/I/S/?)
1	I förråd				x		469		I
2	Till flerop		x					9	I
3	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
4	Laddning av pallett					x	1,69		S
5	I ställage				x		31,41		I
6	Bearbetning i flerop	x					12,16		V
7	I ställage				x		31,41		I
8	Nedmontering					x	1,69		S
9	Till gradning		x					5	I
11	Bearbetning gradning	x					5,07		V
12	Till tvättning		x					0	I
14	Tvättning	x					2,53		V
15	Till buffertlager		x					17	I
16	I buffertlager				x		24,00		I
17	Till provtryckning		x					13	I
18	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
19	Provtryckning			x			10,13		S
20	Till mellanlager		x					24	I
21	I mellanlager				x		408,49		?
<b>Summa</b>							997	68	

Tabell 11 Uträkning av produktionsledtid för 01-13351-2.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	3,7
Tid i montering	0,5
<b>Summa</b>	4,2

Tabell 12 Processflödesschema för 01-24639-1.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V/I/S/?)
1	I förråd				x		3 592		I
2	Till svarv		x					19	I
3	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
4	Bearbetning svarv	x					15,35		V
5	Till buffertlager		x					19	I
6	I buffertlager				x		483,80		I
7	Till flerop		x					9	I
8	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
9	Laddning av pallett					x	1,33		S
11	I ställage				x		30,98		I
12	Bearbetning i flerop	x					45,57		V
14	I ställage				x		30,98		I
15	Nedmontering					x	1,33		S
16	Till gradning		x					5	I
17	Bearbetning gradning	x					4,00		V
18	Till tvättning		x					0	I
19	Tvättning	x					2,00		V
20	Till buffertlager		x					9	I
21	I buffertlager				x		623,04		I
22	Till limning		x					13	I
23	Limning	x					7,20		V
24	Till provtryckning		x					0	I
25	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
26	Provtryckning			x			8,00		S
27	Till mellanlager		x					24	I
28	I mellanlager				x		1961,52		?
<b>Summa</b>							<b>6 807</b>	<b>98</b>	

Tabell 13 Uträkning av produktionsledtid för 01-24639-1.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	20,0
Tid i montering	1,3
<b>Summa</b>	<b>21,3</b>

Tabell 14 Processflödesschema för 01-24467-1.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V//S/?)
1	I förråd				x		1 214		I
2	Till flerop		x					9	I
3	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
4	Laddning av pallett					x	0,65		S
5	I ställage				x		40,15		I
6	Bearbetning i flerop	x					8,16		V
7	I ställage				x		40,15		I
8	Nedmontering					x	0,65		S
9	Till gradning		x					5	I
11	Bearbetning gradning	x					1,94		V
12	Till tvättning		x					0	I
14	Tvättning	x					0,97		V
15	Till buffertlager		x					17	I
16	I buffertlager				x		187,95		I
17	Till svarv		x					19	I
18	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
19	Bearbetning svarv	x					6,76		V
20	Till buffertlager		x					19	I
21	I buffertlager				x		187,95		I
22	Till provtryckning		x					13	I
23	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
24	Provtryckning			x			3,89		S
25	Till mellanlager		x					24	I
26	I mellanlager				x		349,00		?
<b>Summa</b>							<b>2 042</b>	<b>106</b>	

Tabell 15 Uträkning av produktionsledtid för 01-24467-1.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	5,5
Tid i montering	0,6
<b>Summa</b>	<b>6,1</b>

Tabell 16 Processflödesschema för 01-24482-1.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V//S/?)
1	I förråd				x		2 696		I
2	Till svarv		x					19	I
3	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
4	Bearbetning svarv	x					12,58		V
5	Till buffertlager		x					19	I
6	I buffertlager				x		243,27		I
7	Till flerop		x					9	I
8	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
9	Laddning av pallett					x	0,94		S
11	I ställage				x		43,92		I
12	Bearbetning i flerop	x					9,86		V
14	I ställage				x		43,92		I
15	Nedmontering					x	0,94		S
16	Till gradning		x					5	I
17	Bearbetning gradning	x					2,83		V
18	Till tvättning		x					0	I
19	Tvättning	x					1,42		V
20	Till buffertlager		x					17	I
21	I buffertlager				x		330,17		I
22	Till provtryckning		x					13	I
23	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
24	Provtryckning			x			5,67		S
25	Till mellanlager		x					24	I
26	I mellanlager				x		328,02		?
<b>Summa</b>							3 720	106	

Tabell 17 Uträkning av produktionsledtid för 01-24482-1.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	6,8
Tid i montering	0,7
<b>Summa</b>	7,5

Tabell 18 Processflödesschema för 01-11206.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V/I/S/?)
1	I förråd				x		1 920		I
2	Till svarv		x					19	I
3	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
4	Bearbetning svarv	x					8,24		V
5	Till buffertlager		x					19	I
6	I buffertlager				x		194,68		I
7	Till flerop		x					9	I
8	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
9	Laddning av pallett					x	0,34		S
11	I ställage				x		21,18		I
12	Bearbetning i flerop	x					14,27		V
14	I ställage				x		21,18		I
15	Nedmontering					x	0,34		S
16	Till gradning		x					5	I
17	Bearbetning gradning	x					1,03		V
18	Till tvättning		x					0	I
19	Tvättning	x					0,51		V
20	Till buffertlager		x					17	I
21	I buffertlager				x		133,78		I
22	Till provtryckning		x					13	I
23	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
24	Provtryckning			x			2,05		S
25	Till mellanlager		x					24	I
26	I mellanlager				x		1553,57		?
<b>Summa</b>							<b>3 871</b>	<b>106</b>	

Tabell 19 Uträkning av produktionsledtid för 01-11206.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	12,0
Tid i montering	0,6
<b>Summa</b>	<b>12,6</b>

