

## Integreret produktionsplanlægning i værkstedsmæssige omgivelser. ✓

Af VINCENT J. GRAZIANO\*)

Inden for produktionsvirksomheder, kendetegnet ved både en værkstedsstruktur og samlefabriksstruktur, finder man produktionsbetingelser, der indeholder aspekter af såvel »ren« værkstedsmæssig natur, hvor enhver operationssekvens er mulig, som af samlebånds natur, hvor maskinerne på forhånd er konstrueret med henblik på en bestemt produktgruppe.

I denne artikel vil vi diskutere de betydelige problemer, man støder på i et projekt, der er udarbejdet til at integrere produktionsplanlægningen og lagerkontrollfunktionen med henblik på storproduktion og samleproduktion. En korttidig produktionsplanlægningsteknik, hvortil EDB kan anvendes, bliver også beskrevet. Denne teknik er i overensstemmelse med sund systemplanlægning og operationskriteria.

### *Værkstedsmæssige omgivelser*

Samlebåndet er velkendt for dets anvendelse indenfor bilindustrien. I værkstedsmæssige omgivelser kræver fabrikationen af komponentdele, underenheder og hovedenheder en funktionel fleksibilitet. Maskin- eller arbejdscentrene kan organiseres omkring særlige typer maskiner med flere anvendelsesområder så som bore- og fræsemaskiner. Komponenterne flyder gennem forarbejdningscentrene i en mængde, der er afpasset efter individuelle ordrestørrelser eller optimale økonomiske størrelser. Denne organisationsform er afgørende, hvis virksomhedens produkter afviger væsentligt fra hverandre. Den tilpasses hurtigt fluktuationer i efterspørgslen, og ved passende kontrol kan maskinudnyttelsen optimeres. Ordre på færdigproducerede varer kan effektueres ved at samle komponenterne direkte. Hvis det kræves, kan de ændres en smule ved at tilføje specifikke ønsker. Produktion af dele ifølge ordre kan foretages kundeindividuelte lige fra råvarestadiet og samles efter kundens ønsker.

\*) MS, manager, Peat, Marwick, Mitchell & Co. A/S, København.

Imidlertid medfører denne funktionelle organisationsform sædvanligvis, at produktet bevæger sig langsomt gennem produktionstrinene, dvs. at man får et mærkbart lagerbehov for produkter-i-arbejde. I virkeligheden kan produktionens lead-time\*) ofte måles i måneder, skønt den effektive produktionstid kan måles i dage. Kontrollen med og omkostningerne ved at have denne store mængde produkter-i-arbejde kan blive særdeles belastende. Desuden er kontrollen med produktionen langt sværere og omkostningerne langt større, end hvad der gælder for en samlebåndsorganiseret produktion.

