
B 52

Uppskatta ledtider för tillverkning

Begreppet ledtid avser generellt den kalendertid som krävs för att genomföra en process. För en tillverkningsprocess är ledtiden lika med tiden från det att ett materialbehov uppstår, exempelvis ett behov av att fylla på ett lager, tills dess levererat material är disponibelt att använda. Det tillvägagångssätt som behandlas här avser i första hand dimensionering av tillverkningsledtider för standardartiklar som tillverkas återkommande, som är produktionsberedda och som har operationsregister upplagda i affärssystemet. De beräkningsmetoder som redovisas är följande.

- Beräkning med hjälp av registerdata
- Schablonberäkning
- Underhåll via uppföljning med hjälp av kontrollgränser.

1 Användningsområde

Variabeln tillverkningsledtid används ur logistiksynpunkt i ett antal sammanhang. Den används vid bestämning av beställningspunkter i beställningspunktssystem, vid beräkning av antal kanbankort i kanbansystem och vid jämförelse med aktuell täcktid vid täcktidsplanering. Den används också för att beräkna när ny tillverkningsorder bör frisläppas vid materialbehovsplanering. Generellt används den dessutom för att vid förbrukningsinitierande materialplaneringsmetoder sätta önskad inleveranstidpunkt.

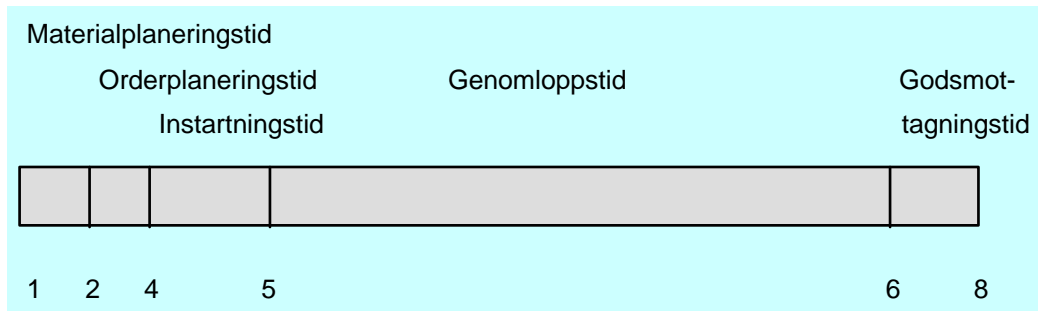
Tillverkningsledtider används också för att planera in operationer på tillverkningsordrar, exempelvis för att kunna beräkna kapacitetsbehov. Dessutom används tillverkningsledtider för att bestämma tidpunkter för att reservera ingående material vid inplanering av tillverkningsorder samt till att tidsförskjuta materialbehov till planerade tillverkningsorder vid materialbehovsplanering.

2 Händelseförlopp under tillverkningsprocessen

Följande händelseförlopp kan ur planeringssynpunkt vara aktuell i en komplett och generell tillverkningsprocess och därmed, i den mån de olika händelserna är relevanta i ett konkret fall, innefattas vid dimensionering av ledtiden för en tillverkningsorder. Händelser av typ störningar har inte inkluderats eftersom dessa bör betraktas som undantagsfall och ligga utanför den normala och dimensionerande ledtiden. Det kan exempelvis vara fråga om tillfälliga maskinhaverier eller att tillverkade artiklar ej kan kvalitetsgodkännas och därför måste nytillverkas eller omarbetas.

- 1 Behov av att tillverka en artikel uppstår
- 2 Behovet identifieras i affärssystemet, exempelvis i form av att ett orderförslag erhålls
- 3 Orderförslaget är bearbetat och önskad orderkvantitet och leveranstidpunkt fastställd
- 4 Tillverkningsordern är planerad att starta. Eventuell materialklarering är utförd
- 5 Ordern släpps ut i verkstaden och är startklar med avseende på tillgång på ingående material, verktyg o dyl samt nödvändiga tillverkningsorderdokument.
- 6 Färdigtillverkad order rapporteras in till kvalitetskontroll eller direkt till lager.
- 7 Kvalitetskontroll är genomförd och inrapporterad
- 8 Materialet är inlagt i lager eller transporterat direkt till utlastnings- eller produktionsplats. Det är disponibelt att användas.