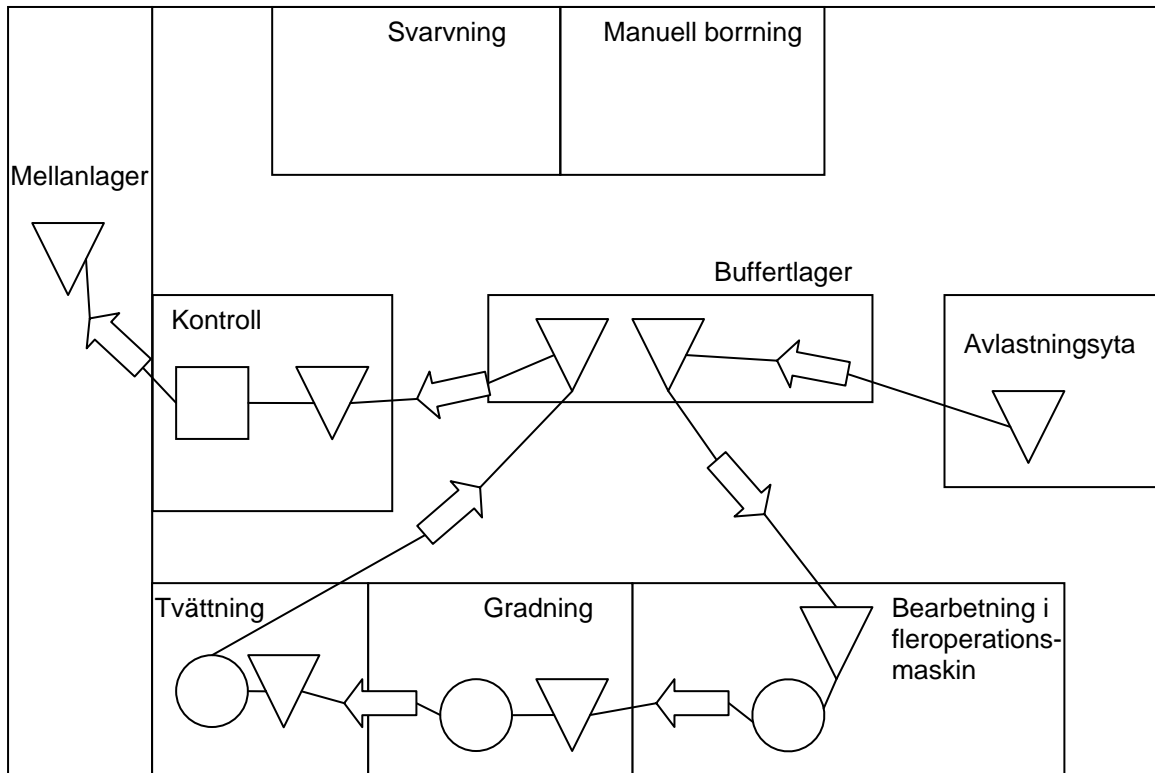
Tabell 20 Processflödesschema för 01-31927-2.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V/I/S/?)
1	I förråd				x		35 154		I
2	Till svarv		x					19	I
3	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
4	Bearbetning svarv	x					1,86		V
5	Till buffertlager		x					19	I
6	I buffertlager				x		304,98		I
7	Till flerop		x					9	I
8	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
9	Laddning av pallett					x	0,15		S
11	I ställage				x		7,82		I
12	Bearbetning i flerop	x					3,07		V
14	I ställage				x		7,82		I
15	Nedmontering					x	0,15		S
16	Till gradning		x					5	I
17	Bearbetning gradning	x					0,44		V
18	Till tvättning		x					0	I
19	Tvättning	x					0,22		V
20	Till buffertlager		x					17	I
21	I buffertlager				x		10,95		I
22	Till provtryckning		x					13	I
23	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
24	Provtryckning			x			0,88		S
25	Till mellanlager		x					24	I
26	I mellanlager				x		3525,05		?
<b>Summa</b>							<b>39 017</b>	<b>106</b>	

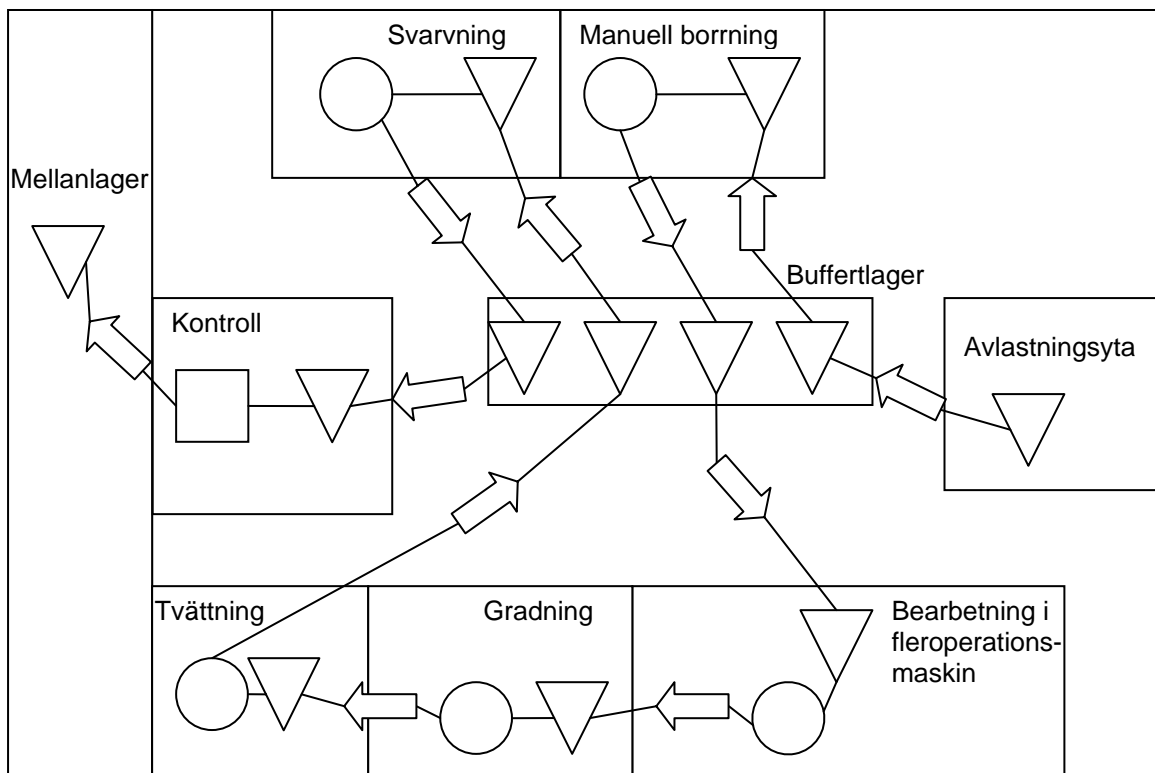
Tabell 21 Uträkning av produktionsledtid för 01-31927-2.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	23,1
Tid i montering	0,2
<b>Summa</b>	<b>23,3</b>

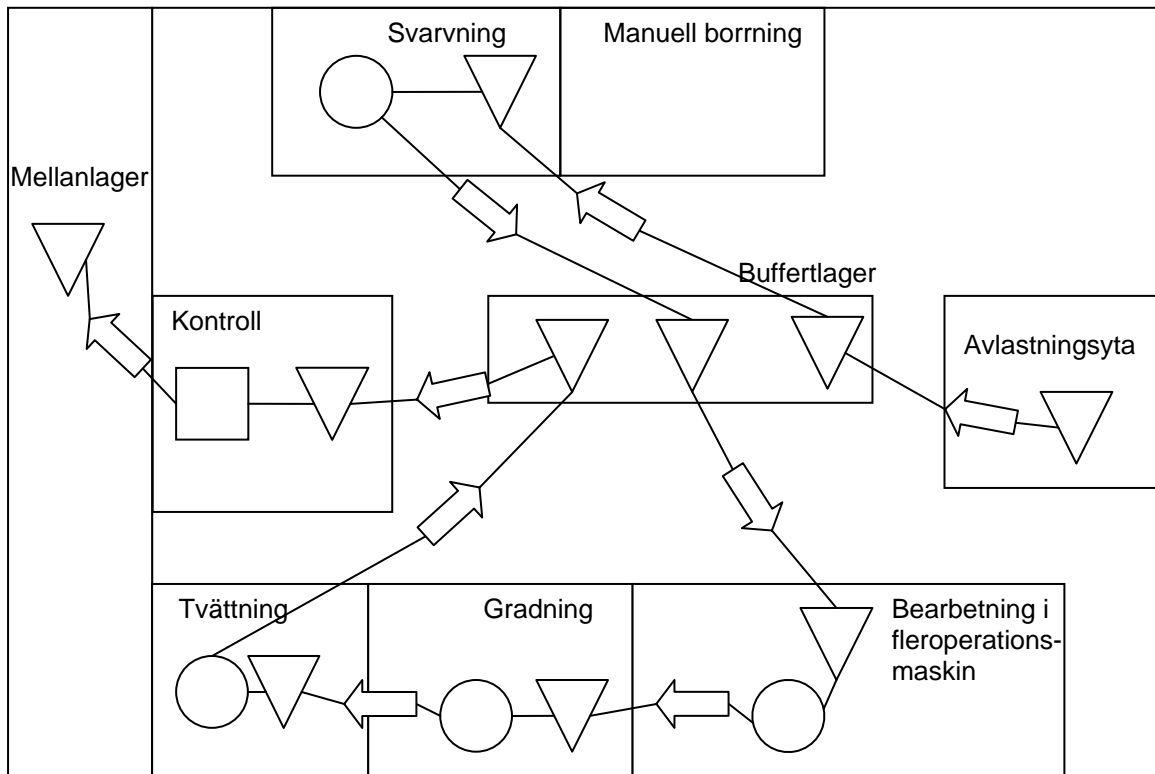
**Bilaga 6 Layoutflödesschema för utvalda produkter**