#### *Lagerbehov for produkter-i-arbejde*

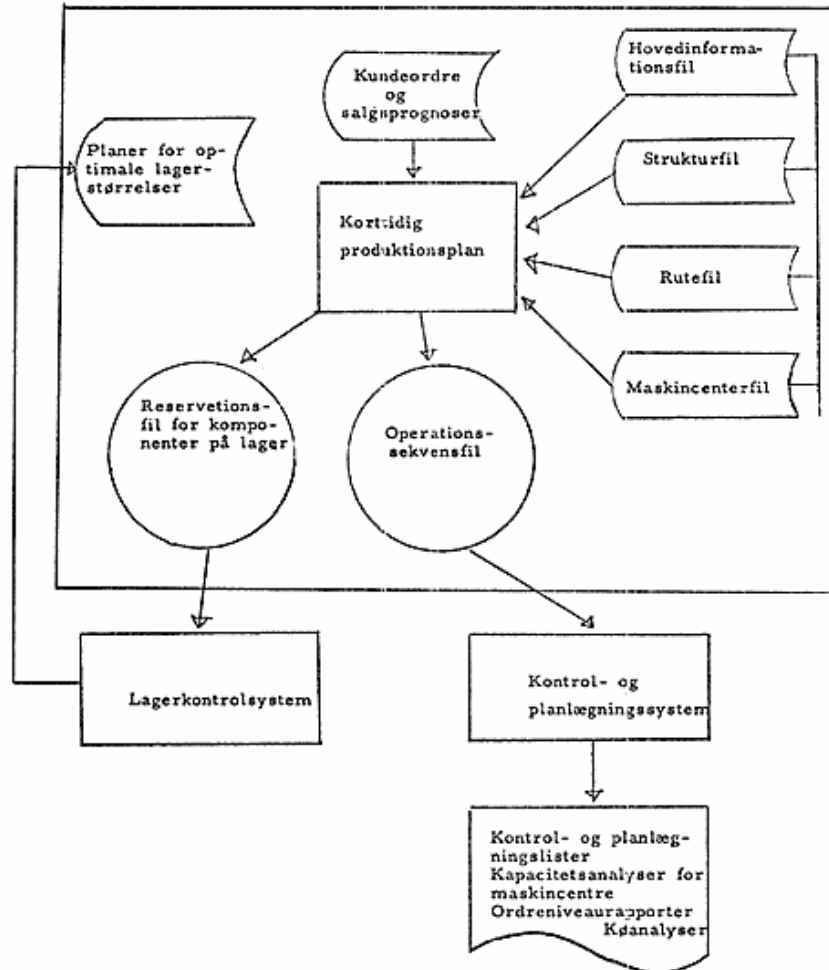
Omfanget af de problemer, der opstår i værkstedsomgivelserne, når der skal gennemføres en kontrol af produkter-i-arbejde, bestemmes for en stor del af, hvor indviklet det færdige produkt er. Når et produkt skal designes individuelt med specielle komponenter, bliver resultatet, at man får svært ved at kontrollere produktions- og samleprocessen. Enhver ordre må behandles individuelt, hvad enten den kommer fra en kunde eller den skal komplettere færdigvarelageret. Muligheden for at benytte sig af fordelagtige ordrestørrelser er begrænset. Man kan sædvanligvis kun opnå en stabilisering af produktionsniveauet i de enkelte afdelinger, hvis man vil acceptere en væsentlig lead-time i produktionen. Så snart antallet af specielle komponenter reduceres, vil salgsvolumen pr. komponent vokse. Dette medfører også, at bedre kontrolmetoder kan bruges, og at fordelagtigere indkøbsterminer bliver mulige. Lagrene kan reduceres eller lead-time gøres kortere. Når mulighederne for standardisering af komponenterne udnyttes fuldt ud, opdager man ofte, at efterspørgslen efter hver enkelt komponent er relativt konstant, selv om efterspørgslen efter de færdigproducerede varer, hvori disse specielle komponenter indgår, er højst varierende.

De fleste virksomheders produktion foregår både ved hjælp af standardiserede og ikke-standardiserede komponenter. Der kan enten være tale om direkte indkøb eller produktion til lager, hvorefter de færdige produkter samles i overensstemmelse med salgsprognoserne. I disse virksomheder er det nødvendigt at holde komponentgrupperne identificerede lige fra råmaterialestadiet til færdiggjorte produkter. Disse komponenter er ikke lagerførte. Delvis færdiggjorte ordrer, som ikke kan indgå i andre ordrer, må også henføres til produkter-i-arbejde. Disse enheder er kun tilgængelige, når samtlige produktionstrin er gennemførte.

Det normale kontrolsystem for komponentlageret under fabrikations- og

\*\*) lead-time: tiden fra en beslutning bliver taget til den er effektueret.

## KORTTIDIGT PRODUKTIONSPLANLÆGNINGSSYSTEM



samleprocesserne er at komplettere lageret med optimale ordrestørrelser. De vigtigste faktorer, der bestemmer det tidspunkt, hvor ordren skal effektueres, er både en vurdering af den lead-time som kræves af virksomheden for at effektuere ordren, og af den forventede ændring i efterspørgslen i løbet af den pågældende lead-time. Til gengæld er lead-time en funktion af ændringen i produktionsfaciliteternes belastning. Det er imidlertid svært at få et nutidsbillede af produktionsaktiviteterne og af planlægningen for den nærmeste fremtid. Derfor har suppleringsordrerne en tendens til at dukke op uden hensyn til denne skævhed. Under hurtige afsætningsændringer vil kapacitetsbelastningen og lead-time ordrerne ændre sig tilsvarende. Situationen kan udvikle sig således, at enten færdiggøres intet rettidigt eller at store komponentlagre må holdes.

