

Koordinering af afdelingernes produktion i en industrivirksomhed.

Af BENDT RØRSTED*)

I den typiske stykfremstillende industrivirksomhed, hvor der produceres et større antal færdigproduktarter under medvirken af flere forskellige produktionsafdelinger, er det meget vanskeligt at få overblik over det samlede produktionsplanlægningsproblem. Kun i et fåtal af virksomheder er planlægningsproblemet formuleret så klart, at man ved f. eks. operationsanalytiske metoder kan finde den til enhver tid optimale løsning.

I praksis opdeles problemet derfor oftest i en række isolerede planlægningsproblemer for de enkelte afdelinger. Opdelingen i delproblemer medfører dog et behov for koordinering af de isolerede løsninger.

Artiklen beskriver nogle af disse koordineringsproblemer og anviser nogle ukomplicerede retningslinier til brug ved løsning af praktiske problemer.

Det er hensigten med denne artikel at beskrive nogle af de produktionsplanlægningsproblemer i en stykfremstillende industrivirksomhed, som udspringer af behovet for en koordinering af de enkelte afdelingers produktion med henblik på en for virksomheden som helhed mere fordelagtig drift. Det falder derimod uden for formålet at beskrive de enkelte afdelingers interne produktionsplanlægningsproblemer i større omfang, end diskussionen af samspillet mellem hinanden tilstødende afdelinger gør det nødvendigt.

I artiklens første del drøftes koordineringsproblemerne i deres generelle form, hvorefter der i artiklens anden del gives en række illustrerende eksempler hentet fra en eksisterende udenlandsk virksomhed.

*) Cand. oecon., lektor, Aarhus Universitet.

A. De generelle koordineringsproblemer.

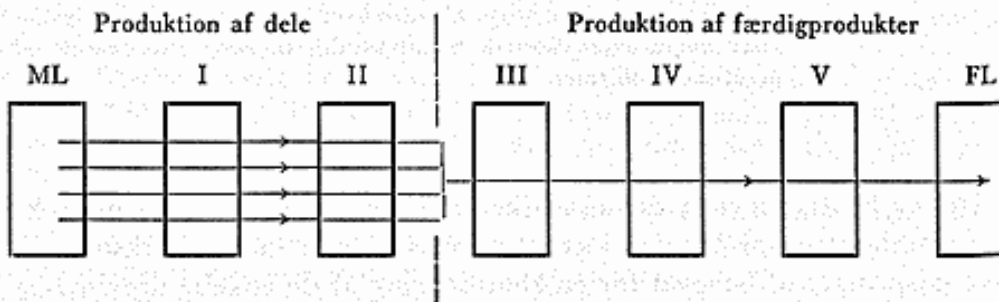
1. Beskrivelse af den anvendte virksomhedsmodel.

Vore dages typiske stykfremstillende industrivirksomhed er karakteriseret dels derved, at produktionen foregår i flere forskellige niveauer, således at der først fremstilles en række produktdele; derefter samles produktdele i montager, og endelig samles monteringerne til det endelige færdigprodukt; og dels derved, at forarbejdningen af produktdele, monteringer og færdigprodukter sker i en række afdelinger udstyret med maskiner og menneskelig arbejdskraft. Den typiske virksomhed fremstiller et større udvalg af færdigprodukter og er ikke fuldt mekaniseret.

Som grundlag for beskrivelsen vil vi anvende en middelstor virksomhed, hvor vi for simpelhedens skyld regner med to niveauer i produktionen. Produktionen tænkes tilrettelagt i serier, således at der først foregår en serieproduktion af produktdele, derpå en montering af produktdelene til en bestemt type færdigprodukt, og endelig gennemgår den fremkomne serie af det pågældende færdigprodukt en række afsluttende forarbejdninger. Der vil til enhver tid være et antal forskellige færdigprodukttyper under produktion; enten som serier af produktdele eller som serier af færdigprodukter under afsluttende forarbejdning.

Følgende figur kan tjene som model af virksomhedens produktionsafdelinger:

Figur 1.



Igangsætning af produktion sker principielt ved, at driftskontoret efter et passende incitament fra f. eks. salgsafdeling eller færdigvarelager udsteder ordre om produktion af en serie af et bestemt færdigprodukt. Da færdigproduktet er sammensat af produktdele, må ordren omskrives til en række delordrer, hver lydende på produktion af en serie af en bestemt produkt del til færdigproduktet. Lad os som udgangspunkt tænke os, at disse ordrer afgives til afdeling I for produktion snarest muligt. Afdeling I vil da fra materialelageret (ML) rekvirere de nødvendige materialer og foretage de nødvendige forarbejdninger af produktdelene.

Derefter afleveres produkt-del-serien til afdeling II, der ligeledes foretager en række forarbejdninger, hvorefter den nu færdigbearbejdede serie af den pågældende produkt-del afleveres til samleværkstedet, afdeling III.

I afdeling III må der ske en opsamling af serierne af produktdele, idet montering først kan finde sted, når samtlige dele til et bestemt færdigprodukt er ankommet fra afdeling II. Når samtlige dele er klar, igangsættes monteringen, og de samlede færdigprodukter går nu videre til behandling i afdeling IV og til pakning i afdeling V, hvorfra de endelig sendes til færdigvarelageret (FL).

Det ene produktionsniveau repræsenteres altså af serieproduktionen af dele i afdelingerne I og II, og det andet af produktionen af færdigprodukter i afdelingerne III, IV og V.

Om arbejdsformen vil vi antage, at formanden i hver enkelt afdeling selvstændigt tilrettelægger arbejdet i afdelingen under hensyntagen til forhåndenværende maskiner og arbejdskraft; men at han ikke tager noget hensyn til arbejdsgangen i de øvrige afdelinger. Han ignorerer således fuldstændigt de eventuelle skadelige virkninger på arbejdsgangen i andre afdelinger, som kan blive konsekvenser af hans bestræbelser for at drive sin egen afdeling bedst muligt.

Hver enkelt formand må have adgang til oplysninger, der er tilstrækkelige til, at han kan foranledige de nødvendige arbejdsoperationer foretaget. Om disse oplysninger findes i hver afdeling eller centralt i f. eks. en konstruktionsafdeling, er uden betydning for vort problem. For at afdelingerne skal kunne arbejde, er der herudover kun behov for en grov tidsplan, der angiver, hvilke serier der skal produceres i den kommende tid, og hvornår de enkelte serier forventes at ankomme til de enkelte afdelinger. Denne angivelse af tidspunkter kan endog indskrænke sig til en oplysning om, hvornår produktionen af dele skal begynde i afdeling I, og hvornår samtlige dele til et bestemt færdigprodukt forventes at være fremme til montering i afdeling III.

I forbifarten skal det bemærkes, at den netop beskrevne organisation af afdelingernes arbejde suppleret med en antagelse af, at den ene afdeling ikke ved variationer i kvaliteten af det udførte arbejde kan påvirke arbejds- og materialeforbruget i en eller flere af de følgende afdelinger, må være den arbejdsorganisatoriske forudsætning for, at det kan være rimeligt at anvende et afdelingsregnskab i traditionel form. Hvor urealistisk forudsætningen er, vil fremgå af det følgende.