Tiden för aktiviteter från händelse 5 till 6 representerar tillverkningsorderns genomloppstid i verkstaden. Ofta betraktas denna kalendertid som tillverkningsorderledtiden. Övriga tidsmoment i processen bör emellertid också inkluderas eftersom de sällan är försumbara. Tiden från händelse 1 till 2 representerar tidsåtgången mellan två på varandra följande materialplaneringar och kan kallas materialplaneringstid. Om exempelvis ett beställningspunktsprogram körs en gång per vecka är denna materialplaneringstid en vecka. Tiden för aktiviteter från händelse 2 till 4 utgör orderplaneringstid medan tiden från händelse 4 till 5 kan kallas instartningstid och avser tidsfördröjning på grund av normalt förekommande störningar i materialförsörjning, verktygstillgång o dyl. Tidsfördröjning på grund av beläggning i första operationens produktionsgrupp behandlas här som en del av genomloppstiden. Tiden för aktiviteter från händelse 6 till 8 kan kallas godsmottagningstid.



Figur 3.1 Tillverkningsorderledtidens delar

3 Bestämning av tillverkningsorderledtid

För bestämning av tillverkningsorderledtid görs en uppdelning i två delar. En av dessa delar avser materialplaneringstid, orderplaneringstid, instartningstid och godsmottagningstid och motsvarar tiden för aktiviteter från händelse 1 till 5 samt tiden för aktiviteter från händelse 6 till 8. Med ett gemensamt namn kallas denna tid administrativ ledtid. Den andra delen utgör tillverkningsorderns egentliga genomloppstid och motsvarar tiden för aktiviteter från händelse 5 till 6. Den administrativa ledtiden är i regel tämligen konstant och lika för samtliga tillverkningsartiklar medan genomloppstiden är föränderlig och oftast individuell per artikel.

Arbetsgång

- 1 Beräkna den administrativa ledtiden som en för alla artiklar gemensam ledtid genom att summera uppskattad planeringsledtid, orderplaneringstid, instartningstid och godsmottagningstid.
- 2 Beräkna genomloppstiden individuellt för varje artikel med hjälp av någon av de metoder som redovisas nedan.
- 3 Lagra om möjligt den beräknade administrativa ledtiden och genomloppstiden separat för att underlätta framtida uppdateringar. Den administrativa ledtiden kan då lagras som en gemensam systemparameter och genomloppstiden individuellt per artikel. Alternativt och beroende på vilken beräkningsmetod som används kan genomloppstiden beräknas vid varje tillfälle den behöver användas med hjälp av uppgifter från affärssystemets operations- och produktionsgruppsregister.

Kompletterande synpunkter och anvisningar

- Om ledtiden från händelse 6 till 7 varierar påtagligt, exempelvis på grund av olika omfattande kvalitetskontroller kan det finnas behov av att även differentiera den administrativa ledtiden per artikel eller artikelgrupp.
- Eftersom behovstidpunkten för att göra en ny beställning beräknas i förväg vid materialbehovsplanering men inte vid förbrukningsinitierande planeringsmetoder som

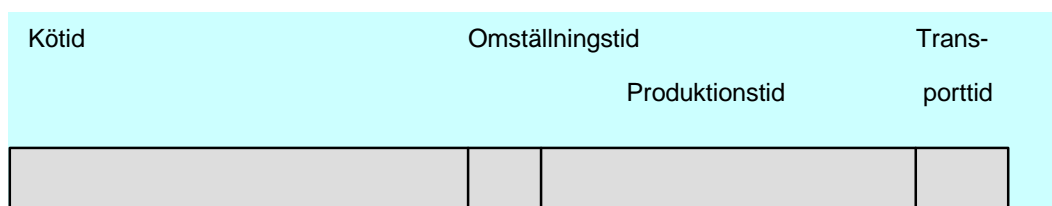
beställningspunktssystem och täcktidspanering, är inte tillverkningsorderledtiden densamma i de båda fallen. För beräkning av tidpunkt för beställning vid materialbehovsplanering bortfaller ledtiden från händelse 1 till 3 medan den skall ingå i den totala ledtiden för beräkning av beställningspunkter respektive vid jämförelse med beräknad täckt看id vid täcktidspanering. Ledtiden från händelse 1 till 3 är inte heller aktuell för periodbeställningssystem eftersom beställning i detta fall görs med periodisk regelbundenhet och inte i avvaktan på att förbrukning skett.