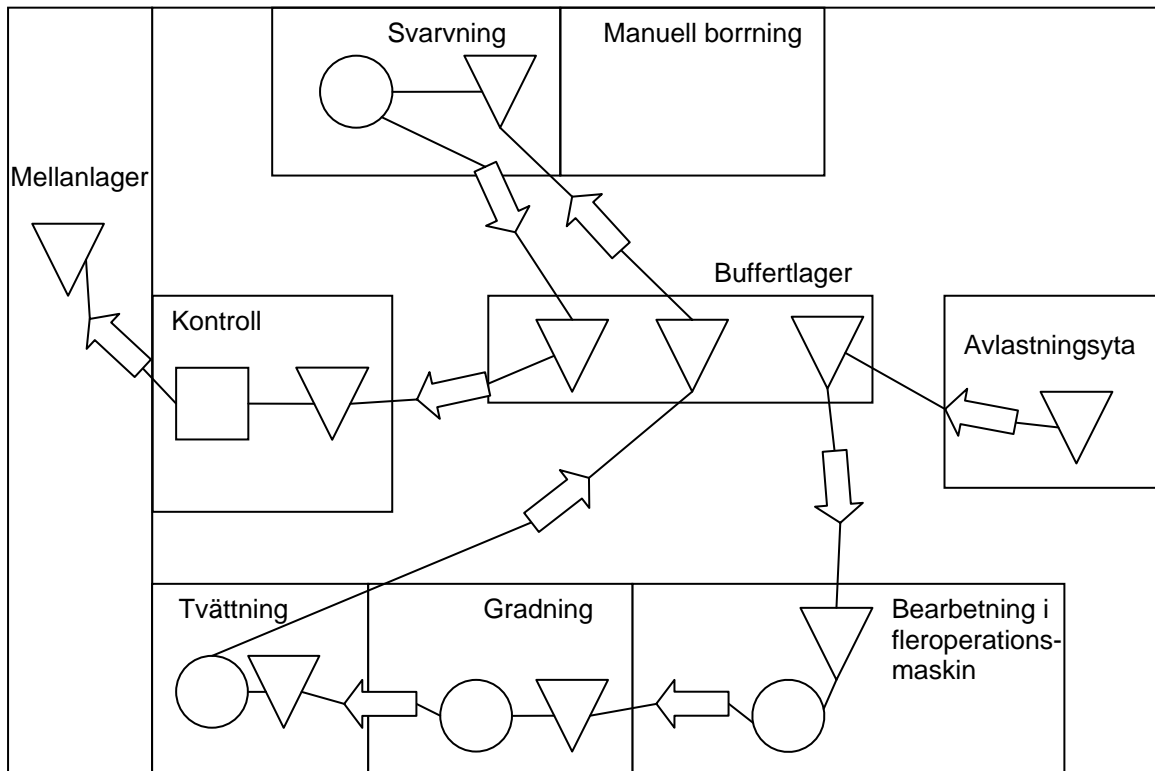
**Figur 1 Layoutflödesschema för 01-13351-1 och 01-13351-2.**



**Figur 2 Layoutflödesschema för 01-24231-1**



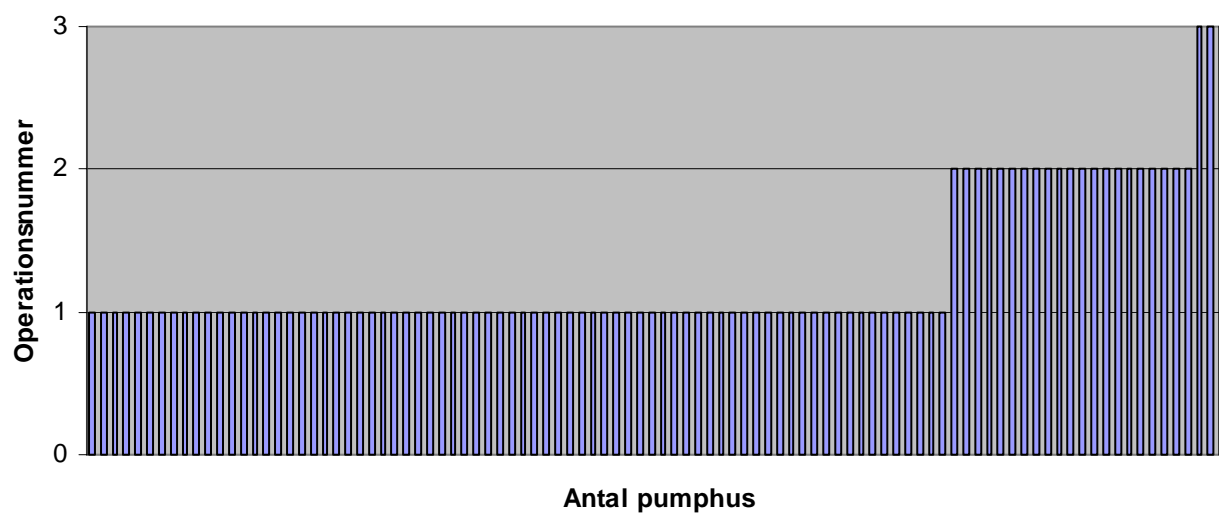
Figur 3 Layoutflödesschema för 01-11206, 01-31927-2, 01-24482-1 och 01-24639-1.



Figur 4 Layoutflödesschema för 01-24467.



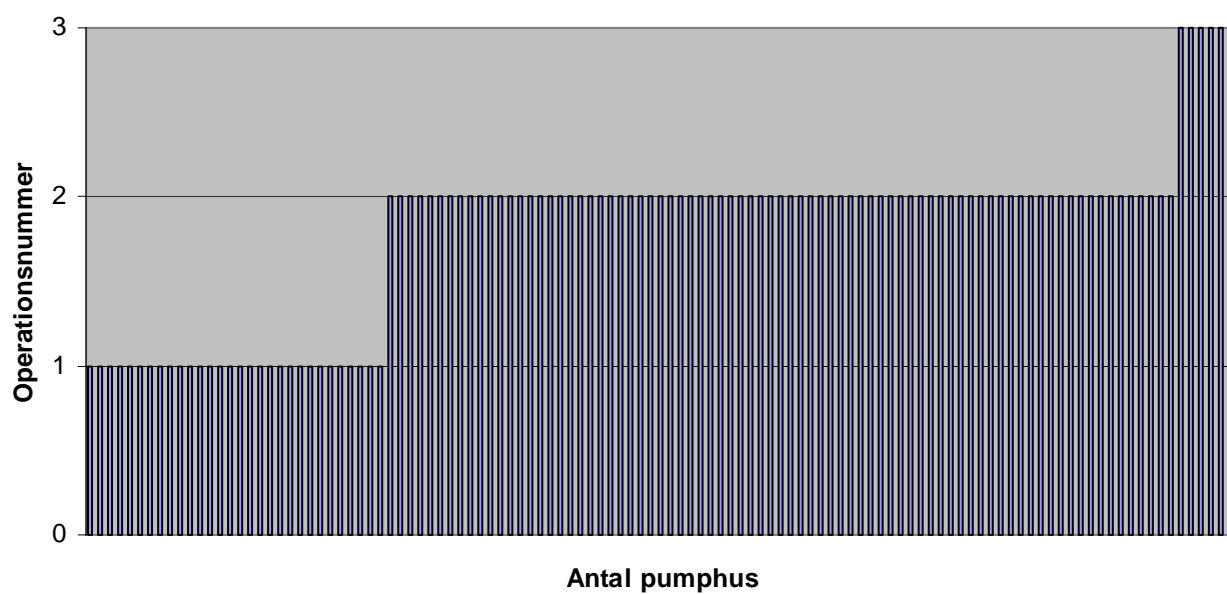
## Bilaga 7 Operationsordning



Figur 5 Antal pumphus med svarv som första, andra eller tredje operation.