For at understrege, at den enkelte formands afgørelser vedrørende hans egen afdelings drift er uden forbindelse med koordineringsproble-

merne mellem afdelingerne, vil vi endelig antage, at formændene i afdelingerne er eksperter i at tilrettelægge arbejdet i deres afdelinger, sådan at de løbende realiserer den til enhver tid optimale løsning af deres isolerede planlægningsproblemer. Dette vil i reglen betyde, at de oparbejder interne arbejdslagre til det punkt, hvor de ydre rammer såsom lokalernes størrelse og gulvets bæreevne besværliggør yderligere stigning i arbejdslagrene i en sådan grad, at det opvejer de omkostningsbesparelser, der kan opnås ved den mere effektive udnyttelse af maskinparken, som muliggøres af en forøgelse af de interne arbejdslagres størrelse. Tages der yderligere hensyn til omkostningerne i form af forrentning af og risiko ved de store lagre, vil lagerdannelsen standse lidt tidligere.

2. Måling af koordineringsgraden.

Før vi går over til at drøfte de enkelte koordineringsproblemer, må vi forsøge at definere, hvad vi vil forstå ved koordinering af produktionen, eller i hvert fald angive, hvordan det skal afgøres, om en given foranstaltning forøger eller formindsker koordineringen.

Under betegnelsen koordinering af produktionen mellem afdelingerne samler vi i denne forbindelse sådanne foranstaltninger, som »forbedrer« driften af virksomheden som helhed; men som ikke kan tænkes gennemført ved initiativ fra en afdelings formand alene. Denne »definition« rummer flere uklare punkter, men kan næppe forbedres synderligt. Det må dog være klart, at vi ved koordinering forstår foranstaltninger, der berører flere afdelinger samtidig, oftest på en sådan måde, at nogle af de implicerede afdelinger ved foranstaltningen tvinges til at afvige fra, hvad der isoleret set er optimalt for de pågældende afdelinger, for at virksomheden under et kan opnå en bedre drift.

Den største vanskelighed knytter sig til afklaringen af, hvad man skal forstå ved, at foranstaltningerne »forbedrer« virksomhedens drift. Der er her behov for en måleenhed – i sidste instans en økonomisk måleenhed – der afhængigt af virksomhedens art og situation tager hensyn til sådanne faktorer som værdien af større tilpasningshastighed i produktionsapparatet til ændringer i afsætningsforholdene, kortere leveringstider til kunderne – såfremt ikke alle leveringer sker fra færdigvarelager –, værdien af kunders utilfredshed med forsinkelser i leveringerne, samt mere vurderbare størrelser såsom værdien af maskintid på forskellige anlæg, prisen for overarbejde, og hasteorders indflydelse på materialeforbruget. For en konkret virksomhed kan vi i hvert fald i teorien

tænke os disse størrelser indgå i en kriteriefunktion, som man vil have stiftet bekendtskab med i operationsanalysen.

Da imidlertid opstillingen af en kriteriefunktion er en i bedste fald kompliceret opgave, som ikke skal drøftes her, må man spørge, om det er muligt at udpege simple størrelser, der med rimelighed kan accepteres som erstatning for den »rigtige« kriteriefunktion.

Vi skal her fremhæve to fænomener, der hver for sig repræsenterer en væsentlig side af den »rigtige« kriteriefunktion.

For det første kan vi fastslå, at den manglende koordinering mellem afdelingerne i virksomheden sammen med forudsætningen om, at hver enkelt formand tilstræber de laveste produktionsomkostninger i sin afdeling, vil føre til dannelse af ikke-planlagte stødpudelagre mellem afdelingerne. Tilstedeværelsen af sådanne lagre er simpelthen en forudsætning for, at den enkelte afdeling kan arbejde uden forstyrrende indflydelse fra den foregående afdeling i produktionsprocessen. Størrelsen af de ikke-planlagte stødpudelagre mellem virksomhedens afdelinger er altså anvendelig som mål for graden af koordinering. Foranstaltninger, som formindsker disse lagres størrelse, kan siges at forøge graden af koordinering, og omvendt. Størrelsen af stødpudelagrene kan måles i en for virksomheden passende måleenhed såsom antal paller, antal produkt-del-serier, det antal timers arbejde i den efter hvert stødpudelager følgende afdeling, som stødpudelageret repræsenterer; værdien af stødpudelagrene udfra et fastlagt vurderingsprincip, etc. Blandt de anførte måleenheder er antallet af arbejdstimer i efterfølgende afdeling sikkert den mest relevante, men andre og simple måleenheder kan for en bestemt virksomhed variere næsten proportionalt hermed; dette vil således for et givet produktionsprogram ofte gælde om antallet af ventende paller.

Sammensætningen af de ikke-planlagte stødpudelagre vil ofte give værdifulde vink om, på hvilke punkter koordinering er særligt påkrævet.

Medens størrelsen af de ikke-planlagte stødpudelagre mellem afdelingerne repræsenterer de dele af kriteriefunktionen, som svarer til forrentningen af værdien af produkter i arbejde, og til værdien af en stor frihed i produktionstilrettelæggelsen i den enkelte afdeling og de heri indgående priser på maskintimer, overarbejdstimer etc., repræsenterer det andet mål for koordineringsgraden, som vi skal omtale, snarere værdien af stor tilpasningsevne til ændrede afsætningsbetingelser og derigennem værdien af overholdelse af leveringstiderne overfor kunderne. Dette andet mål er gennemløbstiden.

Også gennemløbstiden, d.v.s. den tid, der forløber, fra påbegyndelsen

af produktionen af den første produkt del til et færdigprodukt, til færdigproduktet er endeligt forarbejdet, er et mål for graden af koordinering. Under forudsætning af, at afdelingerne allerede arbejder isoleret set bedst muligt, vil en nedsættelse af gennemløbstiden kunne opfattes som en forøgelse af koordineringen, da denne tidsbesparelse åbenbart må være fremkommet ved en tilsvarende formindskelse af ventetider mellem produktionsafdelingerne.

Idet gennemløbstiden må defineres nærmere f. eks. som det aritmetiske gennemsnit eller modalværdien af gennemløbstiderne for den produktion, der er afsluttet i en given periode, er det samtidig klart, at der må være en undergrænse for, hvor meget gennemløbstiden kan forkortes. Formelt skulle man kunne finde denne undergrænse ved addition af gennemløbstiden i de enkelte afdelinger under forudsætning af, at man først har fundet hver afdelings optimale løsning af dens eget planlægningsproblem. Denne »minimale« gennemløbstid er netop den undergrænse, der kan realiseres ved fuldkommen koordinering, der respekterer afdelingernes selvstændighed.

Det afgørende er imidlertid, at en optimal løsning af hele virksomhedens planlægningsproblem, hvori indgår koordineringen, netop ikke kan respektere de enkelte afdelingers isolation, fordi alle andre end de mest banale koordineringsforanstaltninger indebærer en indgriben i een afdelings indre forhold med det formål at opnå en fordel i en anden afdeling. Vi kan konkludere, at den minimale gennemløbstid kun kan findes ved en simultan løsning af hele planlægningsproblemet; men for praktiske formål vil man et langt stykke kunne betragte formindskelse af gennemløbstiden som udtryk for forøget koordinering, underforstået med overvejende gunstige konsekvenser for virksomheden som helhed.

