



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R51:1972**

**Integrerad styrning och  
transport mellan element-  
fabrik och byggplats**

**Lars Johnson & Kaj Ringsberg**

**Byggforskningen**



# Integrerad styrning och transport mellan elementfabrik och byggplats

Lars Johnson & Kaj Ringsberg

Den framtida byggnadsproduktionen kommer att präglas av en allt högre förtillverkningsgrad – byggplatsen blir en monteringsplats. Därigenom kommer fenomenen kring det komplicerade materialflödet att spela en väsentlig ekonomisk roll.

Målet för denna forskningsuppgift har varit att utifrån ett logistiskt synsätt studera och analysera kopplingen mellan byggelementfabrik och byggplats. Strävan är att med "totalangreppsmetodik" kunna åstadkomma integrerad styrning och fysisk förflyttning av materialflödet.

Utifrån svenska elementbyggnadsmetoder för flerfamiljshus har kostnadssammansättningar enligt nio hypotetiska kombinationer av transportsystem studerats. Resultatet påvisar bl.a. hur väsentligt det är med övergripande systemundersökningar innan t.ex. val av transportsystem sker.

## Behovet av logistik

Utvecklingen har gjort det nödvändigt och möjligt att med en logistisk syn genomgripande förändra organisation och arbetsfördelning i vissa företag. Skälen är bl.a. att:

1. Det blir svårare att klara fysisk försörjning, hantering och distribution:
  - hos växande företag
  - över sektorsgränserna vid sektorisering av företaget
  - då företagets enheter är geografiskt spridda.
2. Den väsentliga kostnadsdelen förskjuts efter hand från tillverknings- till transport/hanteringsledet.
3. Strukturrationalisering och specialisering innebär att antalet inköpskällor och för tillverkare antalet underleverantörer ökar.
4. Ökande satsning på export ger nya marknader med de nya problem längre transportavstånd innebär.
5. Kapitalbrist och höga räntekostnader tenderar att skärpas eller åtminstone bestå.

## Vad är logistik?

Logistik är en form av "totalangreppsmetodik". Man vill åstadkomma en "integrerad styrning och fysisk förflyttning av råmaterial, halvfabrikat eller färdiga produkter från leverantör via förråd, förädling och lager till kund". I ett företag finns det otaliga exempel på att råmaterial eller färdiga produkter

skall finnas tillgängliga. Materialet måste finnas på rätt plats och i rätt mängd och ordning. Det skall också finnas där i rätt tid, inte för sent men inte heller för tidigt.

## Elementfabriken i materialflödet

Till byggplatsen levereras råmaterial, halvfabrikat och färdiga produkter, vilka efter bearbetning eller sammansättning inplaceras i byggnaden.

Ju fler materialflöden som löper samman i tillverkningsoperationer inom byggplatsen desto lägre är byggmetodens förtillverkningsgrad.

Förtillverkningsgraden ökar om materialflödet går till en elementfabrik som övertar tillverkningsoperationer. Samtidigt uppkommer nya typer av materialflöden – mellan elementfabrik och byggplats. Kopplingen mellan fabrik och byggplats spelar då en central roll.

Målet för denna forskningsuppgift har varit att utifrån ett logistiskt synsätt studera och analysera kopplingen mellan byggelementfabrik och byggplats och påvisa möjligheter till förbättringar i detta led.

Kopplingen kan uppdelas i:

- lagring av element vid fabrik
- lastning av element på fordon
- förflyttning fabrik–byggplats
- lossning och montering av element på byggplats.

De svenska metoder med vilka man i dag (1971) elementbygger flerfamiljshus ansluter sig till någon av principerna:

- bjälklageelementmetod
- skivelementmetod
- skivelement/volymelementmetod.

Skivelementmetoderna är vanligast. Däremot finns ingen renodlad volymelementmetod. Högsta förtillverkningsgraden har skivelement/volymelementmetoderna och den lägsta har bjälklageelementmetoderna.

## Val av betongelementmetoder för studien

Byggmetoder med principiellt olika förtillverkningsgrad har valts för att studera hur detta inverkar på logistiksystemet. Då dessutom förtillverkningsgraden förväntas öka i framtiden finns byggmetoder med högsta möjliga förtillverkningsgrad med i urvalet. En byggmetod har tagits med från vardera av de tre metodkategorierna.

Volymelementmetoden har metodstuderats men inte tidstuderats eftersom

# Byggnadsforskningen Sammanfattningar

R51:1972

Nyckelord:

transporter, betongelementfabrik – byggplats, logistik, betongelementmetoder, transportsystem.

Rapport R51:1972 avser anslag E 513 från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för transportteknik, CTH. Rapporten ingår i BFRs program för transportforskning som sammanhålls av BFRs transportnämnd.

UDK 164:69

69.057.1

69.002.71

SfB A

ISBN 91-540-2086-7

Sammanfattning av:

Johnson, L & Ringsberg, K, 1972, *Integrerad styrning och transport mellan elementfabrik och byggplats*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R51:1972, 202 s., ill. 31 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, 111 84 Stockholm  
Telefon 08-24 28 60

Grupp: produktion

den inte tillämpas i Sverige. Den kritiska aktiviteten för kopplingen mellan fabrik och byggplats är elementmonteringen ty den påverkar direkt tidpunkten för senare skeden i byggprocessen.

### Resultat av monteringsstudier

Som framgår av tabellen nedan utgjorde andelen elementmontering, dvs. den tid monteringskranen användes för sitt ändamål, för skivelementmetoden 47,3 % av totaltiden medan den för skiv/volym-elementmetoden utgjorde 57,1 %.

TABELL. Procentuell fördelning av total elementmonteringstid på delmoment och störningar.

Moment/störning	Skivelementmetod	Skiv/volymelementmetod
Elementmontering (metodtid)	47,3	57,1
Framtvingade okbyten och kranförflyttningar	3,0	5,7
Reparation o. iordn.ställ. av kran morgon och kväll	6,2	8,1
Väntan på element fr. fabrik	2,2	3,6
Ej gjorda förarbeten	8,3	1,1
Lyft av brukskärror, skydds-räcken etc.	19,1	5,4
Raster kl. 11 & 15	11,5	11,8
Gångtid vid raster 11 & 15	2,4	1,5
Driftavbrott	—	5,7
	100	100

De båda byggmetoderna har störningar av i stort sett samma storlek och förekomst. Metodtillskottstiden svarar för 10 % (skivelement) respektive 20 % (skiv/volymelement) av drifttiden.

Siffrorna skall inte användas för att jämföra de båda byggmetodernas produktivitet utan visar möjligheter att förbättra genom att minska störningar. Dessutom torde det finnas utrymme att minska den absoluta metodtiden genom metodrationisering.

### Exempel på studier av transporter

De två studerade byggmetoderna arbetar med fordonskombinationen dragbil och semitrailer. Semitrailern fränkopplas vid elementfabrik och byggplats utom då man transporterar volymelement (skiv/volymelementmetoden). Eki-

paget måste då vara hopkopplat på byggplatsen för monterings skull. Det är dock billigast att fränkoppla semitrailern eftersom dragbilen kostar 4–5 gånger mer än en sådan. Man minimerar således avskrivningen per ton eller tonkm genom att låta dragbilen arbeta så effektivt som möjligt.

I FIG. 1 visas för de två byggmetoderna hur dragbilarnas totala arbetstid fördelas på

- elementfabriker
- byggplatser
- förflyttning mellan fabrik och byggplats
- förflyttning mellan olika fabriker och byggplats
- förflyttning mellan fabriker (skivelementmetod).

Ca 45 % av totaltiden befinner sig dragbilarna på elementfabriken, byggplatstiden utgör 20 %. Den totala terminaltiden utgör således 65 % av total arbetstid.

### Nya transportsystem mellan fabrik och byggplats

Med transportsystem menas här:

- fysiska komponenter i form av utrustning, personal och anläggningar
- organisation och styrning av de fysiska komponenterna i systemet.

När man konstruerar nya transportsystem eller förbättrar gamla är första steget att formulera de kvantitativa och kvalitativa funktionskrav systemet skall fylla.

Kvantitativa funktioner måste systemet oundgängligen fylla. Systemet fungerar inte utan exempelvis utlastning av element till lagringsplats och lossning av fordon på byggplats.

Kvalitativa funktioner är önskvärda men inte oundgängliga. Av denna typ är:

- möjlighet att snabbt öka systemets kapacitet
- möjlighet att använda utrustning i systemet på olika sätt.

Kostnader har beräknats för transporter av enhetslastade betongelement där bl.a. rörliga interna hanteringsredskap och lastbilsburna hanteringsutrustningar kan användas för interna och externa transporter av betongelement. En jämförande studie av nio alternativa system att transportera element mellan fabrik och byggplats utfördes med utgångspunkt från en fabrik för produktion av skivelement i göteborgsregionen.

Systemkostnaderna redovisades i diagram för vart och ett av de nio alternativen. Systemkostnadens sammansättning visas i FIG. 2. Kostnaderna inkluderar,

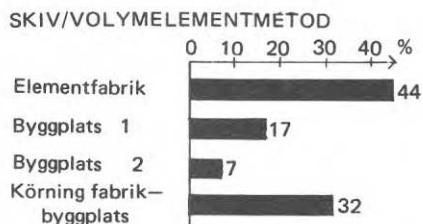
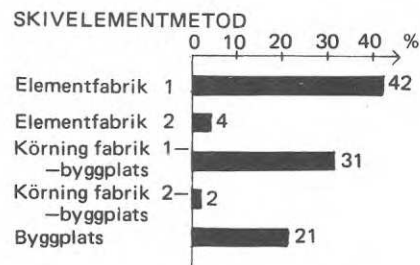


FIG. 1. Fördelning av dragbilarnas arbetstid i % för de två studerade byggmetoderna.

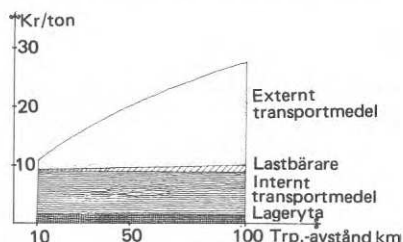


FIG. 2. Systemkostnad för skyttelflak och traverskran.

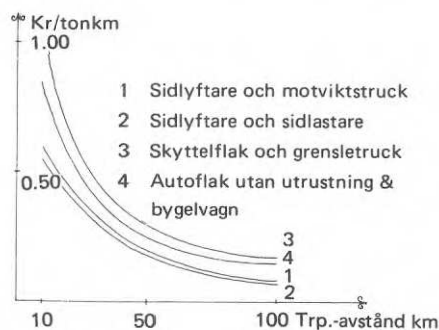


FIG. 3. Tonkilometerkostnadens variation med transportavståndet. Jämförelse mellan fyra olika transportsystem.

som framgår, såväl kostnaden för extern och intern transportutrustning som kostnader för lastbärare och lageryta vid elementfabrik.

I FIG. 3 jämförs några alternativ. Samtidigt belyses hur tonkilometerkostnaden varierar med transportavståndet. Ett system med mycket kostnadskrävande komponenter kan i och för sig vara konkurrenskraftigt genom bl.a. litet krav på lageryta. Detta motiverar ytterligare vikten av att övergripande analysera ett helt transportsystem eller delar därav innan man kan dra korrekta slutsatser hur kostnadsfaktorerna samverkar.

# Integrated control and transport between prefabrication plant and building site

Lars Johnson & Kaj Ringsberg

*Future building production will be featuring an increasing degree of prefabrication and the building site will become merely a place at which prefabricated components are assembled. This means that phenomena connected with the complicated flow of materials will play an important part in the economics of building.*

*The goal in conducting this particular piece of research was to study and analyse the link between the plant producing prefabricated units and the building site from the angle of logistics. The ultimate aim here is to achieve integrated control over the flow of materials and its physical displacement using a method involving "total approach".*

*Swedish industrialized building systems for multi-family housing and costs entailed by nine hypothetical combinations of haulage systems were studied.*

*The results demonstrate, for instance, how important it is to conduct comprehensive studies of systems before deciding upon the method of haulage to be used.*

## Need for logistics

Modern developments have made it essential and, incidentally, possible to use logistics in undertaking thorough changes in organization and work distribution in certain companies. Some of the reasons responsible for this are:

1. Supplies, handling and distribution are becoming more difficult to manage:
  - in growing concerns
  - across sector boundaries in the event of company sectorization
  - when a firm's premises are scattered in different places.
2. The lion's share of the cost is being gradually transferred from the manufacturing phase to the haulage/handling phase.
3. Structural rationalization and specialization cause the number of sources of purchase to increase and also the number of sub-suppliers for the manufacturers.
4. A growing effort in the field of exports is opening up new markets accompanied by the new problems which longer hauls involve.
5. Lack of capital and high interest rates are tending to become even more troublesome, or at least to remain a problem.

## What are logistics?

Logistics involve a sort of "total approach" method. The aim is to achieve "integrated control and physical displacement of raw materials, semi-manufactured

ered goods or manufactured products emanating from suppliers via storage, processing and stockpiles to clients". A single company contains innumerable examples of cases where raw materials or finished products must be available. A material must be at the right place, in the right quantities and order and at the right time, neither too early nor too late.

## The precasting work's place in the flow of materials

Raw materials, semi-manufactured goods and finished products are delivered to the building site. These are then inserted in the appropriate building after processing or assembly.

The greater the number of flows of materials converging in manufacturing operations on the building site, the lower will be the degree of prefabrication of the building system.

The degree of prefabrication increases if the flow of materials is destined for a plant which takes over manufacturing operations. At the same time, new types of materials flows occur between the plant producing prefabricated components and the building site. Thus the link between these two points is of vital importance.

The goal in conducting this particular piece of research was to study and analyse the link between the plant producing prefabricated units and the building site from the point of view of logistics and to indicate where improvements might be made. This link can be subdivided as follows:

- storage of units at the plant
- loading of units on to vehicles
- haulage from the plant to the building site
- unloading and erection of units on the building site.

The Swedish methods of industrialized building in use today (1971) for the production of multi-family housing are all based on one of the following principles:

- floor slab unit system
- panel unit system
- panel unit/room unit system

Panel unit systems are the most common. On the other hand, there is no system based entirely on prefabricated room units. The combined panel unit/room unit systems incorporate the highest degree of prefabrication, while the floor slab unit systems have the lowest.

## Choice of concrete unit systems for the study

Building systems with fundamentally differing degrees of prefabrication were chosen in order to study the effect this has on the logistics system. The sample

# National Swedish Building Research Summaries

R51:1972

Key words:

*transport, concrete prefabrication plant — building site, logistics, unit building methods, transport systems*

Report R51:1972 was supported by Grant E 513 from the Swedish Council for Building Research to the Department of Transportation and Logistics, Chalmers University of Technology. The report is part of the Swedish Building Research Council's Transport Committee.

UDC 164:69  
69.057.1  
69.002.71  
SfB A  
ISBN 91-540-2086-7

Summary of:

Johnson, L & Ringsberg, K, 1972, *Integrerad styrning och transport mellan elementfabrik och byggplats*. Integrated control and transport between prefabrication plant and building site. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R51:1972, 202 p., ill. 31 Sw. Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, S-111 84 Stockholm  
Sweden



includes building systems with the highest possible degree of prefabrication. One system from each of the three categories of system was included in the sample.

The room unit system was studied from the point of view of method, but not from the point of view of time, since this system is not in use in Sweden. The most critical operation from the point of view of the link between prefabrication plant and site is the erection of units since this directly affects dates for further stages in the building process.

### Results of studies of erection operations

As can be seen from the table below, time consumed in erection of components entailed by the panel unit system, represented 47,3 % of the total construction time, while the corresponding figure for the combined panel/room unit system was 57.1 %.

TABLE: Distribution of total erection time between actual work and holdups in terms of per cent.

Work/holdup	Panel unit system	Panel/room unit system
Erection system time	47.3	57.1
Compulsory changes of hoists and crane positions	3.0	5.7
Repairs and maintenance of crane morning and evening	6.2	8.1
Waiting for delivery of units from works	2.2	3.6
Preparatory works not completed	8.3	1.1
Hoisting of mortar, containers, barriers etc.	19.1	5.4
Breaks, 11 a.m. & 3 p.m.	11.5	11.8
Walking time at breaks	2.4	1.5
Stoppages	—	5.7
	100	100

Both systems entailed operational holdups of more or less the same length and frequency. The calculated time allowance represents 10 % of the total operational time for the panel unit system and 20 % for the combined panel/room unit system.

The above figures should not be used for comparing the productivity of the two systems, but should indicate the scope available for improvement by reducing holdups. Furthermore, there should be scope for reducing the absolute calculated time by rationalization of the system.

### Examples of haulage studies

The two building systems studied use a

combination of tractor and semitrailer for haulage. The semitrailer is detached at the precasting works and at the building site except in cases involving haulage of room units (panel/room unit system). In the latter case, the vehicles must remain linked up at the building site during erection of the units. It is, however, cheaper to detach the semitrailer since a tractor costs 4–5 times as much. The write-off per tonne or per tonne kilometre is thus minimized by allowing the tractor to be in active use as much as possible.

FIG. 1 shows how the total operational time for tractors is divided with the two building systems between:

- precasting works
- building sites
- haulage from works to building site
- haulage between different plants and building site
- haulage between different plants (panel/room unit system).

Tractors spend about 45 % of the total time at the precasting works and about 20 % on the building site. Thus, the total time at terminals amounts to 65 % of the total operational time.

### New haulage systems between works and building site

The term "haulage system" refers here to

- physical components in the form of equipment, staff and amenities
- organization and control of the physical components in the system.

The first step in developing a new haulage system or in improving one already in existence is to state the performance requirements in terms of quantity and quality with which the system is to comply.

Inevitably, a system must comply with certain requirements as regards quantity. For instance, a system will not work without off-loading of units at the stockyard and unloading of vehicles at the building site.

A certain performance level as regards quality is to be hoped for, while not being entirely mandatory. For example:

- scope for rapid increase in the capacity of the system
- scope for varied use of the equipment required by the system.

Haulage costs were calculated for sets of precast concrete panels whereby mobile site-based handling equipment and truck-mounted equipment can be used for both internal and external transportation of precast concrete units. A comparative study of nine alternative systems for haulage of units from plants to building sites was conducted using a plant in the Gothenburg region producing panel units as a basis.

The costs of each individual system are plotted on diagrams. FIG. 2 shows the items making up the total cost of the

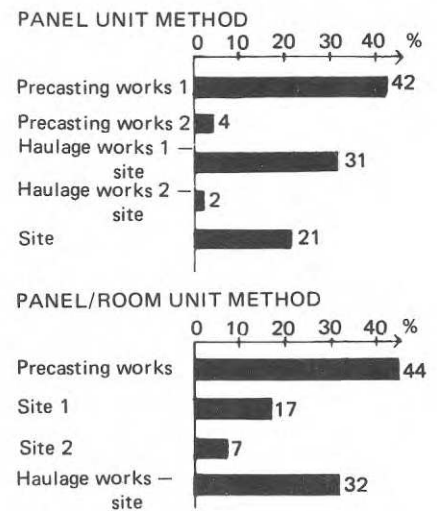


FIG. 1 Distribution of tractors' operational time with the two building systems expressed in terms of %.

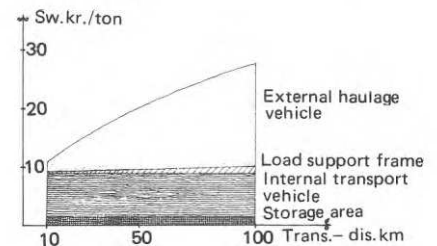


FIG. 2. Cost of system for detachable platform and overhead crane.

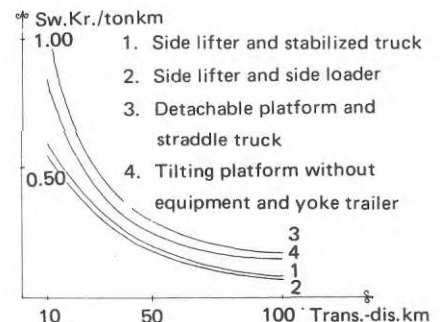


FIG. 3. Variation in cost per tonne kilometre according to length of haul. Comparison of different haulage systems.

system. These costs include the cost of haulage equipment, both internal and external, load support frames and storage space at the precasting works.

A number of different alternatives are compared in FIG. 3 and at the same time an indication is given of how the cost per tonne kilometre varies according to the length of the haul. A system involving a large number of costly components may in principle prove competitive due to the fact that it requires little storage space. This only emphasizes the importance of comprehensive analysis of a whole system of haulage or parts of it before presuming to arrive at the correct conclusions regarding the interaction of cost factors.

Rapport R51:1972

INTEGRERAD STYRNING OCH TRANSPORT  
MELLAN ELEMENTFABRIK OCH BYGGPLATS

INTEGRATED CONTROL AND TRANSPORT BETWEEN  
PREFABRICATION PLANT AND BUILDING SITE

av Lars Johnson & Kaj Ringsberg

Denna rapport avser anslag E 513 från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för transportteknik, CTH. Rapporten ingår i BFRs program för transportforskning, som sammanhålls av BFRs transportnämnd.  
Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm  
ISBN 91-540-2086-7

Rotobekman, Stockholm 1972

## INNEHÅLL

1	FÖRORD . . . . .	5
2	VAD ÄR LOGISTIK OCH VAD ÄR MÅLET FÖR EN TILLÄMPNING AV LOGISTIK I BYGGNADSINDU- STRIN . . . . .	6
2.1	Inledning . . . . .	6
2.2	Är logistik något nytt? . . . . .	7
2.3	Form, tid och rum . . . . .	10
2.4	Logistikens uppgift . . . . .	12
2.5	Applicering av logistiken inom byggnads- industrin . . . . .	15
2.6	Några organisationsaspekter . . . . .	24
3	FÖRBÄTTRAD KOPPLING MELLAN ELEMENTFABRIK OCH BYGGPLATS SOM EN TILLÄMPNING AV LOGISTIK- FILOSOFIN . . . . .	30
4	VAL AV BYGGMETODER . . . . .	34
4.1	Svenska byggmetoder för flerfamiljshus av betongelement . . . . .	34
4.2	Val av byggmetoder för närmare studium . . . . .	34
4.3	Elementbeskrivning . . . . .	36
5	DAGENS KOPPLING MELLAN ELEMENTFABRIK OCH BYGG- PLATS VISAR STORT UTRYMME FÖR FÖRBÄTTRINGAR. . . . .	42
5.1	Montering av betongelement på byggplats . . . . .	43
5.2	Transport av betongelement mellan fabrik och byggplats . . . . .	55
5.3	Hantering av element från fabrik till fär- diglager vid fabrik . . . . .	76
6	SAMBAND MELLAN PRODUKTION OCH MONTERINGSTAKT MODELL FÖR PRODUKTIONSPLANERING . . . . .	80
7	LOGISTIK BESLUTSMODELL FÖR MATERIALSTYRNING. BERÄKNINGSMETODER FÖR DE KOSTNADSKOMPONEN- TER SOM INGÅR I BESLUTSMODELLEN . . . . .	91
7.1	Genomgång av beslutsmodellen . . . . .	93
7.2	Kostnader vid elementfabrik . . . . .	96
7.3	Förändringar av kostnader på byggplats . . . . .	99
7.4	Kostnader i samband med lagring . . . . .	107
8	ALTERNATIVA SYSTEM . . . . .	114
8.1	Kvantitativa funktioner . . . . .	115
8.2	Kvalitativa funktioner . . . . .	116
8.3	Alternativ I Bildande av enhetslast vid formbrytning . . . . .	118
8.4	Alternativ II Bildande av enhetslast efter lagring vid fabrik . . . . .	133
8.5	Organisation . . . . .	



9	EKONOMISK UTVÄRDERING AV ALTERNATIVA SYSTEM . . . . .	140
9.1	Principer för enhetslastbildning . . . . .	140
9.2	Beskrivning av modellfabrik och element-sortiment . . . . .	140
9.3	Utformning av lastbärare och val av externa transportmedel . . . . .	146
9.4	Val av interna transportutrustningar . . . . .	149
9.5	Bestämning av lämpliga kombinationer av externa och interna transportutrustningar. . . . .	151
9.6	Utformning av lastbärare och beräkning av erforderlig färdiglageryta . . . . .	152
9.7	Principer för kostnadsberäkning . . . . .	154
9.8	Resultat . . . . .	157
10	KONSEKVENSER AV FÖRBÄTTRAD KOPPLING MELLAN ELEMENTFABRIK OCH BYGGPLATS . . . . .	166
11	ELEMENTFABRIKEN SOM TERMINAL . . . . .	172
	LITTERATUR . . . . .	176
BILAGA 1:	Genomgång av beslutsmodellen . . . . .	178
2:	Härledning av formler avseende kostnader i samband med lagring . . . . .	180
3:	Sidlyftare . . . . .	187
4:	Autoflak . . . . .	191
5:	Skyttelflak . . . . .	195
	CAPTIONS . . . . .	199

## KAPITEL 1

## FÖRORD

Vid Institutionen för Transportteknik, Chalmers Tekniska Högskola började under 1967 intresset för transporter inom byggnadsindustrin att växa sig allt starkare. Anledning till detta var bl.a. den allt snabbare utvecklingen av beräkningsmetodiker och utrustning inom den mekaniska verkstadsindustrin jämfört med byggnadsindustrin.

Med hjälp av medel från Statens Råd för Byggnadsforskning kunde detta intresse kanaliseras och intensifieras. I juni 1970 framlades den första rapporten, som behandlade studium av materialflöden vid uppförande av flerfamiljshus med 13 olika betongelementmetoder. I samband med presentationen av denna andra rapport vill vi tacka för det utomordentligt värdefulla samarbete vi haft med främst betongelementproducenter och transportörer. Detta samarbete har för oss inte varit svårt att uppnå. Det finns idag i Sverige ett starkt uttalat intresse inom byggnadsindustrin för ökad satsning på lösandet av de transport- och materialhante-ringsproblem man brottas med.

Förutom undertecknade ingick i projektgruppen för denna rapport ingenjör Ove Jonasson och ekonomie doktor Jerzy Tarkowski.

Arbetet har skett under ledning av professor Harald Lindahl.

Kaj Ringsberg  
civ.ing.

Lars Johnson  
civ.ing.

## KAPITEL 2

### VAD ÄR LOGISTIK OCH VAD ÄR MÅLET FÖR EN TILLÄMPNING AV LOGISTIK I BYGGNADSINDUSTRIN

#### 2.1 Inledning

En stående fråga för många svenska företag är: "Hur skall vi bära oss åt för att förbättra vår lönsamhet?" Svaret på denna fråga har under årens lopp sökts av många företag i olika branscher på olika håll och med förlitan till olika hjälpmedel. Företagens utveckling kan kort och generellt beskrivas i tre steg från industrialismens genombrott och fram till idag.

Det första steget var en strävan efter förbättrad lönsamhet genom rationalisering av tillverkningsprocessen. Eftersom förhållandet var säljarens marknad var tillverkningsprocessen det väsentligaste. Allt som kunde produceras kunde också lätt säljas. Rationaliseringsprocessen inom tillverkningen är ännu ej avslutad och kommer att pågå även om rationaliseringsmarginalerna i produktionen blir mindre och mindre.

Det andra steget för ett företag inträffar när produktionsprocessen blivit "tillräckligt effektiv". Företaget blir då marknadscentrerat istället för produktionscentrerat. Man strävar efter att höja servicenivån gentemot kunderna och tillverka de produkter kunden vill ha - kunden sätts i centrum. Förhållandet innebär en övergång till köparens marknad.

Det första steget speglar det traditionella försäljningsbegreppet - att "bli av med" den produkt man redan tillverkat. Det andra steget speglar det "nya" marknadsföringsbegreppet - att med utgångspunkt från kundernas behov tillverka tillfredsställande produkter.

Båda dessa steg innebär höga logistikkostnader i form av förråds-, lager-, order- och transportkostnader. Till dessa kostnader bör man också addera den mycket stora och alltför litet studerade kostnadspost, som kan hänföras till de störningar, som uppstår genom bristfällig organisation och planering. Genom en koncentration till produktionen får man t ex i första steget en vision av att denna "flyter" men man kan ha orationell hantering, stora störningar, dålig logistikorganisation och således för höga kostnader. I andra steget ger de förbättringar man inför på t ex servicenivån ökade förråds-, lager- och transportkostnader, vilket även detta inverkar menligt på företagets lönsamhet. Det tredje steget - logistiksteget innebär, att man sätter materialflödet mer i centrum. Man lägger en totalöversyn på hela materialflödet från leverantör via det egna företagets produktionsprocess och vidare till den slutlige förbrukaren. Logistikens mål är att skapa tid- och platsnytta för materialet i olika faser av flödet på ett sådant sätt, att en optimal avvägning mellan kostnader och service erhålles. (FIG. 1)

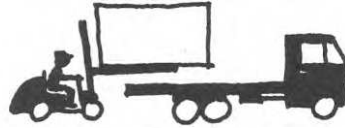
Beroende på näringsgren har utvecklingen i de tre stegen gått olika fort.

De flesta företag i Sverige befinner sig i det andra steget, medan de mest avancerade är på väg in i det tredje steget.

## 2.2 Är logistik något nytt?

Ordet logistik har gamla anor. Redan de gamla grekerna använde ordet "Logistika" i betydelsen räknekonst, då närmast att hänföra till aritmetik. Ordet förekommer sedan hos romarna, som lade till ändelserna 10 och 60, där logistika 10 hade samma betydelse som hos grekerna, medan logistika 60 användes i astronomiska sammanhang. Ordet dök sedan upp med militär anknytning för att beteckna den del av styrkorna som hade till uppgift att förse de stridande förbanden med krigsmaterial och förnödenheter av olika slag. Det gäller ju här

### HANTERING



Lokal lägesförändring av material, verktyg m.m.

Manuellt eller med hjälpmedel t.ex. lasta, lossa, gripa, vända.

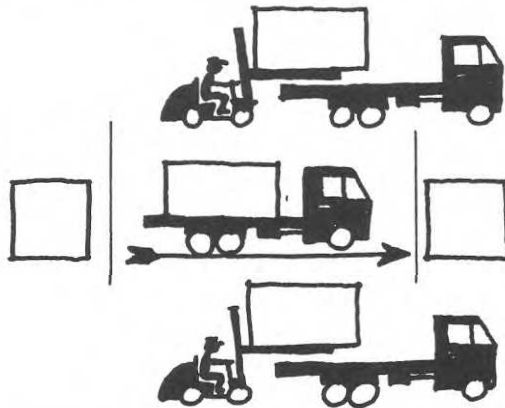
### FÖRFLYTTNING



Interlokal lägesförändring av material, verktyg m.m.

Manuellt eller med hjälpmedel t.ex. köra med truck, lastbil, flygplan.

### TRANSPORT

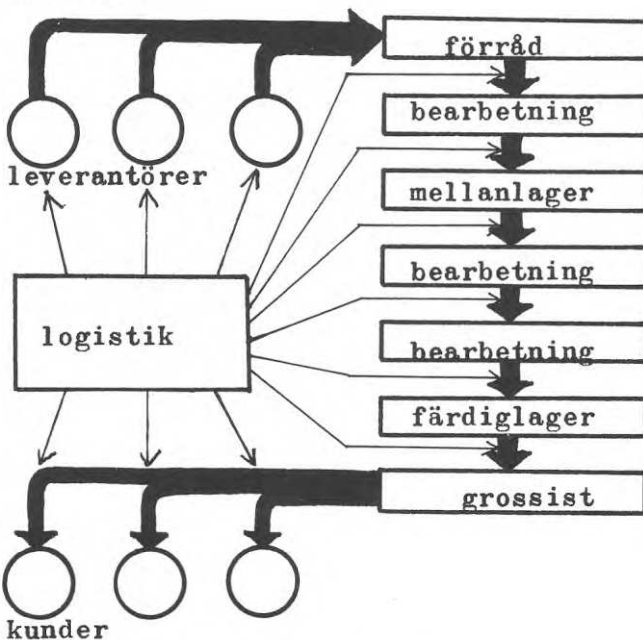


Förflyttning jämte hantering i samband med förflyttning.

En finare indelning av begreppet transport kan göras enl. följande:

1. Intern transport - transport inom ett företags område t.ex. transporter på byggplats.
2. Extern transport - transport utanför ett företags område.

### LOGISTIK



En integrerad styrning och fysisk förflyttning av råmaterial, halvfabrikat eller färdiga produkter från leverantörer via förråd, förädling och lager till kund dvs. plats i byggobjekt.

FIG. 1. Åskådliggörande av ingående operationer och aktiviteter i begreppen hantering, förflyttning, transport och logistik.

att få fram materiel till trupperna i rätt mängd av rätt typ till rätt plats vid rätt tidpunkt. Vi börjar här skönja den civila parallellen. Amerikanerna använder ibland orden "Business Logistics", "Marketing Logistics" eller "Industry Logistics" för att markera skillnaden till det militära.

Transporttekniker i industrin uppfattar ibland logistik-tankegångarna som något "man alltid har försökt göra". Utvecklingen har emellertid gjort det både nödvändigt och möjligt att angripa de logistiska problemen på ett annorlunda sätt, något som också lett till genomgripande förändringar i organisation och arbetsfördelning i vissa företag. Det som utvecklingen fört med sig och som gjort det nödvändigt med en logistisk syn på materialflödena är bl a att:

1. Det blir ett allt mer komplext och svårbemästrat problem att klara fysisk försörjning, hantering och distribution:
  - a. vid växande storlek hos företaget,
  - b. över sektorsgränserna vid sektorisering av företaget och
  - c. vid ökad geografisk spridning hos företagets enheter.
- 2 Relationen mellan tillverknings- och transport/hanteringens kostnaden förskjuts successivt så, att den sistnämnda blir allt viktigare.
- 3 Strukturrationalisering och specialisering innebär att antalet inköpskällor och för tillverkare antalet underleverantörer ökar.
- 4 Ökande satsning på export ger nya marknader, ökade transportavstånd med nya problem av icke-svensk natur.
- 5 Svårigheten att skaffa kapital och de höga räntekostnaderna tenderar att växa eller åtminstone bestå.



### 2.3 Form, tid och rum

Genom att ha en "totalangreppsmetodik" och åstadkomma en "integrerad styrning och fysisk förflyttning av råmaterial, halvfabrikat eller färdiga produkter från leverantör via förråd, förädling och lager till kund" tillämpas logistik. Hur detta görs varierar från företag till företag.

Betraktar vi ett företag finns det otaliga exempel på att råmaterial eller färdiga produkter (FIG.2) skall finnas tillgängliga med form-, tids- och rumskraven uppfyllda. Men vi har ingen nytta av materialet så länge det inte finns färdigt för uttag ur förrådet eller inte ligger framme vid operationsplatsen i form av t ex utplacerade tegelpannor på rätt plats och i rätt mängd. Materialet skall också finnas där i rätt tid, inte för sent men inte heller för tidigt.

Stora inköpskvantiteter och förrådshållning kostar mer ju längre materialet får ligga och ju större mängd det är fråga om. Det gäller att säkerställa produktionen och undvika störningar men inte till ett högre pris än vad en produktionsomläggning i form av t ex omdisponering av resurser kostar.

Varje störning eller stillestånd kostar pengar. Ju längre fram i byggprocessen vi kommer, desto hårdare blir kravet på styrning av materialet. Sannolikheten för att samtliga komponenter skall finnas i rätt mängd på rätt plats i rätt tid minskar exponentiellt med antalet föregående operationer. För att säkerställa byggplatsens krav på tidpunkt och leveranssammansättning fordras lagerhållning hos leverantörerna. Bland annat därför att produktionen av kostnads-skäl måste läggas upp i serier. Vore dessa de enda orsakerna till behovet av lagerhållning skulle det emellertid räcka med förhållandevis små lager hos leverantören, s k omsättningslager. Men på grund av osäkerheten i leveranserna till lagren och osäkerheten i efterfrågan på produkterna i lagren fordras därtill säkerhetslager som ofta fördubblar, ibland flerdubblar den totala lagernivån.



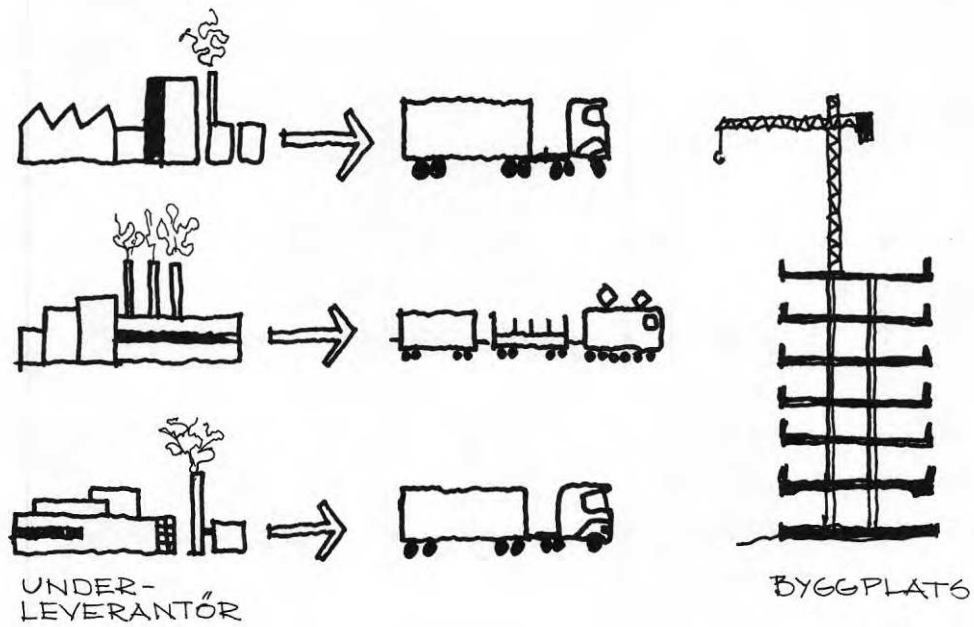


FIG. 2. Att rätt typ av material måste ankomma till byggsplats är självklart antingen det kommer från leverantör eller direkt från råvarukällan.

Amerikanerna uttrycker som logistikens målsättning att skapa "form"-, "place"- och "time utility".

#### 2.4 Logistikens uppgift

Betraktar vi ett företags materialflöde från råvaruleverantör till kund - plats i byggobjektet, som ett lager/ förråds-hållningssystem (FIG. 3) kan vi sammanfatta logistikens uppgift på följande sätt:

1. Att hålla varje lager i systemet på en sådan nivå att efterfrågan på produkterna tillfredställes i med hänsyn till kostnaderna härför önskvärd omfattning.
2. Att hålla nere lagernivån med bibehållen servicegrad till kunden - byggplatsen genom att:
  - a. leverera i rätt tid,
  - b leverera i rätt mängd.
- 3 Att utföra de fysiska transportererna, hanteringarna och lagerhållningarna på ett för systemet i sin helhet optimalt sätt.