- För inplanering av operationer för kapacitetsbehovsberäkning och för tidsättning av reservationer till planerade tillverkningsorder bör endast genomloppstiden och godsmottagningstiden, dvs tiden för händelsekedjan 4 till 8 användas. Att även inkludera händelsekedja 1 till 4 innebär att både operationer och materialreservationer blir för tidigt inplanerade.
- Tillverkningsledtiden är i många fall osäker och varierar från gång till gång. Denna variation och osäkerhet bör inte hanteras genom att sätta extra långa administrativa ledtider och genomloppstider vid fastställande av tillverkningstider. I stället bör variationer och osäkerhet kompenseras med hjälp av säkerhetstider eller eventuellt med hjälp av extra säkerhetslager.
- När genomloppstider förändras och speciellt när de ökas, bör viss försiktighet iaktas. Detta hänger samman med spiraleffekten för genomloppstider, dvs. att genomloppstider tenderar att uppfylla sig själv. Inom vissa gränser blir en planerat lång genomloppstid en lång genomloppstid i verkligheten. Av detta skäl inkluderas inte de metoder för rullande uppdatering med hjälp av glidande medelvärde eller exponentiell utjämning som beskrevs i handboksdel B51, Beräkna ledtider för anskaffning. Ledtidsökningar för tillverkningsorder bör baseras på noggranna överväganden och reella förändringar i tillverkningsmiljön, inte på någon form av automatisk uppdatering som härrör från tillfälliga störningar i produktion eller materialförsörjning.

4 Beräkning av genomloppstider med hjälp av registerdata

Genomloppstider kan beräknas med hjälp av datauppgifter från grunddataregister i affärssystemet. Per operation består genomloppstiden av fyra delar enligt nedanstående figur. Den totala genomloppstiden för en tillverkningsorder kan erhållas genom att summera dessa tider för samtliga ingående operationer.

Kötiden avser den tid en order eller operation måste vänta på att påbörjas i en produktionsgrupp. Den uppstår på grund av interferens mellan olika order, dvs. att olika order samtidigt har behov av samma produktionsresurser. Av praktiska skäl, vid genomloppstidsberäkning, inkluderas också olika normalt förekommande störningsmoment i verksamheten vid en produktionsgrupp, exempelvis smärre underhållsåtgärder på maskiner eller förekomst av olika former av indirekta tider för produktionspersonal. Kötidens storlek är beroende av aktuell beläggning. Alternativa sätt att dimensionera kötider beskrivs i handboksdel B33, Uppskatta kötider vid tillverkning.



Figur 3.2 Genomloppstidens delar

Omställningstiden eller ställtiden avser tid för alla de aktiviteter som krävs för att påbörja och avsluta en order och som är oberoende av orderkvantiteten. Omställningstiden finns normalt tillgänglig i affärssystemets operationsregister. Eftersom den i regel avser arbetstid måste den divideras med bemanningsfaktorn för att representera en beräknad ledtid.

Produktionstiden avser tid för den egentliga värdeförädlingen i produktionen. Den beräknas som orderkvantitet gånger den tid per styck som normalt finns lagrad i affärssystemets operationsregister. Om orderkvantiteten varierar från order till order, exempelvis då partiformningsmetoden enligt behov eller någon av de dynamiska partiformningsmetoderna används, görs beräkningen av produktionstid med hjälp av en genomsnittlig orderkvantitet motsvarande den kalkylkvantitet som används vid produktkalkylering.