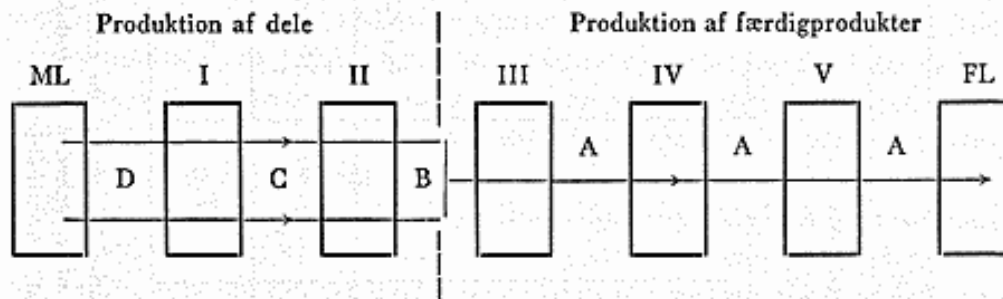
Det understreges, at valget af koordinerings-»definition« må ske ud fra virksomhedens specielle forhold og interesser, og at valget af måleenhed først og fremmest har værdi derigennem, at de implicerede medarbejdere godkender en fælles målestok, der vil kunne spare dem for mange diskussioner, omend måleenheden også bør være relevant for virksomhedens problem.

3. *Typer af koordineringsproblemer.*

Vi skal i det følgende diskutere de typer af koordineringsproblemer, som normalt vil bestå i en virksomhed af den betragtede art.

I figur 2, der i store træk er en gentagelse af figur 1, er de mulige koordineringsproblemer betegnet med bogstaverne A, B, C og D.

Figur 2.



Vor opfattelse af koordineringsproblemerne indebærer, at de må forekomme, hvor produkterne på deres vej gennem virksomheden passerer fra en afdeling til den følgende, idet afdelingsbegrebet her er ensbetydende med det område, der ledes af en bestemt formand eller driftsleder, og hvis produktion tilrettelægges under et.

Vi kan derfor i figur 2 konstatere følgende koordineringsproblemer:

Problem A, som forekommer ved overgangen fra afdeling III til afdeling IV, fra afdeling IV til afdeling V og fra afdeling V til færdigvarelageret. Problem A er på langt sigt et harmoniproblem og på kort sigt et kapacitetsudnyttelsesproblem.

Problem B, som forekommer i overgangen fra afdeling II til afdeling III, hvor serierne af færdigforarbejdede produktdele afleveres af afdeling II; men hvor afdeling III først kan fortsætte produktionen, når alle dele til et bestemt færdigprodukt er til stede. Problem B er således et spørgsmål om planlægning af ankomsttider for produktdele-serierne til afdeling III.

Problem C, som forekommer i overgangen fra afdeling I til afdeling II, er så at sige en blanding af problem A og B, idet det involverer såvel kapacitetsudnyttelse som planlægning af ankomsttider til afdeling II.

Problem D, som forekommer i overgangen fra materialelageret til afdeling I, knytter sig til materialeudnyttelsen.

Vi skal nu i detaljer gennemgå de enkelte koordineringsproblemer.

3.1. Problem A.

Det generelle koordineringsproblem mellem to afdelinger, f. eks. mellem afdeling III og afdeling IV, er knyttet til udnyttelsen af kapaciteten i begge afdelinger og kan formuleres på følgende måde. Det vil normalt være forskellige sider af et produkts egenskaber, der er afgørende for produktets krav til forarbejdningskapacitet i de to afdelinger. Dersom

Figur 3. Schema over kapacitetsudnyttelsen i afdeling III og IV.

Produktion pr. TE, an- tal stk. af produktart »n«	Afdeling III			Afdeling IV				
	Teknisk koeffi- cient	Kapacitetsart		Teknisk koeffi- cient	Kapacitetsart			
		a	b		c	p	q	r
x_1	$t_{1,a}$	$t_{1,o} \cdot x_1$		$t_{1,q}$		$t_{1,q} \cdot x_1$		
x_2	$t_{2,c}$		$t_{2,c} \cdot x_2$	$t_{2,p}$		$t_{2,p} \cdot x_2$		
x_3	$t_{3,b}$	$t_{3,b} \cdot x_3$		$t_{3,r}$		$t_{3,r} \cdot x_3$		
—								
—								
—								
x_n	$t_{n,c}$		$t_{n,c} \cdot x_n$	$t_{n,s}$			$t_{n,s} \cdot x_n$	
I alt		$\sum_{i=1}^n t_{i,o} \cdot x_i$	$\sum_{i=1}^n t_{i,c} \cdot x_i$		$\sum_{i=1}^n t_{i,p} \cdot x_i$	$\sum_{i=1}^n t_{i,q} \cdot x_i$	$\sum_{i=1}^n t_{i,r} \cdot x_i$	$\sum_{i=1}^n t_{i,s} \cdot x_i$
Til rådighed		T_a	T_c		T_p	T_q	T_r	T_s

Den tekniske koefficient $t_{1,a}$ angiver, hvor mange enheder af kapacitetsarten »a« der kræves til forarbejdningen af en enhed af produktart »1«. $t_{1,o} \cdot x_1$ angiver følgende den kapacitet af arten »a« som beslaglægges til en produktion af x_1 enheder af produktart »1«. Symbolvalget »t« antyder, at kapaciteten måles i tidsenheder; men dette behøver selvfølgelig ikke at være tilfældet.

produktionen af en række produktarter tilrettelægges i afdeling III på den i forhold til denne afdelings kapacitet fordelagtigste måde, vil dette oftest medføre, at produkterne ankommer til afdeling IV i en rækkefølge og mængdesammensætning, der ikke tillader den bedst mulige udnyttelse af denne afdelings kapacitetsforhold. Og dersom man i afdeling IV forsøger at tilpasse sig bedst muligt til kapacitetsforholdene i denne afdeling og forlanger, at afdeling III skal arbejde, så disse krav tilfredsstilles, vil omvendt kapaciteten i afdeling III blive dårlig udnyttet. Dette vil gælde, selv om der på langt sigt er harmoni mellem de to afdelingers kapacitet, idet der altid på kort sigt vil opstå afvigelser fra produktionens gennemsnitlige sammensætning af produktarter.

Det opståede tilpasningsproblem kan løses ved dannelsen af et passende stort stødpudelager mellem afdelingerne; men vil man ikke tillade denne løsning, fordi man ønsker stødpudelageret nedbragt eller gennemløbstiden formindsket, må der ske en planlægning af samspillet mellem afdelingerne.

Koordineringsproblemet kan konkretiseres i figur 3, der for enkelheds skyld er opstillet under forudsætning af, at ethvert produkt kun kræver forarbejdning på eet anlæg i hver af afdelingerne III og IV.