Tabell 22 Fördelning av operationsnummer för svarv.

Operationsnummer	Antal pumphus	Andel pumphus (%)
1	74	76
2	21	21
3	3	3

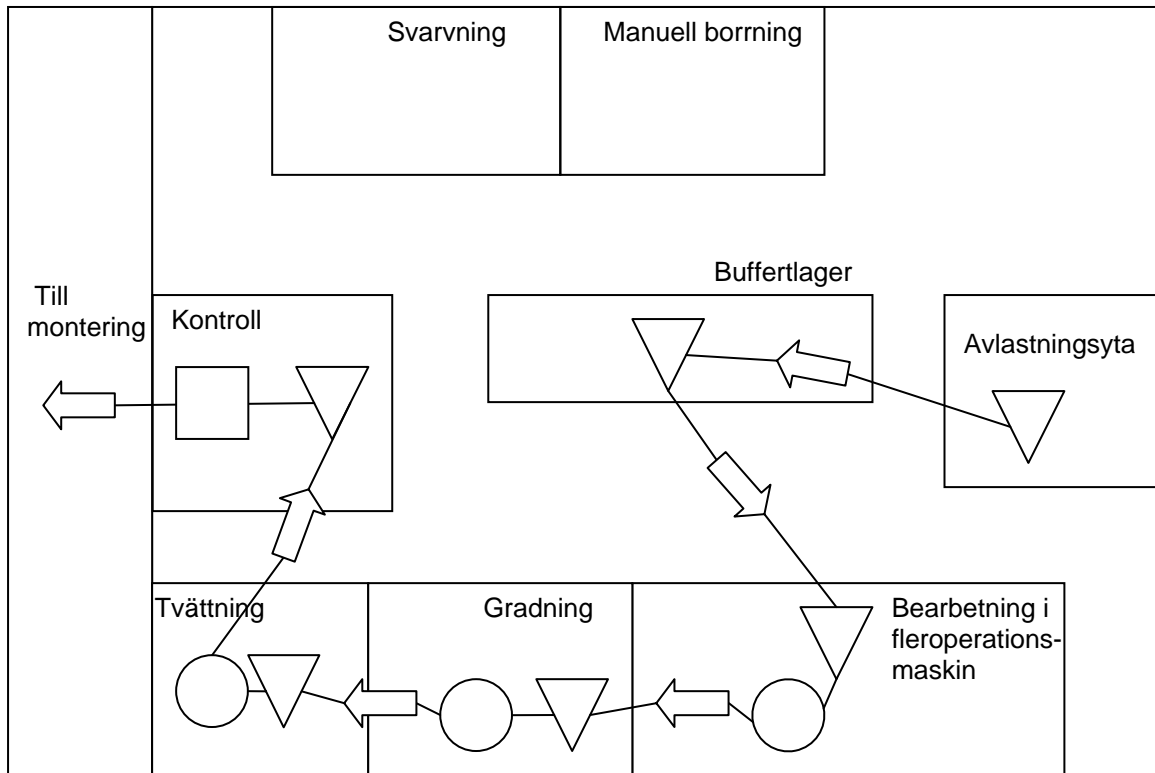


Figur 6 Antal pumphus med fleroperationsmaskin som första, andra eller tredje operation.

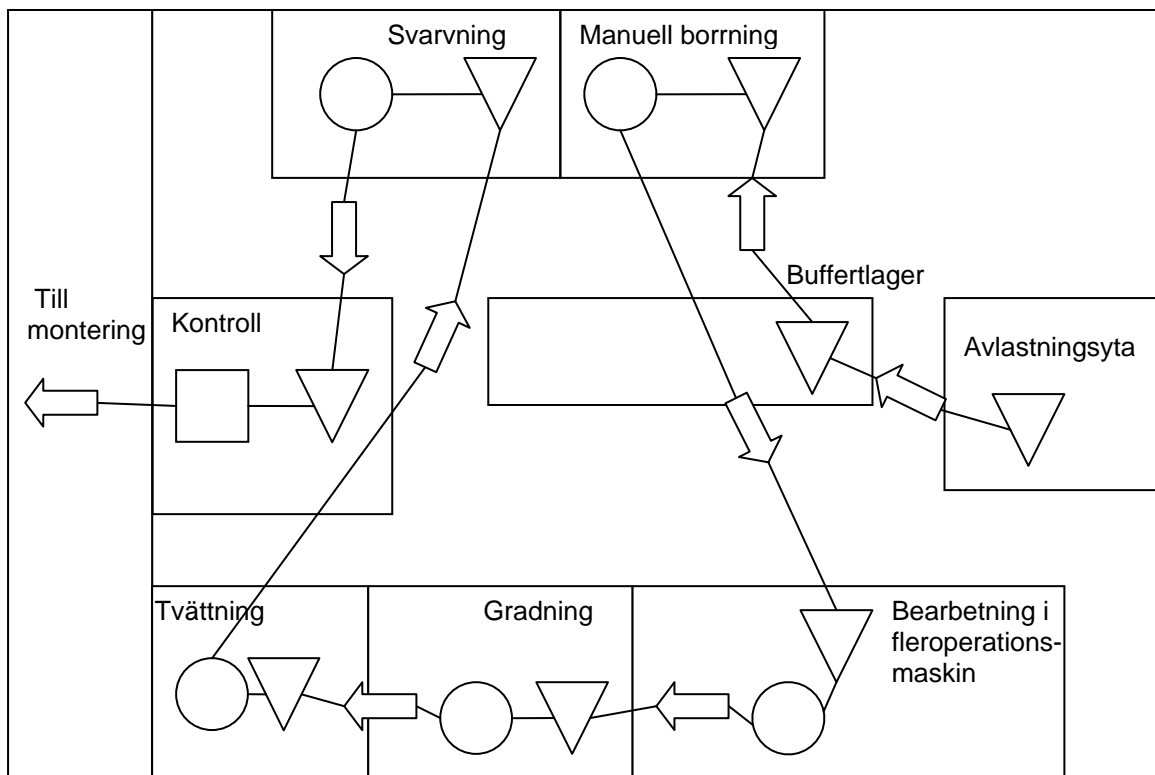
Tabell 23 Fördelning av operationsnummer för fleroperationsmaskin.