För att produktionstiden i möjligaste mån skall representera förväntat verkliga tider måste oftast också en korrigerande faktor av den kalkylerade tid som finns lagrad i operationsregistren göras. Detta åstadkoms genom att dividera kalkylerad produktionstid med en effektivitetsfaktor som finns lagrad i produktionsgruppsregistret i de flesta affärssystem.

Vid ledtidberäkning måste man också ta hänsyn till att den beräknade produktionstiden utgör maskintid eller arbetstid och inte ledtid. Den måste därför divideras med det antal maskiner som man använder samtidigt respektive med bemanningsfaktorn.

För vissa typer av operationer är det inte praktiskt eller ens möjligt att uppskatta produktionstider per styck. I sådana fall använder man vanligen i stället en fast schablonledtid som både innefattar omställningstid och den totala produktionstiden. Sådana schablonleder finns lagrade i operationsregistret.

Transporttiden avser tid från det att en operation slutförts till dess materialet transporterats till nästföljande operations produktionsgrupp eller till lager eller kvalitetskontroll om det är fråga om en slutoperation. I affärssystem kan transporttider finnas lagrade i produktionsgruppsregistret och då avse genomsnittlig transporttid till efterföljande operations produktionsgrupp oavsett vilken det är. Transporttider kan också finnas lagrade i transporttidstabeller. I dessa tabeller finns uppgifter om transporttider mellan alla förekommande kombinationer av produktionsgrupper. Transporttidstabellerna möjliggör därför att ta hänsyn till unika transporttider mellan varje par av produktionsgrupper. Denna möjlighet är speciellt väsentlig om produktion bedrivs i olika lokaler eller att le-goleverantörer används för vissa operationer.

Ett exempel på kalkylering av en genomloppstid visas nedan. Exemplet avser en order med fyra operationer och med en orderkvantitet på 100 styck. Aktuella operationsdata i timmar framgår av nedanstående tabell.

<i>Operation</i>	<i>Kötid</i>	<i>Omställningstid</i>	<i>Stycktid</i>	<i>Transporttid</i>
10	16	4	0.10	2
20	8	4	0.15	4
30	24	12	0.05	8
40	16	6	0.20	2
Summa	64	26	0.50	16

Med en åtta timmars arbetsdag blir genomloppstiden för tillverkningsordern = $64 / 8 + 26 / 8 + 100 * 0.5 / 8 + 16 / 8 = 19.5$ dagar.

5 Schablonberäkning av genomloppstider

Om registeruppgifter, exempelvis avseende omställningstider, stycktider och kötider, saknas, kan två mer schablonmässiga metoder användas för automatisk genomloppstidsberäkning.

Metod 1: $\text{Genomloppstiden} = \text{konstant} \cdot \text{antal operationer}$

Metod 2 $\text{Genomloppstiden} = \text{konstant} \cdot \text{summa operationstid}$

I metod 1 representerar konstanten en medelgenomloppstid per operation. Metoden är i första hand tillämpbar i funktionellt organiserade verkstäder. Detta beror framför allt på att genomloppstiden för tillverkningsorder i en sådan miljö till stor del består av kötid och att denna i sin tur i stor utsträckning är proportionell mot antalet produktionsgrupper som ordern måste passera och därmed antalet operationer. Metoden möjliggör inte att genomloppstiden görs beroende av orderkvantiteten. Denna nackdel är inte lika betydelsefull i funktionella tillverkningsmiljöer.