Et talsæt $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, der angiver de producerede mængder pr. tidsenhed af produktarterne 1 til n , udgør en mulig løsning, dersom de tilsvarende krav på kapacitet af de forskellige kategorier i begge afdelinger kan opfyldes, d.v.s. dersom

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n t_{i,a} \cdot x_i &\leq T_a \\ \sum_{i=1}^n t_{i,b} \cdot x_i &\leq T_b \\ &- \\ &- \\ &- \\ \sum_{i=1}^n t_{i,s} \cdot x_i &\leq T_s \end{aligned}$$

Dersom der i afdelingerne er flere forskellige kapacitetskriterier at tage hensyn til, vil dette give sig udslag i flere tekniske koefficienter for hver produktart, hvorved problemet bliver vanskeligere at overskue.

Såfremt der på langt sigt er harmoni i anlægsdimensioneringen, vil man normalt være interesseret i fuld kapacitetsudnyttelse i begge afdelinger, og en mængde- og artsammensætning af produktionen, der muliggør en sådan fuld udnyttelse af alle kapacitetsarter, kan kaldes en opti-

mal løsning af denne isolerede koordineringsopgave. Der kan vel tænkes flere forskellige således definerede optimale løsninger; men mere sandsynligt vil det være, at det ikke er muligt at finde en produktionssammensætning, der udnytter samtlige kapacitetsarter fuldt ud. I så fald implicerer den optimale løsning åbenbart ledig kapacitet for en eller flere kapacitetsarter. I denne forbindelse skal vi blot fastslå, at det er en ganske kompliceret opgave at finde den optimale løsning, idet man åbenbart skal finde et talsæt af x 'er som tilfredsstiller flere af hinanden uafhængige lineære ligningssystemer.

Man vil i praksis oftest være tvunget til at slå sig til tåls med mindre end den optimale løsning, og man kan da gå frem på følgende måde.

Man opstiller først et program af produktmængder, der giver fuld kapacitetsudnyttelse af afdeling III, og undersøger dette programs kapacitetskrav til afdeling IV. Forudsat at disse krav ikke netop svarer til den til rådighed værende kapacitet, må man derpå ved manipulering med de produktmængder, der netop giver fuld udnyttelse af een kapacitetsart i afdeling III, søge at opnå en bedre kapacitetsudnyttelse i afdeling IV, idet kapaciteten i afdeling III stadig er fuldt udnyttet.

Ved denne manipulering har man behov for nogle forholdstal, der for hver produktart viser, hvor mange enheder af en kapacitetsart i afdeling IV som kræves for hver enhed af en kapacitetsart i afdeling III. Udtrykt med de i figur 3 anvendte symboler er der for produktart »1« tale om konstanten $t_{1,q} : t_{1,a}$, der, hvis vi regner t i minutter, udtrykker, hvor mange minutters kapacitet af arten »q« i afdeling IV som kræves til produktion af vare »1«, for hver gang der kræves 1 minut af kapacitetsarten »a« i afdeling III. Da disse konstanter udtrykker, hvilket forhold der bør være mellem kapaciteterne af de enkelte produktionsfaktorer ved produktion udelukkende af en bestemt produktart, for at der kan siges at være harmoni i produktionsapparatet, kan vi passende kalde dem for produktart »1«'s harmonikonstanter.

Harmonikonstanterne kan give vejledning om, på hvilken måde produktionssammensætningen skal ændres, for at det kan bevirke større kapacitetsudnyttelse. Vi kan betragte et eksempel bygget på oplysningerne i figur 3:

Vi antager, at vi har opstillet en produktionssammensætning, som giver fuld udnyttelse af alle kapaciteter i afdeling III, men at vi ved udregningen af kapacitetskravene til afdeling IV konstaterer, at produktionsprogrammet er uigennemførligt, fordi kapaciteten af arten »p« ikke er tilstrækkelig. Er produkt »2«'s harmonikonstant nu f. eks. 3, vil dette sige, at for hver 3 minutter vi ønsker at spare af kapacitetsarten »p«

ved formindskelse af produktionen af produkt »2«, opstår der en ledig kapacitet af arten »c« i afdeling III på 1 minut. Skal vi nedsætte vort kapacitetsbehov for arten »p« med 1 time, medfører dette en ledig kapacitet af arten »c« på 20 minutter. Kan denne ledige kapacitet udnyttes på anden måde?

Ja, kapacitetsarten »c« anvendes også ved produktion af produkt »n«, og er dette produkts harmonikonstant = 0,6, vil det sige, at de frisatte 20 minutters kapacitet »c« kan anvendes ved produktion af vare »n«, dersom vi i forvejen har en ledig kapacitet i afdeling IV af arten »s« på $0,6 \times 20 = 12$ minutter.

Senere i artiklen gives et praktisk eksempel på denne form for ræsonnement, der iøvrigt ganske svarer til ræsonnementerne bag simplexmetoden til løsning af lineære programmeringsproblemer.

I praksis vil det oftest på grund af et stort antal kapacitetsarter være muligt at sammensætte en produktion, så man opnår fuld udnyttelse af samtlige kapacitetsarter. I så fald forskydes problemet over i planlægning af hensigtsmæssige stødpudelagre mellem afdelingerne. Hvordan skal sådanne lagre sammensættes? og hvor store skal de være?

Uden at gå i detaljer med besvarelsen af disse spørgsmål kan vi antyde, at da hensigten med det planlagte stødpudelager mellem afdeling III og afdeling IV er, at det skal danne en arbejdsreserve, som kan skydes ind ved siden af den produktion, der løbende kommer fra afdeling III, når denne er utilstrækkelig til at udnytte kapaciteterne i afdeling IV, må lageret opbygges af produktarter, der netop kræver de kapacitetsarter i afdeling IV, som oftest er i overskud.

Problemet bliver imidlertid mere interessant, når der er en sådan tidsmæssig binding mellem produktionen i afdeling III og afdeling IV, at stødpudelageret ikke kan placeres mellem afdelingerne, men må anbringes før afdeling III. Det vil netop i praksis hyppigt være sådan, at den i afdeling III startede forarbejdning ikke kan standses, men nødvendigvis må fortsættes i afdeling IV.

Under disse betingelser må stødpudelageret sammensættes af produkter, hvis harmonikonstanter er særligt høje eller særligt lave. Det, man har behov for, er ved hjælp af stødpudelageret at kunne foretage en beskeden ændring i den ene afdelings produktion, samtidig med at dette får størst mulig virkning på kapacitetsudnyttelsen i den anden afdeling. Og denne virkning får man netop ved hjælp af produkter med meget stor eller meget lille harmonikonstant.

Dersom der er mulighed for substitution mellem forskellige kapacitetsarter overfor visse operationstyper, bør stødpudelageret yderligere

fortrinsvis bestå af produktarter, der kan udnytte disse substitutionsmuligheder mellem anlæggene.

Størrelsen af et stødpudelager må bestemmes ud fra en omkostningsovervejelse, hvor lageromkostningerne i videste forstand må opvejes af værdien af den forøgede kapacitetsudnyttelse, som lageret skaber mulighed for. Denne værdi kan være svær at beregne konkret, og i stedet vil man sikkert ofte med held kunne anvende f. eks. numerisk simulation til løsning af problemet.