Et alternativ til planlægning efter optimal ordrestørrelse er at planlægge efter behov i de enkelte tidsfaser. Dette system forsøger at binde kontrollen med komponentdele eller halvfabrikata til planen for samling af slutproduktet. De enkelte dele produceres i optimale ordrestørrelser, men tidspunktet for hver suppleringsordre udregnes med færdiggørelsestidspunktet snarere end med tidspunktet for en ny ordre som basis. En del ordrer placeres en standard lead-time før det tidspunkt produktionsplanen indicerer, at der skal foretages et træk på lageret. Denne fremgangsmåde er en forbedring af det »optimale« ordrekvanta system, fordi ordrerne kan afgives på grundlag af et tidligere kendskab til den forventede efterspørgselsændring. Men standard lead-time bygger ligesom optimal ordrestørrelsesmetoden på en beregning af virksomhedens evne til at opfylde produktionsplanen.

Yderligere forudsætter et planlægningssystem, byggende på tidsfaser, kun, at hoveddata for produkterne medtages. De enkelte komponentdele i det endelige produkt skal ikke være færdige samtidigt. En bestemt komponentdel til en elementdel, der indgår tidligt i produktionssekvensen, skal måske være færdig flere uger før en identisk komponentdel, der indgår i produktionssekvensen senere.

Skønt mange virksomheder prøver at sikre sig mod skiftende efterspørgsel ved hjælp af stødpudelagre og sikkerhedsmargin ved vurdering af lead-time så vil en mere direkte sammenkøring af lagerkontrollen og produktionsplanlægningen i form af en »realistisk« komponentbehovsplan afgørende ændre virksomhedens evne til at holde kapacitetsbelastningen på et ønsket niveau samtidig med et velafbalanceret lager. En »realistisk« komponentbehovsplan må tilsikre, at lagerbehovsfunktionen tager hensyn til den aktuelle kapacitetsudnyttelse.

#### *Kontrol i selve produktionsafdelingen*

En endnu vigtigere konsekvens for produktionsafdelingens arbejde er planlægning af og kontrol med arbejdet i selve afdelingen. I store afdelinger kræver produktionsprocessen måske i tusindvis af operationer gennemført på et givet tidspunkt. Mangel på informationer om produktionsprocessen i de enkelte tidsrum kan være årsag til store problemer. Det er vigtigt at vide, hvilke operationer der gennemføres og hvilke, der kan gennemføres umiddelbart efter. Man må samtidig tage både den nødvendige operationssekvens, den begrænsede kapacitet og råvarens beskaffenhed i betragtning.

På grund af det kritiske behov for koordinering (timing) og de næsten uløselige vanskeligheder med at få nøjagtige og up-to-date manuelle re-

gistreringer på grund af de enorme datamængder, er der blevet og bliver stadig anvendt megen energi på at udvikle planlægnings- og kontrolfunktioner, hvori EDB indgår. Er et sådant system effektivt, kan man opnå væsentlige besparelser i kontrollen af lageret for produkter-i-arbejde og af kapaciteten. Lageromkostninger ved produkter-i-arbejde er store, når der opstår kødannelse foran en maskine, der først er ledig langt senere. Realistiske data om kødannelser og om stedet, man er nået til i den enkelte vares produktionssekvens, kan væsentlig forbedre den sikkerhed, hvormed man kan justere det korttidige kapacitetsbehov.

Det vigtigste input, der er nødvendigt for et sådant kontrol- og planlægningssystem, er en registrering af operationen, der skal udføres på hvert maskincenter og en prognose af den arbejdsmængde, der i den nærmeste fremtid skal udføres af hvert center. Denne registrering skal foreskrive i hvilken rækkefølge, de enkelte arbejdsoperationer skal tildeles de enkelte centre. Enhver operation skal beskrives med et ordrenummer, operationens start og sluttidspunkt, det følgende arbejdscenter, og tiden, det tager for transport fra det ene center til det andet, skal også registreres. Planlægning af de enkelte operationer er direkte afhængig af produktionsplanen.