Operationsnummer	Antal pumphus	Andel pumphus (%)
1	30	26
2	79	69
3	6	5

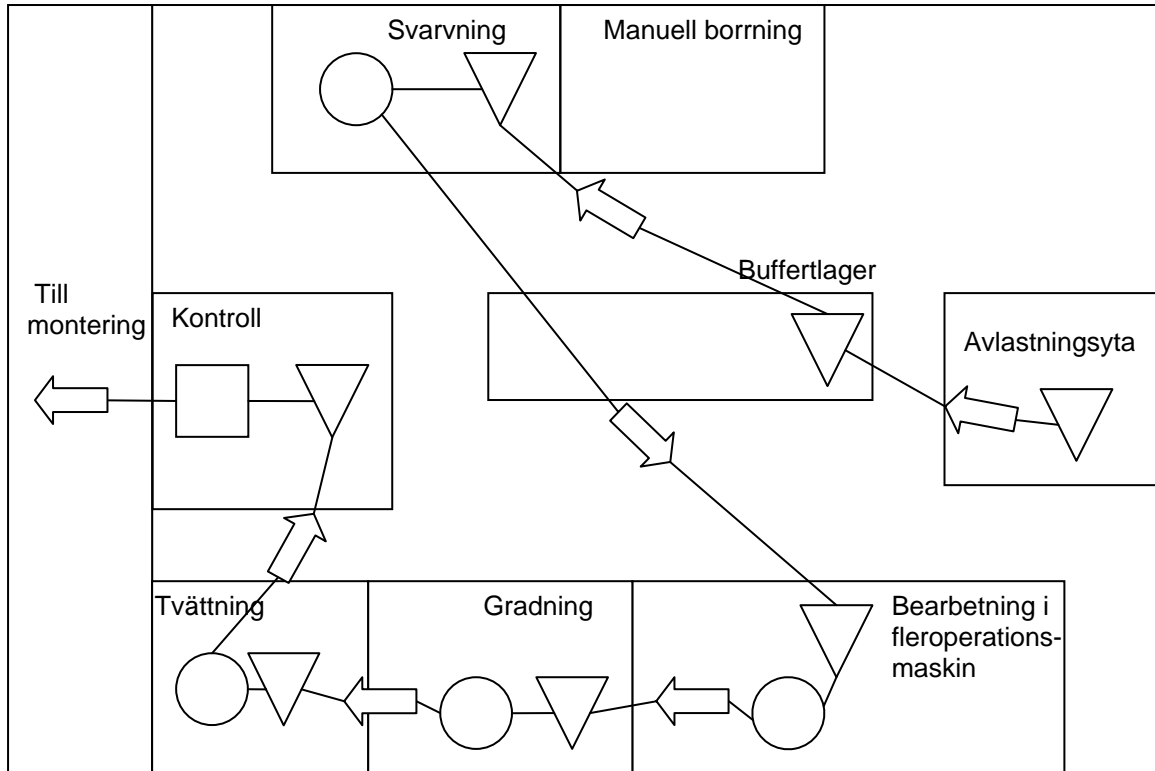
**Bilaga 8 Layoutflödesschema med ny planering**



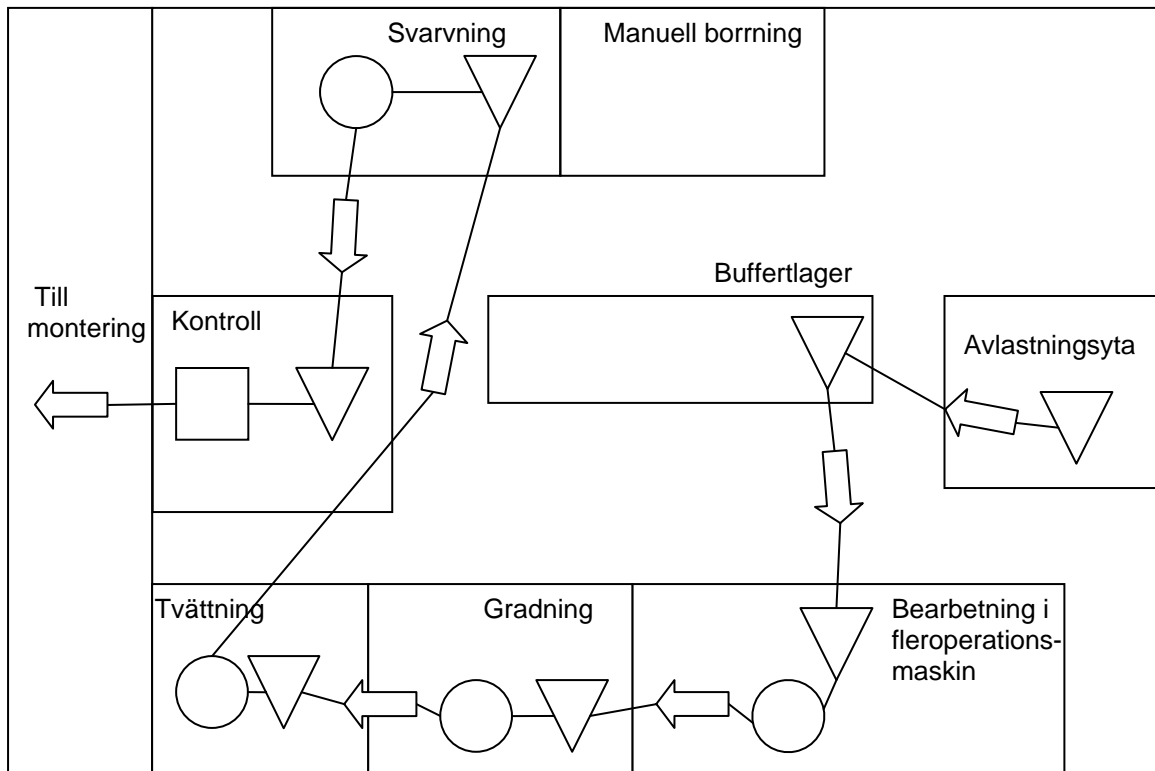
**Figur 7 Layoutflödesschema för 01-13351-1 och 01-13351-2.**



**Figur 8 Layoutflödesschema för 01-24231-1.**



Figur 9 Layoutflödesschema för 01-11206, 01-31927-2, 01-24482-1 och 01-24639-1.



Figur 10 Layoutflödesschema för 01-24467.

**Bilaga 9 Processflödesschema med ny planering**

Tabell 24 Processflödesschema för 01-13351-1.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h) <sup>1</sup>	Avstånd (m)	Värdekod (V/I/S/?)
1	I förråd				x		421		I
2	Till flerop		x					9	I
3	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
4	Laddning av pallett					x	1,99		S
5	I ställage				x		18,60		I
6	Bearbetning i flerop	x					14,32		V
7	I ställage				x		18,60		I
8	Nedmontering					x	1,99		S
9	Till gradning		x					5	I
11	Bearbetning gradning	x					5,97		V
12	Till tvättning		x					0	I
14	Tvättning	x					2,98		V
15	Till buffertlager		x					13	I
16	I buffertlager				x		0,00		I
17	Till provtryckning		x					13	I
18	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
19	Provtryckning			x			11,93		S
20	Till mellanlager		x					24	I
21	I mellanlager				x		0,00		?
<b>Summa</b>							<b>498</b>	<b>64</b>	

Tabell 25 Uträkning av produktionsledtid för 01-13351-1.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	0,9
Tid i montering	0,6
<b>Summa</b>	<b>1,5</b>

<sup>1</sup> Tillverkningstid för en partistorlek enligt den nya planeringen. Tid i lager är uträknad enligt medel-lagervärde/genomflöde. Operationstider är tagna ur IFS. Övriga tider är baserade på egna mätningar.