3.2. Problem B.

Koordineringsproblemet mellem afdeling II og afdeling III er af en anden art end problem A, idet det knytter sig til den forsinkelse i et færdigprodukts gennemløbstid, som opstår ved at der i reglen vil være en stor tidsmæssig spredning i ankomsterne af de færdigforarbejdede produkt-del-serier, som er nødvendige for færdigproduktets montering.

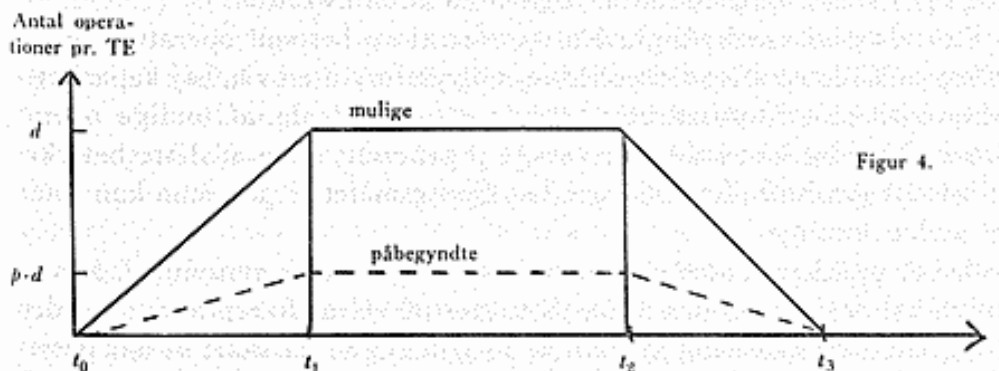
Medens afdeling II, der typisk vil være et maskinværksted, i sit interne planlægningsproblem har en opgave, der minder om problem A, idet den produktion, der går over en bestemt maskine i afdelingen, i reglen ikke uden videre kan fortsætte på de følgende maskiner uden dårlig kapacitetsudnyttelse af disse eller dannelsen af stødpudelagre mellem maskinerne, består problem B i tilrettelæggelse af rækkefølgen af operationer på de forskellige serier i afdeling II på en sådan måde, at produkt-del-serier til samme færdigprodukt bliver færdige på omtrent samme tidspunkt, hvorefter afdeling III kan påbegynde montering uden særlig forsinkelse. Vi vil her forudsætte, at formanden i afdeling II er i stand til at løse sit interne problem, og vi vil kun drøfte problem B.

Det er væsentligt at bemærke, at den egenskab ved produktdelene, som har betydning for koordineringsproblemet, samtidig er fuldstændig irrelevant for afdeling II. I afdeling II interesserer man sig for seriernes kapacitetskrav, vanskelige forarbejdnings, behov for gulvplads til arbejdsagre etc., men ikke for, at nogle produktdele »tilfældigvis« i afdeling III skal anvendes ved monteringen af samme færdigprodukt. Det ligger da lige for, at opstille den hypotese, at afdeling II i sin produktionstilrettelæggelse *ignorerer* denne samhörighed, eller sagt på en anden måde, at sandsynligheden for, at der vil blive foretaget en bestemt mulig operation på en bestemt produkt-del-serie i løbet af en tidsenhed, f. eks. en arbejdsdag, er uafhængig af, hvor mange operationer der allerede er foretaget 1) på den pågældende produkt-del selv, (hvor »færdig« produkt-delen er) 2) på de øvrige produktdele, der skal bruges

til samme færdigprodukt, (hvor hurtigt man vil kunne påbegynde monteringen i afdeling II).

I afdelingen vil der til enhver tid være et antal »mulige« operationer, d.v.s. operationer som kan påbegyndes på det pågældende tidspunkt. Man må gå ud fra, at der er een mulig operation for hver produktserie, der befinder sig i afdelingen. Dette vil være tilfældet, dersom forarbejdningen af enhver produkt del kun kan ske ved, at operationerne udføres i en given rækkefølge, som ikke kan fraviges. Er der derimod en vis valgfrihed i rækkefølgen af operationer, vil antallet af mulige operationer overstige antallet af produkt del-serier. Den opstillede hypotese er nu ensbetydende med, at hvis der er f. eks. 100 mulige operationer i afdelingen på et bestemt tidspunkt, og der kan udføres f. eks. 20 operationer i løbet af den næste tidsenhed, så er der 20 % sandsynlighed for, at en bestemt operation vil blive udført i løbet af denne tidsenhed.

Betragter vi konsekvenserne heraf for de produkt del-serier, som hører til et bestemt færdigprodukt, kan vi opstille figur 4.



Figur 4.

I figuren afsættes tiden ud ad den vandrette akse, idet t_0 er det tidspunkt, da den første produkt del-serie til det betragtede færdigprodukt ankommer til afdeling II. I tiden fra t_0 til t_1 ankommer der stadig flere produkt del-serier, og i t_1 er alle serierne (ialt »d«) ankommet til afdeling II. I perioden fra t_1 til t_2 er alle serier under forarbejdning af og til, og i t_2 bliver den første serie færdig fra afdelingen, hvorefter den afleveres til afdeling III. I tiden fra t_2 til t_3 bliver stadig flere serier færdige, og i t_3 er alle serier afleveret fra afdeling II. Under forudsætning af, at alle operationer for hver produkt del skal ske i given rækkefølge, udtrykker den fuldt optrukne kurve altså til enhver tid »t« både det antal produkt del-serier til det betragtede færdigprodukt, som findes i afdeling III i tidspunkt t og det mulige antal operationer, som kan være i gang eller påbegyndes i tidspunkt t .

Er »p« sandsynligheden for, at en bestemt operation bliver påbegyndt i den næste tidsenhed, er den stiplede kurve da udtryk for, hvor mange af serierne til det betragtede færdigprodukt der vil blive igangsat i den næste tidsenhed.

Det ses, at i den periode, hvor samtlige d produkt-del-serier er til stede i afdeling II, må man vente, at der bliver påbegyndt $p \cdot d$ operationer pr. tidsenhed, men at både før og efter denne periode er antallet af påbegyndte operationer lavere end $p \cdot d$. Er p relativt lille, kan det åbenbart være ganske længe, før den sidste operation på den sidste serie til et bestemt færdigprodukt bliver udført, og i denne sidste ventetid er alle de øvrige produktdele færdigforarbejdet.

Den her skitserede situation kan utvivlsomt konstateres at herske også under andre arbejdsmæssige forhold, der opfylder forudsætningen om, at hver enkelt arbejdsenhed udvælger det næste arbejde af den ventende arbejdsmængde uden hensyntagen til den samhörighed, der eventuelt måtte være mellem forskellige arbejder i en efterfølgende afdeling. Jfr. f. eks. ekspedition af sager i en administration.

Størrelsen af sandsynligheden »p« for at en bestemt operation bliver påbegyndt i løbet af en tidsenhed, er udtryk for, at en vis, høj kapacitetsudnyttelse som forudsætning kræver et vist udvalg af mulige operationer. Følgelig kan man ikke forøge p generelt, uden at dette bevirker et fald i kapacitetsudnyttelsesgraden. Spørgsmålet er, om man kan finde en anden løsning.