#### Logistikfunktioner

För att nå ovanstående mål erfordras normalt bl a följande funktioner hos en logistikavdelning:

1. Leverantörsväl baserat på:       hemtransportförhållanden  
  leveranssäkerhet  
  m m
2. Leverantörskommunikation för: orderförberedelse  
  leveranstid  
  prissättning m m
3. Leveransbevakning

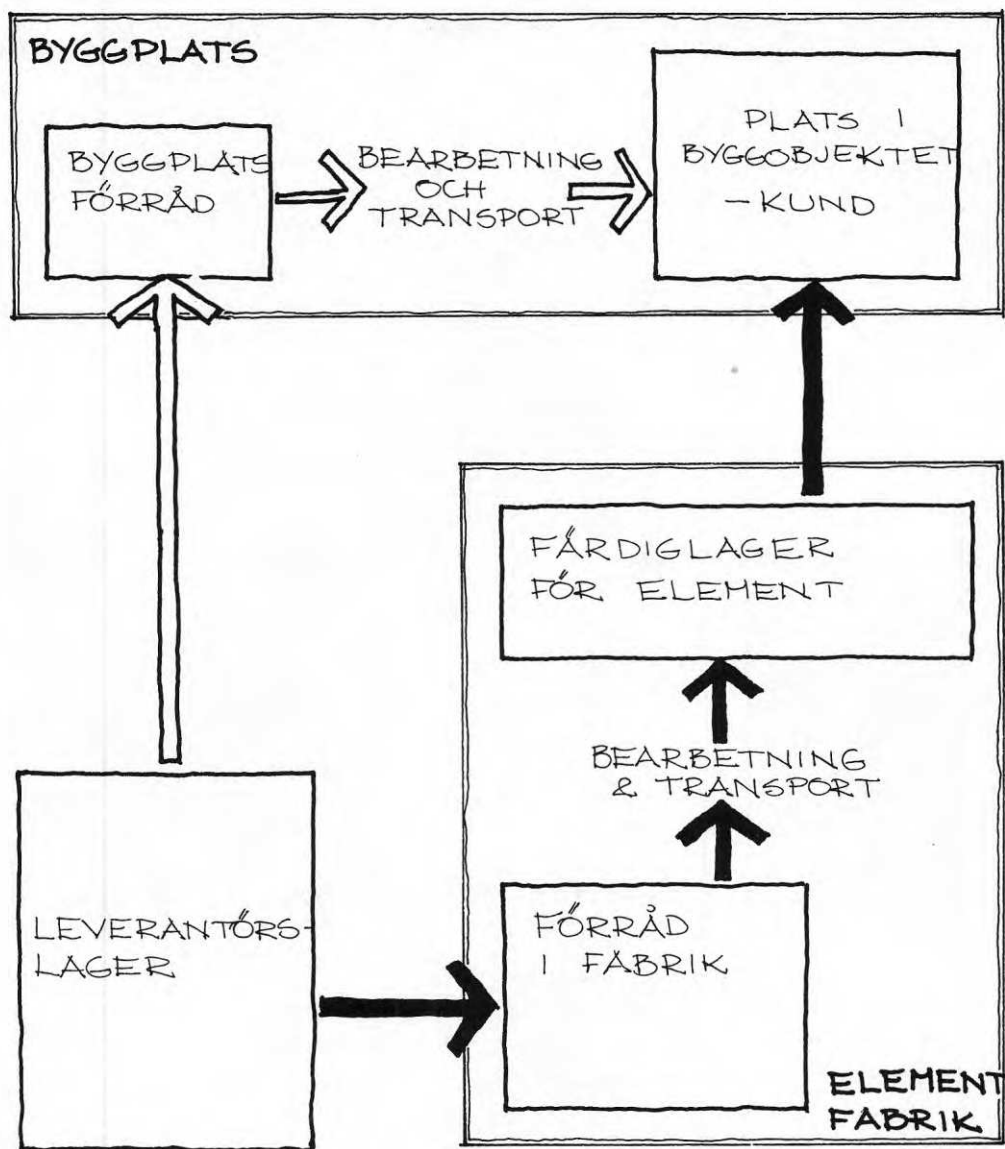


FIG. 3. Exemplifiering av logistikens uppgift med utgångspunkt från lagernivåer i byggprocessen.

- |     |  |   |
|-----|--|---|
| 4.  | Hemtransport:  | enhetslastbestämning<br>emballageval<br>transportmedel m m          |
| 5.  | Godsmottagning:  | kontroll<br>inplöckning i förråd<br>lossning av transport-<br>medel |
| 6.  | Förrådsstyrning:   | beställningspunkt<br>beställningskvantitet                          |
| 7.  | Fysisk förrådshållning:  | planlösning<br>val av utrustning                                    |
| 8.  | Prognostisering av efterfrågan m m.  |   |
| 9.  | Kapacitetsplanering och huvudplanering av produktionen.                    |   |
| 10. | Behovsberäkning och nedbrytning till inköps- och pro-<br>duktionsprogram.  |   |
| 11. | Transporter och buffertlager i produktionen.                               |   |
| 12. | Lagerstyrning och fysisk lagerhållning.                                    |   |
| 13. | Kontroll, godsavsändning och uttransport.                                  |   |
| 14. | Efterfråge- produktionskoordinering genom t ex belägg-<br>ningsutjämnning. |   |
| 15. | Lagerhållning ur kapitalutnyttjnings- och likviditets-<br>synpunkt.        |   |

Ingen av ovanstående funktioner kan hållas isolerad från de övriga. Ett beslut eller en åtgärd någonstans återverkar på de flesta eller samtliga andra. Ett transportsystem är ju integrerat endast om utformningen i alla led är bevakad.

En "logistisk" avvägning bör inte sönderbrytas i delavvägningar som kan resultera i suboptimeringar, som t ex att inköpsidan av rabattskäl köper hem kvantiteter, som kostar så mycket i lagerhållning, att den tänkta besparingen vänds till motsatsen.

I många fall är man emellertid tvungen att p g a systemets storlek och komplexitet angripa delar av systemet vid rationalisering. Så är t ex fallet vid de system som behandlas i kapitel 7, 8 och 9 i denna rapport.

## 2.5 Applicering av logistiken inom byggnadsindustrin

### Avgränsning

Sett ur det enskilda entreprenörsföretagets vinkel måste en begränsning av inverkan på materialflödena någonstans göras. Det är t ex knappast möjligt för en byggare att integrera och rationalisera skogstransporterna för att därigenom få billigare virke. Frågan är då vilken del av totala materialflödesbilden, som entreprenören kontinuerligt kan påverka genom t ex val av utrustning och styrning. Utgångspunkten vid minskning av logistikkostnaderna är alltid slutprodukten, byggnaden. Summan av de detaljer och material, som ingår i byggnaden, utgör det totala materialbehovet (se pkt 10, sid 6). Detta materialbehov tillgodoses genom en mängd materialflöden, där byggnaden utgör slutpunkten. Dessa flöden kan löpa samman på olika ställen även före byggnaden t ex hos en grossist eller elementfabrik. (FIG. 4).

Byggnadens materialbehov tillgodoses via byggplatsen. Till byggplatsen levereras råmaterial, halvfabrikat och färdiga produkter, vilka efter bearbetning och sammansättning inplaceras i byggnaden (FIG. 5).

Ju fler av materialflödena som löper samman i tillverkningsoperationer inom byggplatsen, desto lägre säges byggmetodens förtillverkningsgrad vara (FIG. 6).

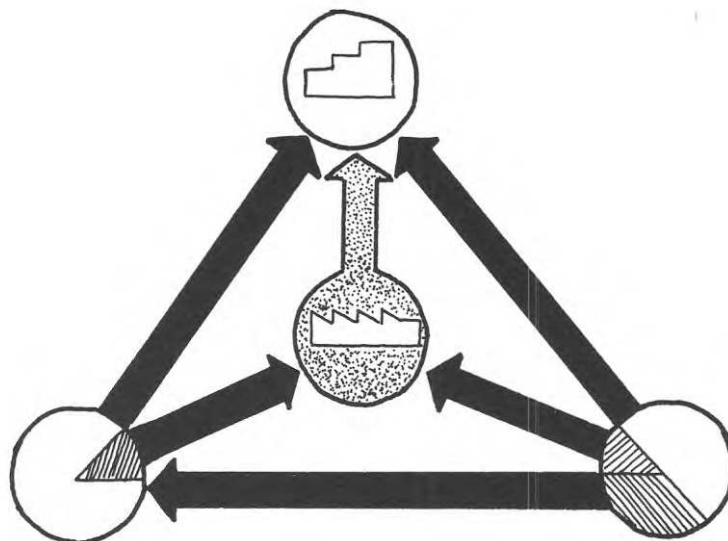


FIG. 4. Materialflödena från producent till byggplats kan löpa samman hos grossist eller elementfabrik.

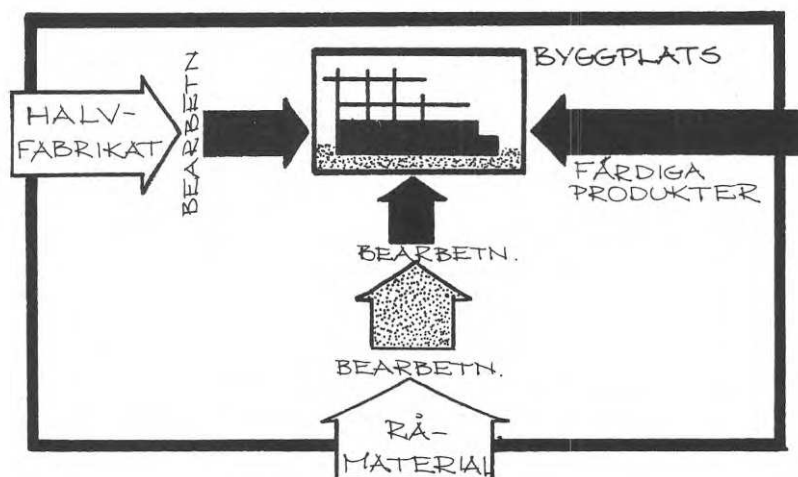


FIG. 5. Till byggplatsen levereras råmaterial, halvfabrikat och färdiga produkter vilka efter varierande grad av bearbetning, inplaceras i byggnaden.

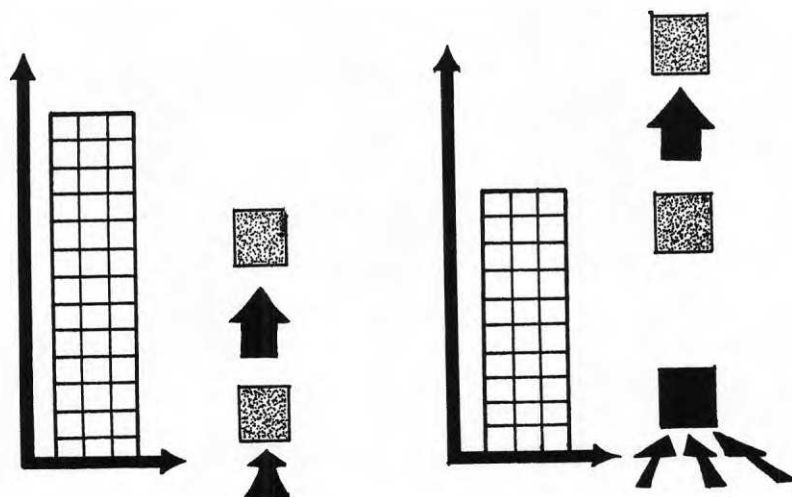


FIG. 6. Förtillverkningsgraden är högre om färdiga takstolar inkommer till byggplatsen än om plats-tillverkning sker. Spik, virke m.m. löper i senare fallet samman i tillverkningsoperationer på byggplats.



En större eller mindre del av inflödena till byggplatsen kan istället gå via en elementfabrik. Därvid överför man tillverkningsoperationer från byggplats till elementfabrik och byggmetodens förtillverkningsgrad ökar, Införandet av en elementfabrik i materialflödessystemet till byggplatsen innebär dessutom att nya typer av materialflöden uppkommer, flöden som går mellan elementfabrik och byggplats.

Både elementfabrik och grossist är "terminalfunktioner" för materialflödena, så tillvida att ett antal inflöden till terminalerna t.ex. omformas med avseende på lastsammansättning, förrådshålles, tidsstyres dvs genom byggplatsens krav på materialbehovet omformas till nya utflöden. Skillnaden mellan en elementfabrik och en grossist är därvid att den förra väsentligt ökar byggmetodens förtillverkningsgrad.

Om vi arbetar oss ytterligare bakåt i materialflödena för att finna lämplig avgränsning, utgår inflödena av råmaterial, halvfabrikat och färdiga produkter till byggplats eller elementfabrik närmast från ett leverantörsled, som utgöres av grossister och byggmaterialproducenter. De delar av materialflödena, som ligger före eller inom leverantörsledet, anses ligga inom byggmaterialindustrin och inte i vad som traditionellt kallas för byggnadsindustrin.

Det som i detta projekt benämnes ett entreprenörföretags logistiksystem styr materialflödena från och med utleverans hos leverantör fram till plats i byggnaden. (FIG. 7)

Detta logistiksystems påverkan sträcker sig och bör i ökad omfattning sträcka sig ner i byggmaterialindustrin t.ex. genom kravspecifikationer med avseende på leveranssammansättning, produktutformning, förpackning m m. Kopplingen mellan leverantör och byggare måste preciseras för att drastiskt sänka logistikkostnaderna. Om man vill uppnå totalekonomi kan man ju inte studera och förbättra någon avgränsad del av ett logistiksystem, t.ex. transportererna, utan att samtidigt ta hänsyn till övriga påver-

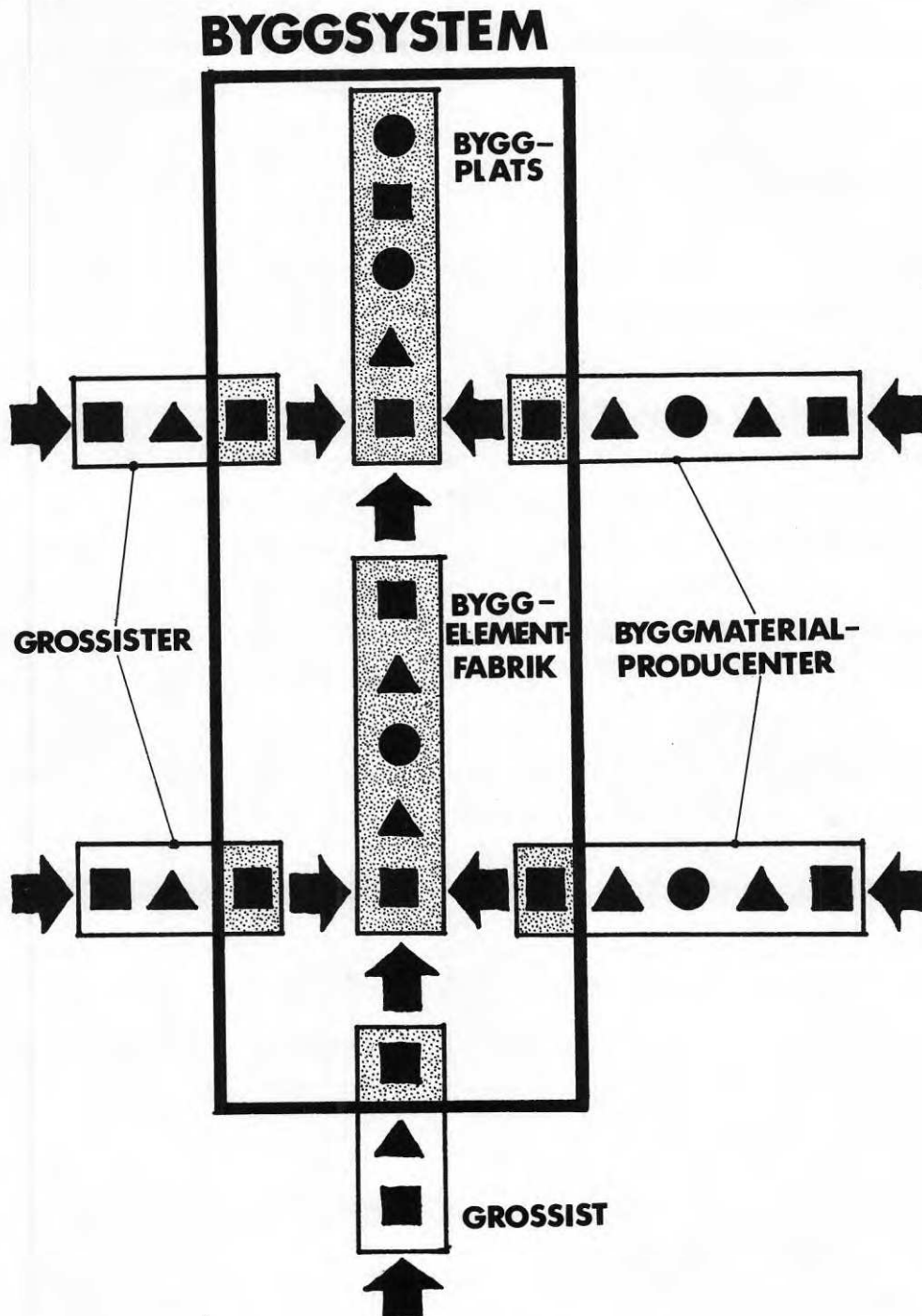


FIG. 7. Den i detta projekt gjorda avgränsningen av i byggföretagets logistiksystem ingående fysiska aktiviteter och aktivitetsgrupper. Genom denna avgränsning måste kopplingarna definieras mellan företagets system och utanför liggande aktiviteter.

kande faktorer i systemet. Ett ensidigt studium av transporterna kan ge utslag i form av drastiskt ökade lagringskostnader, som överstiger transportbesparingarna.

### Angreppsmetodik

För studium och förbättring av byggprocessens logistiksystem, dvs från leverantör t.o.m. plats i huset, måste en översikt skapas. Detta göres lättast i form av en enkel modell, som så noga som möjligt ur praktisk och teoretisk synvinkel beskriver materialflödena och deras inverkan på slutprodukten. En efterföljande analys av materialflödena görs på detta sätt så långt som möjligt fri från subjektiva omdömen och värderingar. Detta synsätt tillämpas redan med framgång för rationalisering av materialflöden på vissa håll inom den mekaniska verkstadsindustrin.

En byggmetod baserad på prefabricerade element kan för uppbyggnad av en materialflödesmodell indelas i ett antal huvudkomponenter (FIG. 8).

Mellan dessa komponenter går materialflöden för olika produkter. Summan av samtliga dessa materialflöden är logistiksystemets materialflöde som ju genereras av byggnadens materialbehov. Detta flöde liksom varje ingående delflöde är uppbyggt av ett antal aktiviteter:

- a. bearbetning
- b. montering
- c. lagring, förrådshållning
- d. lastning/lossning
- e. förflyttning
- f. hantering, utom lastning/lossning

Aktiviteterna kan sammansättas i grupper eller brytas ner ytterligare beroende på vad eller vilken del av ett materialflöde som skall studeras (FIG. 9). Ju mer detaljerat materialflödet beskrives, desto högre detaljnivå representerar beskrivningen. Ett exempel på sammanslagning av aktiviteter till aktivitetsgrupp är tillverkning, som utgöres av ett antal bearbetnings-, hantering- och mellanlagringsaktiviteter.

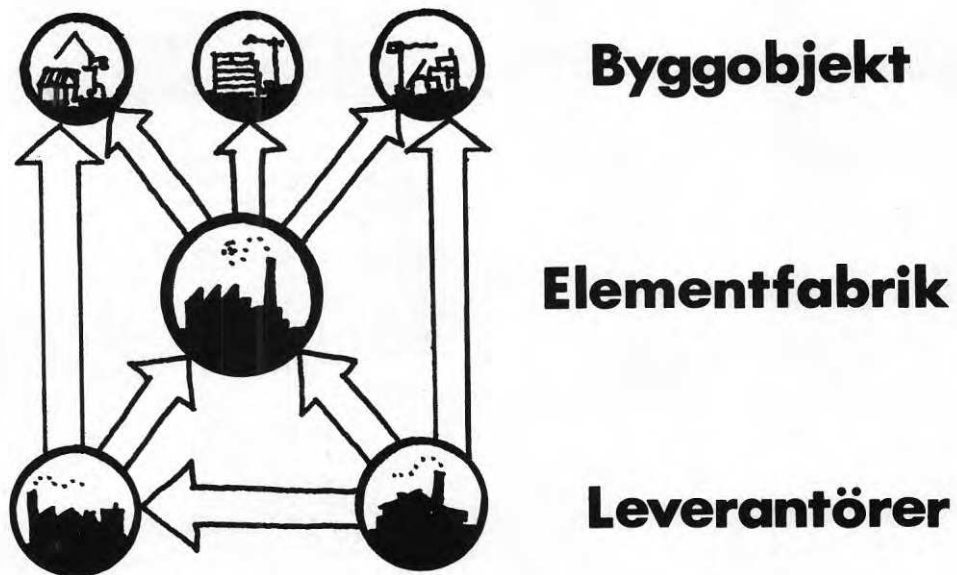


FIG. 8. En byggmetod baserad på prefabricerade element kan vid en systembeskrivning indelas i huvudkomponenterna byggobjekt, elementfabrik och materialleverantörer (producenter, grossister).

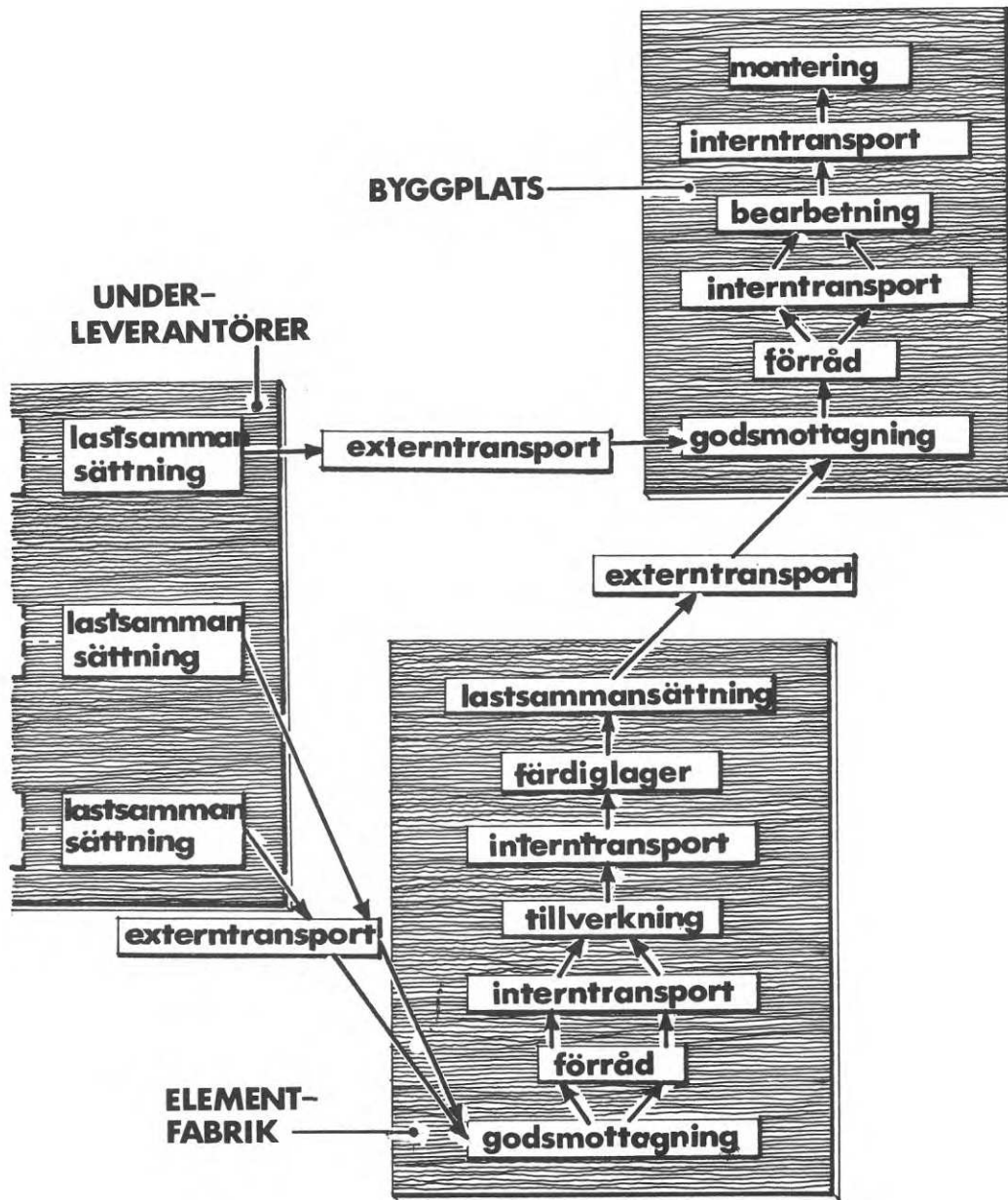


FIG. 9. Aktiviteterna bearbetning, montering, lagring/förrådshållning, lastning/lossning, förflyttning och övrig hantering (exkl. lastning/lossning) kan sammansättas i grupper eller brytas ner ytterligare beroende på vad eller vilken del av ett materialflöde som skall studeras. Aktivitetsgruppen tillverkning vid elementfabrik t.ex. utgöres av ett antal bearbetnings-, hante-rings- och mellanlagringsaktiviteter.

För alla material kan ovanstående flödesscheman uppritas. Vilken detaljnivå, som väljs, måste avgöras från fall till fall. För ett visst material eller en viss produkt kan därför delar av flödet komma att representera aktivitetsgrupp-nivå, medan andra delar representerar aktivitetsnivå eller mindre. Likaså kan detaljnivåerna vara olika för olika flöden i samma system.

Varje aktivitet eller aktivitetsgrupp är kopplad till ett antal omkringliggande aktiviteter och aktivitetsgrupper (FIG. 9). Dessa kopplingar liksom uppträdet hos varje aktivitet (-sgrupp) kan beskrivas med hjälp av flödespåverkande faktorer.

#### FLÖDESPÅVERKANDE FAKTORER

- |    |              |   |             |
|----|--------------|---|-------------|
| 1. | Produkt      | - | vad?        |
| 2. | Produktmängd | - | hur mycket? |
| 3. | Tidpunkt     | - | när?        |
| 4. | Tidmängd     | - | hur länge?  |
| 5. | Väg/plats    | - | var?        |
| 6. | Metod        |   | hur?        |

Om dessa flödespåverkande faktorer är kända, är ett materialflöde bestämt. Omvänt måste dessa faktorer bestämmas vid konstruktion av logistiksystem. De flödespåverkande faktorerna kan i ett system användas för att styra materialflödesfunktioner för varje aktivitet, t ex lagerstorlek och ekonomisk hemtagningskvantitet.

I en statisk modell av ett byggsystem betraktas hela materialflödet i jämvikt och under ideala förhållanden. Detta innebär att inga störningar förekommer. Med störningar avses då avvikelser från de ideala värdena på de flödespåverkande faktorerna. I en statisk modell förutsätts alltså att t ex avvikelser från ideal tidpunkt och produktmängd vid leverans från en underleverantör icke förekommer.

Om t ex en tidsstörning uppkommer i en aktivitet kan denna störning upptagas antingen genom överdimensionering av omkringliggande aktiviteter, t.ex. ökad arbetsinsats eller genom förlängning av byggtiden. Om metoden ändras i en aktivitet ändras i de flesta fall även tidmängden för aktiviteten, vilket i sin tur påverkar ingående produktmängd per tidsenhet till nästa aktivitet. Verkningarna av denna metodändring fortplantas på samma sätt vidare i systemet framåt och bakåt. Till följd av detta ökar eller minskar kostnaden för varje aktivitet. En ändrad uppläggning, t.ex. en minskning av antalet hanteringar, medför också ändringar i de flödespåverkande faktorerna. Med hjälp av kostnads samband kan ändringen i totalkostnaden beräknas. Liksom beskrivningarna kan dessa kostnadsutvärderingar naturligtvis vara mer eller mindre detaljerade.

## 2.6 Några organisationsaspekter

Genom den "integrerade styrningen och fysiska förflyttningen av råmaterial, halvfabrikat eller färdiga produkter från leverantör, via förråd, tillverkning och lager till kund" kan vi konstatera att många företagsfunktioner är inblandade i logistikprocessen.

Det blir alltmer uppenbart för de flesta företag att den ur materialstyrningssynpunkt nödvändiga integrationen av verksamheten inte får stoppas av en organisationsform, som tillkommit i en tid, då materialstyrningsfrågorna inte var lika aktuella som de börjar bli nu i en tid av ökande konkurrens, växande avstånd till marknaden, ökande finansieringssvårigheter m.m.

Man har på många håll sökt uppnå denna integration genom att tillsätta kommittéer och arbetsgrupper av olika slag. Efterhand har dessa ibland utvecklats till rena stabsfunktioner. Framför allt i USA, men även i Sverige, finns exempel på hur något som kan liknas vid en logistikenhet vuxit fram på detta sätt.



Under denna logistikenhet kan alltså alla eller de flesta av de ovan uppräknade aktiviteterna ingå. Det är givetvis omöjligt att lämna en generell lösning på hur aktiviteterna skall organiseras inom enheten och hur kontakten med övriga enheter (ekonomi, produktion, försäljning m.m.) skall upprätthållas.

USA framstår idag som föregångsland både när det gäller logistikens omsättning i praktiken och forskning samt undervisning. Även i Sverige går utvecklingen fort. Som nämnts måste de konkreta organisationslösningarna bli unika. Någon generell lösning finns ej. Men klart står att det i de flesta fall är nödvändigt med en förankring på hög nivå i företaget. Många logistikbeslut är av livsviktig betydelse för företaget. Som exempel kan nämnas beslut rörande sortimentets storlek. Ur säljsynpunkt är det önskvärt med ett så brett sortiment som möjligt. Men ett brett sortiment ökar kostnaderna för att skapa "place utility" och "time utility". Såväl planerings- som lagerhållningskostnader ökar. Beslutet återverkar således på hela kostnadsintäktsbilden.

#### Hur skall då denna förankring åstadkommas?

En möjlighet visas i FIG. 10. Här är verkställande direktören sin egen logistiker och styr och övervakar själv varje linje- och stabchef. Eller enligt FIG. 11 där varje stabsfunktion - dit enligt amerikansk syn den logistiska funktionen hör - är grupperad under de bägge högsta linjecheferna: försäljnings- och tekniske direktören. En tredje möjlighet är att man tar steget fullt ut så att logistiken fått sin egen direktör (FIG. 12).

Detta organisationsalternativ är det, som mest liknar den militära uppbyggnaden. Det befriar såväl VD som den tekniske direktören och försäljningsdirektören från de betydande logistiska samordningsproblemen, vilka i stället faller under logistikdirektören.

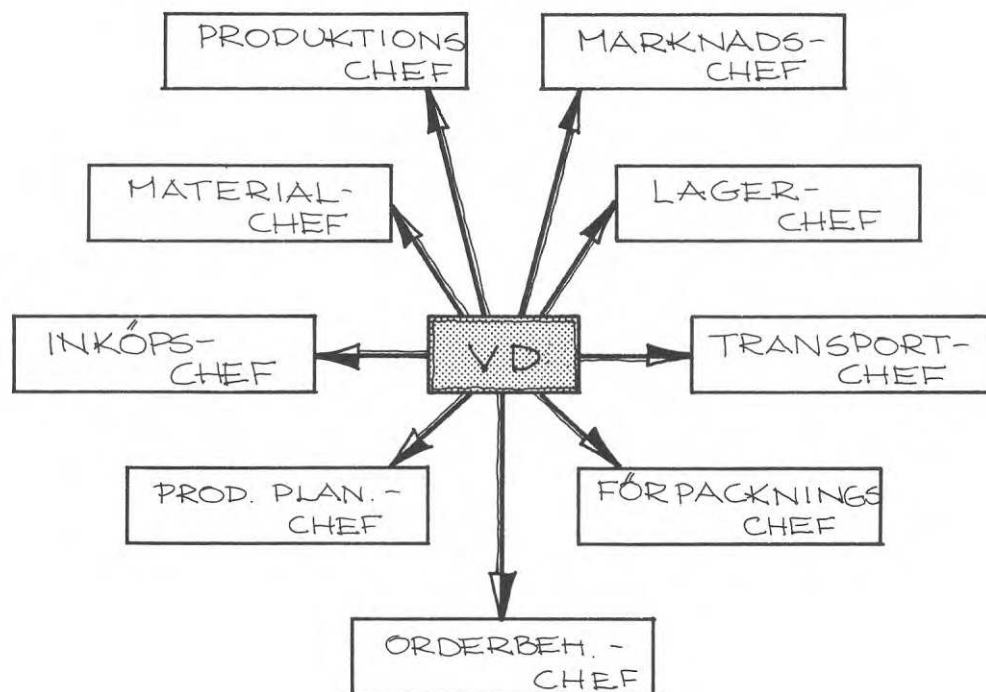


FIG. 10. Exempel på logistikorganisation där VD är sin egen logistiker och styr och övervakar själv varje linje- och stabschef.

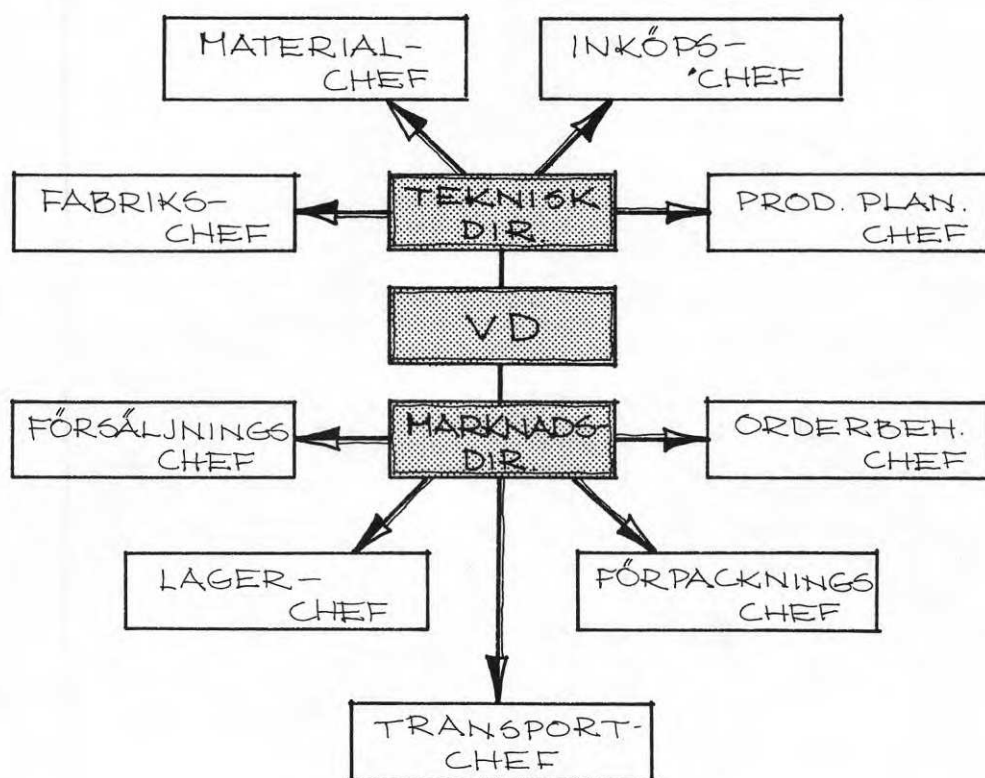


FIG. 11. Exempel på logistikorganisation där logistikaktiviteterna ligger under linjecheferna teknisk direktör och marknadsdirektör.

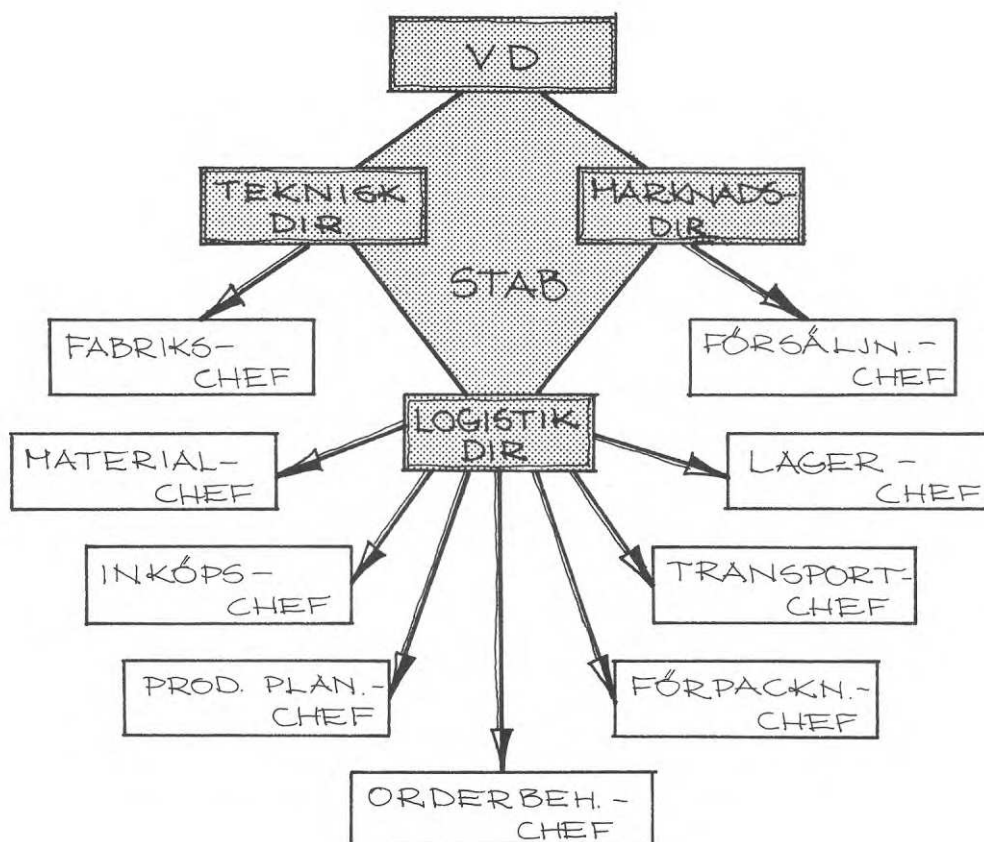


FIG. 12. Exempel på logistikorganisation där logistikaktiviteterna sammanförts under en avdelning.

Men eftersom den sistnämnda alltjämt behåller sin ställning som stabschef, är han underordnad de bägge linjecheferna, den tekniske direktören och marknadsdirektören. Han har gentemot dem en stödjande uppgift.