Tabell 26 Processflödesschema för 01-24231-1.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V/I/S/?)
1	I förråd				x		1896		I
2	Till manuell borring		x					25	I
3	Vid manuell borring (ställtid)				x		0,33		S
4	Bearbetning borring	x					2,76		V
5	Till buffertlager		x					25	I
6	I buffertlager				x		0,00		I
7	Till flerop		x					9	I
8	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
9	Laddning av pallett					x	0,77		S
11	I ställage				x		7,23		I
12	Bearbetning i flerop	x					7,76		V
14	I ställage				x		7,23		I
15	Nedmontering					x	0,77		S
16	Till gradning		x					5	I
17	Bearbetning gradning	x					2,30		V
18	Till tvättning		x					0	I
19	Tvättning	x					2,30		V
20	Till buffertlager		x					13	I
21	I buffertlager				x		0,00		I
22	Till svarv		x					19	I
23	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
24	Bearbetning svarv	x					5,38		V
25	Till buffertlager		x					19	I
26	I buffertlager				x		0,00		I
27	Till provtryckning		x					13	I
28	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
29	Provtryckning			x			4,60		S
30	Till mellanlager		x					24	I
31	I mellanlager				x		0,00		?
<b>Summa</b>							1938	152	

Tabell 27 Uträkning av produktionsledtid för 01-24231-1.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	0,5
Tid i montering	0,7
<b>Summa</b>	1,2

Tabell 28 Processflödesschema för 01-13351-2.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V/I/S/?)
1	I förråd				x		469		I
2	Till flerop		x					9	I
3	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
4	Laddning av pallett					x	0,67		S
5	I ställage				x		12,40		I
6	Bearbetning i flerop	x					4,80		V
7	I ställage				x		12,40		I
8	Nedmontering					x	0,67		S
9	Till gradning		x					5	I
11	Bearbetning gradning	x					2,00		V
12	Till tvättning		x					0	I
14	Tvättning	x					1,00		V
15	Till buffertlager		x					17	I
16	I buffertlager				x		0,00		I
17	Till provtryckning		x					13	I
18	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
19	Provtryckning			x			4,00		S
20	Till mellanlager		x					24	I
21	I mellanlager				x		0,00		?
<b>Summa</b>							<b>507</b>	<b>68</b>	

Tabell 29 Uträkning av produktionsledtid för 01-13351-2.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	0,5
Tid i montering	0,2
<b>Summa</b>	<b>0,7</b>

Tabell 30 Processflödesschema för 01-24639-1.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V//S/?)
1	I förråd				x		3592		I
2	Till svarv		x					19	I
3	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
4	Bearbetning svarv	x					8,00		V
5	Till buffertlager		x					19	I
6	I buffertlager				x		0,00		I
7	Till flerop		x					9	I
8	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
9	Laddning av pallett					x	0,69		S
11	I ställage				x		16,53		I
12	Bearbetning i flerop	x					23,75		V
14	I ställage				x		16,53		I
15	Nedmontering					x	0,69		S
16	Till gradning		x					5	I
17	Bearbetning gradning	x					2,08		V
18	Till tvättning		x					0	I
19	Tvättning	x					1,04		V
20	Till buffertlager		x					9	I
21	I buffertlager				x		0,00		I
22	Till limning		x					13	I
23	Limning	x					3,75		V
24	Till provtryckning		x					0	I
25	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
26	Provtryckning			x			4,17		S
27	Till mellanlager		x					24	I
28	I mellanlager				x		0,00		?
<b>Summa</b>							<b>3670</b>	<b>98</b>	

Tabell 31 Uträkning av produktionsledtid för 01-24639-1.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	0,9
Tid i montering	0,7
<b>Summa</b>	<b>1,6</b>



Tabell 32 Processflödesschema för 01-24467-1.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V//S/?)
1	I förråd				x		1214		I
2	Till flerop		x					9	I
3	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
4	Laddning av pallett					x	0,31		S
5	I ställage				x		19,63		I
6	Bearbetning i flerop	x					3,89		V
7	I ställage				x		19,63		I
8	Nedmontering					x	0,31		S
9	Till gradning		x					5	I
11	Bearbetning gradning	x					0,93		V
12	Till tvättning		x					0	I
14	Tvättning	x					0,46		V
15	Till buffertlager		x					17	I
16	I buffertlager				x		0,00		I
17	Till svarv		x					19	I
18	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
19	Bearbetning svarv	x					3,22		V
20	Till buffertlager		x					19	I
21	I buffertlager				x		0,00		I
22	Till provtryckning		x					13	I
23	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
24	Provtryckning			x			1,85		S
25	Till mellanlager		x					24	I
26	I mellanlager				x		0,00		?
<b>Summa</b>							1265	106	

Tabell 33 Uträkning av produktionsledtid för 01-24467-1.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	0,6
Tid i montering	0,3
<b>Summa</b>	0,9

Tabell 34 Processflödesschema för 01-24482-1.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V//S/?)
1	I förråd				x		2696		I
2	Till svarv		x					19	I
3	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
4	Bearbetning svarv	x					3,85		V
5	Till buffertlager		x					19	I
6	I buffertlager				x		0,00		I
7	Till flerop		x					9	I
8	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
9	Laddning av pallett					x	0,29		S
11	I ställage				x		13,43		I
12	Bearbetning i flerop	x					3,02		V
14	I ställage				x		13,43		I
15	Nedmontering					x	0,29		S
16	Till gradning		x					5	I
17	Bearbetning gradning	x					0,87		V
18	Till tvättning		x					0	I
19	Tvättning	x					0,43		V
20	Till buffertlager		x					17	I
21	I buffertlager				x		0,00		I
22	Till provtryckning		x					13	I
23	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
24	Provtryckning			x			1,73		S
25	Till mellanlager		x					24	I
26	I mellanlager				x		0,00		?
<b>Summa</b>							2734	106	

Tabell 35 Uträkning av produktionsledtid för 01-24482-1.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	0,5
Tid i montering	0,2
<b>Summa</b>	0,7

Tabell 36 Processflödesschema för 01-11206.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V//S/?)
1	I förråd				x		1920		I
2	Till svarv		x					19	I
3	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
4	Bearbetning svarv	x					0,67		V
5	Till buffertlager		x					19	I
6	I buffertlager				x		0,00		I
7	Till flerop		x					9	I
8	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
9	Laddning av pallett					x	0,03		S
11	I ställage				x		1,03		I
12	Bearbetning i flerop	x					1,16		V
14	I ställage				x		1,03		I
15	Nedmontering					x	0,03		S
16	Till gradning		x					5	I
17	Bearbetning gradning	x					0,08		V
18	Till tvättning		x					0	I
19	Tvättning	x					0,04		V
20	Till buffertlager		x					17	I
21	I buffertlager				x		0,00		I
22	Till provtryckning		x					13	I
23	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
24	Provtryckning			x			0,17		S
25	Till mellanlager		x					24	I
26	I mellanlager				x		0,00		?
<b>Summa</b>							1925	106	

Tabell 37 Uträkning av produktionsledtid för 01-11206.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	0,04
Tid i montering	0,06
<b>Summa</b>	0,1

Tabell 38 Processflödesschema för 01-31927-2.