Ser vi problemet under et bestemt færdigprodukts synsvinkel, kan vi fastslå, at det er perioden fra t_2 til t_3 , der på en måde repræsenterer den manglende koordinering mellem de to afdelinger. Så snart vi har passeret t_3 , er der en eller flere færdigforarbejdede produkt-del-serier, der så at sige venter på færdiggørelsen af de øvrige produktdele til dette færdigprodukt.

Det er nu muligt at forkorte tidsrummet fra t_2 til t_3 ved en undtagelsesvis styring af produktionen i afdeling II, uden at kapacitetsudnyttelsen nedsættes ret meget. Populært sagt, skal man begynde at spørge efter de øvrige dele til et færdigprodukt, når den første del er ankommet til afdeling III, d.v.s. kort efter tidspunkt t_2 , og derved fremskynde de sidste operationer. Da dette svarer til, at afdeling II kan arbejde uforstyrret med langt de fleste operationer og kun for nogle få seriers vedkommende skal fremskynde enkelte operationer, bliver kapacitetsudnyttelsen kun lidt påvirket, hvorimod gennemløbstiden for færdigprodukterne nedsættes mærkbart. Vi skal ikke i denne forbindelse komme ind på, hvordan undtagelsesvis styring kan gennemføres i praksis. Derimod

gives der i artiklens anden del et eksempel på, hvad der kan opnås herved.

3.3. *Problem C.*

Koordineringsproblemet mellem afdeling I og afdeling II, hvor begge afdelinger forudsættes at foretage maskinmæssig bearbejdning af produkt-del-serierne, opstår derved, at der for afdeling I ikke er noget incitament til at levere produkt-del-serierne til afdeling II på de tidspunkter, der er fordelagtigst for afdeling II i betragtning af de operationer, der skal foretages i afdeling II, og de tidspunkter, hvor delene skal afgives til afdeling III.

Det er således for afdeling II meget uheldigt, dersom serier, der kun kræver få og kortvarige operationer i afdelingen, modtages i meget god tid, medens serier, der skal gennemgå mange langvarige operationer modtages relativt sent. Det første medfører, at afdeling II's gulvplads fyldes op af produkt-del-serier, som ikke udgør nogen arbejdsreserve og følgelig ikke hjælper til bedre kapacitetsudnyttelse, medens det sidste medfører dårligere kapacitetsudnyttelse, fordi den relativt korte tid, der er til rådighed til de mange operationer, bevirker utidige omstillinger af maskinerne. Uden koordinering af samspillet mellem afdeling I og afdeling II er det klart, at leveringstakten fra afdeling I ofte vil tvinge afdeling II til at arbejde under sådanne ufordelagtige betingelser.

Afdeling I er imidlertid kun den tilsyneladende ansvarlige for disse forstyrrelser i afdeling II. Den egentlige årsag er at finde i den måde, hvorpå produktionen sættes i gang udefra (fra driftskontor el. lign.). Dersom de enkelte produkt-del-serier til et bestemt færdigprodukt ikke under de herskende arbejds- og kapacitetsforhold kræver lige lang tid til forarbejdning, er det naturligvis uhensigtsmæssigt at give afdeling I ordre til påbegyndelse af produktionen af alle serierne på samme tidspunkt.

Der kan være mange årsager til, at produkt-del-serierne kræver ulige lang gennemløbstid i afdeling I og afdeling II under et. Dels naturligvis den banale, at de ikke kræver lige mange operationer, eller at nogle operationer er mere arbejdskrævende end andre. Men dels også det forhold, at det med tiden varierende krav på forarbejdningstid på de forskellige maskiner gør maskintiden mere eller mindre værdifuld, hvorfor omkostningerne ved omstilling af maskinerne = værdien af den tabte arbejdstid, varierer med tidspunktet. Dette medfører igen, at det arbejds-lager, der må være ved enhver maskine, for at omkostningerne kan mini-

meres gennem tiden, må variere i størrelse med presset på kapaciteten. Under stærkt arbejdspress er produkternes optimale gennemløbstid større end under svagt arbejdspress, netop på grund af svingningerne i arbejds-lagrenes optimale størrelse.

Omend det kan være meget bekvemt på en gang at give ordre til påbegyndelse af produktionen af samtlige dele til eet færdigprodukt og senere give ordre til produktion af samtlige dele til et andet færdigprodukt o.s.v., kan man undgå mange vanskeligheder i afdeling II ved at tage hensyn til den tid, de enkelte produkt-del-serier nødvendigvis skal tilbringe i afdeling II, når man starter produktionen i afdeling I. De serier af dele, som skal påbegyndes på en given dato, er således ikke karakteriseret ved at høre til samme færdigprodukt, men derimod ved, at det for hver af dem gælder, at det antal dage, som serien nødvendigvis skal tilbringe i afdeling I og II, trukket fra det tidspunkt, hvor den skal ankomme til afdeling III til montering, netop giver den betragtede dato. Koordineringen kræver altså »baglæns planlægning« af produktionen.

På trods af, at den nødvendige forarbejdningstid som ovenfor omtalt varierer i tiden med presset på kapaciteten, vil en hensyntagen ved hjælp af gennemsnitlige forarbejdningstider løse størstedelen af problemet på en simpel måde.

Det kan naturligvis tænkes, at visse dele til et bestemt færdigprodukt kan være præget af fælles egenskaber, som gør en sådan produktionsmæssig opløsning af delenes samhørighed i afdeling I og II uheldig. I så fald bør man imidlertid studere denne samhørighed og udnytte den bevidst snarere end blive stående ved den »tilfældige« forbindelse til samme færdigprodukt. Et praktisk eksempel herpå gives senere.

3.4. Problem D.

Koordineringsproblemet mellem materialelageret og afdeling I repræsenterer det ønskelige i på en gang at sikre afdeling I de nødvendige materialer og udnytte råmaterialerne bedst muligt. Dette vil i mange tilfælde ikke volde besvær, men blot være et spørgsmål om tilstrækkelige specifikationer af behov og lagerbeholdninger.

Er der imidlertid tale om, at afdeling I ud af en given mængde kan fremstille forskellige dele, opstår der et problem derved, at på den ene side lader en given materialekvalitet sig bedst udnytte, dersom man fremstiller en bestemt kombination af dele deraf, medens på den anden side afdeling I for øjeblikket af hensyn til den løbende pro-

duktion er interesseret i at fremstille en anden kombination af dele. Koordineringsproblemet består altså deri, at afdeling I skal forsynes med netop den materialekvalitet, som er bedst egnet for det øjeblikkelige behov.

Dette rejser krav på to punkter: Dels skal man vide, hvad der faktisk er den for enhver produkt-del-kombination bedst egnede materialekvalitet, og dels skal man kunne beordre denne kvalitet leveret af materialelageret i så god tid, at leverancen kan gennemføres.

Det første krav medfører behov for en teknisk-økonomisk udforskning af materialekvalitet-problemet. Denne udforskning støder undertiden på store vanskeligheder, men skal ikke drøftes i denne forbindelse.

Det andet krav konsekvenser vil være helt afhængige af virksomhedens specielle forhold. Vi skal derfor undlade en generel diskussion, men give et eksempel fra praksis.