### *Produktionsplanlægning*

Produktionsplanlægning er en korttidsfunktion, som udvikler detaljerede planer, der er nødvendige for at møde ordrebogens leveringsforpligtelser. Den skal hjælpe ledelsen med at forberede udnyttelsen af ressourcerne og optimere lageret for produkter-i-arbejde ved at specificere følgende:

- Udvikle en plan over behovet for hver lagret eller ikke-lagret komponentdel og halvfabrikata. Herved vil alle råmaterialer og indkøbte dele rettidigt være fremme, alle dele og halvfabrikata, der skal lagres, ankomme til lagerindgangen og de ikke-lagrede komponenter ankomme rettidigt til produktionsstedet (dvs. stedet hvor færdigproduktet skal samles) så produktionsplanen kan honoreres.
- Bestemme belastningen for hver maskine eller arbejdscenter i virksomheden for de næste par uger eller måneder. Periodens længde bestemmes af produktionsledelsen.

Det første krav opfyldelse er korreleret med systemets evne til at opfylde det andet. Specielt medfører belastningsvurderingen en fastlæggelse af operationsrækkefølgen. Denne baseres på de enkelte operationers relative prioritet, på deres igangsætnings- og maskintid og på deres forventede start- og sluttidspunkt. Derfor har systemet evne til at udvikle en tidsserie for komponentbehov parallel med belastningsvurderingen.

Det er langt lettere at vurdere belastningen end at gennemføre den efter planen. Tænk blot på tusindvis af operationer, der samtidigt foretages i virksomheden. Et start- og sluttidspunkt må fastsættes for hver operation. Da kapaciteten ikke er ubegrænset må produktionstiden fordeles. Hver operation afhænger af den foregående og den efterfølgende. Siden vigtigere arbejder må have præference, må hver operation tildeles en prioritering, som dog kan ændres. Tilmed hænder der i og uden for produktionsafdelingen mange ting, som ustandselig påvirker den sekvens, arbejdet gennemføres i. Disse hændelser påvirker planen, så hvad der i dag er en ønsket operationssekvens kan i morgen være en ineffektiv.

Systemet i en korttidsproduktionsplan er illustreret i figuren, som kun viser de vigtigste filer. Informationsbehovet for et system af denne type er omfattende og detaljeret. De fleste af de store EDB leverandører er i stand til at stille hardware- og softwareteknik til rådighed for organisering og opretholdelse af basiskartoteker. Akkumulering af den nødvendige information må logisk koncentreres i en database for produktionsinformation i form af recordenheder lagrede i disk filer, som er hurtigt tilgængelige for alle interesserede parter. Disse enheder skal udformes således, at de indeholder så meget datamateriale som anses for at være nødvendigt for ledelsen. Den minimale udformning af systemet, som er vist i figuren, vil have behov for følgende filer:

- *Hovedinformationsfilen.* Denne file indeholder én informationsenhed for hvert færdiggjort produkt, hver komponentsamling, underenhed, fabrikeret del (produceret af råmaterialer eller direkte indkøbt) og for derne er lagrede i den rækkefølge, i hvilken hovedbestanddelen er samlet
- *Strukturfile.* Med reference til en hovedkode sørger denne file for én strukturenhed for hver komponent i hovedbestanddelen. Strukturenhederne er lagrede i den rækkefølge, i hvilken hovedbestanddelen er samlet eller fabrikeret.
- *Hovedrutefilen.* Denne file vil bringe én deskriptiv enhed for hver operation, der er nødvendig for at samle eller fabrikere en hovedbestanddel. Ruteenhederne er organiserede i samme sekvens, som operationerne vil blive udført.
- *Arbejds- og/eller maskincenterfilen.* Denne file indeholder én enhed for hvert arbejds- og/eller maskincenter i produktionsafdelingen. Hver enhed beskriver et centers fysiske kendetegn og foretager en løbende opgørelse af den maximale og disponible produktionskapacitet.

Det er vigtigt, at hver enhed i systemet er kædet sammen på en entydig måde. F. eks. må nummeret på en del fra hovedenheden kunne lede til struktur- eller ruteenhed. En strukturenhed må kunne lede tilbage til

hovedkoden i hovedenheden, der er lagret i strukturenheden. En ruteenhed må lede til maskincentrets hovedenhed for at udforme de operationer, der er beskrevet i ruteenheden.