## KAPITEL 3

### FÖRBÄTTRAD KOPPLING MELLAN ELEMENTFABRIK OCH BYGGPLATS SOM EN TILLÄMPNING AV LOGISTIKFILOSOFIN

Logistiskt kan vid elementbyggeri byggnadsindustrins materialflöde jämföras med en stationär industri, där slutmonteringen förlägges på varierande avstånd från de producerande enheterna. Avståndet varierar från avsättningsobjekt till avsättningsobjekt. Beroende på den använda byggmetodens förtillverkningsgrad täckes byggplatsens materialbehov i varierande grad av en eller flera elementfabriker. Slutmonteringen sker på konsumtionsstället, byggplatsen, varför elementfabrikens uppgift i logistikkedjan blir att förse byggplatsen med element till lägsta möjliga kostnad. Därvid intar kopplingen mellan fabrik och byggplats en central roll. Om vi ser på medeltransportavståndet fabrik - byggplats är detta idag förhållandevis kort, 13,5 km. Detta transportavstånd kommer successivt att öka i framtiden för elementfabrikerna. De problem, man har idag med kopplingen till byggplats, kommer då ytterligare att förstärkas. Metoder för utformning av kopplingen på ett logistiskt tillfredsställande sätt bör därför redan nu utformas.

#### Målsättning med denna rapport

Förbättring av kopplingen mellan elementfabrik och byggplats genom tillämpning av logistikfilosofin.

Den egentliga kopplingen utgöres av transporten mellan fabrik och byggplats, dvs lastning av bil på fabrik, förflyttning till byggplats och lossning/montering på byggplats (FIG. 13).

Denna koppling kan idag göras lösare, genom t.ex. frånkoppling av semitrailer och dragbil på fabrik och byggplats, eller hårdare genom noggrann tidsstyrning till byggplatsen av ständigt hopkopplade semitrailers och drag-



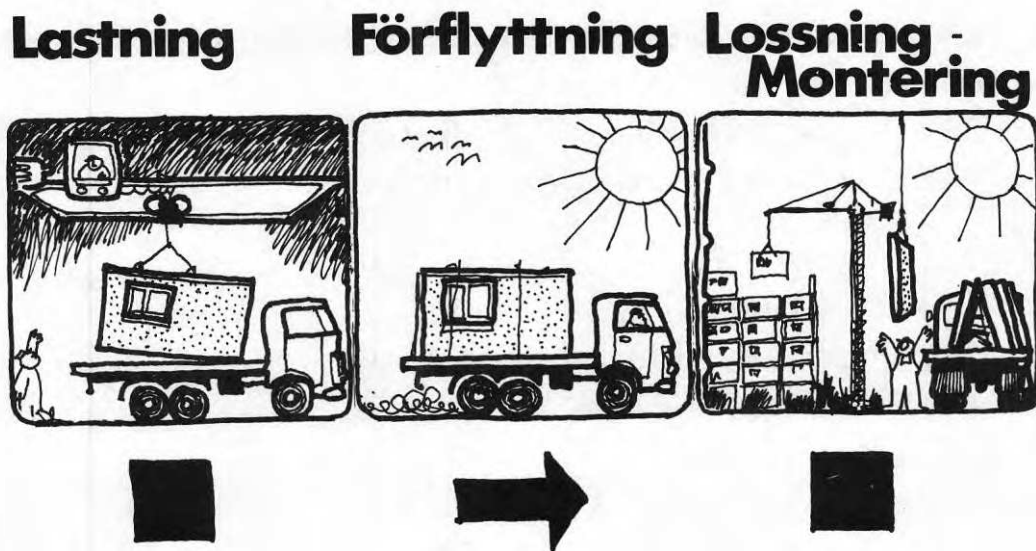


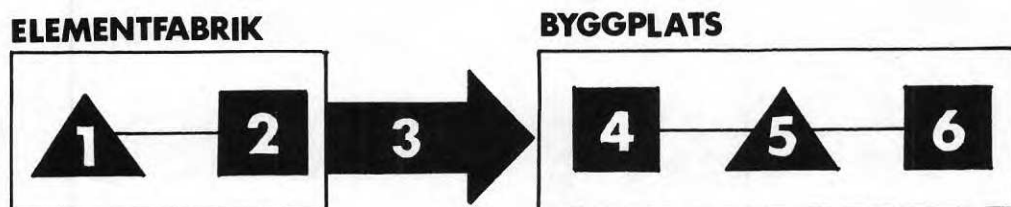
FIG. 13. Den dynamiska kopplingen mellan elementfabrik och byggplats utgöres av aktiviteterna lastning vid fabrik, förflyttning till byggplats och montering av element på byggplats.

bilar. För att i båda dessa fall ytterligare minska kopplingen kan man överdimensionera fordonsparken mellan fabrik och byggplats. Så har man i många fall gjort i Sverige. Syftet med ovanstående förfaranden har naturligtvis varit att få byggplatsen att arbeta så störningsfritt som möjligt dvs alltid ha element framme för montering.

Utgångspunkten måste vara, att byggnadens materialbehov av element skall tillgodoses på ett ekonomiskt optimalt sätt med en fungerande logistiklänk mellan fabrik och byggplats. Den praktiska målsättningen med denna rapport är då att för betongelementmetoder med varierande förtillverkningsgrad söka optimera logistikkostnaden för systemdelen elementfabrik - byggobjekt vid stombyggnation. Denna systemdel omfattar aktiviteterna:

1. Lagring vid elementfabrik
2. Hantering (lastning) vid elementfabrik
3. Förflyttning till byggplats
4. Lossning vid byggplats
5. Mellanlagring vid byggplats
6. Montering på byggplats, se FIG. 14.

och logistikkostnaden sammansättes av summakostnaden för aktiviteterna. Optimeringen, eller förbättringen, kan göras genom att jämföra olika alternativkombinationer för aktiviteterna med samtidigt hänsynstagande till störningskänslighet och därmed förknippade bristkostnader. Stombyggnadsskedet, eller monteringen, är hjärtat i elementbyggeriet. Varje förkortning av monterings tiden för en viss byggmetod innebär en motsvarande förkortning av byggtiden vid rationell drift. Den ökade insats i form av styrning, människor och maskiner, som behövs för en effektivisering av monteringen, kan då vägas mot den vinst, bl.a. i form av bundet kapital, som göres vid förkortning av byggtiden. De aktiviteter, som närmast föregår monteringen på byggplats, dvs externtransport och tidigare hantering på fabriken färdiglager, bör ses mot denna bakgrund och betraktas som servicefunktioner till monteringen. En förbättring av kopplingen mellan fabrik och byggplats är alltså inte möjlig utan att man samtidigt tar hänsyn till hela logistiksystemet.



1. LAGRING
2. HANTERING (LASTNING)
3. FÖRFLYTTNING
4. LOSSNING
5. MELLANLAGRING
6. MONTERING

FIG. 14. I enlighet med vårt logistiska angreppssätt omfattar kopplingen mellan fabrik och byggplats aktiviteterna lagring av element vid fabrik, lastning vid fabrik, förflyttning till byggplats, eventuell lossning och mellanlagring av element på byggplats och elementmontering på byggplats.

## KAPITEL 4

### VAL AV BYGGMETODER

#### 4.1 Svenska byggmetoder för flerfamiljshus av betongelement

Det finns idag i Sverige 12 byggmetoder för uppförande av flerfamiljshus av betongelement. Byggmetodernas elementsortiment ansluter sig till någon av principerna (FIG. 15):

- bjälklagselementmetod
- skivelementmetod
- skivelement/volymelementmetod

Som framgår av FIG. 15 representerar skivelementmetoderna det stora flertalet. Marknaden i Sverige uppvisar alltså ingen renodlad volymelementmetod. Om man rangordnar byggmetoderna efter förtillverkningsgrad representerar skivelement/volymelementmetoden det högsta värdet och bjälklagselementmetoden det lägsta.

#### 4.2 Val av byggmetoder för närmare studium

För att studera hur byggmetodens förtillverkningsgrad inverkar på logistiksystemet är det angeläget att välja ett antal byggmetoder med principiellt olika förtillverkningsgrad. Då dessutom förtillverkningsgraden förväntas öka successivt i framtiden är det lämpligt att välja byggmetoder med så hög förtillverkningsgrad som möjligt. Tre metoder väljes vardera representerande:

1. Skivelementprincipen
2. Skivelement/volymelementprincipen
3. Volymelementprincipen

Då det i Sverige inte finns någon renodlad volymelementmetod valdes en schweizisk byggmetod med producerande enheter i Frankrike, Tyskland, Holland och Schweiz.

Genom att tre principiellt olika byggmetoder valdes blev

Producent	Sortiment *					Princip
	Bjälk-lag	Inner-vägg	Fasad	Kanal-block	Bal-kong	
1. Anders Diös Byggnads AB	X					Bjälklags-elementmetod
2. Byggproduktion AB	X		X		X	
3. A-system Byggelement AB	X	X	X	X	X	
4. AB Strängbetong	X	X	X	X	X	
5. Haningebolaget AB	X	X	X	X	X	
6. AB Göteborgshem	X	X	X	X	X	
7. Hälsingborgs Byggelement AB	X	X	X	X	X	
8. AB SCG Vinkelelem.syst.	X	X	X	X	X	
9. AB SCG Kroksbäck	X	X	X	X	X	
10. Norrköpings Byggelement AB	X	X	X	X	X	
11. Ohlsson & Skarne AB	X	X	X	X	X	
12. Göteborgs Stads Bostads AB	X	X	X		X	

FIG. 15. De tolv svenska betongelementmetoderna för flerfamiljshus fördelar sig på en bjälklags-elementmetod, tio skivelementmetoder och en skiv /volyelementmetod.

\* Dessutom tillverkas vid fabrikerna i olika omfattning: kulvertelement, trapphuselement, våtplattor, sockelbalkar, hisselement (se rapport nr 1).

ett delmål att komma fram till hur skillnaden i förtillverkningsgrad mellan byggmetoderna inverkar på logistiksystemet. I ledet mellan fabrik och byggplats inverkar ju byggmetoden på:

1. Fysiska aktiviteter t.ex. val av hanteringsutrustning, val av transportmedel.
2. Organisation och styrning, då ju högre förtillverkningsgraden är, desto större del av byggplatsens materialbehov täckes via elementfabriken, som därvid bör få en ny materialstyrande funktion.

När en förbättrad koppling mellan fabrik- och byggplats åstadkommit är det på sikt även möjligt att ange bl.a. hur sambandet är mellan förtillverkningsgrad och transportkostnad för olika transportavstånd.

Om det då visar sig att t.ex. produktionskostnaden sjunker med ökad förtillverkningsgrad och samtidigt transportkostnaden ökar kan man beräkna på vilka transportavstånd t.ex. en volymentelementmetod kan konkurrera med andra metoder.

#### 4.3 Elementbeskrivning

De faktorer, eller variabler, som bestämmer ett logistiksystems funktion är:

- |                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| 1. Produkt      | - | vad        |
| 2. Produktmängd | - | hur mycket |
| 3. Tidpunkt     | - | när        |
| 4. Tidmängd     | - | hur länge  |
| 5. Väg/plats    | - | var        |
| 6. Metod        | - | hur        |

Produkten, byggmetoden, har alltså avgörande inverkan på systemets uppbyggnad och funktion. Produkten utgöres här av de valda och studerade betongelementsortimenten (FIG. 16).

Av varje elementtyp förekommer ett stort antal varianter. Antalet varianter ändras från byggobjekt till byggobjekt, varför tabellen nedan beskriver ett dagsläge.



ELEMENTTYP	SKIVELEMENT- METOD	SKIVELEMENT- VOLYMELEMENT- METOD	VOLYMELEMENT- METOD
Volymelement		3	1
Bjälklagsele- ment	12	77	Endast skillnad med avseende på inredning och VVS-inst.
Väggelement	11	46	
Fasadelement	12	41	
Gavelement		50	
Balkongelement	6	22	
Trappelement	8		
	<hr/> 49	<hr/> 239	<hr/> 1

Utgångspunkten för denna tabell har endast varit de faktorer som inverkar vid elementens transport och montering. Tabellen visar alltså inte något ensidigt framhållande av volymelementmetoden.

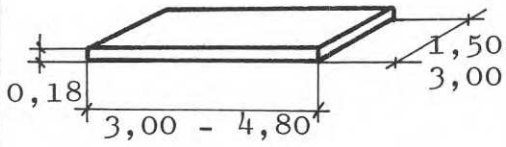
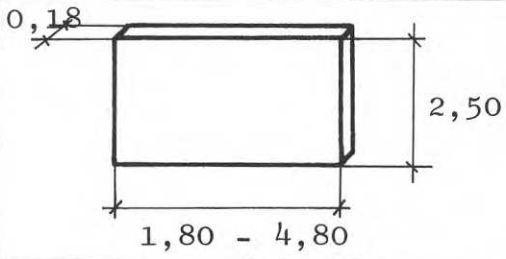
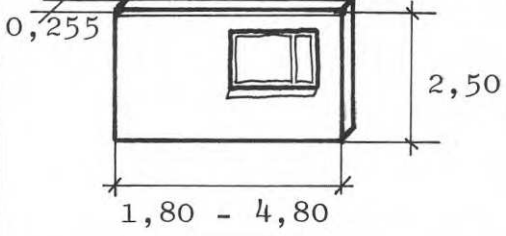
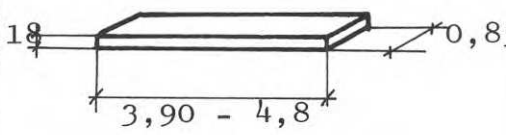
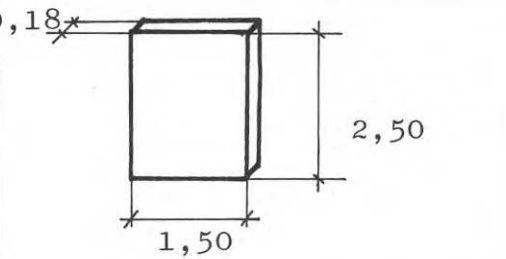
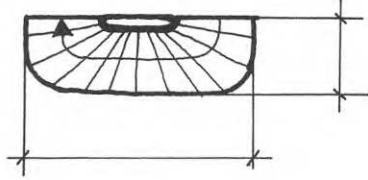
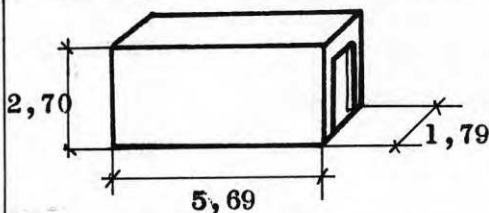
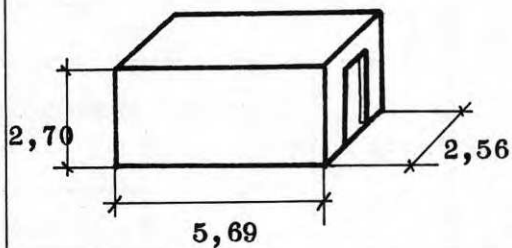
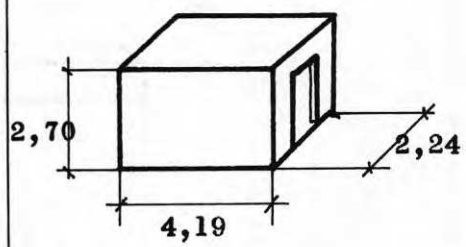
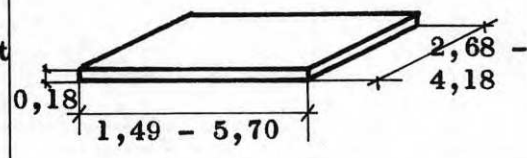
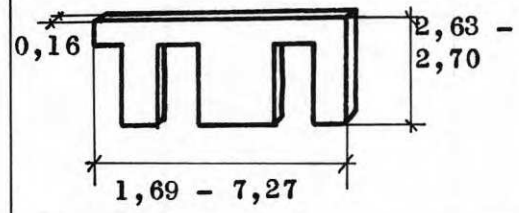
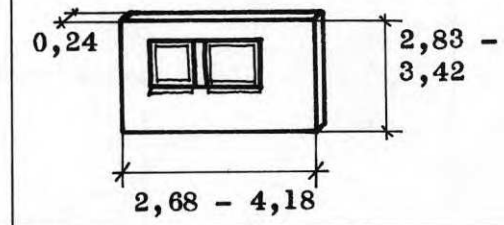
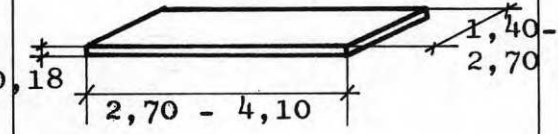
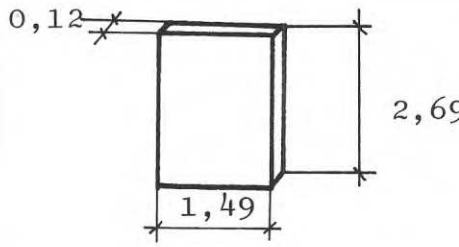
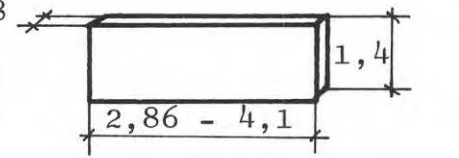
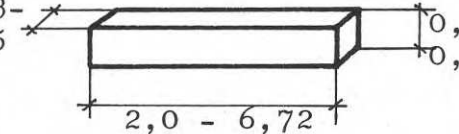
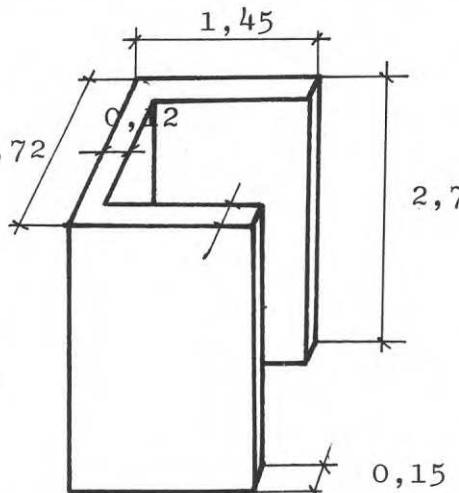
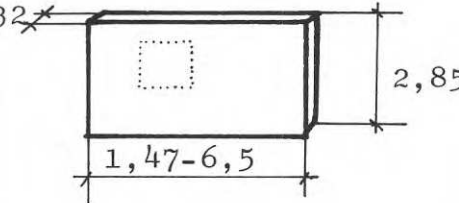
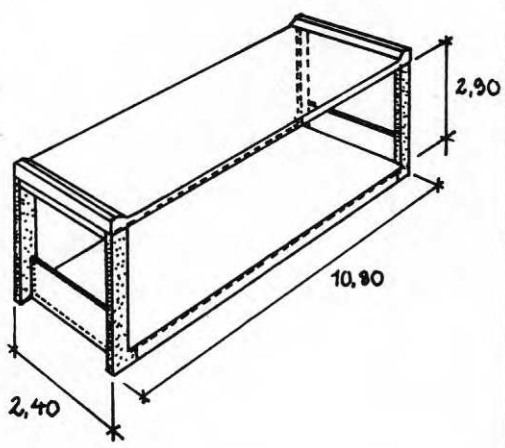
BYGG- METOD	SORTIMENT		
	Elementtyp	Dimension, m	Vikt, ton
SKIV- ELEMENT- METOD	Bjälklags- element		3,95 - 6,10
	Väggelement		1,90 - 5,10
	Fasadelement		2,00 - 6,20
	Balkong- plattor		2,20 - 3,30
	Balkongsidor		1,30
	Trappelement		
	<u>Dessutom tillverkas:</u> kulvertplattor sockelbalkar specialelement		

FIG. 16 Produktionen, i detta fall elementsortimentet har avgörande betydelse för logistiksystemets konstruktion och funktion. Figuren visar ingående elementtyper i de studerade byggmetodernas sortiment.

BYGGMETOD	S O R T I M E N T		
	Elementtyp	Dimension, m	Vikt, ton
SKIV- ELEMENT / VOLYM- ELEMENT METOD	Volymelement, Bad, TV, WC		13,8
	Volymelement, Kök		14,6
	Volymelement, Pentry, Bad		12,0
	Bjälklagslement		1,2 - 7,4
	Väggelement		1,4 - 7,3
	Fasdelement		0,9 - 3,4
	Balkongplattor		1,2 - 2,6

BYGG-METOD	S O R T I M E N T		
	Elementtyp	Dimension, m	Vikt, ton
SKIVELE- MENT/VO- LYMELE- MENTMETOD	Balkongskivor		1,2
	Balkongfronter		0,8 - 1,1
	Balkar		0,45 - 1,8
			4,2
	Gavelement		2,1 - 9,1
	<u>Dessutom tillverkas:</u> hisselement grundbalkar specialelement		

BYGGMETOD	S O R T I M E N T		
	Elementtyp	Dimension, m	Vikt, ton
VOLYM ELEMENT METOD	Volymelement		15,0 - 18,0

## KAPITEL 5

### DAGENS KOPPLING MELLAN ELEMENTFABRIK OCH BYGGPLATS VISAR STORT UTRYMME FÖR FÖRBÄTTRINGAR

Kopplingen mellan fabrik och byggplats omfattar enligt tidigare logistikaktiviteterna:

1. montering av element på byggplats
2. mellanlagring av element på byggplats
3. förflyttning från fabrik till byggplats
4. lastning av element vid fabrik
5. lagring av element vid fabrik
6. transport av element mellan fabrik och färdiglager

Dessa aktiviteter ingår idag i två olika transportcykler, fabrik till lager och lager till byggplats, vars koppling då är färdiglagret för element vid fabrik. Kopplingen mellan dessa transportcykler blir färdiglagrets hanteringsutrustning och personal vid arbete både med uthantering av element från produktionen till färdiglager och lastning av transportmedel. Vid val av annan transportutrustning än vad som idag användes, t.ex. bockar för uppställning av element i produktionen och som inte lossas förrän vid montering på byggplats, skulle då även bockarnas lastförmåga, utseende och lastsammansättning påverka den direkta kopplingen mellan fabrik och byggplats.

För att få en uppfattning om utrymmet för rationaliseringar och hur aktiviteterna påverkar varandra är det enligt vad som tidigare sagts nödvändigt att genomföra detaljstudier på vissa av aktiviteterna. För volymelementmetoden har av praktiska skäl inte lika detaljerade studier som för de andra byggmetoderna kunnat genomföras. De tider, som anges för denna metod, är helt baserade på uppgifter från hur en fransk volymelementfabrik arbetar.



### 5.1 Montering av betongelement på byggplats

Den mycket noggranna planeringen och samordningen mellan transport av element och montering ställer stora krav på elementfabrikernas och byggplatsernas organisation, personal och utrustning. Vad en monteringsstudie ger är en uppfattning om, hur väl nuläget uppfyller dessa logistiska krav eller vilka krav som idag inte uppfylles. Med utgångspunkt från detta kan en alternativgenerering ske med koppling till externtransport och färdiglagerhantering.

Nulägesbeskrivningen för de tre byggmetoderna genomfördes i form av metod- och störningsstudier på monteringspersonal och monteringskranar. Metodstudierna sammanställdes i ett inledningsskede till monteringsförutsättningar samtidigt som terminologi utvecklades (FIG. 17 - 21). Det visade sig att för störningsstudierna ett studium av monteringskranarna var lämpligast. Detta av det skälet att samtliga störningar på monteringsoperationerna direkt återspeglade sig på monteringskranarnas arbete.

På de studerade byggplatserna var monteringskranen den enda förekommande kranen vilket medförde, att kranen förutom till elementmontering för de två byggmetoderna med lägsta förtillverkningsgraderna även användes till hantering av träpartier, armering, brukskärror, skyddsräcken m m.

Då kranen är bunden till hela monteringscykeln orsakar alltså varje störning på elementmonteringen en störning på kranarbetet. Om endast hantering av element studeras, blir kranens arbete med annan hantering en direkt störning på elementmonteringen. Betraktas däremot hela arbetet på byggplatsen, kan monteringskranen användas till att uppta störningar på elementmonteringen. Det är denna senare utgångspunkt som här använts, då leveranstakten till byggplats oftast är anpassad till att kranen används för andra arbetsuppgifter än elementmontering. Vid en leveransför-

<b>MONTERINGSPERSONAL</b>			
PERSONALKATEGORI \ BYGGMETOD	SKIV-ELEMENT	SKIV/VOLYM-ELEMENT	VOLYM-ELEMENT
MONTERINGSFÖRMAN		1	2
KRANFÖRARE	1	1	1
KRANMEDHJÄLPARE	1	1	1
MONTERARE	2	2	4
MONTERINGSMEDHJÄLPARE (armering, fogning, håldagning m.m.)	4	4	6
SUMMA PERSONAL	8	9	12

FIG. 17. Erforderlig monteringspersonal på byggsplats för de tre betong-elementmetoderna.

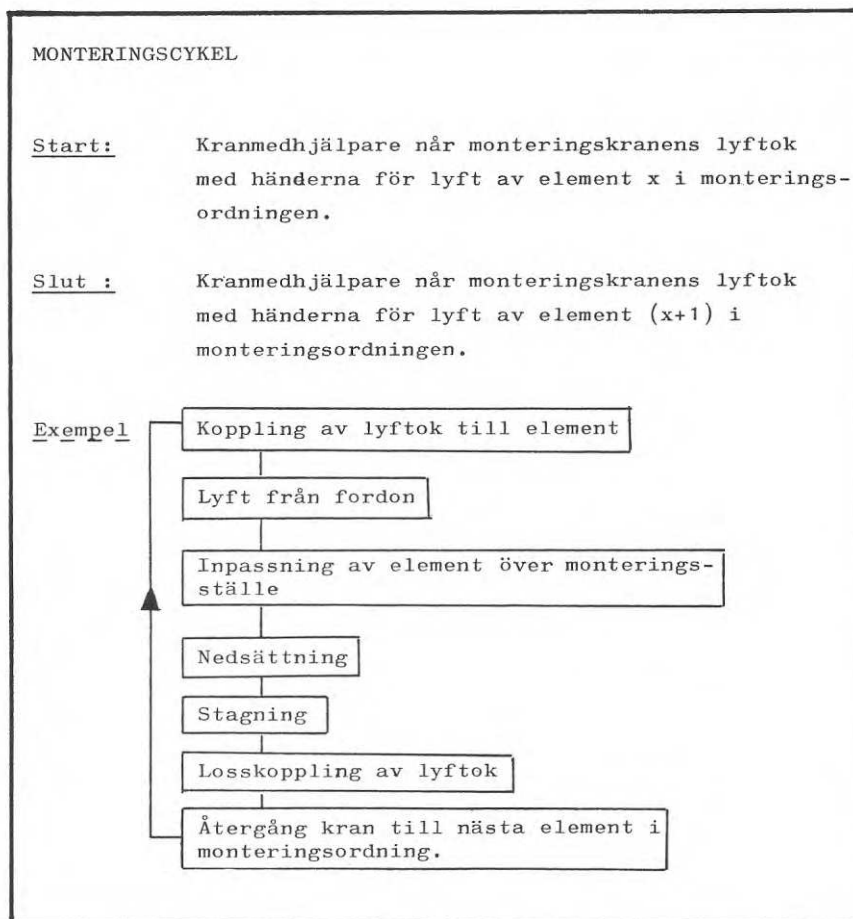


FIG. 18. Avgränsning av och ingående operationer i begreppet monteringscykel.

## EXEMPEL PÅ MONTERINGSFÖRBEREDELSE

<i>Elementtyp</i>	<i>Operationer</i>
VOLYMELEMENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- placering av 16 distansjärn på föregående, underliggande v.e.</li> <li>- borttagande av 4 lyftöglor på föregående v.e.</li> <li>- borttagande av skyddsplatta över VVS-schakt på badrumsunit</li> <li>- placering av tätningskrage av gummi VVS-schakt.</li> <li>- inställning av ok.</li> </ul>
GAVELEMENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- avskruvning av muttrar för lyftbultar</li> <li>- borrning av 4 hål i bjälklag för 4 stag till 2 av 3 element. Det tredje elementet stagas av v.e.</li> </ul>
MELLANVÄGGSELEMENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- placering av distansjärn i elementfog på 3 ställen för varje element</li> <li>- borrning av 2 hål i bjälklag för 2 stag</li> <li>- avskruvning av muttrar för lyftbultar</li> </ul>
BJÄLKLAGELEMENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- placering av tätningslist i tvärgående rumsfog.</li> </ul>
FASAELEMENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- borttagande av skyddsräcken från tidigare monterade element.</li> <li>- applicering av tätningslist i fogens ytterkant.</li> <li>- fr.o.m. 3:e våningsplan: påtagning av säkerhets-selar.</li> </ul>
HISSELEMENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- borttagande av skyddsräcke, som sedan placeras på monterat element</li> </ul>
TRAPPELEMENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- borttagande av 4 wirelyftöglor från trapphusbjälklagelement med skärrondell</li> </ul>
SOPNEDKASTELEMENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- borttagande av skydd, som sedan placeras på monterat element</li> </ul>
ÖVRIGT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 mättekniker kontrollmåtar och avväger varje våningsplan. Samtliga elements position kontrolleras.</li> </ul>

FIG. 19. Monteringsförberedelserna varierar med byggmetoden. Figuren visar monteringsförberedelser för skiv/volymelementmetoden.

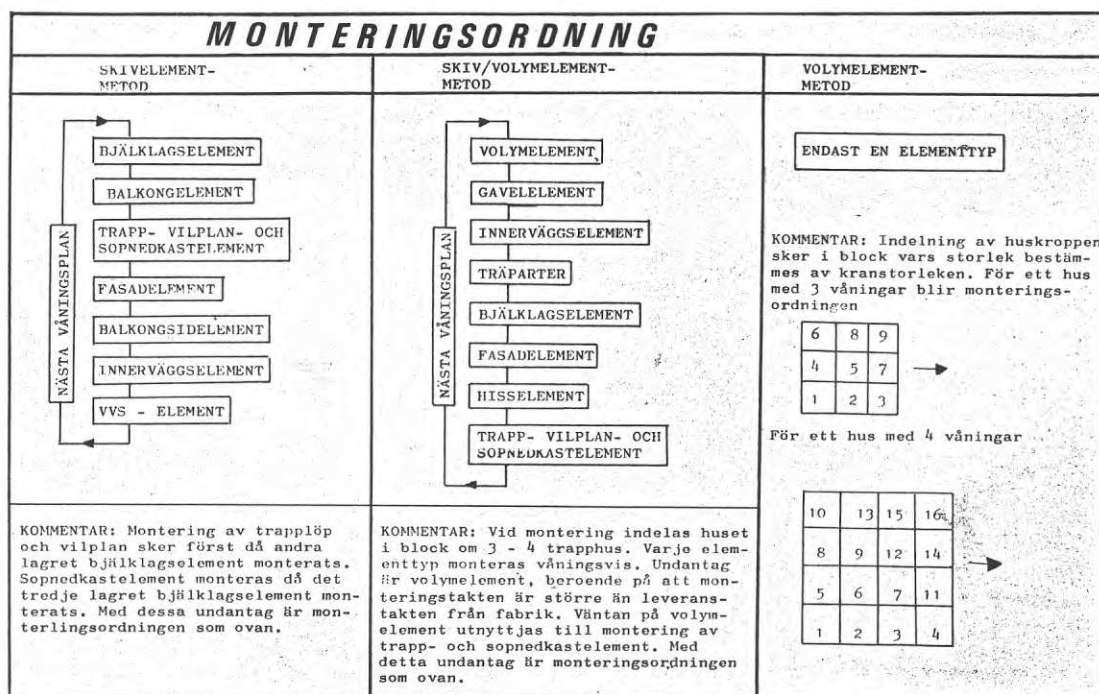
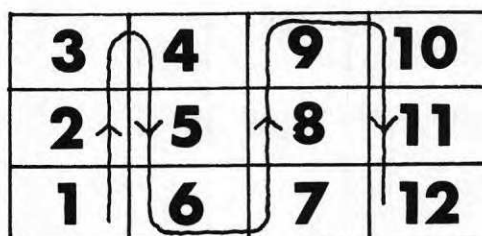


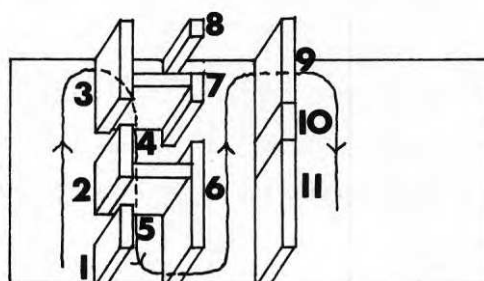
FIG. 20. Monteringsordning för de tre studerade byggmetoderna.

# EXEMPEL PÅ MONTERINGSGÅNG VID SKIVELEMENTMETOD

## BJÄLKLAGELEMENT



## MELLANVÄGGSELEMENT



## FASADELEMENT

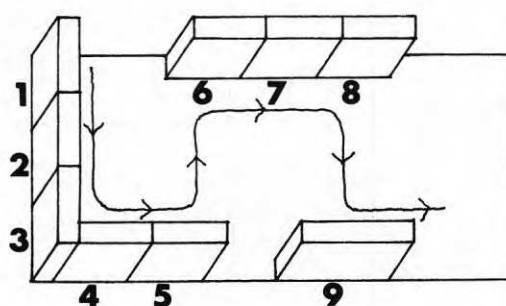


FIG. 21. Monteringsgång vid den studerade skivelementmetoden.

sening har då endast den tid, då kranen står stilla, betraktats som störning. Möjligheten att uppta dessa störningar genom övergång till annat arbete med kranen minskar med ökad förtillverkningsgrad på elementen. Vid den i detta projekt studerade volymelementmetoden finns i praktiken inga sådana möjligheter. Varje störning t ex på leveranserna ger då en direkt störning på monteringskranens arbete, eftersom mellanlagring av element mellan fabrik och byggsplats ej förekommer.

Vid monteringsstudierna antecknades för varje monteringscykel starttidpunkt, sluttidpunkt, elementlittera eller typ av annat material och typ av störning. Av praktiska skäl kunde detaljstudier på monteringsaktiviteter ej utföras för volymelementmetoden.

Vid klassificering av tidsåtgång för olika aktiviteter tillämpas "Datagruppens" system.

Den grövre uppdelningen av total tidsåtgång framgår nedan.

OPERATIONENS TOTALTID				
DRIFTTID				DRIFT- AV- BROTTS- TID
METODTID		ARBETSPLATS- TILLSKOTTSTID		
SKAPA- TID	METOD- TILLSKOTTSTID	ARBETS- FREKVENT	TIDS- FREKVENT	

(DATAGRUPPEN I GÖTEBORG, RAPPORT NR 9 1969).



Tidsfrekvent		Arbetsfrekvent	
Apl-tillskottstid	Apl-Tf	Apl-tillskottstid	Apl-Af
Arbetsmiljö-tillskottstid Apl-Tf-Am		Kopplings-tillskottstid Apl-Af-Ko	
Arbetskrafts-tillskottstid Apl-Tf-Ak		Arbetsmiljö-tillskottstid Apl-Af-Am	
		Arbetskrafts-tillskottstid Apl-Af-Ak	
		Väder/mörkertillskottstid Apl-Af-VM	
Io	Iordningställa operationsmedel (arbetare, utrustning, maskiner) material och operationsställe vid ordinarie avbrott i arbetet t ex morgon, kväll. Observera att "iordningställa" som är beroende av etapp eller mängd i operationen ingår i metoddtiden.	Ka	Kopplingstillskottstid vid kopplat arbete inom arbetsplatsen. Väntan eller åtgärd vid obalans i kopplingen till annan operation helt inom arbetsplatsen (byggnadsområdet). Gäller vid koppling till operationer inom såväl egna arbeten som under- och sidoentreprenader. Ex väntan hantlangning, hinder av framförvarande arbete.
Flo	Förflytta operationsmedel till och från operationsstället d v s gångtider vid ordinarie raster morgon, kväll, (hodar, förråd etc). Observera att "förflytta" som är beroende av etapp eller mängd i operationen ingår i metoddtiden.	Ku	Kopplingstillskottstid vid kopplat arbete delvis utanför arbetsplatsen. Väntan eller åtgärd vid obalans i kopplingen till annan operation delvis utanför arbetsplatsen. Gäller vid koppling till operationer inom såväl egna arbeten som under- och sidoentreprenader. Ex väntan på leverans av fabriksbetong, väntan på fordon vid borttransport av schaktmassor.
Ou	Outnyttjad arbetstid d v s sent ut och tidigt in vid raster, morgon, kväll. Icke ordinarie kaffepauser inklusive gångtid till och från bod etc.	Pl	Arbetsplanering, ritningsläsning, ordergivning, arbetssamtal, kontroll. Observera att kontinuerlig arbetsinstruktion, ritnings- och specifikationsläsning etc vid vissa operationer som kräver dylik ingår i metoddtiden.
		VÅ	Väntan eller åtgärd då något är fel, sönder eller saknas vad beträffar material, utrustning eller operationsställe. Observera att väntan på materialleverans hänförs till kopplingstillskottstid.
		Ou	Outnyttjad arbetstid i form av markant "snack" och avvikande från operationsstället under pågående operation.
		Pe	Personliga behov, kortare rökpauser, spontan paus (vila), kortare samtal etc. Observera att kontinuerlig återhämtning i arbetsfysiologiskt eller psykologiskt sett krävande operationer ingår i metoddtiden.
		Mö	Mörkertillskottstid. Väntan, hinder, åtgärd vid mörkersituationer, t ex vid byte av säkring, glödlampa, kabel. Observera att kontinuerlig förflyttning av lampor i samband med operation i mörka utrymmen ingår i metoddtiden.
		TNB	Temperatur, nederbörd och blåst-tillskottstid. Väntan, hinder, åtgärd vid kyla, regn, snö, blåst etc.

Resultat av monteringsstudier på skivelement- och skiv/volymelementmetoder

Byggplatsstudierna visar stort utrymme för rationalisering vid montering av betongelement. Metodtiden utgör, som framgår av FIG. 22 och 23, ca 70% av drifttiden för skivelement och skiv/volymelementmetoderna. Vad avser storlek och förekomst av störningar, så uppvisar de båda byggmetoderna i stort sett samma mönster. Metodtillskottstiden svarar för 10% respektive 20% av drifttiden. Den tid, som monteringskranen användes för vad den är avsedd till, dvs montering av element, utgör då ca 60% respektive 50% av drifttiden. Mot bakgrund av att målsättningen med transportsystemet i kopplingen mellan fabrik och byggplats är att på ett störningsfritt sätt förse monteringskranen med element måste "monteringstidens" andel av drifttiden anses liten. Med nuvarande kranutrustning på byggplats skulle genom störningselimineringar och smärre metodändringar monteringskapaciteten teoretiskt kunna ökas 80 - 100%. Teoretiskt, då en sådan ökning med säkerhet är vare sig praktiskt eller totalekonomiskt genomförbart.

En förteckning över de noterade störningarna kan och bör nu utarbetas med ej uppfyllda krav och preliminära förslag. Förteckningen kan se ut på nedanstående sätt. Denna förteckning kan sedan ligga till grund då alternativa metoder för förbättrad koppling fabrik - byggplats utarbetas. Förteckningen tar i detta läge ej hänsyn till huruvida det är ekonomiskt försvarbart att tillgodose samtliga ej uppfyllda krav.