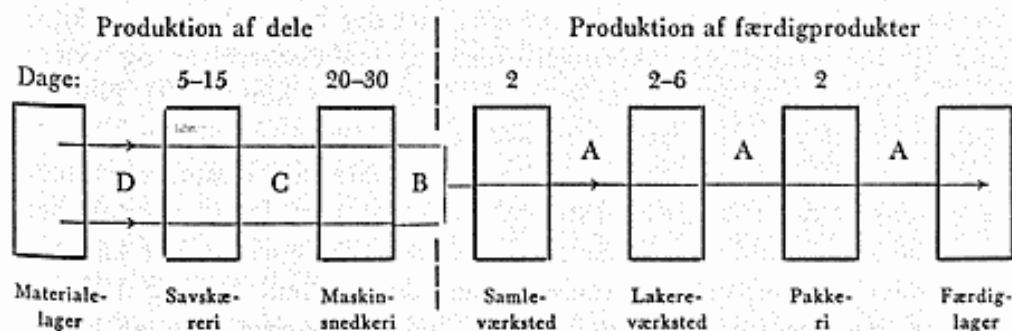
B. Eksempler fra praksis.

4. Virksomheden.

De følgende praktiske eksempler på koordineringsproblemer er alle hentet i en enkelt virksomhed, en møbelfabrik i USA.

Produktionsgangen i virksomheden kan afbildes som vist i figur 5.

Figur 5.



Der fremstilles ca. 100 møbelmodeller, idet det er virksomhedens politik at udbyde et bredt udvalg, der dækker alle normalt forekommende møbeltyper i opholdsstuer, spisestuer og soveværelser. Møblerne fremstilles i serier på fra 50 til 2000 stk.

Som følge af manglende koordinering er der store ikke-planlagte stødpudelagre mellem afdelingerne. Dette giver sig også udslag i gennemløbstiderne, som er angivet i figur 5. De lave tal svarer til gennemløbs-

tiden for hasteordrer, de høje tal angiver gennemløbstiden for typiske ordrer. Hasteordrer kan altså produceres på ca. 32 dage d.v.s. 5 uger, medens den normale gennemløbstid er ca. 56 dage = 9 uger.

5. Valg af mål for koordineringsgrad.

Da det var virksomhedens meget lave tilpasningshastighed overfor ændringer i afsætningen tillige med ønsket om større produktion, der var årsag til etableringen af en koordinering, var det naturligt at vælge gennemløbstiden som mål for koordineringsgraden. Nærmere defineret valgte man modalværdien af gennemløbstiderne for de i en vis periode færdiggjorte serier af færdigprodukter, altså den hyppigst forekommende gennemløbstid. Denne var i udgangssituationen de tidligere anførte ca. 56 dage.

6.1. Et eksempel af problemtype A.

I møbelfabrikken er det for samleværkstedet afgørende, at de forskellige samlepresser med tilhørende udstyr er fuldt udnyttede. Dette svarer stort set til, at produktionen skal have en i tiden konstant sammensætning af møbler af forskellige størrelsesgrupper, idet presserne er beregnet på ganske bestemte størrelsesintervaller især i længderetningen. Arten af møblet spiller dog også en vis rolle.

I lakereværkstedet er det derimod afgørende, hvilken type lakering der kræves, hvor lang tørretiden er etc., idet der her er begrænset kapacitet til de forskellige lakeringsformer og møbelstørrelser og -vægte (tunge møbler skal på vogne, lette kan flyttes ved håndkraft). Normalt skal en del af en serie have en lakering, og resten en anden.

Vi betragter som eksempel en enkelt kapacitetsart i samleværkstedet og en enkelt art i lakereværkstedet. Antag at vort første produktionsprogram sikrer fuld udnyttelse af en bestemt samlepresse, der kan tage kommoder, skriveborde og reoler i længder mellem 100 og 125 cm., men at det samlede program bevirker ledig kapacitet i en af lakereværkstedets sprøjteboder.

Den harmonikonstant, vi skal anvende i dette tilfælde, er lakere-minutter pr. samleminut, idet vort problem er at ændre produktions-sammensætningen sådan, at vi med uændret samletid får større kapacitetsudnyttelse af sprøjteboden. Vi søger altså produkter med en høj værdi af denne harmonikonstant; man kunne kalde sådanne produkter for lakeringsintensive. Det vil vise sig, at reoler er mere lakeringsintensive end skriveborde, der atter er mere lakeringsintensive end kommoder.

Måske kan vi forøge lakeringsværkstedets kapacitetsudnyttelse ved i stedet for reoler at montere kommoder; men det er også muligt, at der må flere ændringer til, før det ønskede resultat er opnået.

Med hensyn til sammensætningen af et eventuelt planlagt stødpudlager, der af produktionstekniske grunde skal placeres før samleværkstedet, skønt det opbygges af hensyn til samspillet mellem samleværksted og lakereværksted, kan man sige, at dersom produktionen i en periode er overvejende lakeringsintensiv, hvilket vil give ledig kapacitet i lakereværkstedet under fuld udnyttelse af samleværkstedet, må der opbygges et stødpudlager af lakeringsintensive produkter. Og da produktionen med tiden vil være skiftevis lakeringsintensiv og lakeringsintensiv, kan det til enhver tid ønskede stødpudlager oftest dannes derved, at man undlader at samle alle serier helt i første omgang, men trækker en del af dem over som udjævnende faktor i den følgende periode.

I dette konkrete tilfælde, nedbragte man gennemløbstiden i lakereværkstedet fra figurens 2-6 dage til 1 dag alene ved på forhånd at sikre, at samleværkstedets produktion i sit krav på lakerekapacitet var balanceret på samme måde som lakereværkstedets faktiske kapacitet. Man fik ikke brug for noget stødpudlager.

6.2. Et eksempel af problemtype B.

Hypotesen om, at sandsynligheden for at en bestemt produkt-del-serie vil blive underkastet forarbejdning i løbet af en tidsenhed, er uafhængig af, hvor mange operationer der allerede er foretaget på samme serie og på de øvrige produkt-del-serier til samme færdigprodukt, blev efterprøvet på et historisk materiale i møbelfabriken. Undersøgelsens resultat var en bekræftelse af antagelsen, og det viste sig, at sandsynligheden p var af størrelsen 0,25.

Af den samlede gennemløbstid i maskinsnedkeriet på 20-30 dage, udgjorde tiden fra færdiggørelsen af den første del-serie til et færdigprodukt til afleveringen af den sidste produkt-del-serie 5-10 dage. Den undtagelsesvise styring medførte en nedsættelse af dette tidsrum til 2-4 dage, hvorved den typiske gennemløbstid faldt næsten en uge, og stødpudlageret mellem maskinsnedkeriet og samleværkstedet formindskedes tilsvarende.

Virkningerne på kapacitetsudnyttelsen i maskinsnedkeriet var ubetydelige, idet de operationer, som ønskedes fremskyndet, normalt ud-

gjorde 5–8 % af de til enhver tid ca. 200 mulige operationer. For samtlige øvrige 92–95 % kunne afdelingen som hidtil tilrettelægge rækkefølgen udelukkende ud fra interne hensyn.