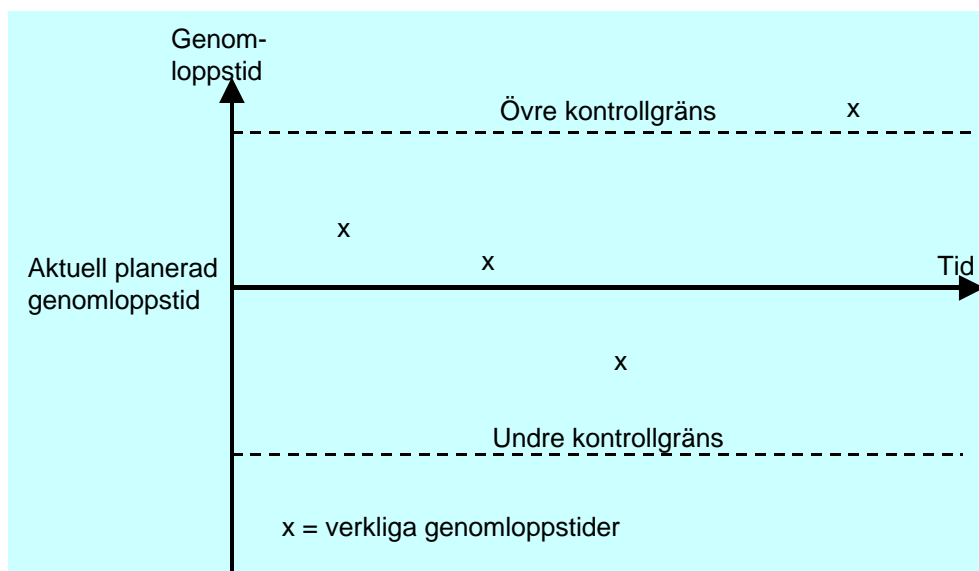
Konstanten i metod 2 är ett uttryck för förhållandet mellan summa operationstid och genomloppstid, dvs den kan sägas vara ett mått på genomloppstidseffektiviteten. Ju lägre konstant, desto mindre är den icke värdeadderande tidens andel av genomloppstiden. Metoden är framför allt användbar för flödesgrupper och lineutformade produktionssystem samt för processliknande tillverkningsförhållanden. Genom att utgå från summa stycktider för alla operationer kan hänsyn också tas till olika orderkvantiteter.

Båda metoderna lämpar sig att tillämpa i ett volymvärdestyrt arbetssätt. Genom att välja högre värden på konstanten för artiklar med låga volymvärden och lägre värden för artiklar med höga volymvärden kommer volymvärdehöga artiklar att få snävare genomloppstider än volymvärdelåga artiklar. Detta ger en gynnsam påverkan på kapitalbindningen i både produkter i arbete och lager.

6 Underhåll via uppföljning med hjälp av kontrollgränser

Uppföljning av verkliga genomloppstider bygger på att tidpunkten för utsläpp av tillverkningsorder i verkstaden respektive för inleverans till lager rapporteras och att ledtiden däremellan automatiskt beräknas och lagras i affärssystemet. När den verkliga genomloppstiden för en order faller utanför fastställda kontrollgränser larmar systemet automatiskt ansvarig planerare om att den måste ändras. Kontrollgränserna bestäms som den aktuellt gällande genomloppstiden +/- ett fastställt antal dagars tillåten avvikelse. Kontrollgränserna kan följaktligen uppfattas som den högsta respektive lägsta tillåtna verkliga genomloppstiden vid en inleverans utan att uppdatering behöver ske.

Metoden kan endast användas för artiklar med förhållandevis hög orderfrekvens i förhållande till hur ofta de verkliga genomloppstiderna behöver ändras. I annat fall kommer kontrolltillfällena att inträffa för sällan för att fånga upp behov av justeringar. En förutsättning för att kunna använda metoden är också att den administrativa ledtiden och genomloppstiden lagras separat.



Figur 3 Kontrollgränsdiagram för genomloppstider

För användning av metoden kan teorier och tekniker för statistisk styrande kontroll användas som hjälpmedel.

7 Felkänslighet

Felaktiga ledtider påverkar de totala lagerstyrningskostnaderna, kapitalbindningen och erhållen servicenivå. Denna resultatpåverkan sker på två sätt, dels genom att den förväntade förbrukningen under ledtiden påverkas och dels av att efterfrågevariationernas standardavvikelse påverkas av ledtidens längd. För att i dessa avseenden illustrera effekterna av felaktiga leveranstider hänvisas till en genomförd simuleringsstudie. Med la-

gerstyrningskostnader i denna studie avses summan av ordersärkostnader, lagerhållningssärkostnader och bristkostnader. Leveransförmåga avser andelen av den totala efterfrågan som kan levereras direkt från lager. Simuleringarna har utförts för tre olika artiklar; en artikel med låg omsättning (24 styck per år, variationskoefficient under ledtid 1,0), en artikel med medelhög omsättning (500 styck per år, variationskoefficient under ledtid 0,23) och en artikel med hög omsättning (12600 styck per år, variationskoefficient under ledtid 0,12).