# Skivelementmetod

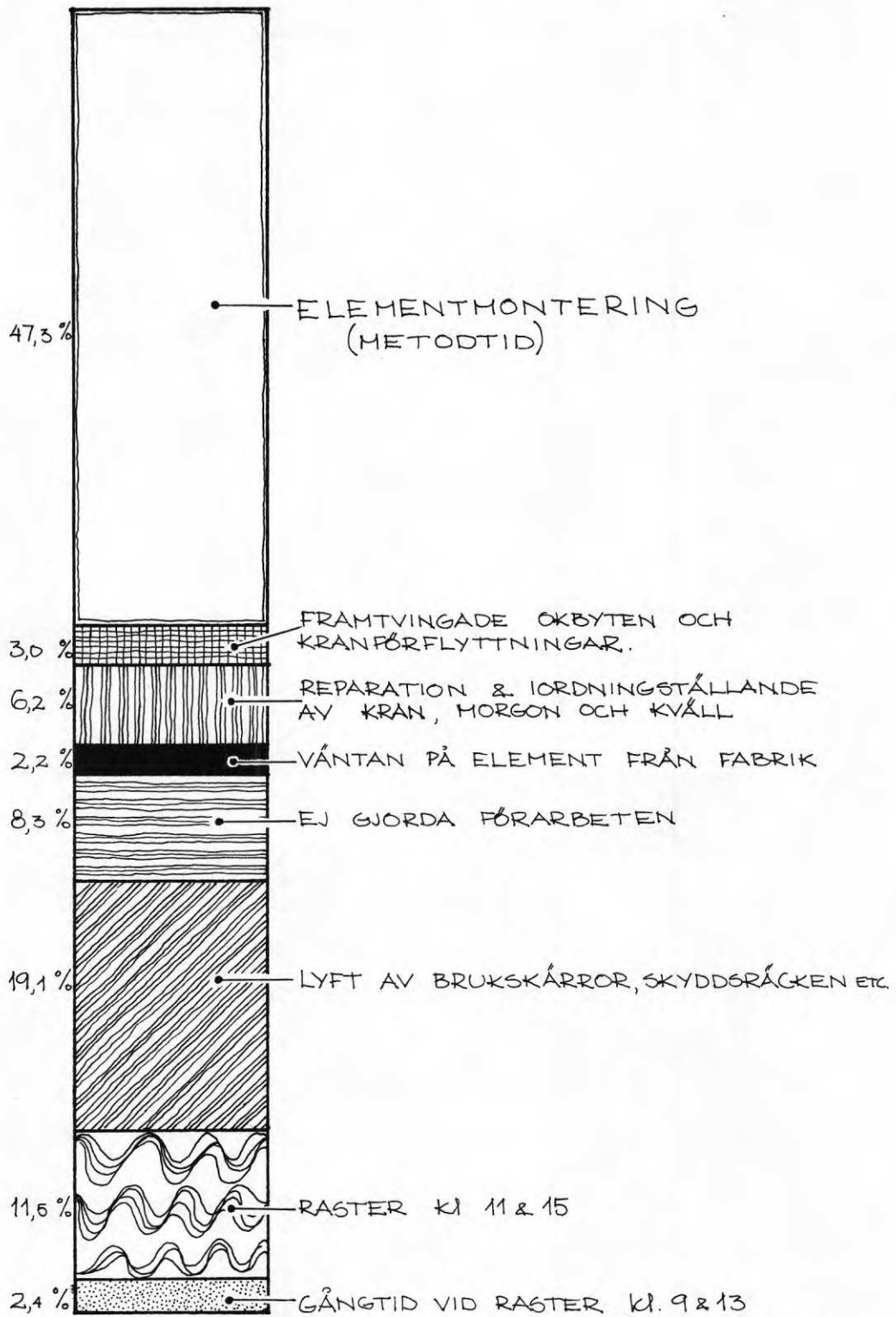


FIG. 22. Resultat av monteringsstudier på skivelementmetod.

## Skiv/Volymelementmetod

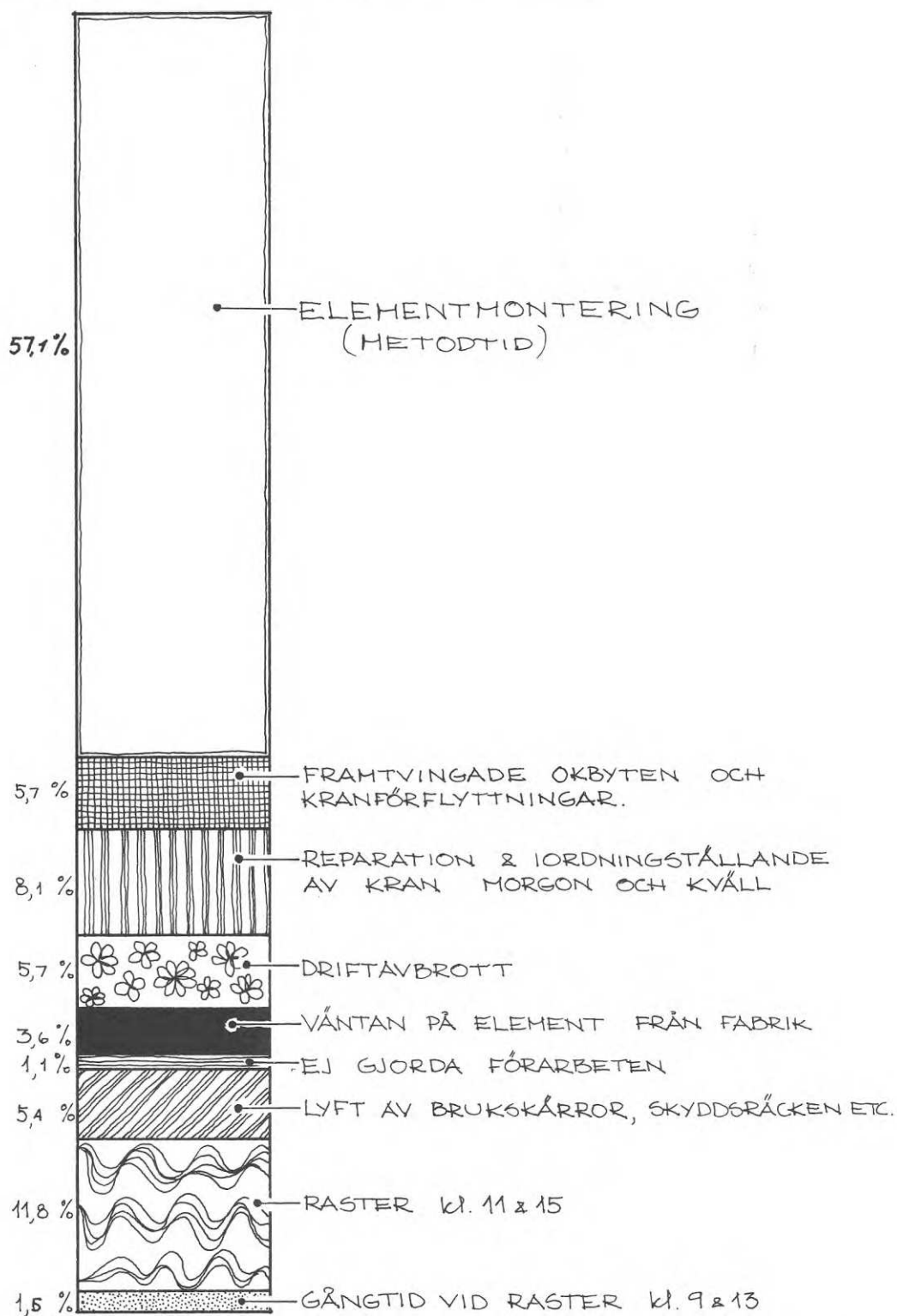


FIG. 23. Resultat av monteringsstudier på skiv/volymelementmetod.

StörningKrav och förslag

Hantering av bruks-  
kärror

Elimineras genom övergång till torr-  
bruk som redan användes för bjälklags-  
element

Hantering av skydds-  
räcken m m

Monteringskranen bör ej användas för  
denna hantering. Kan lösas genom att  
liten mobilkran sköter denna hantering

Reparation och iord-  
ningsställande av kran

Kan utföras utanför ordinarie arbets-  
tid med liten övertid för förare och  
medhjälpare

Ej utförda förarbeten

Framtvingade okbyten

Avvikelser från mon-  
teringsgång

Framtvingade kranför-  
flyttningar

Alt. 1: Minskning av kopplingen  
mellan elementleverans och  
montering genom nytt trans-  
portsystem

Alt. 2: Bättre styrning av element-  
leverans dvs hårdare kopp-  
ling fabrik- byggplats med  
nuvarande transportsystem  
med med annan organisation

### Arbetsplatskoefficienter

Arbetsplatskoefficienten definieras enligt Datagruppen (se rapport 9/69 från Byggforskningen) som:

$$\text{Arbetsplatskoefficient} = \frac{\text{drifftid-metodtid}}{\text{drifftid}} =$$

$$= \frac{\text{arbetsplatstillskottstid}}{\text{drifftid}}$$

Om materialet från störningstudierna klassificeras enligt Datagruppens system fås nedanstående arbetsplatskoefficienter för de studerade byggplatserna.

SKIVELEMENTMETOD		: 30,6 %
varav tidsfrekvent del	15,0 %	
arbetsfrekvent del	15,6 %	
SKIV/VOLYMELEMENTMETOD		: 27,6 %
varav tidsfrekvent del	13,9 %	
arbetsfrekvent del	13,7 %	

### Volymelementmetoden

Som framgått är monteringstakten i t.ex. lgh/dag beroende av många faktorer som:

- förberedelsetid för montering,
- kranutrustning,
- tillverkningstakt vid fabrik,
- ankomstfrekvens för fordon,
- elementstorlek,
- störningar på monteringen.

Förhållandena vid en volymelementmetod av typ "Elcon" som metodsstuderats men ej tidstuderats skiljer sig från de andra studerade metoderna. På grund av korta förberedelsetider för montering och kort monteringstid per element blir monterings- takten hög.



Vid jämförelse med de gjorda studierna på byggmetoder med lägre förtillverkningsgrad förekommer då ej störningar i form av:

- lyft av brukskärror
- okbyte
- ej utförda förarbeten

Monteringstakten på byggplats för system Elcon dimensioneras idag helt av fordonens ankomstfrekvens. Metodtiden för monteringskranen utgör då även för denna byggmetod ca 50 - 60% av drifttiden vid de studerade byggplatserna. Man har alltså medvetet valt att genom huvudsakligen ett färre antal fordon i transportsystemet mellan fabrik och byggplats minska monteringsstakten.

## 5.2 Transport av betongelement mellan fabrik och byggplats

Transport består av lastning + förflyttning + lossning. Ingen av dessa funktioner kan ses isolerad ifrån de andra. När det gäller slutna transportsystem, som skall betjäna en tillverkningsoperation t.ex. montering, eller som arbetar mellan tillverkningsoperationer, ställs stora krav på transportsystemets funktion och tidsstyrning. Dessa krav kan minskas genom tillgripande av buffertering eller överdimensionering av transportsystemen. I fallet med transport av **element mellan fabrik och byggplats** är huvudkravet, att monteringen ej skall avstanna eller störas pga att transportsystemet ej fungerar. Buffertering genom fränkoppling av semitrailers på byggplats tillgripes bl.a. därför. Transportsystemet blir ett serie-system till monteringen. Denna överdimensionering och buffertering får emellertid inte kosta för mycket. Totalekonomin i den logistiska delfunktionen som å ena sidan begränsas av tidsbufferten i fabriken och å andra sidan elementets plats i byggobjektet måste vara utslagsgivande. Många faktorer påverkar denna totalekonomi utifrån, som bör inverka då företagets totala



logistikfunktion betraktas. De svenska betongelementfabrikerna arbetar idag med konventionella transportsystem av typ dragbil och semitrailer (FIG. 24) med i många fall dålig styrning. Utvecklingen av nya system och nya transporttekniker har snabbt vuxit fram i och med ökad övergång till containerisering i Sverige. Samtidigt kommer kraven på elementfabrikernas transportsystem att successivt öka i och med längre transportavstånd. För att kunna möta de ökande kraven och för att förbättra dagens transportsituation antingen genom hårdare styrning eller nya metoder är det nödvändigt att ha en uppfattning om vilka praktiska påfrestningar, som idag arbetande transportsystem utsätts för. Påfrestningarna uppträder vanligtvis i form av störningar, och störningsstudier och störningseliminering vid slutna transportsystem har länge varit en central fråga inom den stationära industrin.

#### Nyttolast per körning

Fordonens tillåtna last varierar något mellan de olika semitrailertyperna, bl a beroende på om A-formade ställningen är löstagbar. Övervägande delen får dock ha en maximal last av ca 20 ton. Detta tillåter för de studerade byggmetoderna en samtidig lastning av de elementtyper, som visas i FIG. 25.

#### Dragbilsstudier vid skivelement- och skiv/volymelementmetoderna

De båda studerade svenska byggmetoderna arbetar med fordonskombinationen dragbil och semitrailer, där semitrailerna frånkopplas vid elementfabrik och byggplats. Undantag från denna regel är transport av volymelement i skiv/volymelementmetoden, där monteringskrav gör att fordonet är hopkopplat på byggplats. Skälet till att frånkoppling tillgrips är naturligtvis betingad av transportekonomiska orsaker. En dragbil kostar i inköp 4 - 5 ggr så mycket som en semitrailer. Dragbilen skall alltså för att minimera avskrivningen per ton






TRANSPORTMEDEL		
BYGGMETOD	TRANSPORTMEDEL	TRANSPORTERAD ELEMENTTYP
SKIVELEMENTMETOD	 Fast ställning	Mellanväggselement Fasadelement Gavelement
	 Lös ställning	Bjälklagselement Balkongplattor
SKIV/VOLYM-ELEMENTMETOD	 Lös ställning	Mellanväggselement Fasadelement Gavelement
	 	Bjälklagselement Volymelement Hisselement
VOLYMELEMENTMETOD		Volymelement

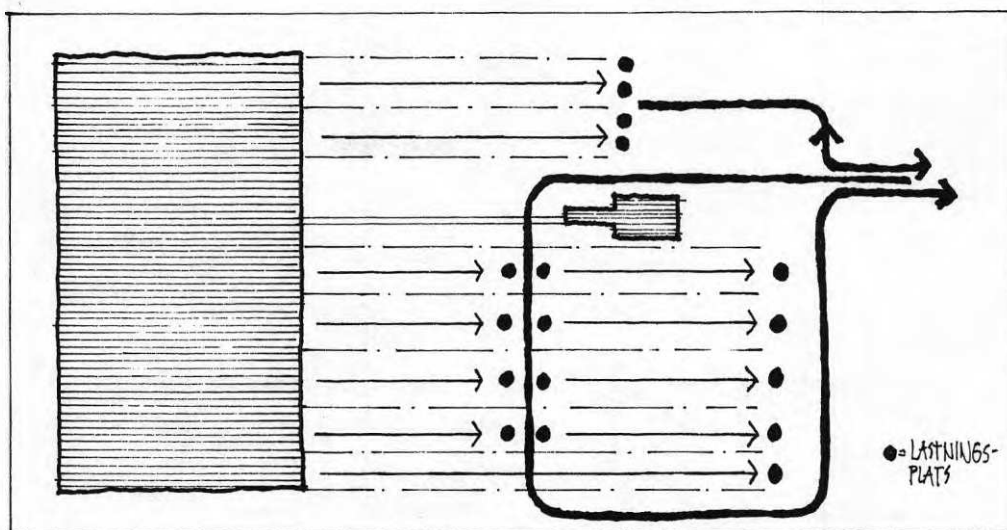
FIG. 24 De använda fordonskombinationerna var de i Sverige vanligast förekommande bestående av tvåaxliga dragbilar plus semitrailers av flaktyp och med nedsänkt lastyta. Semitrailerna utrustas för vissa elementtyper med A-formad ställning.

BYGGMETOD	ALTERNATIVA LASTKOMBINATIONER
SKIVELEMENTMETOD	3-4 BJÄLKLASSELEMENT
	5-6 MELLANVÄGGSELEMENT
	4-5 FASAELEMENT
SKIV/VOLYMELEMENTMETOD	1 VOLYMELEMENT
	3-6 MELLANVÄGGSELEMENT
	3-8 FASAELEMENT
	3-4 BJÄLKLASSELEMENT
VOLYMELEMENTMETOD	1 VOLYMELEMENT

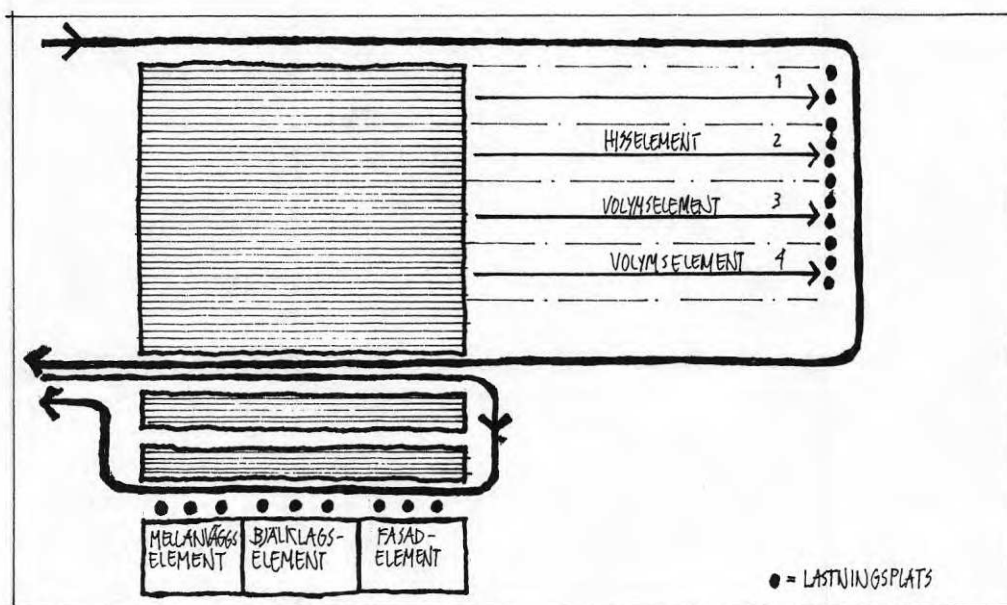
FIG. 25. Använda lastkombinationer till byggplats inom ramen för paragraf 54 i vägtrafikförordningen.

eller tonkm arbeta så effektivt som möjligt, dvs dragbilens metodtid skall utgöra en så stor andel av totala drifttiden som möjligt. Vid teoretiska konstruktioner räknar man också på detta sätt och då i många fall mycket optimistiskt när transportsystem mellan fabrik och byggplats konstrueras. Vanligtvis tilldelas till varje dragbil 3 semitrailer där en är under lastning på fabriken, en på väg mellan fabrik och byggplats, tom eller lastad, och en står under lossning på byggplatsen. Denna transportlösning är naturligtvis teoretiskt riktig och tilltalande och bör också kunna uppnås om en god organisatorisk styrning av transporten förefinns och om de störningar, som dagligen uppkommer på transporten, kan bemästras, så att de inte ackumuleras och fortplantar sig genom transportsystemet. Flera exempel finns på fall, där man ej lyckats med detta utan att man, om vi översätter förhållandena till vårt problem, vid en viss tidpunkt har haft samtliga semitrailers i en punkt t ex elementfabriken med åtföljande stopp på monteringen.

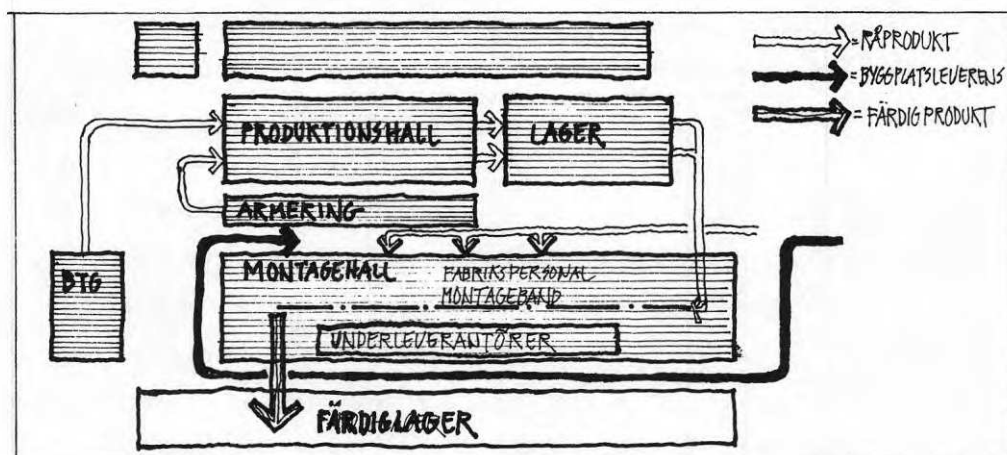
En av huvudtankegångarna i logistikteorin är därför, att man skall ha kontinuerlig information om materialflödena och transportmedlen, så att det totalekonomiskt bästa transportsystemet skall kunna kontrolleras och styras. Det är således vanskligt att konstruera ett transportsystem enbart med beräkningar av hur många fordon som behövs och hur körschema skall se ut för fordonsparken. De störningar, som i praktiken uppkommer, kan sätta det bästa teoretiska körschema ur funktion. För att vid konstruktion av ett praktiskt totalekonomiskt riktigt transportsystem kunna ta hänsyn till störningarnas art, storlek och förekomst är det väsentligt att känna till hur de idag inverkar på fungerande transportsystem. Liksom vid tidigare studier har Datagruppens terminologi använts vid redovisning av erhållna resultat. Vid studium av hur ett transportsystem elementfabrik - byggplats fungerar ger dragbilstudier generellt en god bild. (FIG. 26 - 31).



SKIVELEMENTMETOD



SKIV/VOLYMENTMETOD



VOLYMENTMETOD

FIG. 26 Vid samtliga tre elementfabriker hade körvägarna på fabriksområdet inplacerats så att rundkörning åstadkomms. Vägarna bör också inplaceras så att de högfrekventa elementleveranserna ej störs av andra transportaktiviteter.

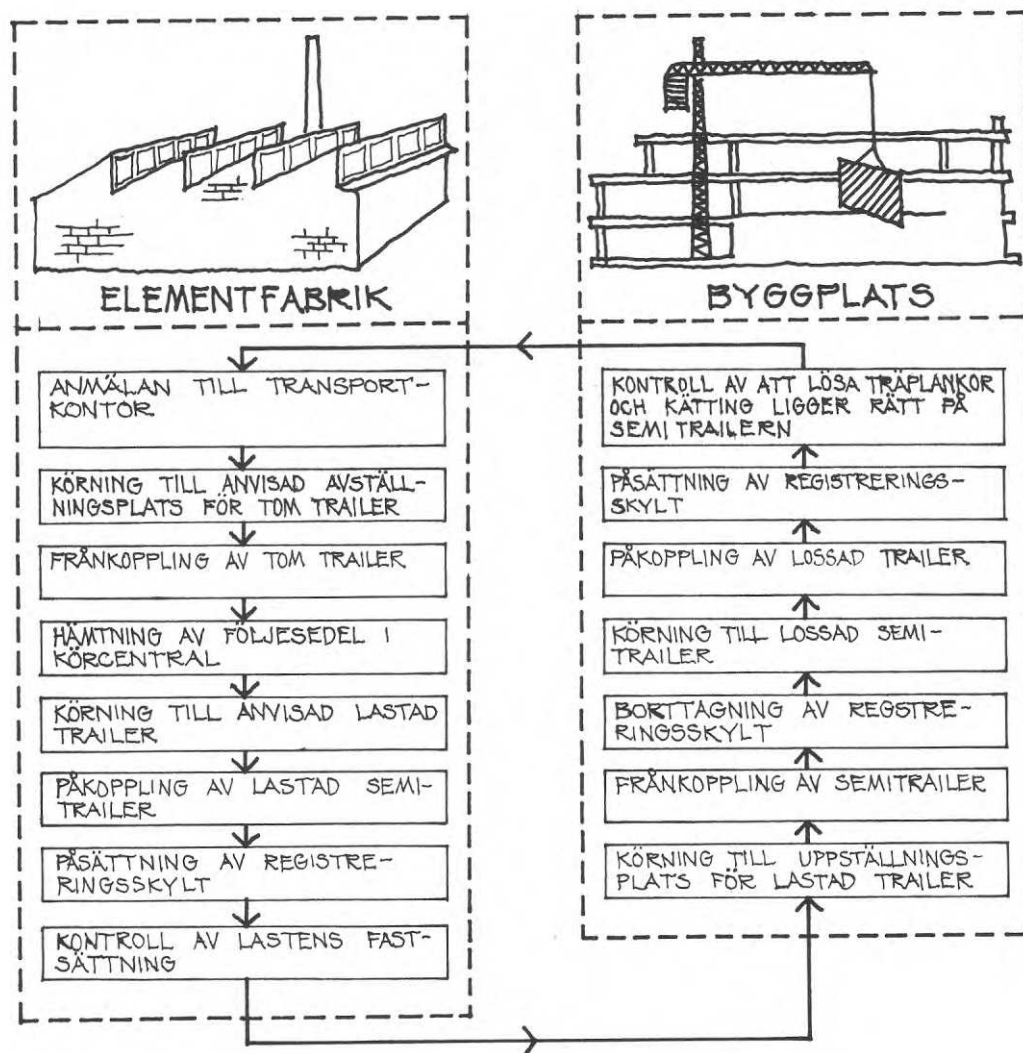


FIG. 27. Chaufförernas arbetscykel vid montering av skivelement. Vid montering av volymelement i skiv/volymelementmetoden blir fabriksaktiviteterna analoga medan på byggplats endast aktiviteterna "körning till monteringskran", "väntan på lossning" och "lossning" förekommer.



TRANSPORTAVSTÅND FABRIK—BYGGPLATS, KM			
SKIVELEMENT-METODEN		SKIY/VOLYMELEMENTMETODEN	VOLYMELEMENT-METODEN
8,6	9,5	6,5	3,5

FIG. 28. Två av de studerade elementfabrikerna ligger nära de studerade avsättningsobjekten. Medelavståndet mellan fabrik och byggplats är 13,5 km för 12 studerade byggplatser vid uppförande av betongelementbyggda flerfamiljshus.

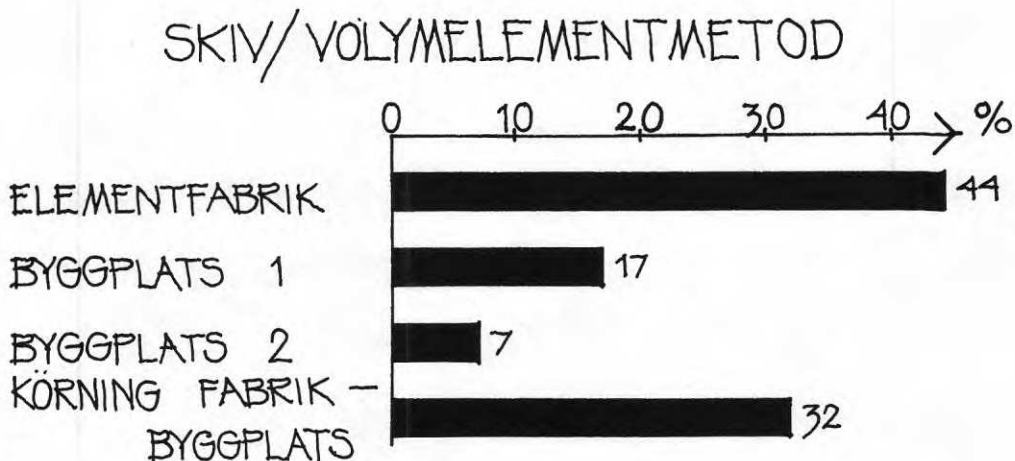
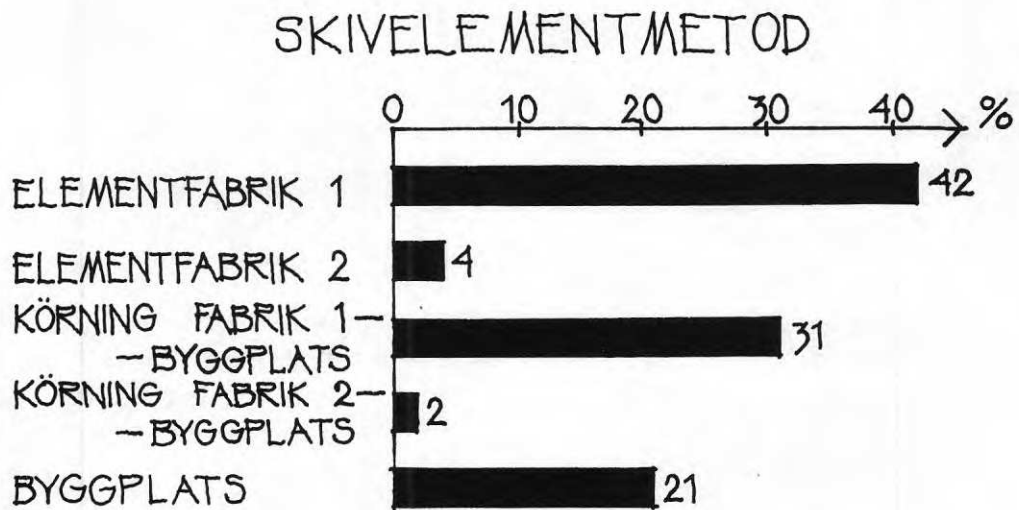


FIG. 29. Figurerna visar hur dragbilarnas totala arbetstid fördelade sig på:

- elementfabriker
- byggplatser
- förflyttning mellan fabrik och byggplats
- förflyttning mellan fabriker (skivelementmetod)

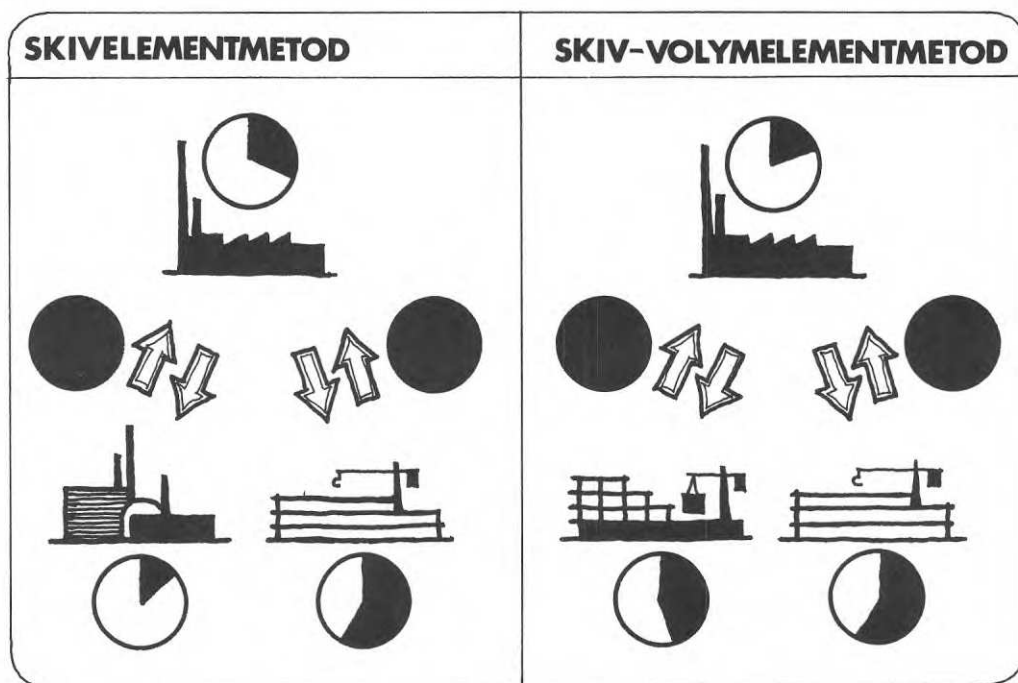




FIG. 30. De utförda dragbilsstudierna uppdelade på deltiderna vid elementfabrik, förflyttning mellan fabrik och byggplats.

Om då varje deltid studeras framgår att metoddtiden vid förflyttning är 100 % medan vid byggplats metoddtiden eller effektiva arbetstiden utgör ca 50 % och vid elementfabrikerna endast 12 %, 21 % och 32 % respektive.

 - Metoddid  
 - Arbetsplatstillskettstid



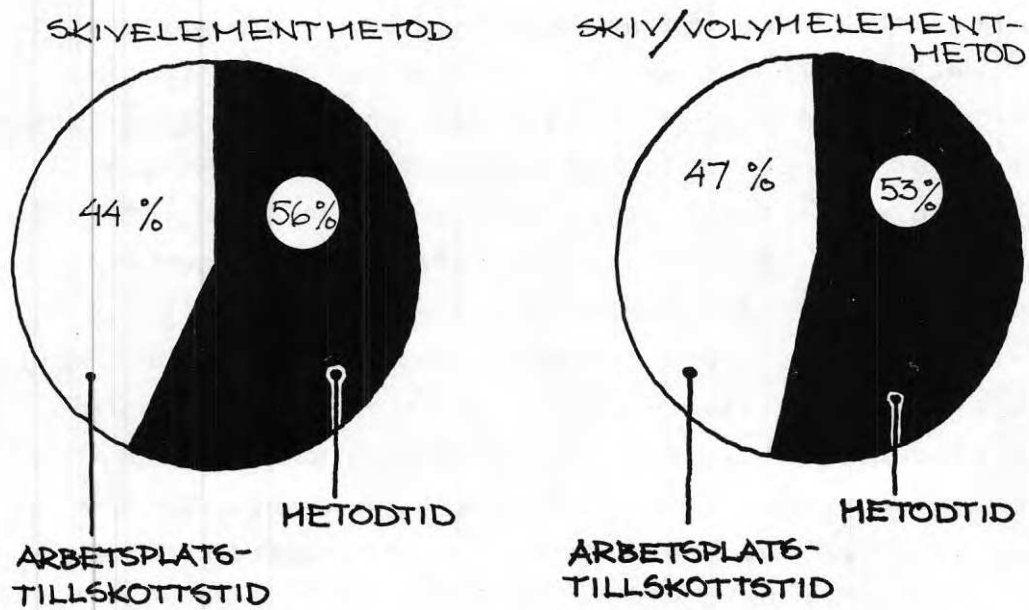


FIG. 31. Om de studerade dragbilarnas totala drifttid fördelas på metoddid och arbetsplats-tillskottstid framgår att metoddiden svarar för något mer än 50 %.

Som framgår svarar vid de studerade byggmetoderna dragbilarnas terminaltid på elementfabriker och byggplatser för ca 70 % av den totala arbetstiden. Detta procenttal får inte ses isolerat från de förutsättningar, som råder beträffande transportavstånd.

Eftersom operationsstegen för fordonen är identiska på byggplats och fabrik är det rimligt att antaga att procentandelarna av totala drifttiden skulle vara lika för fabrik och byggplats. De gjorda studierna visar att så inte är fallet. Tiden på elementfabrik svarar för ca 45% av totaltiden medan tiden på byggplatsen endast utgör något mer än 20 %. Man får därvid inte dra den förhastade slutsatsen, att det är i första hand vid elementfabriken, som eventuella rationaliseringar bör insättas. Enligt vårt logistiska synsätt betyder detta endast, att störningarna på kopplingen mellan fabrik och byggplats ger större utslag på fabriksaktiviteterna än på byggplatsaktiviteterna. Störningarna fortplantar sig snabbt i ett slutet system. De störningar, som ger utslag på fabriken, kan mycket väl härröra från störningar på monteringen vid byggplats.

Störningarna är nu redovisade vad avser total omfattning och omfattning i de enskilda komponenterna fabrik och byggplats och aktiviteten förflyttning. För att kunna totalförbättra kopplingen mellan fabrik och byggplats är det även nödvändigt att känna till arten av störningar och ha en uppfattning av storleken på varje störningstyp. Ett totalförbättrat transportsystem skall ju praktiskt kunna fungera så att dessa störningar i största möjliga utsträckning elimineras. Varje störning och eliminering av störning kostar. En avvägning måste därför även göras av vilka störningar som skall bortrationaliseras. Störningarnas art och storlek vid elementfabrikerna framgår av FIG. 32 - 33.

## DRAGBILSAKTIVITETER VID ELEMENTFABRIK

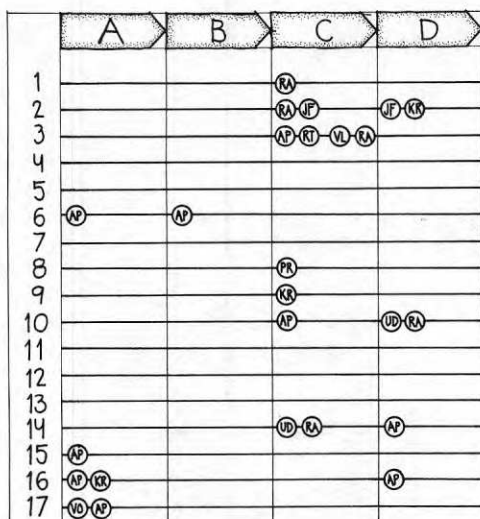
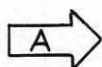
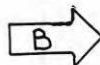


FIG. 32.



KÖRNING TILL UPPSTÄLLNINGSPLATS MED  
TOM SEMITRAILER



FRÅNKOPPLING AV TOM SEMITRAILER VID UPP-  
STÄLLNINGSPLATS



KÖRNING MED DRAGBIL TILL LASTAD SEMI-  
TRAILER



KOPPLING AV LASTAD SEMITRAILER TILL  
DRAGBIL

Dragbilens arbetscykel på elementfabrik utgöres vid fallett fränkoppling av semitrailer i den ideala cykeln av fyra st. operationssteg.

1. Körning till uppställningsplats med tom semetrailer.
2. Fränkoppling av tom semitrailer på uppställningsplats.
3. Körning från uppställningsplats till lastad semitrailer.
4. Koppling av lastad semitrailer.

I praktiken sker en mängd avsteg från detta ideala schema trots möjligheter till god styrning. Avvikelserna uppträder i form av störningar mellan ovanstående operationssteg. Exempel från 17 dragbilscykler vid skiv/volyelementmetod.