6.3. Et eksempel af problemtype C.

I møbelfabriken forekom det meget hyppigt, at savskæreriets leveringsrækkefølge for produktdel-serierne til maskinsnedkeriet var helt uhensigtsmæssig for maskinsnedkeriet. Problemet forværredes derved, at de produktdele, der krævede kortest forarbejdning i maskinsnedkeriet, også krævede kortest tid i savskæreriet, og noget tilsvarende var gældende for produkter med lang forarbejdningstid.

I savskæreriet kunne man meget let fremstille de typer af dele, som ikke krævede særligt udvalgt træ, d.v.s. skjulte dele i møblerne såsom skuffeglidere, stivere og bagsider, og netop disse dele krævede kun 3–5 simple operationer i maskinsnedkeriet. Omvendt var man i savskæreriet længe om at producere synlige dele såsom paneler, bordplader, stoleben og stolesæder, som netop krævede langvarige forarbejdnings på komplicerede maskiner i maskinsnedkeriet. Forholdet var så grelt, at adskillige dele til et møbel kunne være fremme i samleværkstedet, før de sidste dele havde forladt savskæreriet og altså manglede al forarbejdning i maskinsnedkeriet. Følgen var naturligvis ophobning af ventende produktdel-serier i maskinsnedkeri og samleværksted.

En løsning af problemet efter de tidligere omtalte retningslinier, hvorefter, groft taget, simple dele nu først blev påbegyndt, når komplicerede dele til samme færdigprodukt var næsten færdigforarbejdet i maskinsnedkeriet, bevirkede, at tiden fra t_0 til t_1 i figur 4 nu var tilstrækkelig til også at dække savskæreriets behov for forarbejdningstid, eller sagt på en anden måde, at de ialt 25–45 dage på figur 4 blev reduceret med yderligere 7–10 dage, idet arbejdslagrene i maskinsnedkeriet samtidig fik en sammensætning, så de rummede større arbejdsmuligheder.

Møbelfabrikken frembyder også et godt eksempel på, hvilke praktiske resultater, der kan opnås ved studier af fællestræk ved forskellige produktdele.

Oprindeligt havde man heftet sig ved, at en række dele hørte til samme færdigprodukt, og derfor var man imod den lige omtalte løsning på koordineringsproblemet. En nærmere undersøgelse viste, at tilhørsforholdet til samme færdigprodukt faktisk ofte gav produktdelene et produktionsmæssigt vigtigt fællestræk. Det færdige møbels højde, bredde og dybde gik nemlig igen som længder på de forskellige dele. Da man

tilmed ofte skulle bruge både skjulte og synlige dele af samme længde til et bestemt møbel, opnåede man at kunne bruge den del af træet, som ikke kunne anvendes til en synlig del, til en skjult del uden spild ved afkortning. Her var der altså en klar binding af produktdele via tilhørsforholdet til samme færdigprodukt.

Det kunne imidlertid påvises, at fællestrækket »en bestemt længde« ikke kun forekom hos delene til et bestemt færdigprodukt, men at også andre møbler krævede dele af denne bestemte længde. Man oprettede herefter et kartotek over samtlige forekommende dele til samtlige modeller opdelt efter længde og kvalitet. På dette grundlag var man i stand til ikke alene at forlade færdigproduktet som det, der etablerede et fællestræk mellem forskellige produktdele, men i stedet erstatte det med et detaljeret kendskab til dette fællestræks forekomst uanset færdigprodukttype.

6.4. Et eksempel af problemtype D.

Det følgende eksempel på koordineringsproblemer, der kan opstå mellem materialelager og efterfølgende afdeling, er ret specielt for møbelfabrikken, men gengives her, fordi den valgte fremgangsmåde er ganske illustrerende for, hvordan personligt betonedede hensyn, kan komme til at spille en afgørende rolle ved løsningen af praktiske koordineringsproblemer.

I møbelfabrikken består materialelageret i virkeligheden af en udenørs tømmerplads, nogle tørreovne, hvor træet udtørres før opskæringen, og et tørrelager, hvorfra vogne med træ køres ind i savskæreriet på skinner. Vanskelighederne opstår omkring denne transportform, der bevirker, at det er forbundet med meget ekstra arbejde at ændre på rækkefølgen af de vogne, der een gang er kørt ind på skinnerne. Det er klart, at passer den rækkefølge og de mængder af forskellige trækvaliteter, som således er opmarcheret før savskæreriet, ikke med de krav, som udspringer af de givne produktionsordrer, må man enten skære uhensigtsmæssige kvaliteter op, hvilket medfører træspild, hvad entet kvaliteten er for høj eller for lav, eller rangere om på vognene, hvilket kræver forhandling med formanden for materialelageret og ekstra arbejde.

Til illustration af problemets størrelse kan det nævnes, at uanset hvilke personer der i tidens løb havde beklædt posterne som formænd på tømmerpladsen og i savskæreriet, havde disse to personer i deres egenskab af formænd været på kant med hinanden, så langt tilbage, som nogen kunne huske.

Der er selvfølgelig en lang række alternative løsninger til problemet, blandt hvilke den billigste er at undlade at køre flere vogne ind på sporet, end det til enhver tid er nødvendigt. Suppleres der med en mere specificeret sortering på kvalitet og en bedre opmåling af hver vogns mængde allerede før tørreovnene, får man et bedre resultat. Andre løsninger ligger i, at man giver savskæreriets længere frist til levering af bestemte dele, hvorved afdelingen sættes i stand til at udjævne den uhensigtsmæssige tilførsels virkninger, eller i at lade savskæreriets skære andre dele end de ordrede, for så vidt dette kan forbedre udnyttelsesgraden af det tilførte træ.

På grund af materialelager-formandens stridbare personlighed, men samtidige store faglige dygtighed, foretrak man denne sidste løsning, hvor savskæreriets fik frihed til at også at arbejde på produktdele, som egentlig først skulle leveres noget senere. Løsningen blev gennemført ved, at man gik over til at forsyne formanden i savskæreriets med viden om træbehovet for den forventede produktion i de næste to uger, delvis ved hjælp af det tidligere omtalte kartotek over deles længde og kvalitet.

Man kan altså sige, at man undlod at koordinere arbejdet i de to afdelinger, men i stedet satte savskæreriets i stand til at afbøde virkningerne af den manglende koordinering.

7. Afsluttende bemærkninger.

Den foregående gennemgang af nogle koordineringsproblemer i produktionstilrettelæggelsen skulle gerne have illustreret, med hvor simple indgreb, man kan forbedre situationen, så snart man er klar over problemets natur. Det vil tilmed ofte være disse første, enkle skridt, der fører til, at man realiserer den største del af de resultater, som kunne opnås ved mere komplicerede løsningsmetoder. Det kan således nævnes, at de forholdsregler, som er omtalt for møbelfabrikens vedkommende, nedsatte gennemløbstiden for produkterne fra de oprindelige 9 uger til små 4 uger med en daglig arbejdsindsats på ca. 1 time på driftslederplan. En række senere foranstaltninger af mere kompliceret natur krævede en heltids medarbejder og nøje tilsyn for at realisere en yderligere nedsættelse af gennemløbstiden med et par dage.