Simuleringsresultaten visar att känsligheten för felaktigheter i använda ledtider är mycket olika för de tre efterfrågefallen. De totala lagerstyrningskostnaderna påverkas mycket lite av felaktiga ledtider i det lågomsatta fallet. Ledtidsfel på +/- 20 % medför endast kostnadsökningar på storleksordningen en halv procent. Däremot är känsligheten för felaktiga ledtider hög för fallet med medelhög omsättning och mycket hög för fallet med hög omsättning. Störst skillnader fås när använda ledtider är kortare än de verkliga. Exempelvis gav en 20 % för kort ledtid en kostnadsökning på mer än 150 % i det högomsatta fallet medan motsvarande kostnadsökning för en 20 % för lång ledtid var storleksordningen 16 %.

Kapitalbindningen i lager ökar med ökande ledtider. Ökningstakten är störst för det högomsatta fallet. Vid en använd ledtid som är 20 % längre än den faktiska ledtiden ökar kapitalbindningen med storleksordningen 11 % och 36 % för det medelhögt omsatta fallet respektive för det högomsatta fallet. Att kapitalbindningen ökar med för långa ledtider hänger samman med att långa ledtider medför att nya order via för höga beställningspunkter läggs ut och levereras in för tidigt.

Erhållen servicenivå påverkas mycket kraftigt av att ledtider är för korta. Alldeles speciellt gäller det vid hög omsättning. Om ledtiden är 20 % kortare än verklig ledtid i det högomsatta fallet minskar erhållen servicenivå från 99,9 % till 96 %. Kvaliteten på satta ledtider har följaktligen en avgörande betydelse för att upprätthålla höga servicenivåer, inte minst vid hög omsättning. Denna betydelse är emellertid i stor utsträckning begränsad till ledtider som är kortare än de verkliga. Servicenivån förbättras endast marginellt om ledtiden sätts längre än den verkliga. Däremot leder för långa ledtider till ökande kapitalbindning som framgick ovan.

8 Kompletterande anvisningar och synpunkter

- Den engelskspråkiga termen för tillverkningsledtid är lead time eller manufacturing lead time. Även termen throughput time förekommer.

Referenslitteratur

Bastow, B. (1982) Leadtimes: What are they and what should they be, APICS Conference Proceedings.

Boeder, S. och Gurnee, S. (1984) Manufacturing lead time calculation methods, APICS Conference Proceedings.

- Bergman, B. och Klefsjö, B. (1986) Statistisk kvalitetsstyrning, Studentlitteratur.
- Chance, V. (1985) Lead time determination and control, APICS Conference Proceedings.
- Eikeri, O. (1970) Gjenomløpstiden, Forskningsrapport. Produktionsteknisk Forskningsinstitut, Oslo.
- Greene, J. (1987) Production and inventory control handbook, McGraw-Hill Book Company.
- Kanet, J. (1982) Towards understanding lead times in MRP-systems, Production and Inventory Management, Nr. 3.
- Mattsson, S-A. (1990) Grunddata för material- och produktionsstyrning, Permatron.
- Mattsson, S-A. (2002) Känslighetsanalys av beställningspunktssystem, Forskningsrapport, Institutionen för Teknisk Logistik, Lunds Universitet.
- Mattsson, S-A. (2011) Känslighetsanalys av prognos- och ledtidskvalitetens påverkan på servicenivå och säkerhetslager, Forskningsrapport, Logistik och Transport, Chalmers Tekniska Högskola.
- Mattsson, S-A. (2013) Volymvärdestyrning av resursinstaser för effektivare lagerstyrning, Forskningsrapport, Permatron Research.
- Pfohl, H-C., Cullmann, O. och Stölze, W. (1999) Inventory management with statistical process control: Simulation and evaluation, Journal of Business Logistics, Nr. 1.
- Plossl, G. (1983) Production and inventory control: Applications, Plossl Educational Services Inc.