### *Planlægningsteknik*

Det beskrevne system simulerer produktionen for en periode specificeret af ledelsen. Den udarbejdede planlægningsteknik kendetegnes ved, at den belaster arbejdscentret baglæns fra det tidspunkt, hvor ordren skal være færdig. Den simulerede tid bliver registreret ved at tildele hver produktionstime et kontrolnummer. Dette »ur«, som nulstilles ved hvert planlægningsårs begyndelse, gør systemet i stand til at tildele hver operation et start- og sluttidspunkt, som planlagt.

Løbende færdigvareordrer, der ikke er effektueret, udlæses fra den åbne ordrefile simultant med at suppleringsordrer til lageret udlæses fra lagerkontrollsystemet. Planlægningsprogrammet udvælger ordrer i faldende orden fra leveringstidspunktet. Så snart en ordre udtages til produktion, henter programmet fra hovedfilen den hovedenhed, der indeholder den efterspurgte artikel. Derved etableres en forbindelse med ordrens informations- og produktionsstruktur. Denne nås ved en sammenkædning af enheder ved hjælp af systemets hovedfile. Hovedenheden forsyner enheden med en adresse i hovedrutefilen, som beskriver, hvordan den sidste operation for artiklen skal udføres. Denne ruteenhed er desuden kædet sammen med andre enheder, osv. Dette gør det muligt for planlægningsprogrammet efter behov at fremskaffe deskriptive data om igangsættelsesproceduren.

Denne sammenkædning er væsentlig, fordi hvert job kun kan fuldføres ved at tilbringe en vis tid i en bestemt sekvens ved hver serie af maskincenter. Når et job ankommer til et maskincenter må det enten vente eller ikke vente før det kan sættes i gang, alt afhængig af dets relative prioritet i køen foran centret. Efter at det er fuldført, går det videre til næste maskincenter. Det indførte »brud« på rækkefølgen kræver, at systemet er i stand til at genoptage produktionen, hvor den end er blevet standset i rækkefølgen. Systemet får disse evner ved sammenkædning af (record) enheder og filer.

Ved igangsættelsen af hver ordre vil planlægningsprogrammet placere »reservationer« for lagrede eller indkøbte halvfabrikata, dele og råmaterialer i lagerkontrollsystemet. Disse reservationer tager form af enheder udviklet og skrevet på en båndfile, som anvendes til lagerkontrollanalyse med henblik på fuldførelsen af planlægningsforløbet. Båndfilen forsyner lagerkontrollen med en tidsserie for de komponentbehov, der dækker alle

løbende ordrer. For at sikre at reservationernes tidsserie er blevet realistisk udformet vil en reservation kun blive udviklet efter at den nødvendige produktionskapacitet er til rådighed til at gennemføre de pågældende operationer.

### *Belastningsproceduren*

Den grundlæggende belastningsprocedure er som følger:

1. Når en operation hentes fra hovedrutefilen, bestemmer planlægningsprogrammet først de nødvendige antal timer til at fuldføre operationen, hvis ingen udsættelse af igangsættelsen opstår. Operationen går derefter ind i køen foran det maskincenter, der skal udføre arbejdet.
2. Med ugentlige intervaller belastes maskincentrene med operationer fra køen. Dette fortsættes, indtil al disponibel kapacitet er reserveret, eller køen af ventende operationer er udtømt. Rutinen bestemmer altid, om arbejdet med en operation skal splittes op mellem denne og den næstfølgende uge. Hvis det sidste er tilfældet, bliver operationen placeret i en bestemt kø, og når den næstfølgende uges arbejde skal tildeles, vil operationen modtage en præferencestilling for at sikre, at produktionen fortsættes straks efter week-end'en.
3. Operationerne udvælges til igangsættelse på basis af en på forhånd tildelt prioriteringskode. Hvis den på forhånd ingen kode har fået, vil programmet generere og tildele hver operation en kode baseret på den tid, operationen har stået i køen og på produkt-i-arbejde værdien for de artikler, der produceres. Imidlertid vil en ordreprioriteringskode altid have præference for programudviklede koder.
4. Når som helst i et ugentligt planlægningsinterval kapacitet bliver reserveret for en hel operation eller en deloperation, bliver de vitale data for operationen skrevet på en båndfile for operationssekvensen. Denne vil blive benyttet i produktionsplanens udførelsesfase. Disse data indeholder start- og sluttidspunkt, de nødvendige komponenter, nummeret på maskincentret og det nødvendige antal medarbejdere.
5. Man må huske på, at igangsættelsestidspunktet udregnes ved at gå baglæns fra færdiggørelsestidspunktet. Når det er bestemt, at en netop indlæst operation vil begynde i den uge, som nu planlægges, vil rutinen konstatere, hvilke komponenter, der skal være til stede til ordren på det pågældende tidspunkt. Disse komponenter kan være lagret eller blive produceret for at tilfredsstille ordren. Hvis de er lagrede, vil en reservation på det nødvendige antal og på tidspunktet for anvendelsen blive genereret og skrevet på båndfilen for komponentlagerreservation. Hvis