## "STÖRNINGSKOD"

- AP: Arbetsplanering  
 JF: Justering av fordon  
 JL: Justering av lastfixering  
 KR: Körrapport  
 LY: Till lastning av ytterligare element  
 PR: Privat  
 RA: Rast  
 RT: Rangering av tomma semitrailers  
 UD: Till uppställning av dragbil  
 VA: Väntan på avgång till byggplats  
 VF: Väntan på följebil  
 VL: Väntan på lastning  
 VO: Väntan på ordergivning  
 VT: Väntan på lastning av annan semitrailer  
 VÄ: Vändning

# DRAGBIL PÅ ELEMENTFABRIK

## SKIVELEMENTMETOD

## SKIV-VOLYM - ELEMENTMETOD

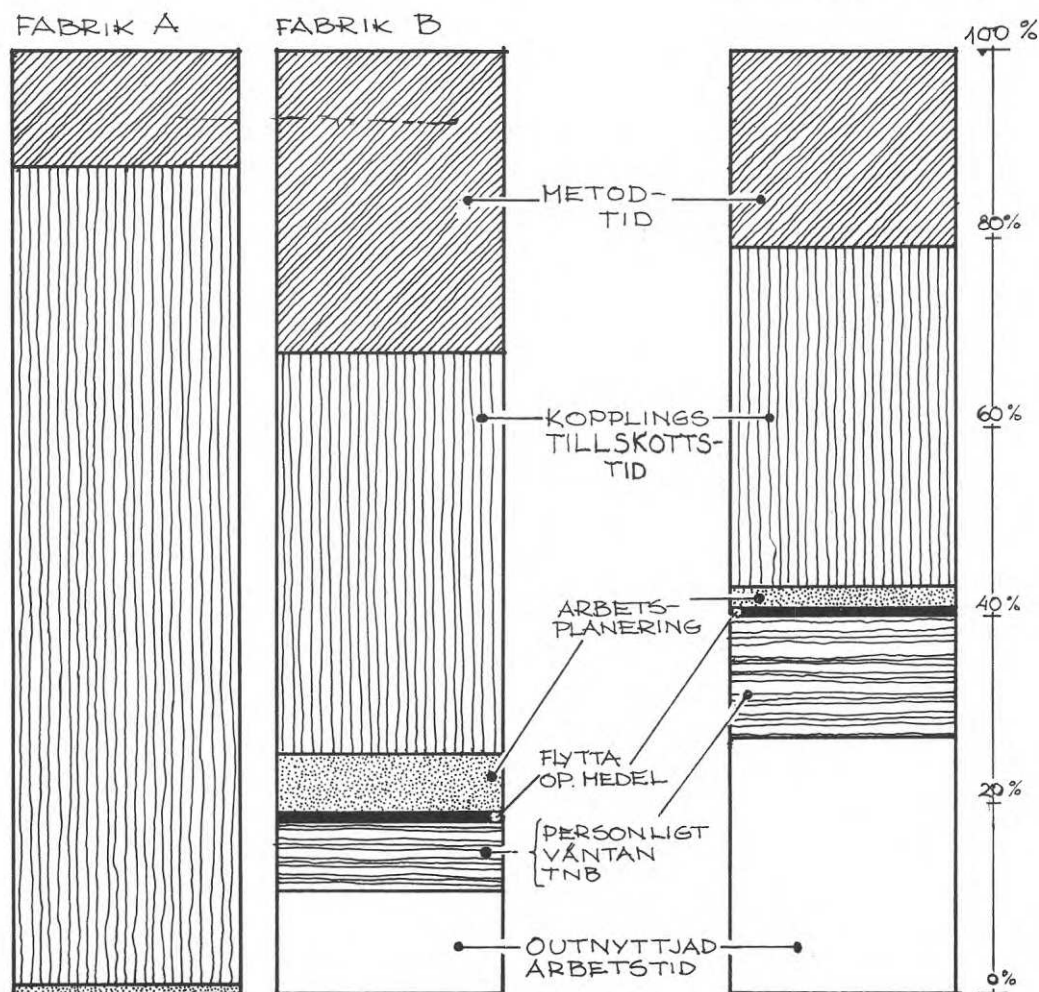


FIG. 33. Störningsstudier på dragbil vid elementfabrik för tillverkning enligt skiv- och skiv/volymelementmetoderna visar bl.a. att metoddtiden d.v.s. summa tiden för de "ideala operationsstegen" i FIG. 32 svarade för mellan 12 % och 32 % av totala arbetstiden. Figuren visar även förekommande störningar.

Kommentar till förekommande störningar vid fabrikerna

- Outnyttjad arbetstid: består till största delen av raster. Vissa av dessa raster visade sig vara en direkt följd av bristande koppling lastning av trailer - förflyttning till byggplats. Detta innebär att en icke avgränsbar del av denna tid skulle hänförs till kopplingsstörning.
- Väntan eller åtgärd: reparation av fordon utgör största delen av störningen.
- Kopplingstillskottstid: tiden härför utgöres nästan uteslutande av tillskottstid vid kopplingen lastning av trailer - förflyttning till byggplats. Bidragande orsaker till denna störning visade sig vara bristande arbetsplanering och att lastningen ej kunnat utföras på fabrik på grund av för få semitrailers.
- Arbetsplanering: består uteslutande av samtal om arbetet chaufför - arbetsledare eller chaufför - chaufför. I vissa fall var arbetsledningen vid fabriken svår att få kontakt med, varför en onödigt stor del blev resone-mang mellan chaufförerna.

Störningarnas art och storlek för byggplatserna framgår av FIG. 34.

Kommentar till vissa störningar på dragbilar vid byggplatser (FIG. 34)

Outnyttjad arbetstid: utgöres av arbets-  
raster

Kopplingstillskotts- utgöres av dels väntan som  
tid inom arbets- uppstod då flera ekipage sam-  
platsen: tidigt ankom till byggplatsen.  
Studerad dragbil fick därvid  
vänta till framförvarande bil  
ställt semitrailer på uppställ-  
ningsplats och kört därifrån.  
Dels ingår väntan på lossning.

Väntan eller åtgärd: utgöres av hinderröjning bl.a.

Arbetsplanering: utgöres till största delen av  
samtal om arbetet med arbets-  
ledning. Större delen av en-  
gångsföreteelse då semitrailer  
skulle lossas på ej ordinarie  
plats.

Semitrailerstudier vid skivelement- och skiv/volym-  
elementmetoderna (FIG. 35 - 38)

Till varje dragbil brukar en tilldelning av tre semi-  
trailers göras i den typ av transportsystem, som är  
dominerande för de svenska betongelementfabrikerna,  
och som också de här studerade byggmetoderna represe-  
nterar. Kraven på hög andel metodtid av totala drifttiden  
på en elementfabriks semitrailerflotta är då även mindre  
än motsvarande krav på dragbilarna. För att tillgodose  
kraven på störningsfri montering på byggplatsen och hög  
produktivitet på dragbilarna överdimensionerar man idag  
vanligen antalet semitrailers i transportsystemen.  
Detta i kombination med tidigare resonemang ger att  
metodtiden för varje semitrailer i transportsystemet  
ytterligare minskar. För att få fram hur många semi-  
trailers som används (FIG. 35) och utnyttjningen av

# DRAGBIL PÅ BYGGPLATSER

## SKIVELEMENT- METOD

## SKIV-VOLYMELEMENTMETOD

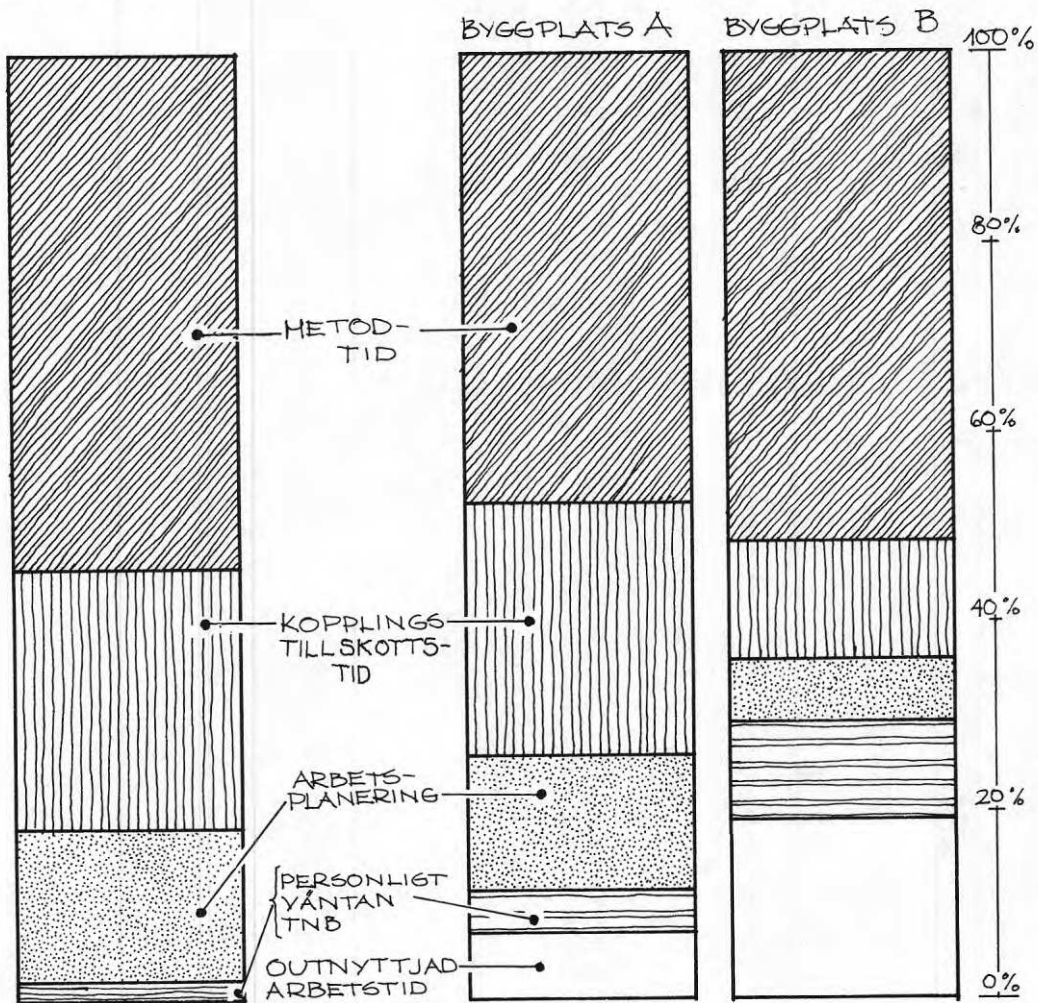
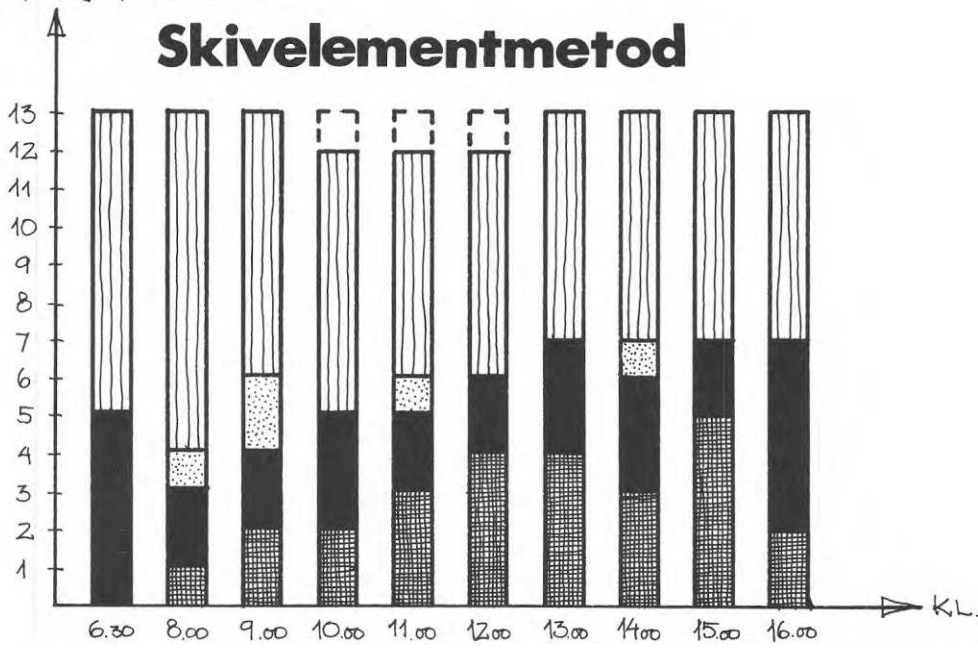


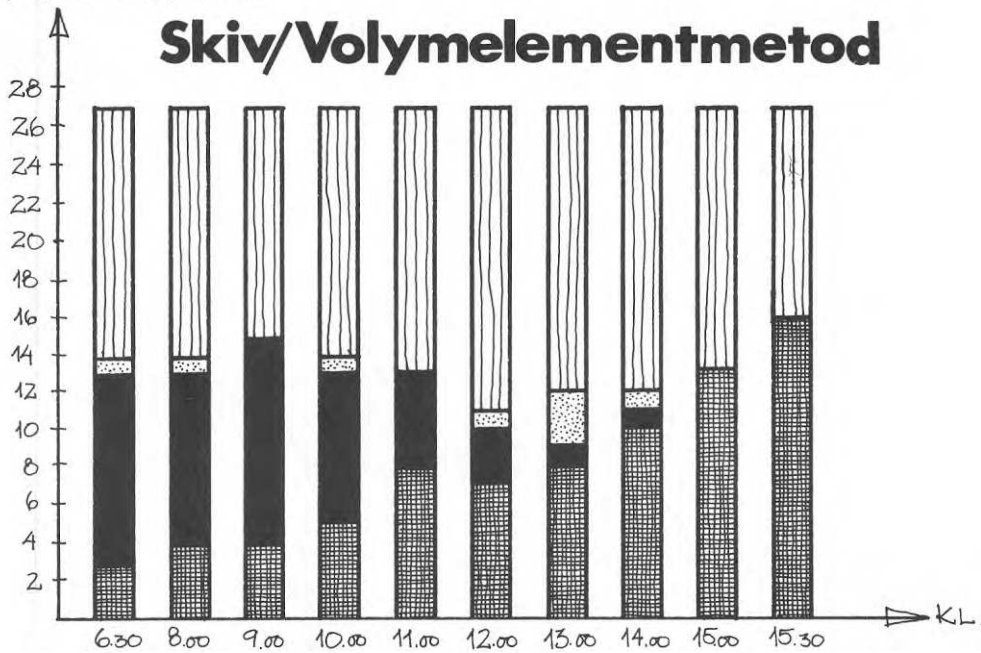
FIG. 34. Resultat av störningsstudier på dragbil vid byggplats med uppdelning av arbetstiden på förekommande störningar..



### Skivelementmetod



### Skiv/Volymelementmetod



VID FABRIK OLÄSTADE



VID FABRIK UNDER LÄSTNING



VID FABRIK LÄSTADE



VID BYGGPLATS ELLER UNDER FÖRFLYTTNING

FIG. 35 Totala antalet använda semitrailers en normaldag med uppdelning av semitrailerna på olika platser i transportkedjan fabrik - byggplats.

dessa (FIG. 36) gjordes tidsstudier. Förhållandet mellan antal och utnyttjning i praktiken bör kännas till då alternativa metoder att utföra transporten mellan fabrik och byggplats diskuteras.

Antalet semitrailers i transportsystemet fabrik - byggplats (FIG. 36) var i genomsnitt för

- skivelementmetoden 13 st
- skiv/volyelementmetoden 27 st

#### Transportmedelsstudier vid volyelementmetod

De transporttekniska förhållandena och förutsättningarna för transport av volyelement mellan fabrik och byggplats skiljer sig vid den studerade volyelementmetoden betydligt från skivelement- och skiv/volyelementmetoderna. Genom att man minskat monteringskapaciteten på byggplatsen, har kraven på transportsystemet minskat. Detta har inneburit att kranen väntar på transportmedlena. Extremt korta lossningstider på byggplats har därigenom åstadkommit. Man räknar med ca 15 min per fordon och volyelement. På motsvarande sätt är förhållandena för lastning av element vid elementfabrikens lager. Då endast en elementtyp förekommer, använder man sig av fix lastpunkt dvs transportmedlet placeras på i förväg bestämd plats, medan färdiglagerutrustningen lyfter och förflyttar elementet till fordonet. Även genom detta förfarande erhålles korta lastningstider. Tiden för lastning varierar mellan 5 och 20 minuter per element. Genom den lösa kopplingen mellan fabrik och byggplats har lagerpersonalen tid att förbereda lastning av nästa element. Lastningstiden blir då ca 10 minuter per element. Genom dessa korta terminaltider på fabrik och byggplats kan man arbeta med ständigt hopkopplade fordon.

FIG. 39 med värden hämtade från tre avsättningsobjekt ger vid en uppskattad medelhastighet hos fordonen

# SEMITRAILERNS UTNYTTJNING

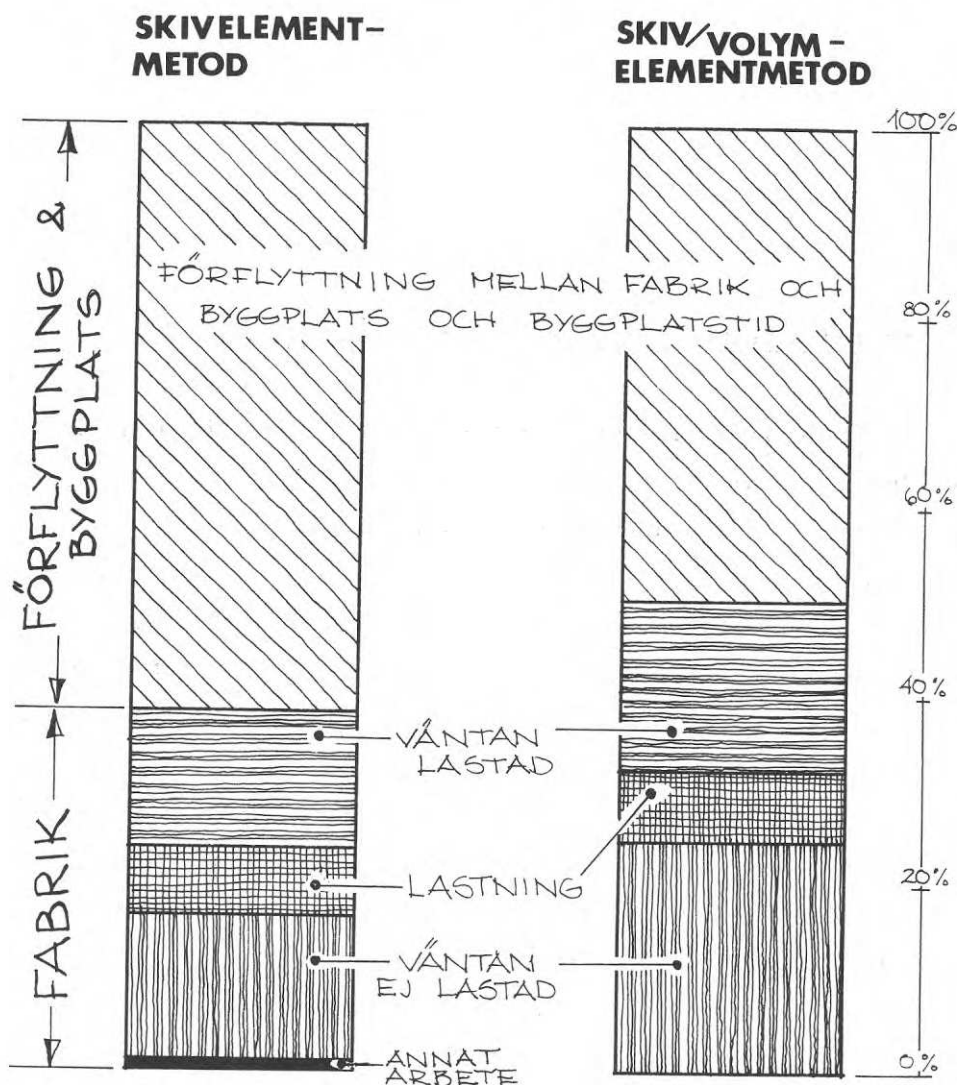


FIG. 36 Tidsstudierna på semitrailerparken syftade i första hand till att kartlägga förhållandena vid elementfabrik. Aktiviteterna förflyttning till och från byggplats, väntan på lossning och väntan lossad adderades därför. Studieresultatet visar i stort samman bild för de båda byggmetoderna. "Lastningstiden" utgör ca 7% av totala drifttiden, "väntan på lastning" 14 - 18% medan "väntan ej lastad" är 16 resp. 24% för de båda fabrikerna. Semitrailerna i skivelementmetoden tillbringar totalt sett kortare tid på elementfabrik (38%) än semitrailerna i skiv/volym-elementmetoden (50%).

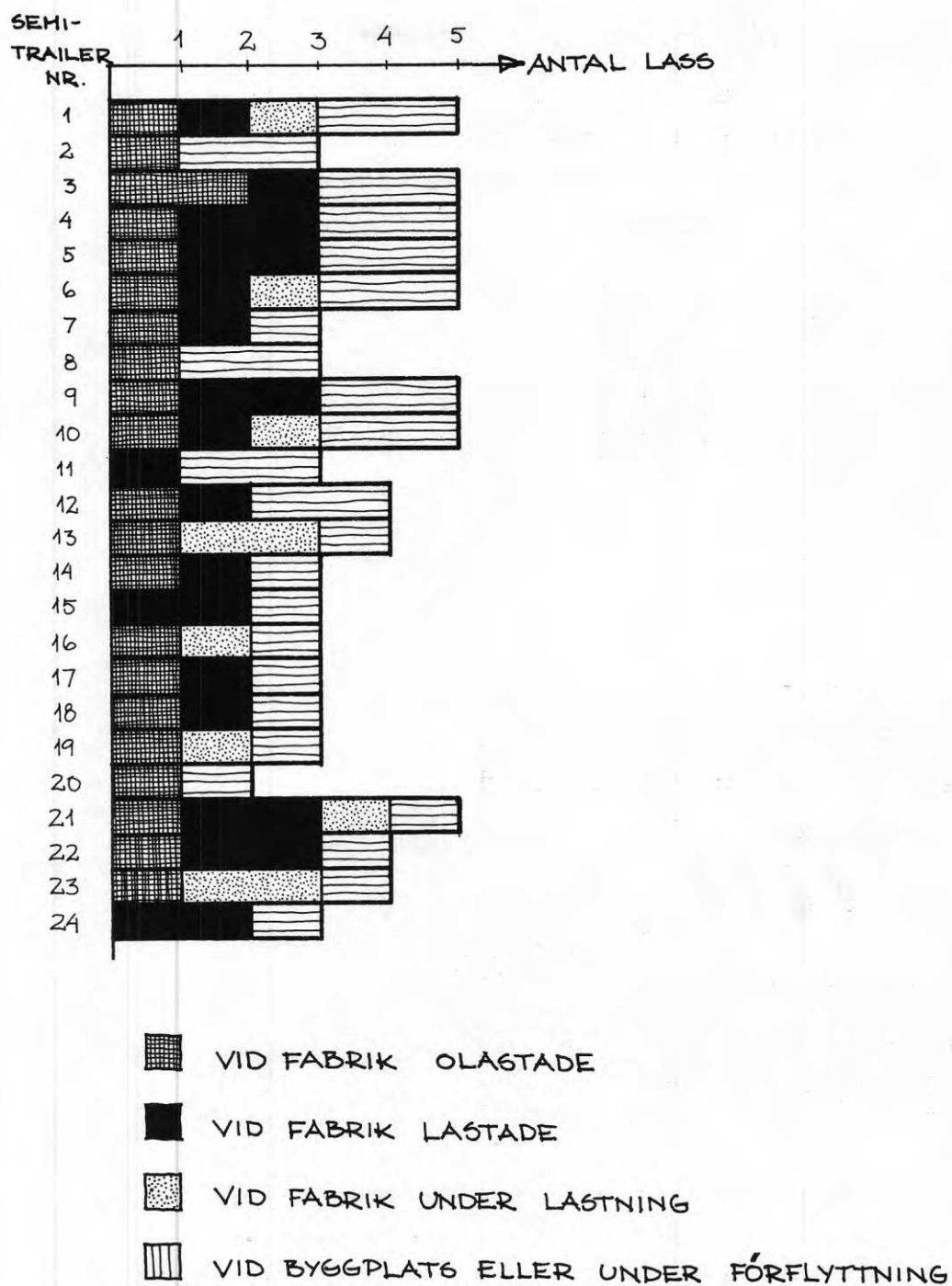


FIG. 37. Om antalet till byggplats transporterade lass per dag uppritas framgår, att varje semitrailer per dag utför 1 - 2 transportcykler med last ("effektiva cykler"). Skiv/volymelementmetoden, 24 semitrailers under tre dagar.

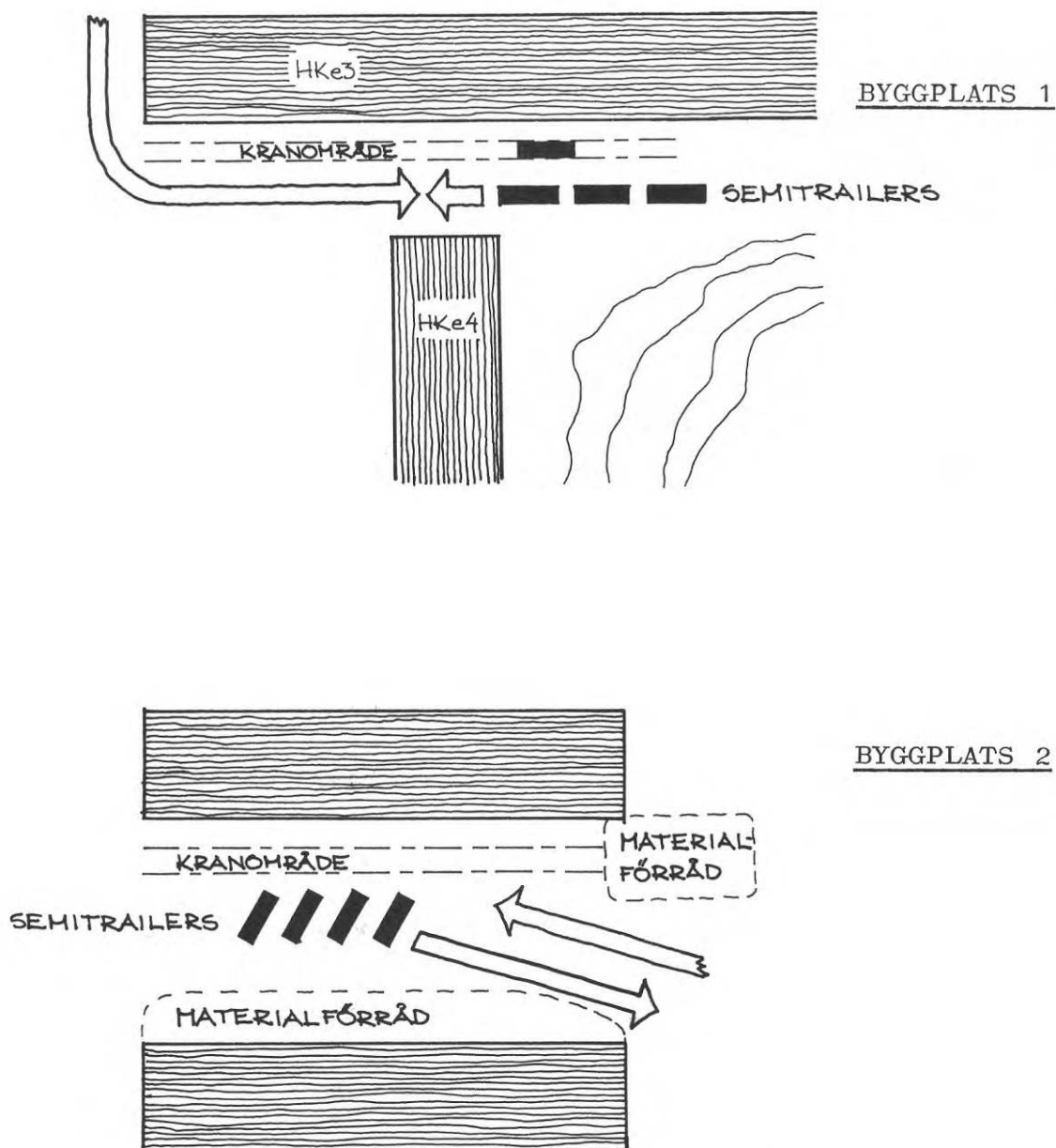


FIG. 38. Uppställning av semitrailers på två byggplatser för skiv/volymelementmetod. Hus Hke 4 byggdes före Hke 3. En rationell uppställning av semitrailers som vid byggplats 2 kunde inte åstadkommas vid byggplats 1. Detta berodde på brist på utrymme mellan kranområdet och ett närliggande berg. Följden blev längre rangeringstider och väntetider på byggplats 1 än på byggplats 2.

	TRANSPORTAVSTÅND KM	ANTAL EKIPAGE	ANTAL TURER PER DAG OCH FORDON
<b>1.</b>	<b>90</b>	<b>8</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>120</b>	<b>10</b>	<b>1,5</b>

FIG. 39. Volymelementmetoden arbetar idag med längre transportavstånd än de andra studerade byggmetoderna. Den maximala monteringsstakten av 25 v.e/dag har som framgår av figuren minskats till ca 16 v.e/dag.

av 50 km/tim förhållandevis höga värden på metoddagens andel av totala drifttiden (9 tim. arbetsdag).

1. 89 %
2. 72 %
3. 89 %

Vid lägre antagen medelhastighet ökar dessa procentsatser. Om vi låter antagandet om medelhastighet kvarstå fördelar sig fordonens arbetstid på fabrik, förflyttning och byggplats enligt FIG. 40. De icke identifierbara deltiderna har i FIG. 40 borttagits. Denna del av arbetstiden torde dock falla på byggplats och elementfabrik, då högre medelhastighet än 50 km/tim är osannolik. Den höga andelen metoddag för volymelementmetoden får ses mot bakgrunden av de höga kostnader, som erhålles på byggplats och fabrik. Totalekonomiskt är det tvivelaktigt om en god lösning har erhållits, då man släppt på kravet med byggplatsens krav på hög monteringstakt som utgångspunkt. Genom att endast en standarddimension av element tillverkas, finns det dock förutsättningar att med denna byggmetod erhålla betydligt bättre totalekonomi i transportsystemet.

### 5.3 Hantering av element från fabrik till färdiglager vid fabrik

Då ett element är färdigtillverkat hanteras det ut till ett färdiglager i anslutning till fabrik, inplaceras i lager och lastas så småningom på ett externt transportmedel. De aktiviteter som ingår är alltså:

- hantering mellan fabrik och lager
- lagring
- lastning av externt transportmedel

Dessa aktiviteter utföres idag på transporttekniskt många alternativa sätt så som redovisats i tidigare rapport från Transportteknik, CTH. Två huvudalternativ förekommer dock:



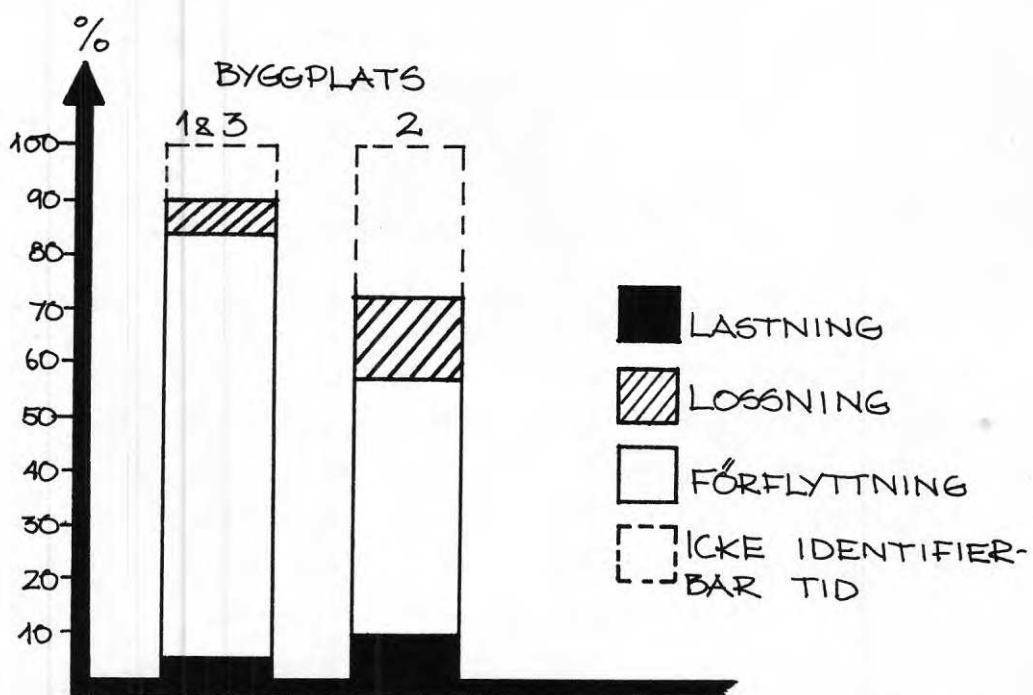


FIG. 40. Om medelhastigheten under förflyttningen mellan fabrik och byggplats antages vara 50 km/tim vid volymelementmetoden fördelar sig fordonens totala arbetstid på lastning, förflyttning och lossning enligt figuren.

1. Transportaktiviteterna utföres med utrustning som dessutom användes i produktionen.
2. Transportaktiviteterna utföres med speciell avdelad utrustning.

Genomgående används dock stationär utrustning. För att utröna huruvida alternativ med helt mobil utrustning, t.ex. med bocksystem ända från fabrik till byggplats, kan användas, är det av intresse att veta hur dagens utrustning användes. För att få en uppfattning om detta genomfördes specialstudier på den stationära hanteringsutrustningen för skiv/volymelementmetoden. (FIG.41).

De utförda studierna visar en betydligt högre utnyttjning av bockkranen, som ej hade arbetsuppgifter i produktionen, jämfört med de delvis produktionsbundna traverskranarna. Siffrorna är dock inte helt jämförbara, då bockkranen betjänar ett skivelementlager med betydligt fler antal lyft per lastad trailer än traverskranarna, som i stor utsträckning betjänar volymelementlagret. Dock framgår att en relativt dålig utnyttjning av traverskranarna förekommer, delvis beroende på de störningar, som uppkommer genom svårigheter med tidsmässig tilldelning av arbetsuppgifter till traverskranarna.

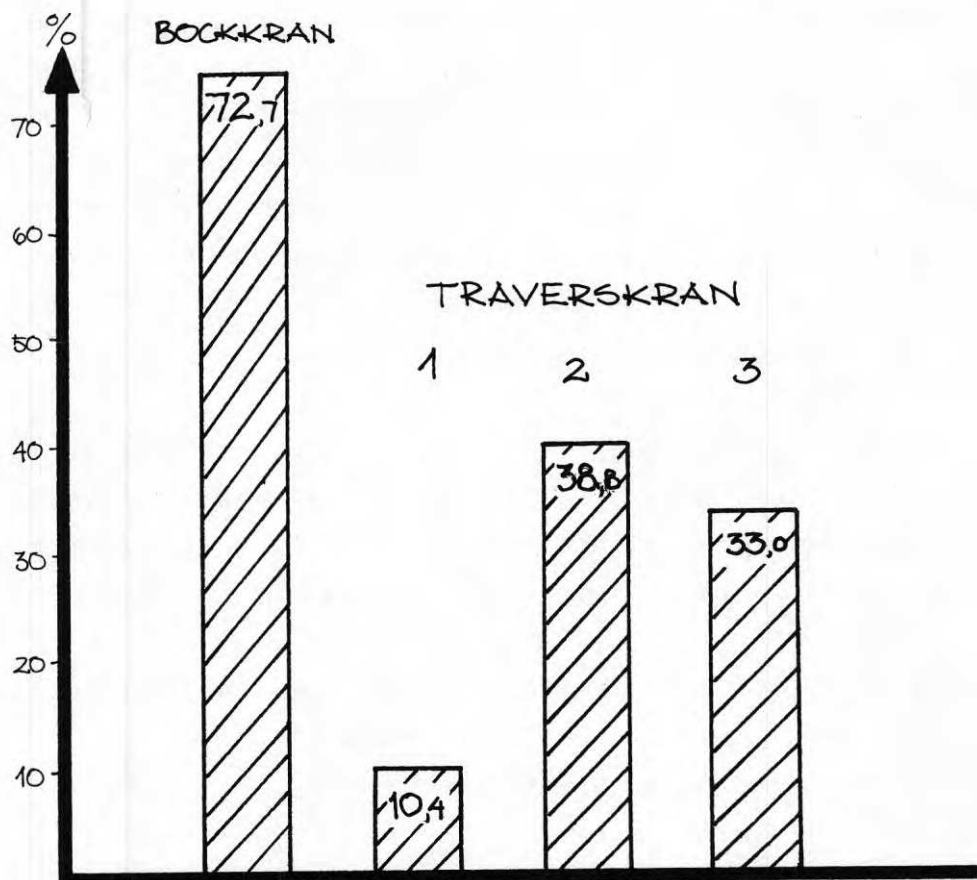


FIG. 41. Resultat av tidsstudier på färdiglagrens hanteringsutrustning vid skiv/volymentmetoden visar som väntat en betydligt större utnyttning av bockkranen än av traverskranarna.

## KAPITEL 6

SAMBAND MELLAN PRODUKTION OCH MONTERINGSTAKT. MODELL  
FÖR PRODUKTIONSPLANERING

Vid de elementfabriker, som finns idag, levererar man i allmänhet endast element till en enda byggplats. När stombyggnadsskedet för samtliga hus tillhörande denna byggplats är avslutad skiftar man över till en ny byggplats. Detta är i många fall förenat med övergång till ett helt eller delvis nytt elementsortiment. Sett över en längre tidsperiod, i storleksordningen år, måste naturligtvis produktionen vid elementfabriken motsvara vad som förbrukas (monteras) på byggplatsen.

Här införs nu två nya benämningar, tillverkningstakt och monteringsstakt. Det är lämpligt att närmare förklara skillnaden mellan produktion och tillverkningstakt respektive förbrukning och monteringsstakt.

Produktion = tillverkningen räknat över en längre tidsperiod t ex  
 antal element per år  
 antal ton per år  
 antal m<sup>2</sup> per år

Tillverkningstakt = tillverkningen räknat över en kortare tidsperiod t ex  
 antal element per dag  
 antal ton per dag  
 antal m<sup>2</sup> per dag

På motsvarande sätt:

Förbrukning = montering räknat över en längre tidsperiod (år)

Monte-

ringstakt = montering räknat över en kortare tids-  
period (dag)

Trots att produktion och förbrukning knappast avviker från varandra kommer tillverknings- och monteringsstakt att göra detta i varierande grad och under längre eller kortare tidsperioder. Orsaken till detta är flera faktorer, av vilka de viktigaste skall nämnas här:

- 1 Avvikelse från planerat datum för igångsättning med tillverkning av elementsortiment och avvikelse från planerat datum för igångsättning av montering.
- 2 Upparbetning beträffande tillverkning, t ex intrimning av personal och intrimning av nya gjutformar.
- 3 Upparbetning i monteringen, t ex intrimning av personal och kranar.
- 4 Påverkan av värder, vind, kyla och snö. Detta medför vanligen att monteringsstakten sjunker, eller att monteringen helt upphör, under det att produktionsstakten i elementfabriken i stort är oförändrad.
- 5 Vidare förekommer störningar av mycket varierande varaktighet såväl i utlastning, förflyttning och montering. Dessa störningars typ och storlek har tidigare redovisats för utlastning, förflyttning och montering vid två elementbyggsystem (KAPITEL 5).