Steg	Beskrivning	Operation	Transport	Kontroll	Lagring	Hantering	Tid (h)	Avstånd (m)	Värdekod (V//S/?)
1	I förråd				x		35154		I
2	Till svarv		x					19	I
3	Vid svarv (ställtid)				x		0,33		S
4	Bearbetning svarv	x					0,14		V
5	Till buffertlager		x					19	I
6	I buffertlager				x		0,00		I
7	Till flerop		x					9	I
8	Vid flerop (ställtid)				x		0,00		S
9	Laddning av pallett					x	0,01		S
11	I ställage				x		1,03		I
12	Bearbetning i flerop	x					0,46		V
14	I ställage				x		1,03		I
15	Nedmontering					x	0,01		S
16	Till gradning		x					5	I
17	Bearbetning gradning	x					0,03		V
18	Till tvättning		x					0	I
19	Tvättning	x					0,02		V
20	Till buffertlager		x					17	I
21	I buffertlager				x		0,00		I
22	Till provtryckning		x					13	I
23	Vid provtryckning (ställtid)				x		0,17		S
24	Provtryckning			x			0,07		S
25	Till mellanlager		x					24	I
26	I mellanlager				x		0,00		?
<b>Summa</b>							<b>35157</b>	<b>106</b>	

Tabell 39 Uträkning av produktionsledtid för 01-31927-2.

Ledtidskomponent	Tid (v)
Ledtid exklusive råvaruförråd	0,08
Tid i montering	0,02
<b>Summa</b>	<b>0,1</b>

## Bilaga 10 Kapitalbindning

Kapitalbindningen består av två delar. En del kommer från produkter i arbete (PIA) och en del från produkter i mellanlager. PIA beräknas enligt formeln nedan med data för efterfrågan per vecka, se Bilaga 3, och ledtider från Bilaga 5 och Bilaga 9.

$$\begin{aligned} \text{medel-PIA-värde} &= p_m \times \text{medel-PIA-nivå} = \\ &= p_m \times \text{produktionstakt} \times \text{ledtid} \end{aligned}$$

Produktvärdet ( $p_m$ ) för PIA definieras som medelvärdet av produktvärdet efter varje operationssteg. För produkter i mellanlager används produktvärdet efter det sista bearbetningssteget i den mekaniska verkstaden. Medellagernivån i mellanlager beräknas från utgående lagersaldon under tidsperioden.

### Nuläge

Nedan redovisas kapitalbindning i nuläget samt de kostnader den medför. För att få med den kapitalbindning som uppkommer för kasserade enheter, har vi utgått från tillverkad volym istället för efterfrågad volym. Tillverkad volym är i genomsnitt 13 procent större än efterfrågad, samtidigt som kassationsandelen ligger på 11 procent. Skillnaden kan förklaras av att tillverkning och efterfrågan har en viss tidsmässig förskjutning gentemot varandra över den studerade tidsperioden.

Tabell 40 Produkter i arbete i nuläget.

Artikel-nummer	Genomflöde per vecka	Ledtid (v)	Värde per enhet (kr)	PIA	PIA (kr)	Lagerföringskostnad per år (kr)
01-13351-1	803	2,2	41	1 767	72 719	10 835
01-24231-1	289	5	57	1 445	81 960	12 212
01-24639-1	67	8,4	41	563	23 279	3 469
01-13351-2	107	1,3	80	139	11 162	1 663
01-24467-1	33	3,4	52	112	5 845	871
01-24482-1	41	4,9	67	201	13 472	2 007
01-11206	7	2,8	256	20	5 022	748
01-31927-2	2	2,2	58	4	254	38
<b>Summa</b>				<b>4 251</b>	<b>213 714</b>	<b>31 843</b>

Tabell 41 Medellagervärde i mellanlager i nuläget.

Artikelnummer	MLN	Pris per styck (kr)	MLV (kr)
01-13351-1	411,2	45,43	18 679
01-24231-1	382,9	68,18	26 107
01-24639-1	561,3	123,6	69 381
01-13351-2	239,7	46,03	11 034
01-24467-1	53,3	63,26	3 374
01-24482-1	81,7	79,37	6 482
01-11206	51,8	306,96	15 885
01-31927-2	46,0	73,74	3 392
<b>Summa</b>			<b>154 334</b>

Kapitalbindningen i Tabell 40 och Tabell 41 omräknas med hjälp av lagerräntan<sup>1</sup> till en kostnad som redovisas i Tabell 42.

Tabell 42 Lagerföringskostnad i nuläget (kr).

Artikelnummer	PIA	MLV	Summa bundet kapital	Lagerföringskostnad per år
01-13351-1	72 719	18 679	91 398	13 618
01-24231-1	81 960	26 107	108 068	16 102
01-24639-1	23 279	69 381	92 660	13 806
01-13351-2	11 162	11 034	22 196	3 307
01-24467-1	5 845	3 374	9 219	1 374
01-24482-1	13 472	6 482	19 954	2 973
01-11206	5 022	15 885	20 908	3 115
01-31927-2	254	3 392	3 646	543
<b>Summa</b>	<b>213 714</b>	<b>154 334</b>	<b>368 048</b>	<b>54 839</b>

## Ny planering

Tabell 43 Produkter i arbete med ny planering.

Artikelnummer	Genomflöde per vecka	Ledtid (v)	Värde per enhet (kr)	PIA	PIA (kr)	Lagerföringskostnad per år (kr)
01-13351-1	803	1,4	41	1124	46 276	6 895
01-24231-1	289	1,5	57	434	24 588	3 664
01-24639-1	67	1,2	41	80	3 326	496
01-13351-2	107	0,6	80	64	5 152	768
01-24467-1	33	0,7	52	23	1 203	179
01-24482-1	41	0,7	67	29	1 925	287
01-11206	7	0,2	256	1	359	53
01-31927-2	2	0,1	58	0	12	2
<b>Summa</b>				<b>1 756</b>	<b>82 840</b>	<b>12 343</b>

<sup>1</sup> Lagerräntan på 14,9 procent består av två delar, avkastningskrav från ägarna (10 %) och inkuranskostnad (4,9 %).

Tabell 44 Medellagervärde i mellanlager med ny planering.

Artikelnummer	MLN	Pris per styck (kr)	MLV (kr)
01-13351-1	0,0	45,43	0
01-24231-1	0,0	68,18	0
01-24639-1	0,0	123,6	0
01-13351-2	0,0	46,03	0
01-24467-1	0,0	63,26	0
01-24482-1	0,0	79,37	0
01-11206	5,4	306,96	1 644
01-31927-2	2,4	73,74	180
<b>Summa</b>			<b>1 824</b>

Tabell 45 Lagerföringskostnad efter omplanering (kr).

Artikelnummer	PIA	MLV	Summa bundet kapital	Lagerföringskostnad per år
01-13351-1	46 276	0	46 276	6 895
01-24231-1	24 588	0	24 588	3 664
01-24639-1	3 326	0	3 326	496
01-13351-2	5 152	0	5 152	768
01-24467-1	1 203	0	1 203	179
01-24482-1	1 925	0	1 925	287
01-11206	359	1 644	2 003	298
01-31927-2	12	180	191	28
<b>Summa</b>	<b>82 840</b>	<b>1 824</b>	<b>84 663</b>	<b>12 615</b>

## Interpolering

Med antagandet om att valda artiklar väl representerar sin artikelklass kan total kapitalbindning (och kostnad) beräknas enligt nedanstående formel.

$$K_i \frac{K_i'}{V_i' / V_i}$$

$K_i$  - Bundet kapital för samtliga artiklar tillhörande artikelklass  $i$

$K_i'$  - Bundet kapital för studerade artiklar tillhörande artikelklass  $i$

$V_i$  - Total volym för samtliga artiklar tillhörande artikelklass  $i$

$V_i'$  - Total volym för studerade artiklar tillhörande artikelklass  $i$

Total volym för samtliga artiklar tillhörande artikelklass  $i$  samt total volym för studerade artiklar tillhörande artikelklass  $i$  redovisas i Bilaga 1.