komponenten bliver produceret for at tilfredsstille ordren, hentes dens sidste operation fra hovedrutefilen og indsættes i maskincenterkøen.

Det, der virkelig er sket, er, at denne komponent er blevet skubbet ind i planlægningsprocessen for produktionen.

6. Når alle komponenter (disses igangsættelse er beskrevet i punkt 4 og 5), der skal bruges i operationen, er sat i proces, bruger rutinen sammenkædningen af (data)enhederne til at trække den næstfølgende operation frem for at denne kan blive udført. Dernæst bestemmes det tidspunkt, hvor denne operation forventes at blive afsluttet. F. eks. vil sluttidspunktet for operation 5 være lig operation 6's starttidspunkt minus den nødvendige transporttid (tiden det tager at flytte fra operation 5 til operation 6).

Operation 1–6 gentages, indtil planlægningshorisonten nås.

Rutinen vil også udvikle to specielle igangsættelsesmåder: Overlapning og parallellitet. Overlapning medfører, at man flytter en del af stykkerne på et bestemt trin i produktionssekvensen frem til det næste maskincenter, før alle stykkerne i den foregående operation er færdige. Hovedruteenheden specificerer nummeret på stykkerne, der deltager i hver flytning. Når dette har gentaget sig ofte, vil programmet udregne det antal produktions-timer, der må reserveres, før man kan foretage en flytning til næste operation. Når man først har overskredet dette tidstillæg, kaldes den næste hovedruteenhed frem, og den begynder en igangsættelsesproces. På dette stede leder programmet efter produktionskapacitet, som kan bruges til overlappende operationer.

Ved parallelle operationer bliver en operation tildelt et andet maskincenter end det normale. Denne valgmulighed bliver kun anvendt, når programmet har sikret sig, at det optimale maskincenter er overbelastet i planlægningsintervallet, og at det substituerbare maskincenter vil være ledigt. Hvis det substituerende maskincenter ikke effektivt sparer tid, vælges det ikke.

### *Konklusion*

Hovedgevinsten ved at udarbejde de ovenfor beskrevne korttidsplaner for produktionen er udviklingen af en realistisk plan. Planen og dens gennemførelse bestemmer følgende:

- Størrelsen af ledige timer for medarbejdere og maskiner samt den kapital, der er bundet i lageret for produkter-i-arbejde.

- Ledelsens evne til at lokalisere og reducere flaskehalse ved hjælp af kort-tidig kapacitetstilpasning.
- Evne til konstant at holde hver ordres lokalisering og færdiggørelses-stadie under opsyn.

Det er fremfor alt den sidste overvejelse, der værdsættes af produktions-lederne. Det kræver imidlertid store anstrengelser at lave en produktions-plan på korttidsbasis simultant med etablering af den nødvendige sammen-hæng med lagerkontrollen. Der er betydelige forhindringer at overvinde. Et af de største problemer er kravene til databasen. Data for ruter, tids-standarde, materiale- og konstruktionsændringer må være hurtigt tilgæn-geige og *må* være pålidelige og nøjagtige. Sammenkøring af kundeordre-data med data'erne for produktion og lagerbehov kræver anvendelse af en enorm informationsmængde og et godt organiseret og fleksibelt database-system.

Der er imidlertid nu blevet udviklet hardware og software til at behandle den nødvendige informationsmængde økonomisk og hurtigt, hvorfor en række virksomheder har set deres fordel i at foretage den investering, der er nødvendig for at opnå fordelene ved en EDB-styret integreret produktion-planlægning.