I FIG. 42 visas hur lagernivån varierar till följd av skillnader i tillverknings- och monteringsstakt. Som framgår har verksamheten följts under en kort tidsperiod, varför de faktorer, som påverkar tillverknings- och monteringsstakt, är av mycket kortsiktig karaktär. En grafisk framställning över en period av t ex ett år skulle också uppvisa avvikelser av mer långvarig karaktär, t ex vädrets

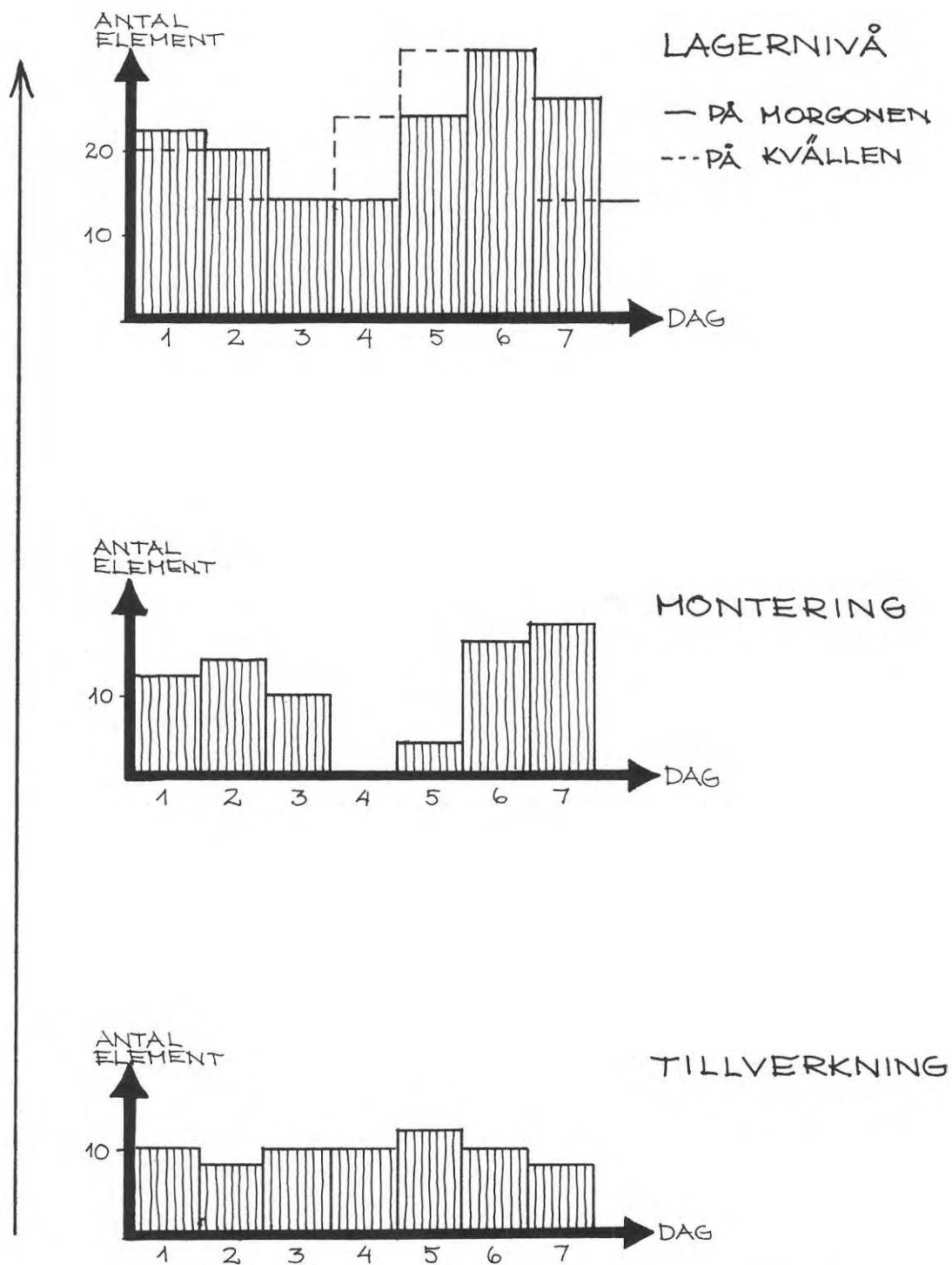


FIG. 42. Variation i lagernivån beroende på skillnaden i tillverknings- och monteringsstakt.

påverkan speciellt under vinterhalvåret.

Man kan tycka att den beskrivna situationen med leverans till ett byggobjekt i taget i allmänhet skulle medföra ett enkelt materialstyrningsproblem och små lager.

Vid de fältstudier som gjordes under våren 1970 i anslutning till Slutrapport nr 1 inom ramen för detta projekt visade det sig dock, att man vid många av de 12 elementfabriker som studerades låg med betydande lager. I flera fall hade de ordinarie lagergårdarna sprängts och element av olika slag placerats där så över huvudtaget var möjligt. Hantering av dessa element fick då ske med rörliga redskap, mobila kranar eller truckar. Denna situation måste vara resultatet av en skillnad mellan tillverknings- och monteringstakt med längre varaktighet. Det visar också, att man vid projektering av dessa elementfabriker och lagergårdar klart har underskattat svårigheterna att samordna och styra produktion och montering.

Alltsedan dessa elementfabriker uppförts, de flesta så sent som efter 1965, har man genom målmedvetet arbete undan för undan trimmat in produktionsapparaten. Detta har resulterat i en ökad produktion och ett lägre personalbehov jämfört med situationen vid produktionsstart. Det finns emellertid mycket som talar för, att man skall söka åstadkomma en kraftig produktionshöjning vid existerande enheter. Formerna för en sådan utbyggnad och förutsättningarna för detta kommer att närmare behandlas i kapitel 10. En konsekvens är att en kraftig produktionshöjning vid existerande enheter förmodligen kommer att förutsätta leveranser till flera byggobjekt samtidigt. Detta kommer att medföra en mera komplicerad materialstyrning än idag. Inte sällan kommer man att ställas inför problemet att tillverknings- och monterings- takt under kortare eller längre perioder kommer att avvika från varandra. Konsekvenserna av detta för lagrets storlek kommer att bli mer kännbara än tidigare, då materialflödet per tidsenhet är betydligt



större. Man får då också ha klart för sig att stombyggnadsverksamheten är oerhört transportintensiv.

Vid Svenska Kullagerfabrikens (SKF) göteborgsfabrik var inflödet av råmaterial och halvfabrikat 1969 ca 55.000 ton. Utflödet av färdiga produkter var i storleksordningen 30.000 ton. SKF är en av Sveriges större verkstadsindustrier. Ändå överstiger in- och utflödena vid de flesta elementfabrikerna dessa siffror. Detta bör säga en del om de krav, som kommer att ställas på materialstyrningen, då man kommer att erhålla flöden på i storleksordningen 100.000 - 200.000 årston, som skall fördelas på flera byggplatser.

Den skillnad som uppstår mellan tillverkningstakt och monteringstakt, kan avse ett enda elementlittera, en grupp elementlittera eller hela sortimentet. Orsaken kan vara någon av de som tidigare nämnts. Man ställs inför problemet att avgöra, om man skall helt anpassa tillverkningstakt och monteringstakt till varandra och minimera bufferten (lagernivån), eller bara göra det delvis eller inte alls och acceptera en ökad buffertering under en period.

Förutsatt att man genom ändringar i organisation och planering, personal, anläggningar och utrustning kan klara förändringar i tillverknings- och monteringstakt eller över huvud kan buffertera aktuell mängd element på tillgänglig lageryta kommer problemet till sist att bli ett ekonomiskt optimeringsproblem. I avsikt att utgöra en ledning vid angrepp på problem av beskriven typ har en logisk beslutsmodell för materialstyrning utarbetats. Modellen bygger på principen, att summan av de förändringar, som uppstår i produktionskostnad vid fabrik, lagerhållningskostnad och produktionskostnad på byggplats, skall minimeras. Denna modell kommer att beskrivas närmare i KAPITEL 7.

I fortsättningen kommer tillverkningstakt att benämnas  $t$  och monteringstakt  $m$  för korthets skull. Om vi utgår från, att en elementfabrik skall inleda tillverkning av ett sortiment, en del av ett sortiment eller ett elementlittera och  $t = m$  under den aktuella tidsperioden, får lagernivån sedd över tidsperioden utseendet på FIG. 43. Tillverkningen inleds vid  $t = 0$ . Under tidsperioden  $T_1$  ökas lagernivån till att omfatta  $L$  element. Under tiden  $T_2$  sker både tillverkning och montering i samma takt, varför lagernivån blir konstant. Under tiden  $T_3$  utförs endast montering och lagernivån minskas från  $L$  till 0 element.

Den lagernivå,  $L$ , som hålls under den tid, då både tillverkning och montering pågår ( $T_2$ ), kan sägas bestå av två olika lager:

#### 1. Produktionslager

Detta behövs för att elementen skall brinna tillräckligt för att erhålla de hållfasthetsgenskaper, som erfordras för att tillåta montering. Den tid som erfordras för att elementen skall uppnå tillräcklig styrka varierar starkt beroende på om elementen härddas artificiellt eller ej. Vid en temperatur på  $20^{\circ}\text{C}$  fordras 28 dagars bränntid innan elementen når nominell hållfasthet. Vid härdning vid bl.a. förhöjd temperatur kan denna tid nedbringas väsentligt.

#### 2. Säkerhetslager

Se FIG. 44. Som framgår fyller säkerhetslagret uppgiften att åstadkomma ett glapp mellan den tidpunkt då elementet härdat färdigt och tidpunkten för montering. Detta glapp i tiden behövs för att gardera mot förskjutningar i tidpunkterna för gjutning eller montering, som är svåra att förutse. Till skillnad från produktionslagrets storlek är säkerhetslagrets storlek omöjlig att ange generellt. Lagerstorleken beror helt på

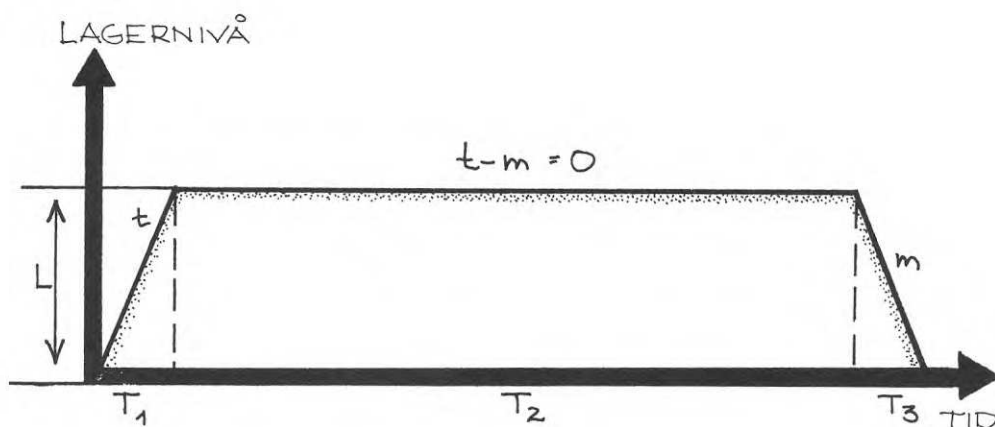


FIG. 43. Lagernivåns utseende då  $t = m$  vid tillverkning av ett bestämt antal element.

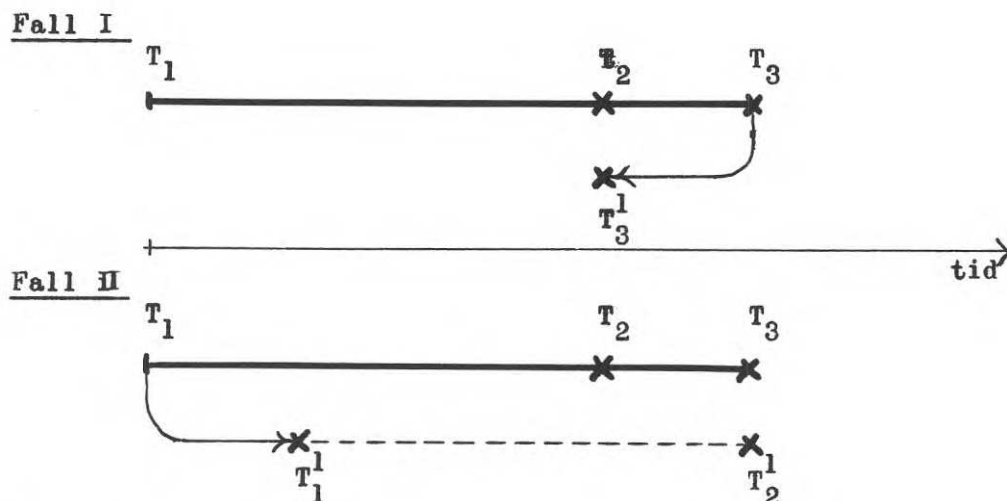


FIG. 44. Den genomsnittliga lagringstidens delar.

I fall I gjuts elementet vid  $T_1$ . Under tiden  $T_2 - T_1$  brinner elementet till fastställd styrka. Vid  $T_3$  monteras elementet normalt. Tidsglappet  $T_3 - T_2$  ger upphov till säkerhetslagret och fyller i fall I uppgiften att gardera mot framflyttning av tidpunkten för monteringen till  $T_3^1$  dvs. första möjliga monterings-tidpunkt.

I fall II fyller glappet  $T_3 - T_2$  uppgiften att gardera mot försening av gjutdagen till  $T_1^1$  med försening av första möjliga monterings-tidpunkt från  $T_2$  till  $T_2^1$ .

effektiviteten på materialstyrningen inom systemet elementfabrik - byggplats. Är kopplingen dålig till följd av bristfällig materialstyrning medför detta krav på ett större tidsglapp med ett större säkerhetslager som följd,

Att lagernivån  $L$  byggs upp av tidsmängd för elementens färdigbränning (produktionslager) och tidsmängd för att åstadkomma ett glapp i avsikt att uppta oförutsedda störningar framgår av FIG. 45. Här visas att lagernivån  $L$  beror av tillverkningstakt och brinntiden plus tidsgardering för störningar genom ekvationen:

$$\begin{aligned} (6,1) \quad & L = L_p + L_s \\ \text{eller } (6,2) \quad & L = t(T_b + T_g) \end{aligned}$$

där:

$L$	=	totala lagernivån
$L_p$	=	produktionslager
$L_s$	=	säkerhetslager
$t$	=	tillverkningstakt
$T_b$	=	brinntiden
$T_g$	=	tidsglapp

De element, som utgör lagernivån  $L$ , representerar ett visst kapital. Detta kapital ligger bundet och ger upphov till kapitalkostnader i form av ränta på det bundna kapitalet och möjligen avskrivning. Kapitalkostnadernas storlek beror av storleken på det bundna kapitalet, använd kalkylräntefot och den tid under vilken kapitalet är bundet. Om vi återgår till figur 43 kan vi säga, att kapitalkostnaderna är proportionella mot ytan under figuren. Lagernivån  $L$  kan ju sägas vara proportionell mot bundet kapital i lager. Räntekostnaden ges av formeln:

$$(6,3) \quad R = k \cdot L \cdot T \cdot \frac{p}{100}$$

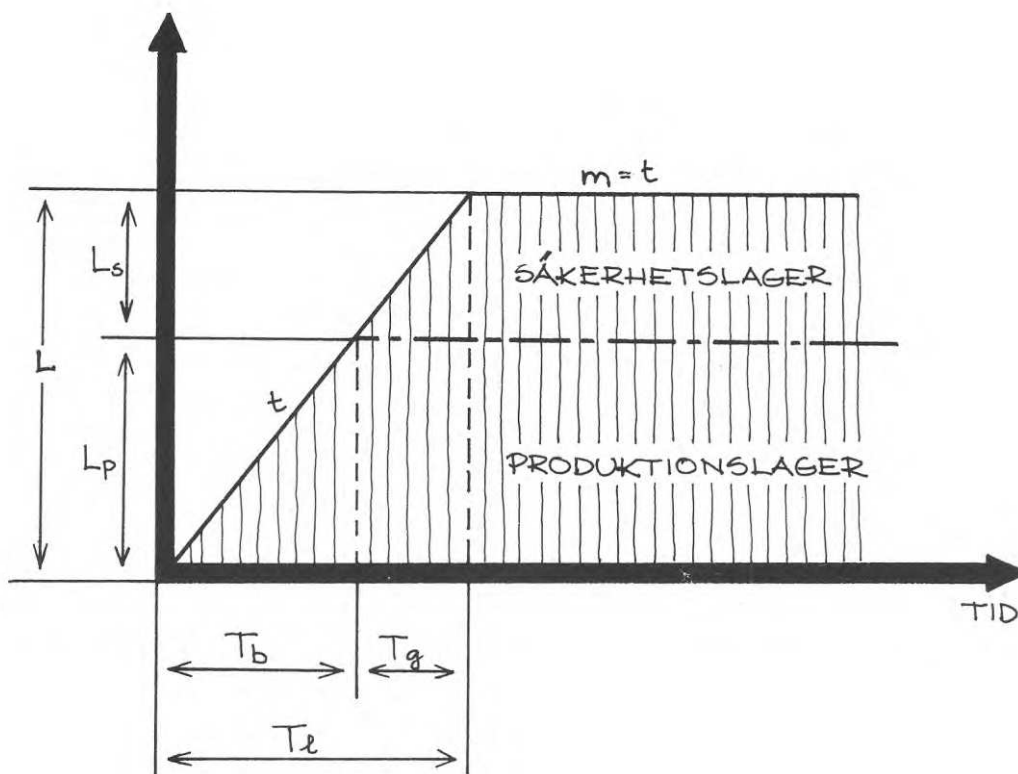


FIG. 45. Bilden visar hur produktions- och säkerhetslager uppstår till följd av brinntid ( $T_b$ ) och tidsglapp ( $T_g$ ). Det element, som gjuts vid  $T = 0$ , kan inte monteras förrän efter tiden  $T_b$  av betongtekniska skäl. Under tiden  $T_b$  tillverkas  $L_p = T_b \cdot t$  nya element. Tidsglappet  $T_g$  erfordras för att gardera mot störningar som medför förskjutning i tidpunkten för gjutning och montering. Under tiden  $T_g$  tillverkas  $L_s = T_g \cdot t$  nya element. Efter tiden  $T_1$ , ( $T_b + T_g$ ), påbörjas montering. Lagrets storlek kommer att bli:

$$L = L_p + L_s = T_b \cdot t + T_g \cdot t = t (T_b + T_g).$$

där:

R	=	räntekostnad
L	=	lagernivå i antal element
k	=	produktionsvärde i kronor per element
T	=	aktuell tidsperiod
p	=	kalkylräntefot

Hur skall vi då gå tillväga för att minska räntekostnaden? Om vi betraktar en elementfabrik i "fortvarighetstillstånd" och förutsätter att man i stort sett ganska stadigt ligger på lagernivån L, där L kan gälla hela sortimentet eller delar av detta, blir T den tidsperiod vi väljer att betrakta. I ekvationen är då k, T och p konstanta. Endast L är variabel och kan minskas för att minska k. Enligt ekvation (6,2),  $L = t(T_b + T_g)$  beror L av t,  $T_b$  och  $T_g$ . Vi kan alltså minska L genom att minska t,  $T_b$  och  $T_g$ . Att minska t innebär ju att produktionen minskas och vid  $t = 0$  har produktionen upphört vilket förefaller opraktiskt. Återstår att minska  $T_b$  och  $T_g$ .

Som tidigare nämnts minskas  $T_b$  genom t.ex. härdning av element i härdkammare för att minska brinntiden. Vidare nämndes att tidsglappet  $T_g$  beror av betydligt mer komplexa sammanhang som kan sammanfattas i uttrycket materialstyrning.

Vad innebär då förändringen i lagernivån rent ekonomiskt vid en befintlig elementfabrik och vid bibehållen produktion? Detta visas lämpligen genom ett enkelt exempel. Låt oss betrakta en elementfabrik, som totalt producerar element till ett värde av 15 milj kronor per år. Medellagringstiden per element, dvs summan av brinntid och tidsglapp är 1,5 månader (man ha t ex inga härdkammare). Det innebär att element till ett värde av  $\frac{1,5}{12} \cdot 15 = 1,88$  milj kronor i genomsnitt finns i lagret. Med en kalkylränta på 10% fås en årskostnad på ca 190.000 kronor. Om medellagringstiden kan minskas till 0,5 månader till följd av installation av härdkammare och en förbättrad material-

styrning blir det ständigt bundna kapitalet  $\frac{0,5}{12} \cdot 15 = 0,63$  milj kronor. Då blir den årliga räntekostnaden vid 10% ränta 63.000 kronor. Vi har alltså gjort en besparing av ca 127.000 kronor per år. Man kan också vända på uttrycket och säga, att vi kan kosta på högst 127.000 kronor per år för att minska medellagringstiden från 1,5 till 0,5 månader utan att få en ökning i totalkostnaden. Ett sådant resonemang kan vara synnerligen intressant, om man skall öka produktionen i fabriken och finner, att lagringsutrymmena kommer att bli för små. Då står man inför valet att antingen försöka nedbringa medellagringstiden i proportion till den planerade produktionsökningen eller att utöka sina lagerutrymmen i proportion till produktionsökningen.

I det första fallet får man räkna med ökade kostnader för bl a artificiell härdning och effektivare materialstyrning. I det andra fallet ökar räntekostnader för kapital bundet i lager i proportion till produktionsökningen. Dessutom fås ökade kostnader för de utökade lagerutrymmena. Generellt kan man inte säga, att det ena alternativet är fördelaktigare än det andra. Problemet får lösas från fall till fall genom att addera de nämnda kostnadsposterna i det första fallet och jämföra resultatet med summan av kostnaderna i det andra fallet. Om inte speciella skäl föreligger, väljs lämpligen alternativet med den lägsta totalkostnaden.

Man bör också peka på möjligheten att kombinera en viss minskning av medellagringstiden med en ökning av lagerutrymmen för att kunna buffertera vid en höjd produktionsvolym.



## KAPITEL 7

LOGISK BESLUTSMODELL FÖR MATERIALSTYRNING. BERÄKNINGS-  
METODER FÖR DE KOSTNADSKOMPONENTER SOM INGÅR I BE-  
SLUTSMODELLEN

Principen vid utformningen av modellen har varit att beräkna förändringar i kostnaderna för produktion, lagring och montering vid ändringar i tillverknings- och monteringstakt. (Dessa kommer i fortsättningen för enkelhetens skull att benämnas  $t$  och  $m$ ). Om en ändring av  $t$  eller  $m$ , vare sig en minskning eller ökning, alltid medför en total kostnadsökning innebär detta att värdena på  $t$  och  $m$  för ögonblicket har optimal karaktär. Någon ändring av  $t$  och  $m$  bör då inte ske och en eventuell skillnad mellan  $t$  och  $m$  med åtföljande buffertering av element under den tidsperiod som studerats är ekonomiskt fördelaktig. Om  $t$  är lika med  $m$  har ansetts, att någon förändring av  $t$  eller  $m$  ej skall göras.

Ytterligare en princip är, att vid en skillnad mellan  $t$  och  $m$  provas i första hand vad en ökning av den mindre parametern får för konsekvenser. Orsaken är, att i de flesta fall fås en gynnsammare kostnadsbild genom ökning av utnyttningen av personal, anläggningar och utrustning och därmed de fasta kostnaderna för dessa. Det finns dock flera fall där detta inte gäller, vilket kommer att behandlas vid de förslag till kostnadsberäkning, som presenteras senare.

Modellen är med avsikt gjord generell för att inte bindas alltför hårt med begränsningar, som gör modellen olämplig att användas annat än i vissa speciella fall. Storheterna  $t$  och  $m$  är  $t$  ex inte närmare definierade annat än som tillverknings- och monteringstakt. Dessa parametrar kan avse ett komplett elementsortiment för ett byggobjekt. De kan ock-

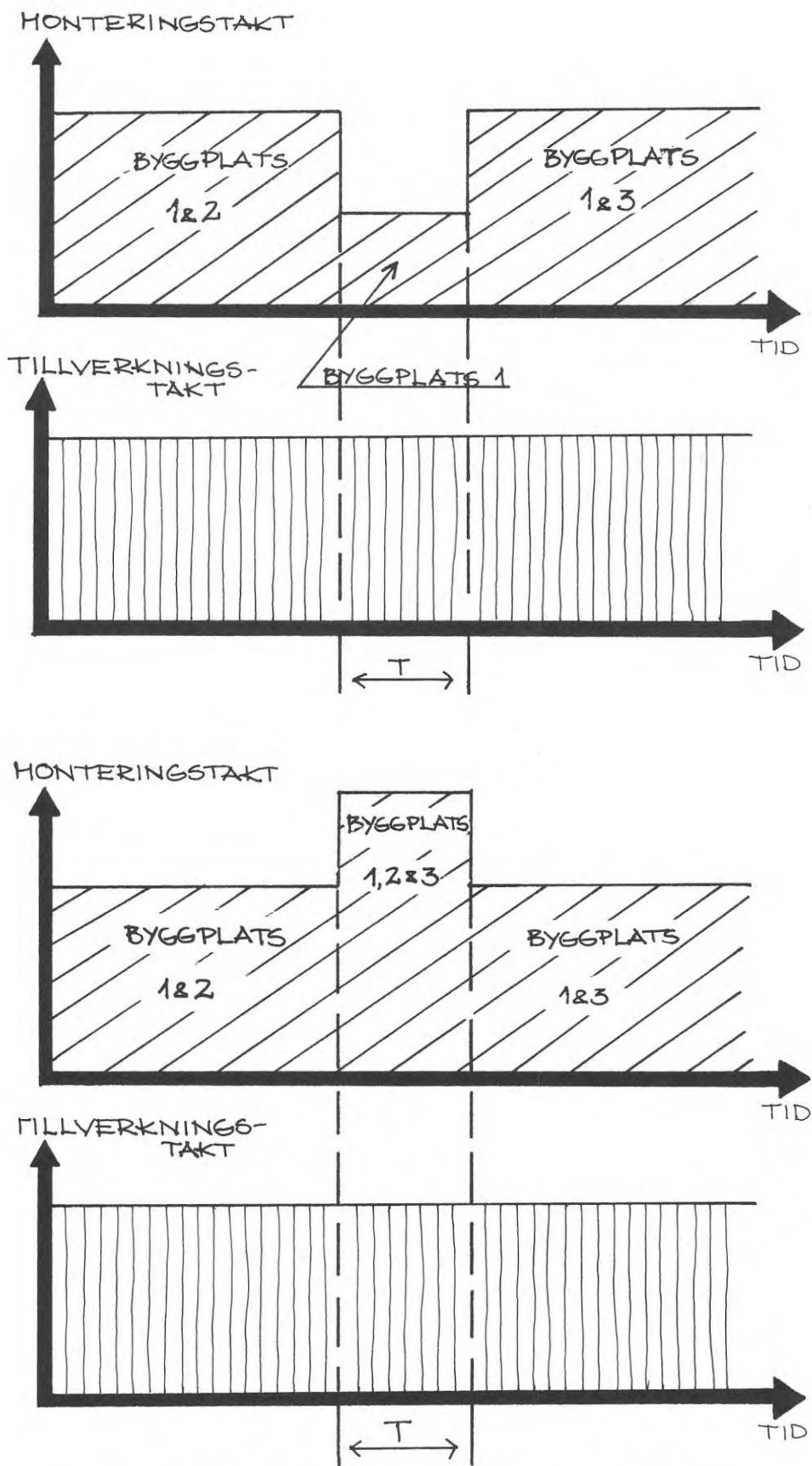


FIG. 46. Ovan visas två situationer där skillnad mellan  $t$  och  $m$  uppstår under tiden  $T$ . I ena fallet fås  $t > m$  tack vare ett glapp i tiden för montering på två byggplatser. I andra fallet fås  $m > t$  tack vare överlapp i monteringen vid två byggplatser.

så avse en del av ett sortiment  $t$  ex samtliga bjälklagslittera eller endast ett littera. Vad som avses beror på det speciella problem som en användare har. Att specificera  $t$  ex  $m$  som tillverkningstakt för endast ett littera vore att starkt begränsa modellens användning.

Användningen är främst tänkt som en beslutsmodell på taktiskt plan. Ett exempel på en situation som kräver ett beslut avseende eventuell ändring i  $t$  eller  $m$  visas i FIG. 46. Parametrarna  $t$  och  $m$  antas här kunna styras så hårt att man kan anta att de är bestämda (icke stokastiska). Flera andra situationer kan tänkas,  $t$  ex den skillnad som uppstår mellan  $t$  och  $m$  speciellt under inverkan av klimatologiska faktorer under vinterhalvåret. Man måste dock ha i minnet, vilket också påpekades i kapitel 6, att om  $t > m$  under en period, måste detta förr eller senare och under en viss period en styrning ske så att  $t < m$ . Annars kommer lagernivån ständigt att växa och spränga alla gränser. Om omvända förhållandet råder, kommer så småningom brist att uppstå.

### 7.1 Genomgång av beslutsmodellen

Modellens logiska uppbyggnad följer helt de principer som används vid utformning av flödesscheman för konstruktion av datorprogram. (Vissa formella avvikelser finns dock i skrivsättet för att göra modellen mer lättillgänglig.) Avsikten är att modellen skall kunna utgöra grunden för en datormodell. Under förutsättning att kostnadsfunktionerna för produktion, lagring och montering kan bestämmas med rimlig säkerhet, kan dessa kostnadsfunktioner byggas in i datormodellen. Genom att stega  $t$  och  $m$  med  $\Delta t$  respektive  $\Delta m$  kan man testa utfallet för en mängd olika värden och på så sätt åstadkomma en optimering. Man gör på samma gång en känslighetsanalys genom att se, hur den totala kostnadsbilden förändras vid förändringar av  $t$  och  $m$ .

Det finns givetvis ingenting som hindrar att man genomför beräkningar i modellen för hand och det är också detta som är avsikten med modellen i det skick den presenteras här. För att göra kostnaderna jämförbara har valts att beräkna samtliga kostnader i kronor per element.

För den som tidigare sysslat med programmering och systemarbete behövs knappast någon närmare beskrivning utöver FIG. 47, där flödesschemat visas. Det kan dock vara av intresse att göra en genomgång av schemat med kommentarer till varje block. Detta görs i bilaga 1.

Bokstavsbeteckningarna i blocken förklaras nedan:

$m$  = monteringstakt

$t$  = tillverkningstakt

$\Delta k_f$  = förändringar i tillverkningskostnaden per element till följd av ändring av  $t$  med  $\Delta t$

$\Delta k_b$  = förändringar i kostnaderna på byggplatsen, beräknat per element, till följd av förändring av  $m$  med  $\Delta m$

$\Delta k_l$  = förändring av kostnader knutna till lagring och hantering av element till följd av förändring av  $t$  med  $\Delta t$  eller med  $m$  med  $\Delta m$

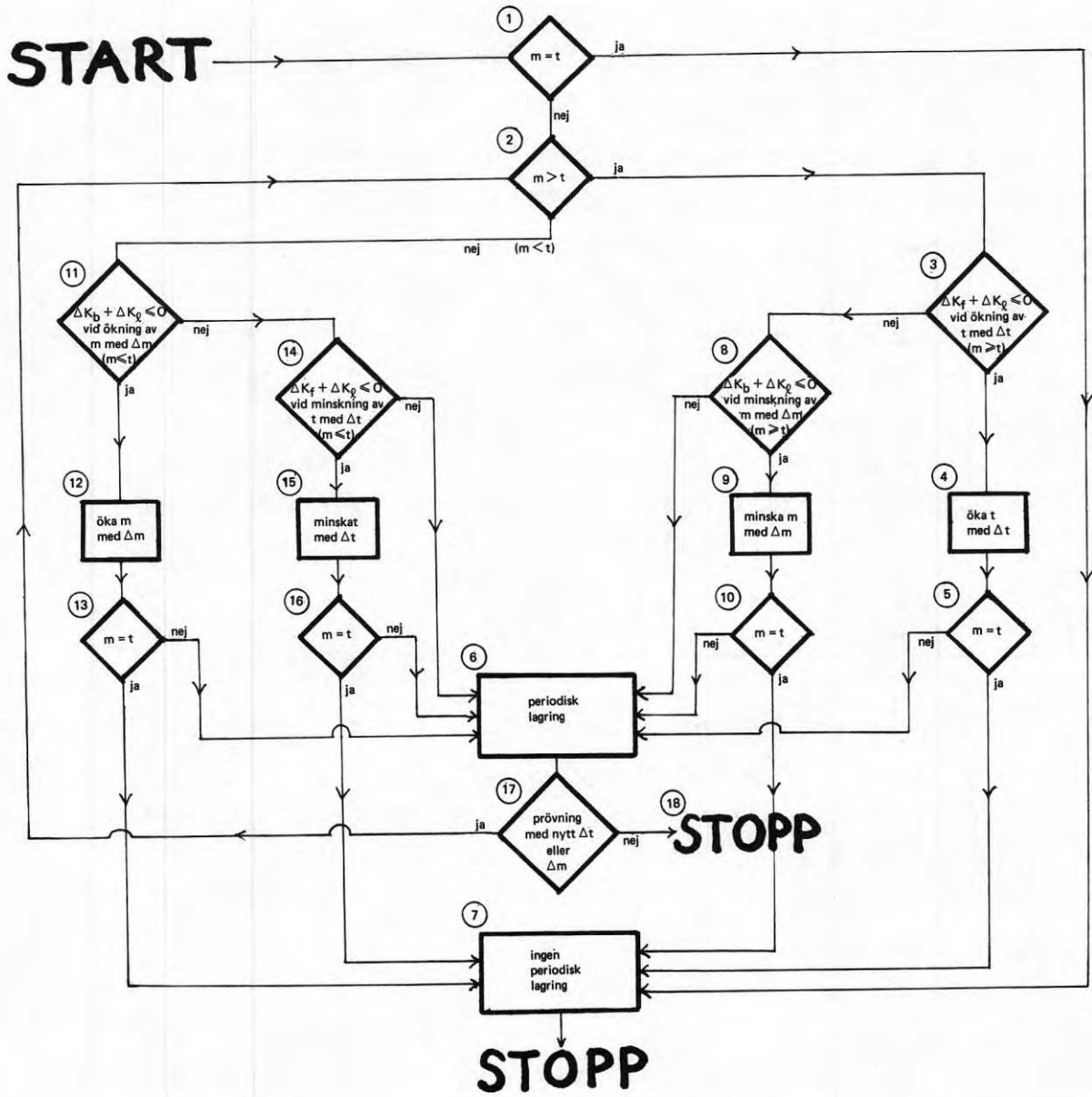


FIG. 47 Logisk beslutsmodell för materialstyrning.

## Metoder för beräkning av $\Delta K_f$ , $\Delta K_b$ och $\Delta K_l$

Det bör framhållas att de beräkningsmetoder som presenteras inte är framtagna för att utgöra regler för hur dessa beräkningar görs. Visserligen har grundliga analyser legat till grund för utvecklingen av de metoder, som här kommer att presenteras, men det är givetvis så, att flera meningar kan och kommer förmodligen att råda om metoderna eller delar av dem. Det är då givetvis möjligt att göra utvecklingar av metoderna alltefter de förutsättningar som råder vid det aktuella tillfället.

### 7.2 Kostnader vid elementfabrik ( $K_f$ )

Vad som är intressant i detta fall är att studera de fasta kostnaderna för anläggningen och hur deras fördelning på de tillverkade elementen förhåller sig vid förändringar av t.

Vi betraktar då två kategorier

- 1) fasta kostnader som är gemensamma för hela produktionen och skall fördelas på studerat elementsortiment,
- 2) fasta kostnader som är knutna till studerat elementsortiment.

Om det studerade sortimentet skulle omfatta fabriken kompletta produktion, kommer kostnaderna av kategori 1) och 2) att vara samma kostnader. I dessa fasta kostnader ingår inte kostnader för lagerutrymmen, lagerhanteringsutrustningen eller personal knutna till lagerhantering, vilka behandlas under kostnader för lagring.

$K_{f1}$  är fasta kostnader som är gemensamma för hela produktionen. Dessa kostnader anges i kronor per dag och skall fördelas på studerat elementsortiment.

- $A_{f1}$  Fasta kostnader i form av bl.a. ränta, avskrivning, uppvärmning, försäkringar och materiellt underhåll knutna till byggnader och mark.
- $M_{f1}$  Fasta kostnader främst i form av ränta, avskrivning, försäkringar och materiellt underhåll knutna till maskinell utrustning som används i produktion av hela fabriakens elementsortiment.
- $C_{f1}$  Fasta kostnader för centraladministration.
- $L_{f1}$  Fast lönekostnad för personal sysselsatt i hela produktionen.
- $\ddot{O}_{f1}$  Eventuella övriga gemensamma fasta kostnader.
- $\Delta K_1$  Förändring i gemensam fast kostnad som uppstår till följd av en förändring i tillverkningstakten. Detta kan t.ex. vara kostnader för investering i ny utrustning vid en ökning av tillverkningstakten.  $\Delta K_1$  kan vara såväl positivt som negativt.

Vid tillverkningstakten  $t$  fås:

$$K'_{f1} = A_{f1} + M_{f1} + C_{f1} + L_{f1} + \ddot{O}_{f1} \quad (\text{kronor per dag})$$

Vid tillverkningstakten  $t + \Delta t$  fås:

$$K''_{f1} = A_{f1} + M_{f1} + C_{f1} + L_{f1} + \ddot{O}_{f1} + \Delta K_1 \quad (\text{kronor per dag})$$

Kostnaden  $\Delta K_1$  uppstår inte alls under alla förhållanden. Under dessa omständigheter fås samma  $K_{f1}$  vid tillverkningstakterna  $t$  och  $t + \Delta t$ .

$K_{f2}$  är de fasta kostnader, som är knutna till den speciella line eller utrustning, där den aktuella elementtypen eller elementsortimentet tillverkas. Där ingår:

- $M_{f2}$  Fasta kostnader främst i form av ränta, avskrivning, försäkringar och materiellt underhåll för utrustning som används för tillverkning av aktuell elementtyp eller elementsortiment.



- $L_{f2}$  Fast lönekostnad för personal knuten till ovan nämnda produktion.
- $\ddot{O}_{f2}$  Eventuella övriga fasta kostnader knutna till ovan nämnda produktion.
- $\Delta K_2$  Förändring av fast kostnad som uppstår till följd av ändring i ovan nämnda produktion t.ex. genom investering i ny utrustning vid en ökning av tillverkningsstakten.  $\Delta K_2$  kan vara såväl positivt som negativt.

Vid tillverkningsstakten  $t$  fås:

$$K'_{f2} = M_{f2} + L_{f2} + \ddot{O}_{f2} \quad (\text{kronor per dag})$$

Vid tillverkningsstakten  $t + \Delta t$  fås:

$$K''_{f2} = M_{f2} + L_{f2} + \ddot{O}_{f2} + \Delta K_2 \quad (\text{kronor per dag})$$

Liksom kostnaden  $\Delta K_1$  är  $\Delta K_2$  en kostnad som uppstår till följd av en ändring av tillverkningsstakten med  $\Delta t$  t.ex. genom en nyinvestering i utrustning vid en ökning av tillverkningsstakten.