Tabell 46 Interpolerad lagerföringskostnad i nuläget (kr).

Artikel-klass	Bundet kapital för valda artiklar	PIA (interpolerat)	MLV (interpolerat)	Summa bundet kapital (interpolerat)	Lagerförings-kostnad
A	199 466	154 680	44 787	199 466	29 720
B	144 029	273 852	459 849	733 702	109 322
C	24 553	150 202	548 803	699 005	104 152
<b>Summa</b>	<b>368 048</b>	<b>578 734</b>	<b>1 053 439</b>	<b>1 632 173</b>	<b>243 194</b>

Tabell 47 Interpolerad lagerföringskostnad med ny planering (kr).

Artikel-klass	Bundet kapital för valda artiklar	PIA (interpolerat)	MLV (interpolerat)	Summa bundet kapital (interpolerat)	Lagerförings-kostnad
A	70 864	70 864	0	70 864	10 559
B	11 605	59 119	0	59 119	8 809
C	2 194	10 541	51 915	62 456	9 306
<b>Summa</b>	<b>84 663</b>	<b>140 524</b>	<b>51 915</b>	<b>192 439</b>	<b>28 673</b>

## Sammanställning

Total lagerföringskostnad för de olika artiklarna redovisas i Tabell 48 för nuläget och Tabell 49 för den nya planeringen.

Tabell 48 Sammanställning av lagerföringskostnaden i nuläget (kr).

	Artikelklass			Lagerföringskostnad
	A	B	C	
<b>Studerade artiklar</b>				
PIA	154 680	53 759	5 276	31 843
Mellanlager	44 787	90 271	19 277	22 996
<b>Summa</b>	<b>199 466</b>	<b>144 029</b>	<b>24 553</b>	<b>54 839</b>
<b>Interpolerat</b>				
PIA	154 680	273 852	150 202	86 231
Mellanlager	44 787	459 849	548 803	156 962
<b>Summa</b>	<b>199 466</b>	<b>733 702</b>	<b>699 005</b>	<b>243 194</b>



Tabell 49 Sammanställning av lagerföringskostnaden med ny planering (kr).

	Artikelklass			Lagerföringskostnad
	A	B	C	
<b>Studerade artiklar</b>				
<b>PIA</b>	70 864	11 605	370	12 343
<b>Mellanlager</b>	0	0	1 824	272
<b>Summa</b>	70 864	11 605	2 194	12 615
<b>Interpolerat</b>				
<b>PIA</b>	70 864	59 119	10 541	20 938
<b>Mellanlager</b>	0	0	51 915	7 735
<b>Summa</b>	70 864	59 119	62 456	28 673

## Bilaga 11 Produktivetskostnader

Antalet ställ beror av partistorleken och beräknas utifrån medelpartistorlek i nuläget respektive den föreslagna partistorleken i den nya planeringen.

Tabell 50 Antal ställ i nuläge och med ny planering.

Artikelnummer	Efterfrågan	Medelpartistorlek	Ny partistorlek	Antal ställ (medelpartistorlek)	Antal ställ (ny partistorlek)
01-13351-1	37 252	1 445	716	26	53
01-24231-1	14 337	1 445	276	10	52
01-13351-2	2 500	608	240	5	11
01-24639-1	5 127	480	250	11	21
01-24467-1	1 335	233	111	6	13
01-24482-1	2 175	340	104	7	21
01-11206	291	123	14	3	21
01-31927-2	114	53	5	3	23

Tabell 51 Uppmätta ställtider (h).

Maskin	Ställtid
Svarv	0,33
Manuell borr	0,33
Provtryckning	0,17

Tabell 52 Ställkostnad.

Artikelnummer	Total ställtid per år för medelpartistorlek (h)	Total ställtid per år med ny partistorlek (h)	Kostnad för ställ med medelpartistorlek (kr)	Kostnad för ställ med ny partistorlek (kr)
01-13351-1	4,33	8,83	1 313	2 677
01-24231-1	8,33	43,33	2 525	13 130
01-13351-2	0,83	1,83	253	556
01-24639-1	12,83	10,50	3 889	3 181
01-24467-1	3,00	4,17	909	1 262
01-24482-1	3,50	5,83	1 060	1 767
01-11206	1,50	10,50	454	3 181
01-31927-2	1,50	11,50	454	3 484
<b>Summa</b>			<b>10 857</b>	<b>29 239</b>

Kostnaden per timme är satt till 303 kr<sup>1</sup> för ställ i samtliga maskiner av enkelhets skull, trots att den varierar något mellan de olika maskingrupperna.

<sup>1</sup> Timkostnaden i svarven enligt data i affärssystemet IFS.

## Interpolering

Med antagandet om att valda artiklar väl representerar sin artikelklass kan total ställkostnad beräknas enligt nedanstående formel.

$$S_i = \frac{S'_i}{V'_i/V_i}$$

$S_i$  - Ställkostnad för samtliga artiklar tillhörande artikelklass  $i$

$S'_i$  - Ställkostnad för studerade artiklar tillhörande artikelklass  $i$

$V_i$  - Total volym för samtliga artiklar tillhörande artikelklass  $i$

$V'_i$  - Total volym för studerade artiklar tillhörande artikelklass  $i$

Total volym för samtliga artiklar tillhörande artikelklass  $i$  samt total volym för studerade artiklar tillhörande artikelklass  $i$  redovisas i Bilaga 1.

**Tabell 53 Total ställkostnad i nuläget.**

Artikelklass	Ställtid för valda artiklar (h)	Interpolerad ställtid (h)	Total kostnad (kr)
A	13	13	3 838
B	20	103	31 128
C	3	85	25 878
<b>Summa</b>	<b>36</b>	<b>201</b>	<b>60 844</b>

**Tabell 54 Total ställkostnad med ny planering.**

Artikelklass	Ställtid för valda artiklar (h)	Interpolerad ställtid (h)	Total kostnad (kr)
A	52	52	15 806
B	22	114	34 472
C	22	626	189 774
<b>Summa</b>	<b>96</b>	<b>792</b>	<b>240 053</b>

## Bilaga 12 Kapacitetsutnyttjande i svarv

Med antagandet om att valda artiklar väl representerar sin artikelklass, kan total ställkostnad beräknas enligt nedanstående formel:

$$T_i = \frac{T'_i}{V'_i/V_i}$$

$T_i$  - Tidsanspråk i svarv för samtliga artiklar tillhörande artikelklass  $i$

$T'_i$  - Tidsanspråk i svarv för studerade artiklar tillhörande artikelklass  $i$

$V_i$  - Total volym för samtliga artiklar tillhörande artikelklass  $i$

$V'_i$  - Total volym för studerade artiklar tillhörande artikelklass  $i$

Total volym för samtliga artiklar tillhörande artikelklass  $i$  samt total volym för studerade artiklar tillhörande artikelklass  $i$  redovisas Bilaga 1.

**Tabell 55 Totalt tidsanspråk i svarv per år (h).**

Artikelklass	Tidsanspråk i svarv	Totalt tidsanspråk i svarv (interpolerat)
A	297	297
B	218	1 108
C	43	1 229
Summa	558	2 634

Tillgänglig tid i svarven är, beräknat på 50 veckor, cirka 4060 timmar vilket ger ett kapacitetsutnyttjande på omkring 65 procent. Vidare står pumphusen för 90 procent av tillverkad volym i svarven, vilket medför ett totalt kapacitetsutnyttjande för svaren på 72 procent.