De gemensamma kostnaderna,  $K_{f1}$ , kan exempelvis fördelas på grundval av förhållandet mellan produktionsvärdet per dag för aktuell elementtyp eller elementsortiment ( $V_1$ ) och produktionsvärdet per dag för hela produktionen ( $V_2$ ).

För att kunna fördela de gemensamma fasta kostnaderna ( $K_{f1}$ ) definieras därför en fördelningsfaktor  $C$ .

$$C = \frac{V_1}{V_2}$$

Vid  $t$  fås följande fasta kostnader per element:

$$\frac{C \cdot K'_{f1}}{t} + \frac{K'_{f2}}{t}$$

Vid  $t + \Delta t$  fås följande fasta kostnader per element:

$$\frac{C \cdot K_{f1}''}{t + \Delta t} + \frac{K_{f2}''}{t + \Delta t}$$

$\Delta K_1$  och  $\Delta K_2$ , d.v.s. skillnaden mellan de fasta kostnaderna per element vid  $t + \Delta t$  och de fasta kostnaderna vid  $t$  blir då:

$$(7.1) \quad \Delta K_f = \frac{C \cdot K_{f1}'' + K_{f2}''}{t + \Delta t} - \frac{C \cdot K_{f1}' + K_{f2}'}{t} \quad (\text{kronor per element})$$

Ett positivt  $\Delta t$  innebär ökning av  $t$  och ett negativt  $\Delta t$  innebär minskning av  $t$ .

Om  $\Delta K_1$  och  $\Delta K_2$  är noll vid en ökning av  $t$  med  $\Delta t$  fås  $K_{f1}' = K_{f1}''$  och  $K_{f2}' = K_{f2}''$  och då fås ett negativt  $\Delta K_f$  vilket innebär en minskning av kostnaden per element. Analogt fås en ökning av kostnaden per element under samma förhållanden vid en minskning av  $t$ .

### 7.3 Förändringar av kostnader på byggplats ( $K_b$ )

En ändring i monteringstakten kommer i allmänhet att påverka kostnaderna på byggplatsen. Denna förändring i kostnaderna skall överföras till kronor per element för att kunna jämföras med de övriga.

De kostnader vi är intresserade av är av fast karaktär.

Det är då kostnader av två typer som skall analyseras

- 1) Räntekostnader för investerat kapital (eventuell ökning eller minskning av total hyresintäkt).
- 2) Fasta kostnader för personal, maskiner o d.
- 3) Räntekostnader.

Räntekostnaden för investeringar i inbyggt material, man- och maskintimmar i byggnader under uppförandet beror av investeringens storlek och tidsmängden, vilket framgår av FIG. 48. Det bör påpekas, att kurvan över de ackumulerade kostnaderna är helt schematisk.

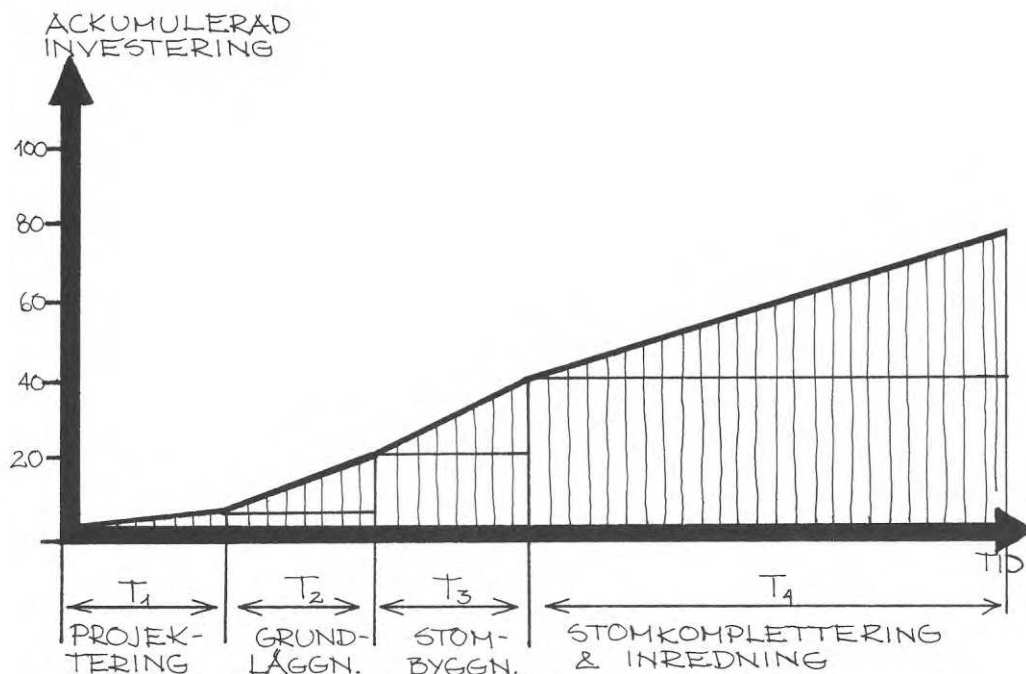


FIG. 48. De investeringar, som görs i en byggnad visas ackumulerade över tiden. De räntekostnader på investerat kapital, som kommer att belasta den färdiga byggnaden, representeras av ytan mellan kurvan och tidsaxeln. Ju mindre denna yta är, ju mindre blir också kostnaden. En minskning av denna yta kan ske på två sätt, dels genom att sänka investeringarnas storlek, dels genom att minska tiden för investeringarnas varaktighet. Av intresse i detta fallet är förändringar i tiden.

På FIG. 49 visas att räntekostnaderna under stombyggnadsskedet beror på föregående investeringar i projektering och grundläggning, på investering i stombyggnad och på stombyggnadsskedets längd. Det senare beror givetvis av monteringsstakten. Om totalt  $Q$  element skall monteras, fås följande formel för förändring av räntekostnaden vid en ändring av  $m$  med  $\Delta m$  där  $\Delta m$  kan vara såväl negativt som positivt:

$$(7.2) \quad \Delta r = Q \cdot k \left( g + \frac{1}{2} \right) \left( \frac{1}{m + \Delta m} - \frac{1}{m} \right) \cdot \frac{p}{100} \quad \left( \begin{array}{l} \text{kronor per} \\ \text{element} \end{array} \right)$$

där:

- $\Delta r$  = förändring i räntekostnaden
- $Q$  = totalt antal monterade element
- $k$  = genomsnittligt värde per element
- $g$  = faktor för kostnaden för projektering och grundläggning med avseende på kostnaden för stombyggnad
- $m$  = ursprunglig monteringsstakt
- $\Delta m$  = ändring i monteringsstakten
- $p$  = kalkylräntefoten (per dag)

Uttrycket  $Q \cdot k \left( g + \frac{1}{2} \right)$  (eller  $Q \cdot k g + Q \cdot k \cdot \frac{1}{2}$ ) anger hur stor investering, räknat som ett medelvärde, som ligger under stombyggnadsskedet.

$Q \cdot k \cdot g$  anger hur stor investering som gjorts i projektering och grundläggning och genom  $g$  för enkelhets skull uttryckt som en faktor av total investering i monterade element.  $Q \cdot k \cdot \frac{1}{2}$  är medelvärdet av investeringen i monterade element under stombyggnadsskedet.

Som framgår beror  $\Delta r$  av  $Q$ ,  $k$ ,  $g$ ,  $m$  och  $\Delta m$ .

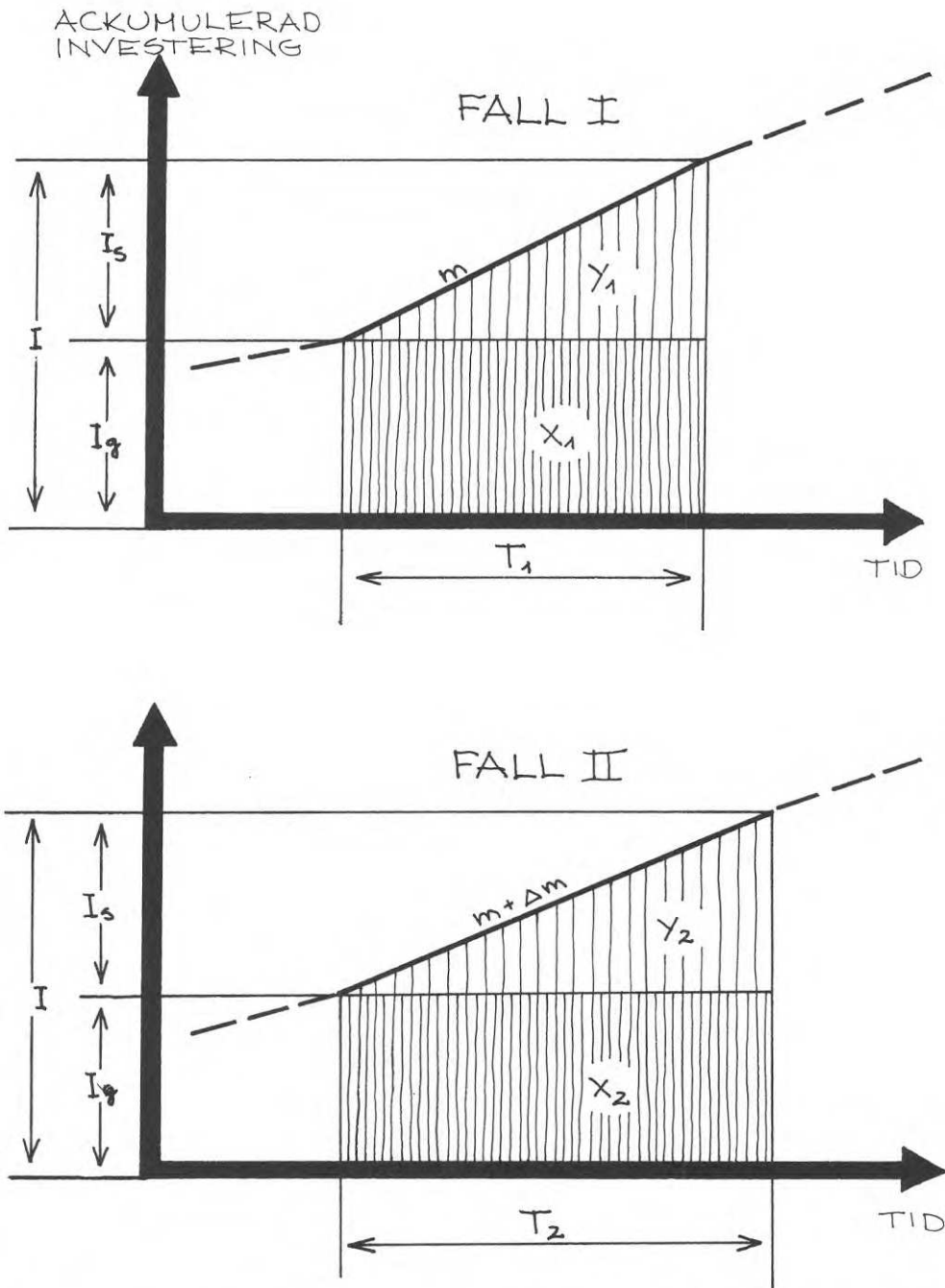


FIG. 49. Bilden visar hur det investerade kapitalet i en byggnad sett över tiden förändras vid en ändring i monterings takten.  $I_g$  är investering i projektering och grundläggning,  $I_s$  investeringen efter stombyggnadsskedet och  $I$  summan av dessa investeringar. I fall I monteras med takten  $m$  och stombyggnadstiden blir  $T_1$ . I fall II monteras med takten  $m + \Delta m$  där  $\Delta m < 0$  varför stombyggnadstiden blir längre ( $T_2 > T_1$ ). Ytan under kurvan representerar räntekostnader under stombyggnadstiden. Vi ser att  $Y_2 > Y_1$ , och  $X_2 > X_1$ , vilket beror på att  $T_2 > T_1$ . Observera att  $I$  är lika stor i fall I och fall II. Det är viktigt att påpeka att räntekostnader under stombyggnadsskedet påverkas av investering i projektering och grundläggning representerade av ytorna  $X_1$  och  $X_2$ . Däremot är givetvis räntekostnaderna oberoende av efterföljande skeden. I både Fall I och Fall II jämförs konsekvensen av en förskjutning av tidpunkten för utflyttning från  $T_1$  till  $T_2$ .

$Q$ ,  $k$  och  $g$  får i detta sammanhang betraktas som konstanter varför  $\Delta r$  varierar med  $m$  och  $\Delta m$ . Om  $\Delta m > 0$  fås en ökning av  $m$  och vi får också ett  $\Delta r < 0$ . Detta innebär en besparing i räntekostnader. En minskning av  $m$  medför analogt ett positivt  $\Delta r$  dvs en ökning av räntekostnaden.

Det hävdas ibland att bortfall av hyresintäkter under den försening, som eventuellt kan uppträda, skall upptas som en direkt kostnad. Omvänt skall de hyresintäkter, som kan erhållas mellan en framflyttad tidpunkt för inflyttning och en planerad, upptas som en direkt kostnadsminskning.

Detta resonemang bygger på antagandet att tidpunkten för utflyttning från huset inte påverkas av en rimlig förskjutning av inflyttningstidpunkten.

Om man istället antar att tidpunkten för husets "användningstid" är oberoende av rimliga förskjutningar dvs tidpunkten för utflyttning förskjuts exakt som tidpunkten för inflyttning blir den totala hyresintäkten konstant vid varierande inflyttningsdatum. Förloppen beskrivs i FIG. 50. Det som då blir aktuellt att kalkylera med är den ränteförlust respektive räntevinst som uppstår genom att tidpunkten för hyresintäkt förskjuts bakåt eller framåt i tiden, exempelvis genom att diskontera alla intäkter till nuvärde.

Det står givetvis fritt att kalkylera med en ökning av totalintäkten enligt FALL 1 i FIG. 50 om man kan tidigarelägga inflyttningstidpunkten till följd av en minskad total byggtid även om denna kostnadspost inte behandlas vidare i denna rapport. Det är då fullt klart att den ökade intäkt kommer att slå mycket hårt i jämförelse med övriga kostnadsbesparingar i främst kapitalkostnader och andra fasta kostnader under byggtiden. Det är författarnas åsikt att det primära syftet för denna utredning

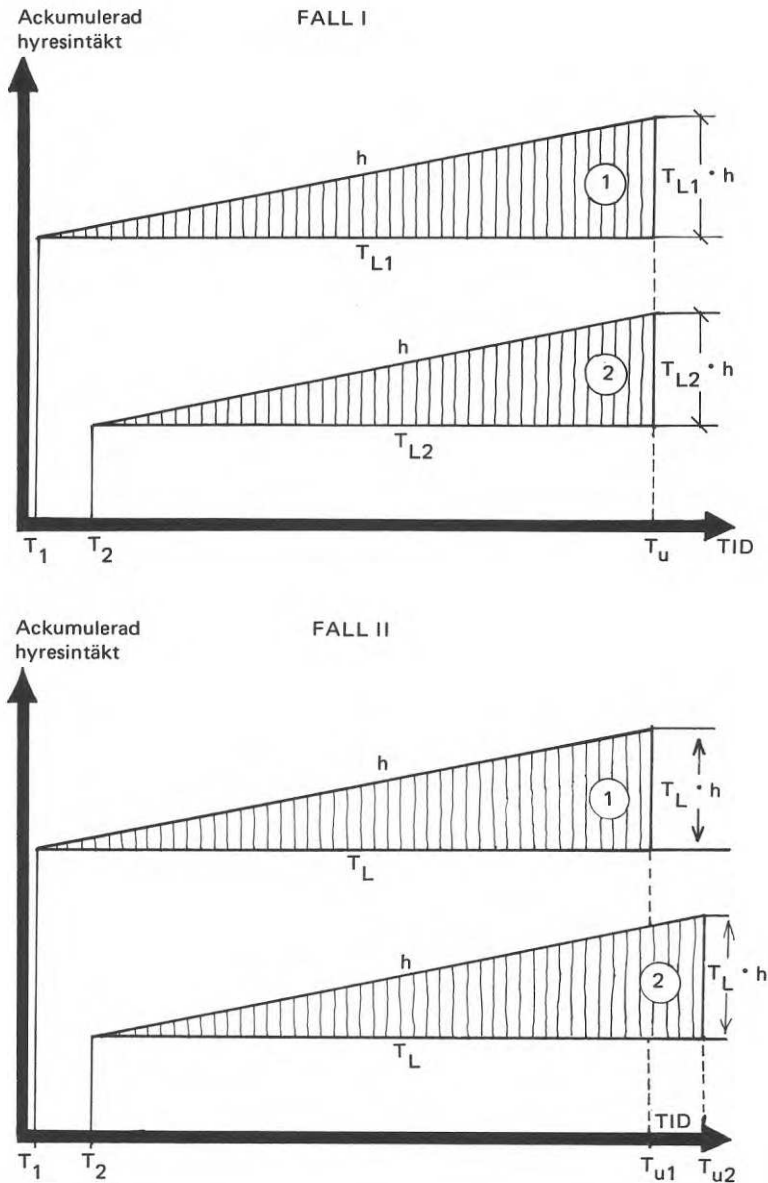


FIG. 50 I både FALL I och FALL II jämförs konsekvensen av en förskjutning av tidpunkten för inflyttning från  $T_1$  till  $T_2$ .

Genomsnittlig hyra per tidsenhet är  $h$ .

I FALL I antas tidpunkten för utflyttning,  $T_u$ , oförändrad. Total hyresintäkt under livslängden blir för 1  $T_{L1} \cdot h$  och för 2  $T_{L2} \cdot h$ , dvs en total minskning med  $(T_{L1} - T_{L2}) \cdot h$  kronor.

I FALL II antas tidpunkten för utflyttning förskjutas på samma sätt som tidpunkten för inflyttning varför livslängden, dvs tiden mellan in- och utflyttning ( $T_L$ ) är konstant.

Den totala hyresintäkten blir då lika stor i 1 och 2, dvs  $T_L \cdot h$  kronor.

Här har ej tagits hänsyn till kapitalisering genom att exempelvis diskontera alla intäkter till nuvärde



är att minimera byggkostnaderna för att möjliggöra mer gynnsamma hyror och sekundärt möjliggöra ett bättre resultat för byggherren. En framflyttning av utflyttningstidpunkten skulle alltså kunna möjliggöra en viss hyressänkning. För att skapa en motivation till satsningar på rationalisering även på kort sikt måste det vara rimligt att ett förbättrat ekonomiskt utfall bör komma båda parter till del, hyresgästen i form av sänkt hyra och byggherren i form av en ökad total intäkt sett över husets livslängd.

2) Fasta kostnader för personal, maskiner o d.

De fasta kostnaderna,  $K_b$ , som belastar byggplatsen, skall fördelas på den montering som avses. Dessa kostnader anges i kronor per dag. För att erhålla ett mått för jämförelse med andra kostnader skall kostnaderna överföras i kronor per element.

$K_b$  består av:

- $M_b$  Fasta kostnader främst i form av ränta, avskrivning, försäkring och materiellt underhåll knutna till maskinell utrustning. Detta avser t ex kranutrustning, spårutrustning.
- $P_b$  Kostnader för platsadministration fördelade på studerad montering.
- $C_b$  Kostnader för centraladministration på huvudkontor fördelade på studerad montering.
- $L_b$  Lönedel för personal som är knuten till monteringen och som av olika skäl är att betrakta som fast.
- $\ddot{O}_b$  Eventuella övriga fasta kostnader fördelade på studerad montering.
- $\Delta K_m$  Fast kostnad som uppstår till följd av förändring i monteringstakten.  $\Delta K$  kan vara såväl negativ som positiv.

Vid monteringsstakten  $m$  fås:

$$K'_b = M_b + P_b + C_b + L_b + \ddot{O}_b \quad (\text{kronor per dag})$$

Vid monteringsstakten  $m + \Delta m$  fås:

$$K''_b = M_b + P_b + C_b + L_b + \ddot{O}_b + \Delta K \quad (\text{kronor per dag})$$

Division av  $K_b$  (kronor per dag) med monteringsstakten (element per dag) ger kostnaden i kronor per element.

Vid monteringsstakten  $m$  fås:

$$\frac{K'_b}{m} = \frac{M_b + P_b + C_b + L_b + \ddot{O}_b}{m} \quad (\text{kronor per element})$$

Vid monteringsstakten  $m + \Delta m$  fås:

$$\frac{K''_b}{m + \Delta m} = \frac{M_b + P_b + C_b + L_b + \ddot{O}_b + K_m}{m + \Delta m}$$

Skillnaden mellan dessa kostnader blir:

$$(7.3) \quad \frac{K''_b}{m + \Delta m} - \frac{K'_b}{m} \quad (\text{kronor per element})$$

Om  $\Delta K_m = 0$  fås  $K'_b = K''_b$ . En ökning av  $m$  ger då en kostnadssänkning och en minskning ger en kostnadsökning (positiv skillnad).

Den totala förändringen av kostnaderna på byggplats på grund av förändring av  $m$  och som benämns  $\Delta K_b$  blir nu summan av förändringen i räntekostnad och förändringen av de fasta kostnaderna.

Således:

$$(7.4) \quad \Delta K_b = Q \cdot K \left( g + \frac{1}{2} \right) \left( \frac{1}{m + \Delta m} - \frac{1}{m} \right) + \left( \frac{K''_b}{m + \Delta m} - \frac{K'_b}{m} \right)$$

Den första termen hänför sig till räntekostnader (7.2) och den andra termen till fasta kostnader (7.3).

#### 7.4 Kostnader i samband med lagring ( $K_1$ )

Vi kommer att betrakta ett antal olika lagringsfall. I princip förekommer det tre stycken fall,  $t = m$ ,  $t < m$  och  $t > m$ . Se FIG. 51.

Vi antar att det gäller att tillverka sammanlagt  $Q$  element. I detta fallet gäller att  $Q$  är samma  $Q$  som betraktas i ekvation (7.4).

Vi inför nu följande parametrar:

- $L$  = summan av produktionslager och säkerhetslager
- $L_{\max}$  = maximal lagernivå
- $Q$  = totalt antal tillverkade och monterade element
- $t$  = tillverkningstakt
- $m$  = monteringsstakt
- $T_b$  = elementens brinntid till "28-dagarsstyrka"
- $T_g$  = tidsglapp som gardering mot förändringar i gjut- eller monteringsstidpunkt
- $T_1$  = skillnad i tid mellan gjutningens och monterings början
- $T_{\text{tot}}$  = total studerad tid ( $T_1 + T_m$ )
- $V$  = lagringsvolym uttryckt i antal elementdagar

Avsikten är att uttrycka  $T_1$ ;  $T_{\text{tot}}$ ;  $L$ ;  $L_{\max}$  och  $V$  i parametrarna  $T_b$ ,  $T_g$ ,  $Q$ ,  $t$  och  $m$ . Alla dessa parametrar bör vara kända eller vara lätta att ta fram som beräkningar av den beskrivna typen.

Härledning av ekvationen redovisas i BILAGA 2.

FALL I:  $t = m$

$$(7.5) \quad T_1 = T_b + T_g$$

$$(7.6) \quad T_{\text{tot}} = T_b + T_g + \frac{Q}{m} = T_b + T_g + \frac{Q}{t}$$

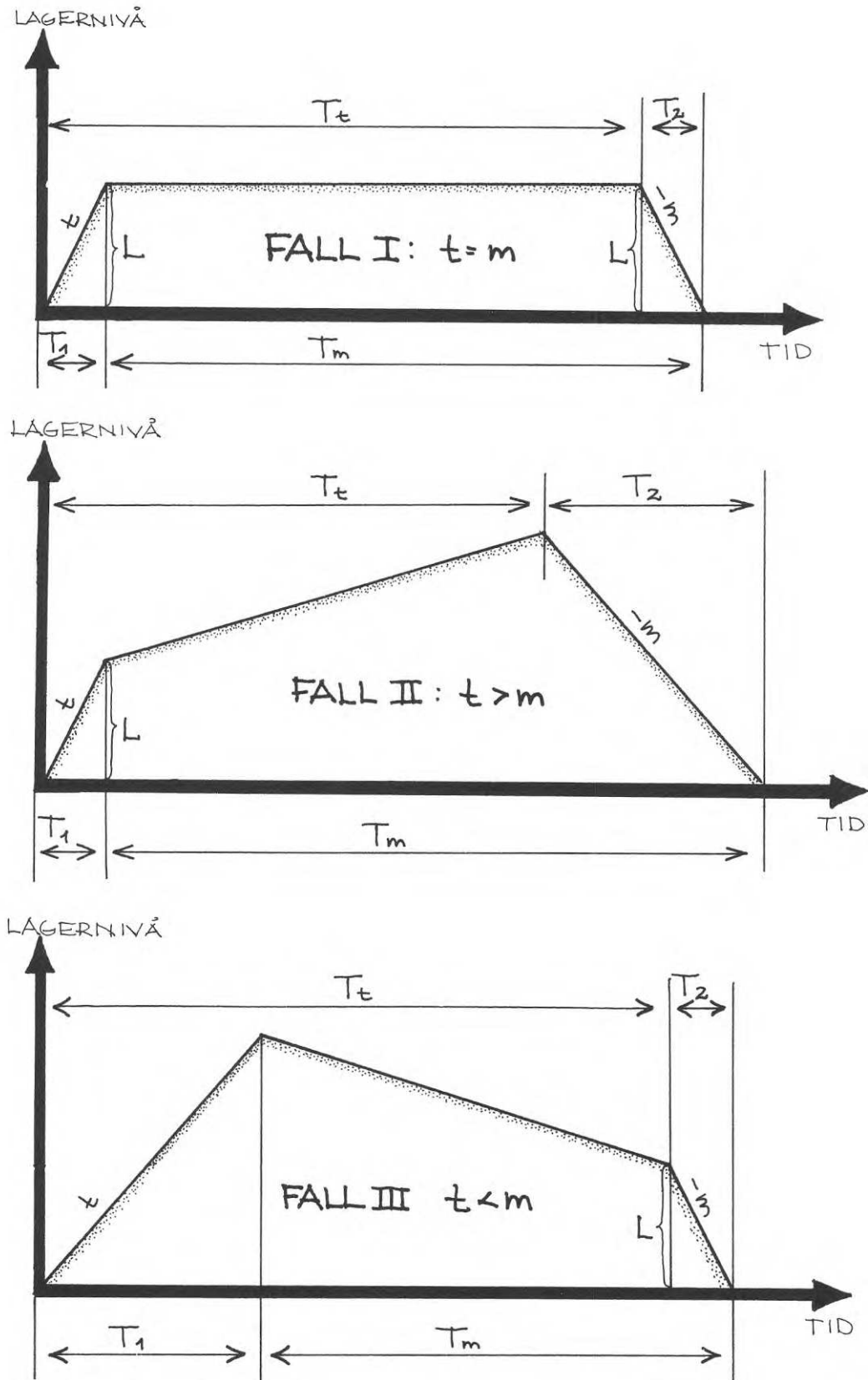


FIG. 51. Lagernivåns variation vid de tre typerna av lagringsfall.  $L$  är summan av produktions- och säkerhetslager. Tiden  $T_1$  är skillnaden mellan tillverkningens och monterings början.  $T_2$  är skillnaden mellan tillverkningens och monterings slut.  $T_t$  är tillverkningstiden och  $T_m$  är monterings-tiden.

$$(7.7) \quad L = (T_b + T_g) \cdot t$$

$$(7.8) \quad L_{\max} = (T_b + T_g) \cdot t$$

$$(7.9) \quad V = (T_b + T_g) \cdot Q$$

FALL II:  $t > m$

$$(7.10) \quad T_1 = T_b + T_g$$

$$(7.11) \quad T_{\text{tot}} = T_b + T_g + \frac{Q}{m}$$

$$(7.12) \quad L = (T_b + T_g) \cdot t$$

$$(7.13) \quad L_{\max} = (T_b + T_g) \cdot m + \left(1 - \frac{m}{t}\right) \cdot Q$$

$$(7.14) \quad V = (T_b + T_g) \cdot Q + \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{t}\right) \cdot \frac{Q^2}{2}$$

FALL III:  $t < m$

$$(7.15) \quad T_1 = T_b + T_g + \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{m}\right) \cdot Q$$

$$(7.16) \quad T_{\text{tot}} = T_b + T_g + \frac{Q}{t}$$

$$(7.17) \quad L = (T_b + T_g) \cdot m$$

$$(7.18) \quad L_{\max} = (T_b + T_g) \cdot t + \left(1 - \frac{t}{m}\right) \cdot Q$$

$$(7.19) \quad V = (T_b + T_g) \cdot Q + \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{m}\right) \cdot \frac{Q^2}{2}$$

Fallet  $t = m$  är trivialt ur vår synpunkt, medan däremot de båda övriga är mer intressanta.

Det som närmast avses, är vad som inträffar med lagringsvolymen  $V$  vid ändringar av  $t$  eller  $m$  med  $\Delta t$  respektive  $\Delta m$ .

Med  $\Delta V_t$  och  $\Delta V_m$  menas den förändring av  $V$  som inträffar vid en förändring av  $V$  med  $\Delta t$  respektive  $\Delta m$ .

Fall II:  $t > m$

Ändring av  $t$  med  $\Delta t$  ger

$$(7.20) \quad \Delta V_t = \frac{Q^2}{2} \left( \frac{1}{t} - \frac{1}{t + \Delta t} \right)$$

Ändring av  $m$  med  $\Delta m$  ger:

$$(7.21) \quad \Delta V_m = \frac{Q^2}{2} \left( \frac{1}{m + \Delta m} - \frac{1}{m} \right)$$

En minskning av  $t$  eller en ökning av  $m$  ger således en minskning i lagringsvolymen.

Fall III:  $t < m$

Ändring av  $t$  med  $\Delta t$  ger:

$$(7.22) \quad V_t = \frac{Q^2}{2} \left( \frac{1}{t + \Delta t} - \frac{1}{t} \right)$$

Ändring av  $m$  med  $\Delta m$  ger:

$$(7.23) \quad V_m = \frac{Q^2}{2} \left( \frac{1}{m} - \frac{1}{m - \Delta m} \right)$$

En ökning av  $t$  eller en minskning av  $m$  ger således en minskning i lagringsvolymen.

Om  $k$  = genomsnittliga produktionsvärdet per element  
 $p$  = kalkylräntefot (per dag)

erhålles om parametern  $t$  avses

$$(7.24) \quad \Delta K_{1t} = \frac{\Delta V_t \cdot k}{Q} \cdot \frac{p}{100} \quad (\text{kronor per element})$$

eller om parametern  $m$  avses:

$$(7.25) \quad \Delta K_{1m} = \frac{\Delta V_m \cdot k}{Q} \cdot \frac{p}{100} \quad (\text{kronor per element})$$

Om  $\Delta V_t$  enligt ekvation (7.20) eller (7.22) eller  $\Delta V_m$  enligt ekvation (7.21) eller (7.23) skall användas beror på förhållandet mellan  $t$  och  $m$  i beräkningsfallet.

De fasta kostnaderna för lagerutrymmen, utrustning och fasta kostnader för personal o.dyl. betecknas  $K_{1f}$ .

De ingående delarna är, där kostnaderna beräknas i kronor per dag:

$L_1$ : Eventuell fast lönedel för personal knuten till hantering och lagring och transport av studerat sortiment.

$P_1$ : Fast kostnad per dag för en lagerplats inklusive den eventuella fasta utrustning för hantering som hör till.

$K_1$ : Eventuella förändringar i de fasta kostnaderna ovan till följd av förändring av  $m$  eller  $t$ .

Som framgår av kurvorna på FIG. 51 varierar lager-nivån över tiden. Erfarenhetsmässigt är det ofta svårt att utnyttja lagerutrymmen som "tillfälligt" står tomma. Annorlunda uttryckt, vi måste räkna som om alla  $L_{\max}$  lagerplatserna vore utnyttjade under hela tiden,  $T_{\text{tot}}$ , och fördela kostnaderna härför på antalet utnyttjade elementdagar som anges av  $V$ . Vi får då att kostnaden per element blir vid ursprungligt  $t$  och  $m$

$$(7.26) \quad K_{1f}' = (L_1 + P_1) \cdot \frac{L_{\max}(t_1 m) \cdot T_{\text{tot}}(t_1 m)}{V(t_1 m)} \quad (\text{kronor per element})$$

Beteckningarna  $L_{\max}(t_1 m)$ ;  $T_{\text{tot}}(t_1 m)$  och  $V(t_1 m)$  beräknas på ursprungliga  $t$  och  $m$ . Vilka värden som skall användas beror på vilket fall som avses och värdena framgår av ekvationerna (7.5 - 7.19).

Vid en förändring av  $t$  med  $\Delta t$  erhålles analogt med föregående

$$(7.27) \quad K_{1f}'' = (L_1 + P_1 + \Delta K_1) \cdot \frac{L_{\max}(t + \Delta t_1 m) \cdot T_{\text{tot}}(t + \Delta t_1 m)}{V(t + \Delta t_1 m)} \quad (\text{kronor per element})$$

Vid förändring av  $m$  med  $\Delta m$  fås:

$$(7.28) \quad K_{1f}'' = (L_1 + P_1 + \Delta K_1) \cdot \frac{L_{\max}(t_1 m + \Delta m) \cdot T_{\text{tot}}(t_1 m + \Delta m)}{V(t_1 m + \Delta m)} \quad (\text{kronor per element})$$



Vi kan nu teckna skillnaden mellan  $K_{1f}''$  och  $K_{1f}'$  och får då

$$(7.29) \quad \Delta K_{1f} = K_{1f}'' - K_{1f}'$$

$K_{1f}''$  skrivs enligt ekvation (7.27) eller (7.28) beroende på vilken parameter som förändras av  $t$  och  $m$ .  $K_{1f}'$  tecknas enligt ekvation (7.26).

Vi har nu bestämt förändring i räntekostnaden för lagrade element vid förändringar av  $t$  och  $m$  liksom förändringen i lagringskostnad vid förändringar av samma parametrar och kan teckna den totala förändringen av kostnader knutna till lagringen. Den fås som

$$(7.30) \quad \Delta K_1 = \Delta K_{1t} + \Delta K_{1f}$$

eller

$$(7.31) \quad \Delta K_1 = \Delta K_{1m} + K_{1f}$$

där  $t$  respektive  $m$  i index i första termen i högerledet anger vilken som har förändrats.

Således är nu kostnaderna vid elementfabrik (ekvation 7.1); kostnader på byggplats (ekvation 7.4) och kostnader knutna till lagring (ekvation 7. eller 7. bestämda.

Vid genomgång av beslutsmodellen beräknas de kostnader som är aktuella i den beslutssituation man finner sig i och jämförs, varefter man följer den väg som anges i beslutsmodellen för det utfall man får av sin kostnadsjämförelse.

Som tidigare sagts utgör inte de beskrivna beräkningsmetoderna regler som strikt skall följas. De skall uppfattas som riktlinjer för hur beräkningar kan göras.

Förutsättningarna för beräkningarna har varit strikta analytiska samband och "företagsekonomiska lagar". En av avsikterna är att komma ifrån kortsiktiga och kanske speciella lokala faktorer, som snabbt kan förändras och kullkasta förutsättningarna för ett beslut som i och för sig var "riktigt" då beslutet fattades. Detta gäller t.ex. upplånings- och betalningsregler för finansiering av byggverksamheten, betalningsformer för de anställda eller olika former för köp eller lagring av utrustning o.s.v.

Det viktigaste är trots allt inte att alltid ha de "riktiga" beräkningsgrunderna. Det är då betydligt viktigare att genomföra beräkningar, som sker vid olika tillfällen, enligt samma beräkningskriterier för att få en någorlunda rättvis jämförelse.

## KAPITEL 8

### ALTERNATIVA SYSTEM

När man talar om transportsystem är det viktigt att göra klart för sig vad man avser med detta. Med transportsystem menar vi:

1. fysiska komponenter i form av utrustning, personal och anläggningar,
2. organisation och styrning av de fysiska komponenterna i systemet.

När vi nu skall studera alternativa system till de som finns idag, kommer vi först att analysera de möjligheter som finns att införa nya fysiska komponenter och sammanföra dem till ett fysiskt system. Därefter kommer organisation och styrning av detta fysiska system att behandlas. Först därefter kan man tala om alternativa transportsystem.

Man bör först göra klart för sig vilka funktioner systemet skall fylla. Man talar då om två typer av egenskaper dels kvantitativa dels kvalitativa.

Kvantitativa funktioner är sådana, vilka oundgängligen skall fyllas av systemet. Det kan då gälla t.ex. utlastning av element till lagringsplats, lossning av fordon på byggplats osv. Utan att alla dessa funktioner är fyllda, kan systemet inte fungera.

Kvalitativa funktioner är sådana som är önskvärda men inte oundgängliga, för att systemet skall fungera.

Det är funktioner av typen:

möjlighet till snabba kapacitetsökningar i systemet, möjligheter till alternativa användningar av utrustning i systemet.

Den transportkedja vi är intresserade av, är de hanteringar och förflyttningar, som elementen utsätts för fr.o.m. det att formen bryts, tills elementet är mon-

terat på plats i huskroppen. Det kan invändas mot detta val av transportkedja att denna är för snävt definierad. Man borde då inkludera såväl de interna transportererna på elementfabrik av t.ex. ballastmaterial, cement och även av färdig betong och armering till formarna som intransportererna av råvarorna till fabrik. Emellertid är detta delar av transportkedjan, som i detta sammanhanget mycket väl kan behandlas separat, även om de måste kopplas till transporten mellan fabrik och byggplats.

Det finns mycket som talar för att studera transportererna elementfabrik - byggplats speciellt.

När det gäller kraven på fysiska komponenter i detta transportsystem ställer elementens mått, vikt och hållfasthetsegenskaper helt speciella krav jämfört med de tidigare transportererna i kedjan, som antingen sker i form av bulk eller i varje fall i betydligt mindre och annorlunda enheter. Vidare utgör transportererna elementfabrik - byggplats den organisatoriska kopplingen mellan elementproduktion och husproduktion.

Tidigare nämndes de kvantitativa och kvalitativa funktioner, som systemet skall fylla. En förutsättningslös angreppsmetodik innebär att det är lämpligt att lista dessa funktioner innan alternativa system utformas.

### 8.1 Kvantitativa funktioner

Dessas antal beror bl.a. av val av produktionsteknik, externa transportmedel och förhållanden på byggplatsen. De funktioner som anges nedan inbegriper de som ansetts tänkbara i alla varianter av system. Funktionerna anges heller inte i strikt kronologisk ordning. Deras inbördes ordning kan därför vara en annan än den, som anges om man ser operationerna i tidsföljd.

Vidare kommer eventuellt vissa operationer att utgå beroende på val av system. Det bör påpekas, att när man valt ett system, där de nedanstående kvalitativa funktionerna ingår helt eller delvis, så måste dessa fyllas

för att systemet skall fungera.

De kvantitativa funktioner som kan komma ifråga är:

På elementfabrik

1. Brytning av form
2. Placering i härdkammare
3. Urtagning från härdkammare
4. Förflyttning till plats på lagergård
5. Lastning av större enhetslastbärare
6. Lastning av enhetslast på externt transportmedel eller koppling av bärare av last till dragfordon.

Under väg (från elementfabrik till byggplats och omvänt)

7. Förflyttning
8. Eventuell omlastning av lastbärare till annat transportmedel
9. Lossning - lastning av lastbärare från och till externt transportmedel

På byggplats

10. Rangering av lastbärare till och från plats för montering av element
11. Montering av element

## 8.2 Kvalitativa funktioner

Som vi sagt tidigare behöver inte dessa funktioner nödvändigtvis vara uppfyllda, även om det är önskvärt om de är det.

De kvalitativa funktioner, som transportsystemet i första hand bör fylla, är utan att någon direkt prioritering gjorts:

1. Möjligheter till snabba ändringar av transportkapaciteten i systemet
2. Korta genomströmningstider i systemet till följd av god tidsstyrning, snabba hanteringar och förflyttningar osv
3. Frikoppling i tiden för lastning av element på lastbärare och påbörjan av förflyttning från elementfabrik
4. Frikoppling i tiden för ankomst till byggplats och montering av medförda element
5. Undvikande av tunga och skadliga arbetsmoment för

personal och största möjliga säkerhet mot olyckshändelser i arbetet

#### 6. Skonsam hantering i godset

I ett system som studerats hade man ett transportavstånd på ca 10 km från fabrik till byggplats. Det befanns då, att kostnaderna för lagerhållning och hanteringskostnaderna på fabrik var större än förflyttningskostnaderna. Detta är absolut inget anmärkningsvärt utan ett förhållande som ofta råder, även om avståndet i det aktuella fallet var kort. Det finns alltså all anledning att beakta hanteringarna och de kostnader dessa för med sig.

Om vi betraktar listan på kvantitativa funktioner ser vi, att de funktioner, som avser elementfabrik, är ganska många. Ett sätt att rationalisera är då att försöka eliminera så många operationer man kan. Den bästa transporten är som bekant den, som inte behöver utföras och en transport består av såväl förflyttningar som hanteringar.

Artificiell härdning av element används inte allmänt idag vid elementtillverkning. Emellertid måste detta anses vara något önskvärt av produktionstekniska skäl, även om det kan medföra problem med elementens hållfasthet.

Som vi ser på listan över kvantitativa funktioner medför förekomsten av separat härdkammare två extra hanteringar, nämligen placering av element i härdkammare och uttag av element ur härdkammare. Det vore då synnerligen lämpligt att utföra härdningen redan i gjutformen. Därefter kan elementen direkt förflyttas från form till lagergård.

I allmänhet förflyttas också elementen ett och ett från gjutform eller härdkammare till plats på lagergård. Från sin lagringsplats lastas elementen ett och ett på en lastbärare som vanligen är en semitrailer. All erfarenhet säger, att man skall sträva efter att

minimera antalet hanteringar vid hanteringsarbete.

Det föregående resonemanget leder mot en tillämpning av den s.k. enhetslastprincipen. Denna går ut på att man så tidigt som möjligt i en transportkedja samlar ett antal mindre enheter till en större s.k. enhetslast. Denna förflyttas och hanteras i obrutet skick så länge som möjligt i transportkedjan innan den bryts. Godstransporter såväl i container som på flak är ju något som sedan länge praktiserats inom industrin och detta är ju exempel på enhetslastprincipen. Försök har även gjorts i samma riktning inom elementbyggnadsindustrin genom användning av lösa bockar.

Hur skall man då tänka sig en tillämpning av enhetslastprincipen på kedjan elementtillverkning - monterring?

### 8.3 Alternativ 1: Bildande av enhetslasten i samband med formbrytning

Detta alternativ är den mest extrema tillämpningen av enhetslastprincipen. Transportkedjan kommer att innehålla följande operationer, vilka också visas på FIG. 52.

- Brytning av form och i samband med detta placering av element i monteringsordning på bockar respektive flak varvid enhetslaster skapas.
- Transport av enhetslaster (bockar och flak med element) till plats på lagergård i avvaktan på transport till byggplats.
- Lastning av enhetslast på externt transportmedel.
- Förflyttning till byggplats eventuellt med omlastning under vägen (tåg till bil, tåg till båt till bil o.s.v.).
- Lossning av full lastbärare vid monteringsställe.
- Lastning av tom lastbärare, förflyttning med eventuell omlastning, och lossning av tomma lastbärare vid elementfabrik.

Som framgår har antalet hanteringsoperationer, jämfört med de som angetts i listan över kvantitativa funk-



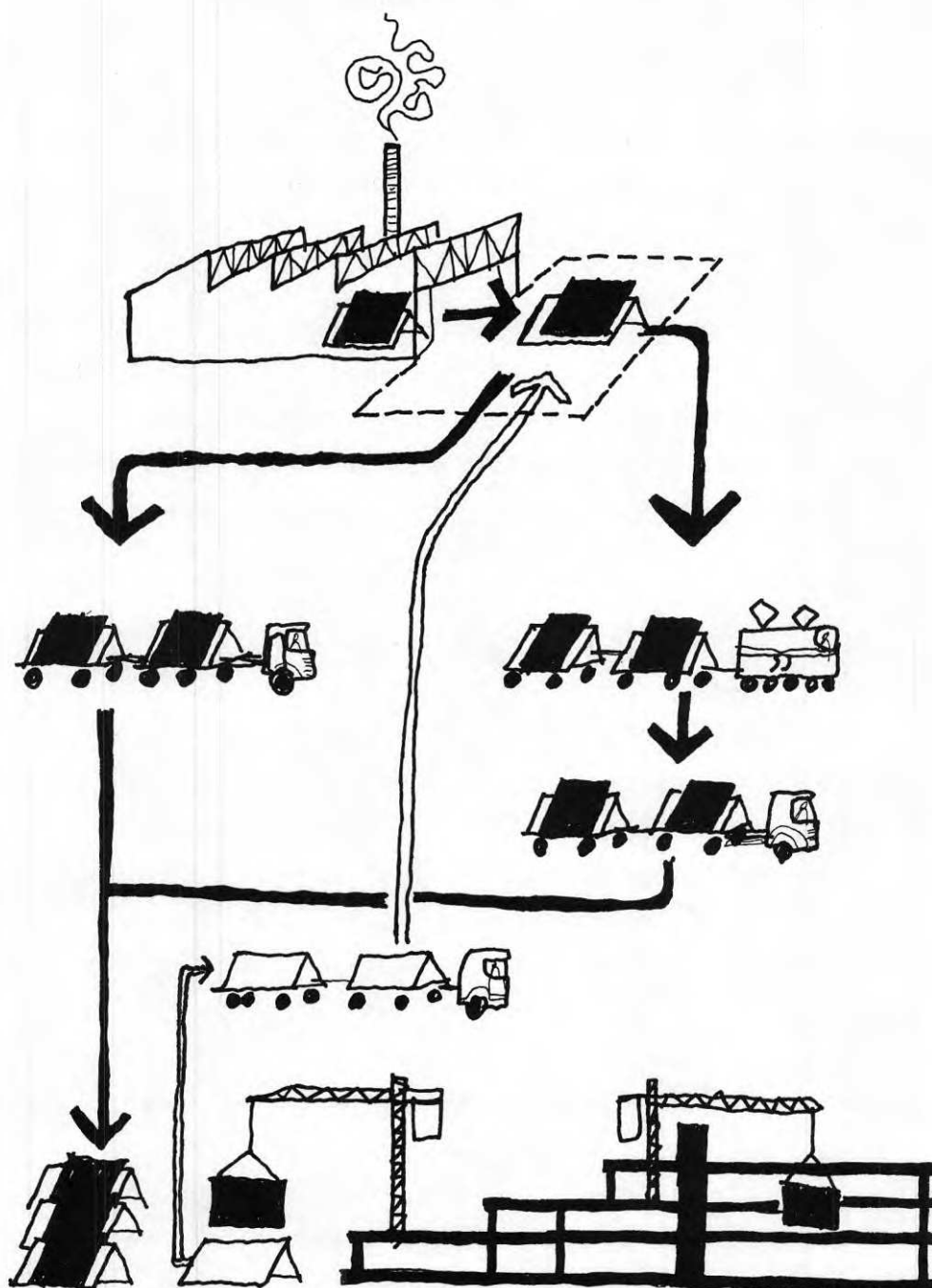


FIG. 52. Alternativ I innebär att enhetslasten bildas redan i samband med formbrytningen och bryts i samband med monteringen av elementen.

tioner, minskats betydligt. Vi har kommit ifrån hanteringar av elementen ett och ett i och med härdkammare (om sådan finns).

Vidare placeras elementen på sin lagerplats som en enhetslast och lastas på det externa transportmedlet som en enhetslast.

Stående element placeras lämpligen, liksom nu, på A-formade ställningar och liggande element på hela eller genombrutna flak. Själva brytningen av formen och placeringen av elementen på ställning tänks ske på samma sätt som idag d.v.s. vanligen med hjälp av en traverskran.

Under lagringstiden, d.v.s. den tid som åtgår för att elementen skall brinna helt färdigt plus det tidsglapp, som man alltid måste planera för att gardera sig mot förskjutningar i gjuttidpunkt och monterings-tidpunkt, kommer elementen att vara placerade på sina bockar eller flak på lagergården. Denna form av förvaring kommer utan tvekan att vara betydligt mer utrymmekrävande än den nuvarande, där elementen förvaras separat, stående i fack.

Under förutsättning att lagernivån är densamma som idag, kommer alltså en betydligt större yta för lagergårdar att krävas. Man kan då inte utesluta att rörliga redskap kan bli mycket aktuella, eftersom installation av fasta redskap, främst i form av travers eller portal-kran som skall kunna behärska ett så stort område, kommer att bli mycket kapitalkrävande. Ett rörligt redskap har i allmänhet väsentligt större rörliga kostnader än ett fast. Kan emellertid detta kompenseras med större snabbhet och bättre utnyttjning, än vad som är möjligt att uppnå med fast redskap, kan denna merkostnad delvis eller helt kompenseras.

Den hantering, som ett rörligt redskap i första hand skall utföra, är då uttransport av bockar och flak från

den plats, där dessa blivit lastade med element och till plats på lagergård och intransport av tomma bockar och flak till lastningsplats. Vi nämnde tidigare under rubriken kvalitativa funktioner att hanteringen i samband med produktion och lagring bör skiljas från lastning eller aktiviteter i samband med förflyttning till byggplats. Så görs också i allmänhet idag genom att man tillämpar principen att koppla loss semitrailer eller påhängsvagn såväl vid fabrik som på byggplats. Mycket tyder på att detta är en god princip, då en alltför hård koppling i leden produktion - transport - montering skulle ställa orealistiska krav på materialstyrningen.

Hanteringen vid fabrik av de beskrivna enhetslasterna, vilka kommer att ha vikter på mellan 10 och 20 ton, liknar i mångt och mycket den som kommer i fråga vid hantering av 20-fots ISO-container eller flak. Detta gäller även dimensionerna på lastenheten. Det förefaller då lämpligt att om så är möjligt välja en typ av utrustning som används för denna typ av hantering.

Dessa utrustningar är i de flesta fall beprövade och ständigt förbättrade konstruktioner med god driftsäkerhet.

I det följande presenteras ett antal redskap av den typ som kan bli aktuella.

#### Grensletruckar (FIG. 53).

Grensletruckarna indelas i låglyftande och höglyftande.

Grensletrucken möjliggör hög marschhastighet vid körning med last, tack vare god viktsfördelning och stabil placering av lasten. Trucken har god manövrerbarhet, goda siktförhållanden och dessutom tillkommer att den tar och sätter lasten med liten tidsförlust. Den har också ett fördelaktigt förhållande mellan egenvikt och lastförmåga.

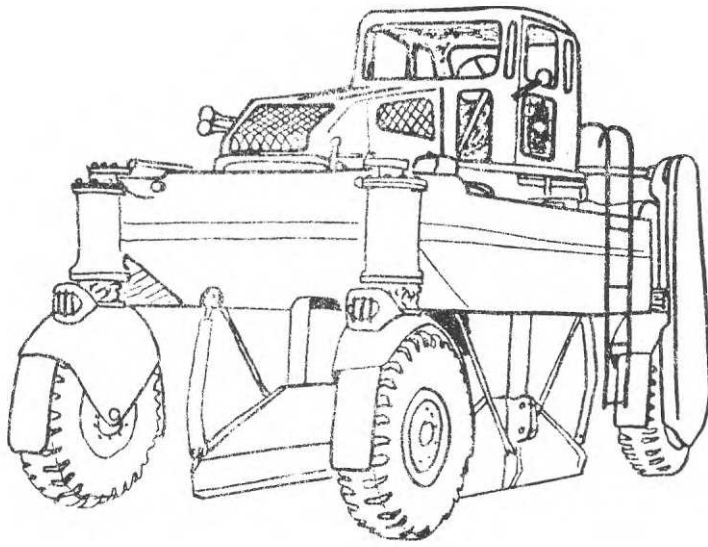


FIG. 53. Låglyftande grensletruck.

Låglyftande grensletruck medger endast horisontalförflyttning, varför den måste kombineras med vertikala hanteringsredskap vid t.ex. lastning och lossning av externt transportmedel. Grensletruckarna kan utrustas antingen med lyftlinjaler, eller med lyftok för topplyft. Investeringen blir, särskilt för staplande truck mycket stor, vilket medför krav på stort materialflöde.

Pris:	Höglyftande	700.000 - 1.000.000 kr
	Låglyftande	240.000 - 400.000 kr

#### Motviktstruck (FIG. 54.)

Motviktstrucken möjliggör en rationell kombination av överförings- och horisontalförflyttningsmomenten under förutsättning att förflyttningarna hålls inom rimliga sträckor.

Tiderna för lastning och lossning är mycket korta.

Trucken medger stor alternativanvändning.

För manövrering av trucken krävs relativt stora ytor.

Vid maximal last blir framaxeltrycket mycket stort.

Trucken kan antingen vara utrustad med gafflar eller topplyftok.

Hantering med gafflar förutsätter att enhetslasten är utrustad med gaffelfickor eller dylikt.

Vid topplyftok kommer lyfthöjden att begränsas.

Pris: 200.000 - 400.000 kr

#### Sidlastare (FIG. 55.)

Sidlastaren har gynnsammare fördelning av axeltrycken än motviktstrucken. Hanteringsmomenten kräver noggranna inpassningsmanövrar, vilket innebär att lastzontiden blir lång.

Redskapet kräver ej breda arbetsgångar, vilket medför god marknutnyttning.

Pris: 350.000 - 600.000 kr.

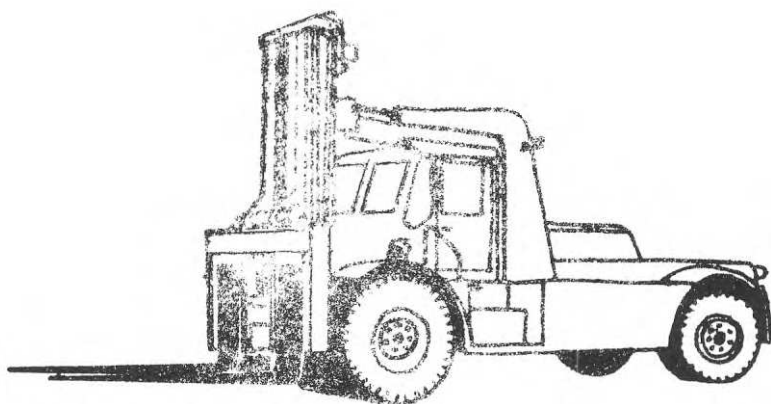


FIG. 54. Motviktstruck med gaffelaggregat.

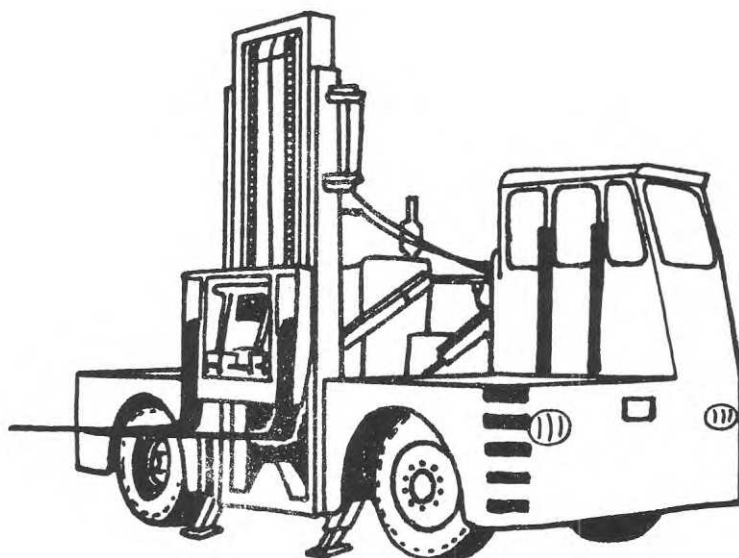


FIG. 55. Sidlastare med gaffelaggregat.

### Bygelvagn (FIG. 56.)

Vagnarna har lyftlinjaler med vars hjälp lastenheten lyfts 20 - 30 cm. Vissa bygelvagnar är dock staplande. För manövrering av bygelvagnarna krävs motviktstruck (3 - 4 tons lyftförmåga) eller traktor med lyftanordning.

Bygelvagnen är relativt billig, men konstruktionen gör att lastzontiderna blir längre än för truckar.

Vid de bygelvagnar, där man använder sig av en mindre motviktstruck som dragfordon, har det visat sig, att den angivna storleken på denna är tilltagen i underkant vid förflyttning av tunga lastenheter.

Pris: Staplande	55.000 kr
Icke staplande	24.000 - 35.000 kr

Hur skall då det externa transportmedlet se ut? Det som förekommer för närvarande är dragbil + semitrailer. I allmänhet kopplas semitrailern loss från dragbilen, vid elementfabrik för lastning och på byggplats för montering (lossning). Dragbilen tar lastade semitrailer till byggplats och tomma därifrån.

Speciellt vid längre transportavstånd händer det att lastbilen väntar vid såväl lastning som montering och hela tiden drar samma semitrailer.

I det första fallet är man tvungen att till varje bil ha tre semitrailer eller mer vilket medför betydande kapitalbindning då varje semitrailer representerar en investering av ca 40.000 kr.

I det andra fallet uppstår betydande terminaltider för ekipaget och också störningar vid hantering på fabrik och på byggplats.

För att komma ifrån nackdelarna med dessa båda alterna-



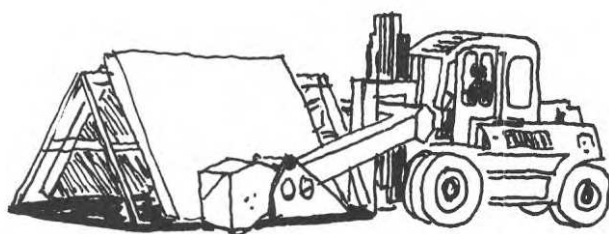


FIG. 56. Bygelvagnen i det utförande som avses här tänkes ha en 3 - 5 tons motviktstruck eller motsvarande som dragfordon.

tiv kan man tänka sig att ekipaget på egen hand och oberoende av assistans ombesörjer lastning och lossning av lastenheten. Montering tänkes ske som idag med kranar.

Ett antal olika alternativ visas nedan.

#### Lastbilsburna sidlyftare (FIG. 57.)

Sidlyftare monteras på lastbil, trailer eller dylikt. Lyft kan ske från markplan till fordon. Från fordon till järnvägsvagn eller annat fordon. De flesta sidlyftare kan stapla container.

Utrustningen ger relativt snabb av- och pålastning av enheter från och till lastbil och järnvägsvagn och klarar överföring mellan resp. fordon. (Relativt stor frihet vid placering av enhet i terminal). Stor investering, vilket medför krav på hög utnyttjning.

Pris: 110.000 kr

#### Autoflak för avlastning på markplan (FIG. 58.)

Autoflaget monteras på lastbil, trailer eller dylikt. Utrustningen består av tippbar ram på vilken containern vinschas upp eller ned från eller till markplan.

Genom avställning av enheten elimineras fordonets väntetid och fordonet kan användas för andra uppdrag.

Utrustningen är inte uteslutande avsedd för container. Vid av- och påspelning lutar containern ca 20 grader, vilket kan medföra problem.

Pris: 40.000 kr

#### Skyttelflak för avlastning på stödben (FIG. 59-60.)

Skyttelflaget monteras på lastbil, trailer eller dylikt.

Genom avställning av enheten elimineras fordonets vänte-

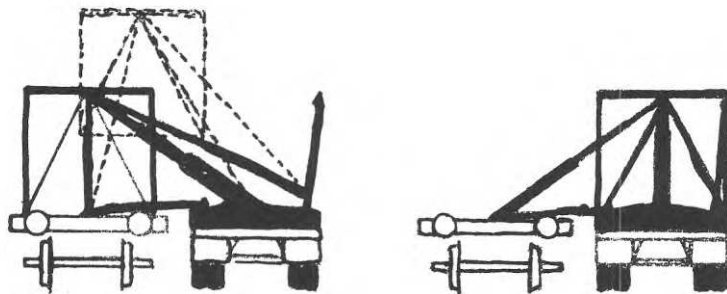


FIG. 57. En lastbilsburen sidlyftare har fördelen att även kunna göra omlastningen mellan olika transportmedel.

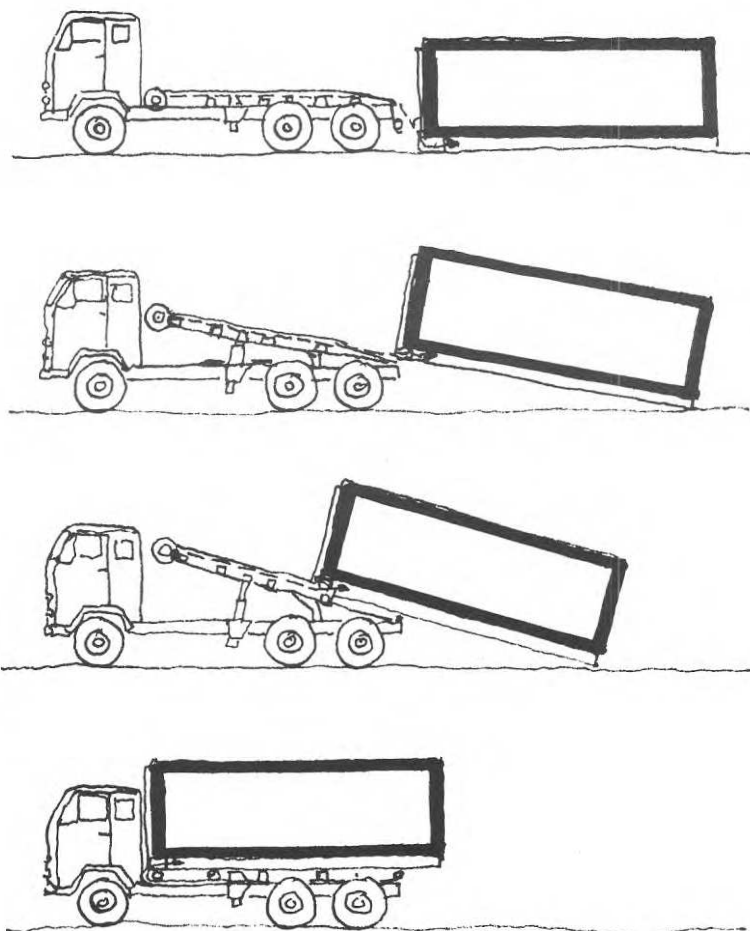


FIG. 58. Autoflaxsystem innebär avställning av lasten på marken.

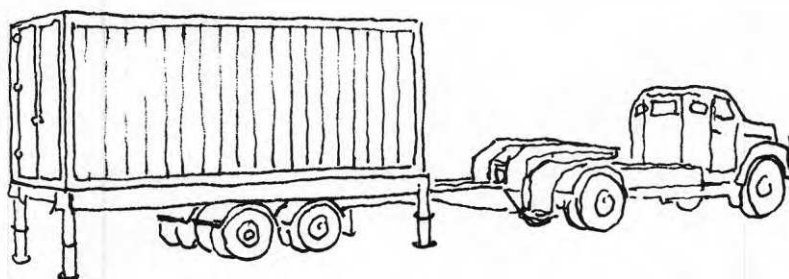


FIG. 59. Skyttelflakmetoden innebär avställning av lastenheten på stödben.

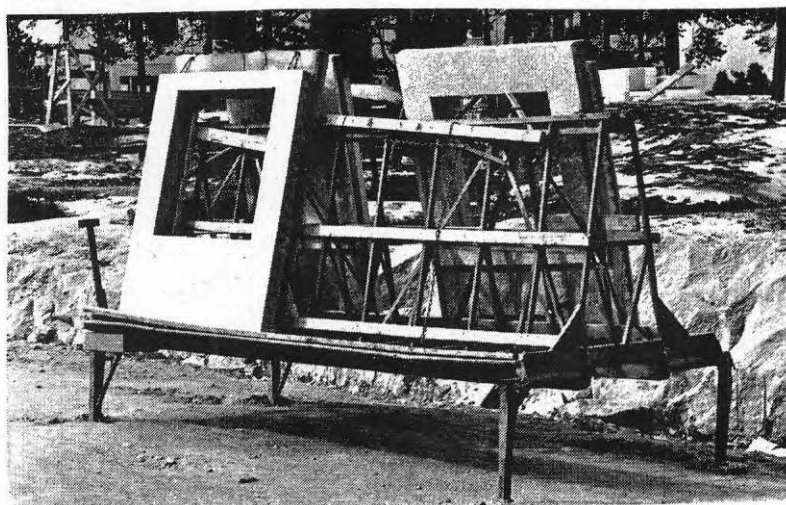


FIG. 60. Investeringen i bil med skyttelflaksutrustning är låg jämfört med t.ex. sidlyftare eller autoflakutrustning. Avställningen av lastenheten på stödben kan dock medföra problem med stabiliteten. Detta på grund av de höga yttrycken på marken från de fyra stödbenen.

tid och fordonet kan användas för andra uppdrag.

Avställande av enhet på stödben kan medföra stabilitetsproblem vid lastning och lossning.

Pris: 15.000 - 20.000 kr.

Beträffande ytterligare fakta om utrustning för såväl hantering och förflyttning av enhetslaster hänvisas till IVF-resultat nr 70617 med titel "Containerhantering i industriterminal". Förutom olika redskap finns där även kostnadsdata och en beräkningsmodell för val av utrustning med utgångspunkt från materialflödet. Denna rapport utges av Sveriges Mekanförbund.

Hur skall då lastenheterna placeras på lagergården med avseende på intern och extern utrustning? Vissa typer av utrustning tar lasten från kortändan medan andra tar den från långsidan. På FIG. 61 och 62 visas ett antal uppställningstyper för hantering från kort- respektive långsida. Där anges också vilken typ av utrustning som kommer ifråga. Rent allmänt kan sägas, att de uppställningar, där lastenheten bildar rät vinkel med arbetsgångar, medför mindre krav på yta jämfört med de sneda uppställningarna ( $30^\circ$  och  $45^\circ$  med arbetsgången). Ytan för sneda uppställningar blir 20 - 60 procent större än för lagerytor med rak uppställning. (Isaksson et al 1970).

Alternativ 1 innebär följande fördelar:

- minskat antal hanteringar,
- förenklad organisation för hantering vid elementfabrik,
- minskningar i personalbehov för hanteringen vid elementfabrik,
- elastiskt hanteringssystem med möjlighet till alternativ användning av utrustning.

Systemet innebär emellertid också nackdelar bl a följande:

- stor kapitalbindning i lastbärare, speciellt på lagergård,

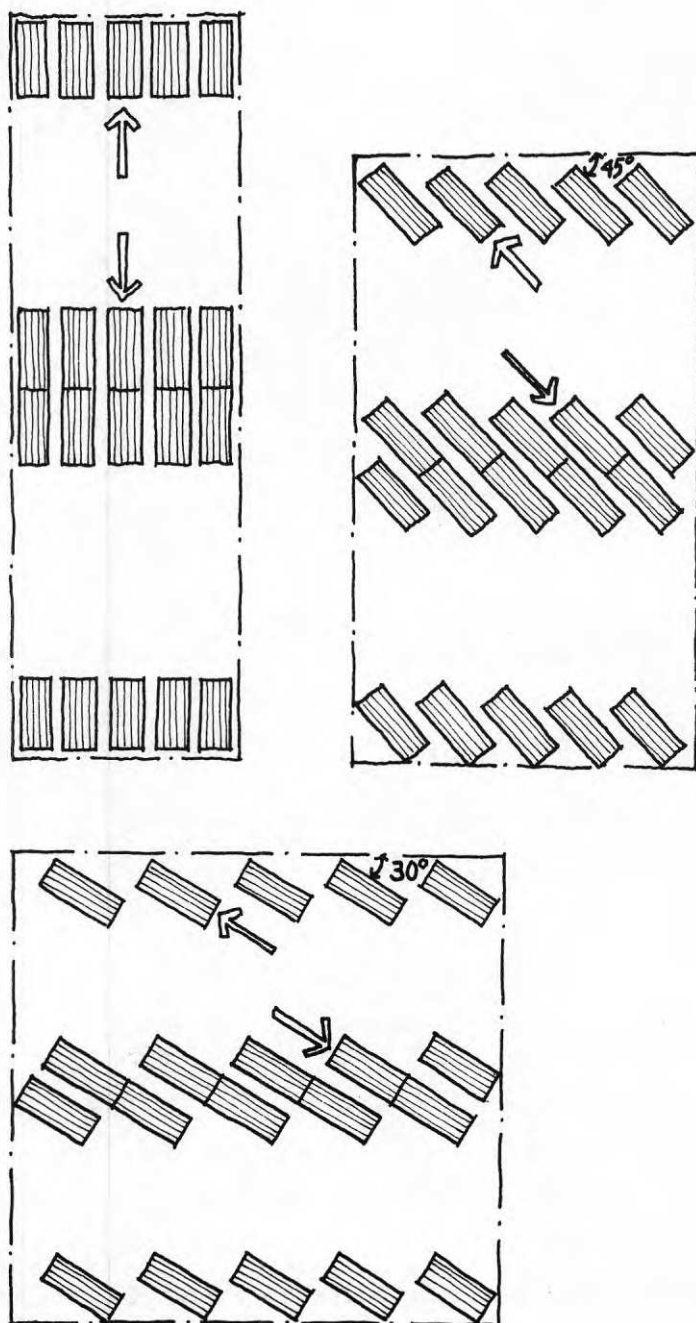


FIG. 61. Ovanstående uppställningstyper är lämpliga för hanteringsredskapen grensletruck och bygelvagn. De förflyttningsutrustningar som kommer ifråga är autoflak eller skyttelflak.

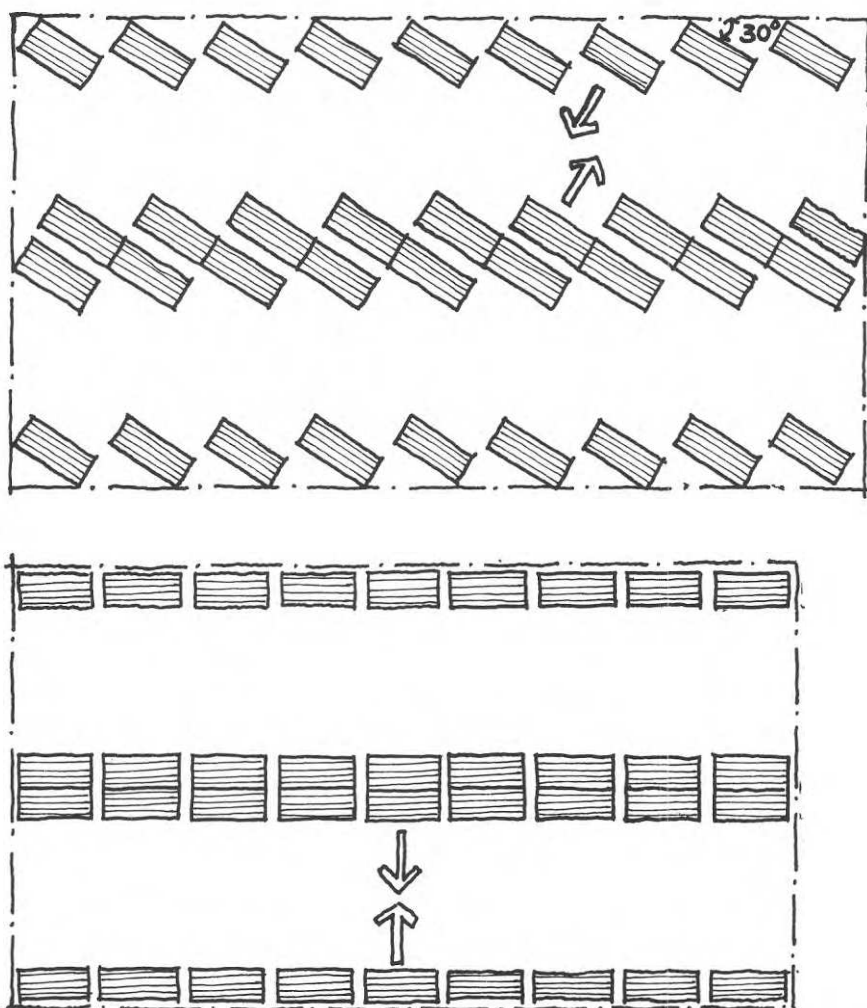


FIG. 62. Visade uppställningstyper är lämpliga för hanteringsutrustningar som tar lastenheten från långsidan d.v.s. motviktstruckar och sidlyftare. Som förflyttningsutrustning kan lastbilsburen sidlyftare användas. Observera att lastenheterna kan hanteras från såväl kort - som långsida om de bildar  $30^{\circ}$  vinklar med arbetsgången (se FIG. 61.)



- större ytbehov på lagergårdar på grund av större utrymmesbehov för lastenheter och arbetsgångar för rörlig utrustning.

#### 8.4 Alternativ 2: Bildande av enhetslasten efter lagring vid elementfabrik

Vid de flesta elementfabriker har man gjort avsevärda investeringar i fast utrustning i form av kranar och lagerställ. Att ersätta dessa med ett system byggt på enhetslastning i hela kedjan och rörliga hanteringsredskap för den interna hanteringen skulle medföra, att dessa investeringar realiserades med ett tveksamt ekonomiskt resultat. Alternativ 2 innebär att det nuvarande systemet för intern hantering vid fabrik bibehålls. Däremot kan de utrustningar som visas på FIG. 57, 58 och 59 utmärkt väl användas för transporter mellan fabrik och byggplats. På FIG. 63 visas hur detta system tänks fungera.

Skillnaden jämfört med alternativ 1 blir att enhetslasten inte bildas förrän efter lagring. Man bibehåller dock tidsglappet mellan placering av elementen på bock eller flak och lastning av enhetslasten på fordon, då all enhetslastbildning sker innan lastbilen ankommit till fabrik.

Fördelar jämfört med alternativ 1 blir:

- mindre kapitalbindning i lastbärare genom att inga lastbärare används under elementens lagring.

De nackdelar som blir aktuella är:

- fler hanteringar mellan formbrytning och bildning av enhetslast genom att elementen hanteras ett och ett,
- större personalbehov genom fler hanteringsoperationer.

Jämfört med dagens system med dragbil och semitrailer uppnås följande fördelar:

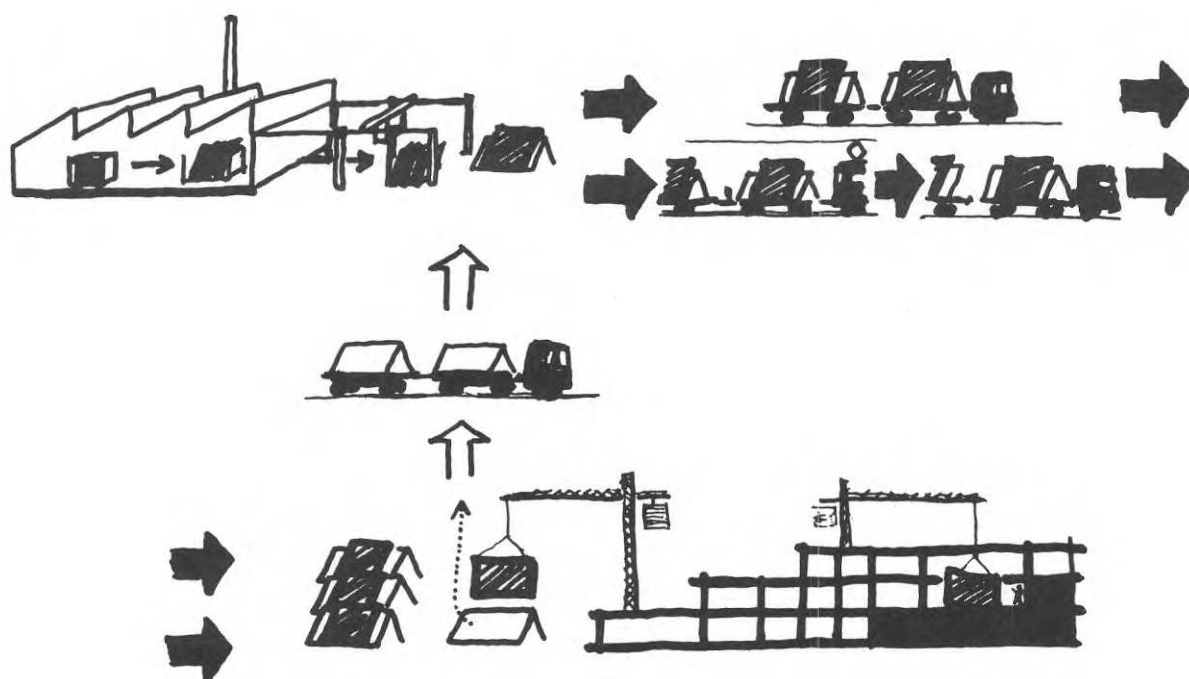


FIG. 63. I alternativ 2 bildas enhetslasten inte förrän efter lagring. Liksom i alternativ 2 bryts enheten i samband med monteringen.

- mindre total kapitalbindning, genom att bil med tillhörande antal semitrailer blir dyrare än självlastande fordon med tillhörande enhetslaster,
- lägre skatt och försäkring, genom att en semitrailer bl.a. beskattas vilket inte lösa flak och bockar gör.

Bland nackdelarna som kan påvisas är:

- sämre utnyttjning av fordon speciellt viktsmässigt.

Man frågar sig nu vilket system som är det bästa.

Naturligtvis kan inget entydigt svar ges.

Val av system beror av en mängd olika faktorer t.ex.:

- skall en ny fabrik projekteras eller är jag ekonomiskt bunden av gamla investeringar i utrustning?
- vilka element tillverkas och vilka är deras dimensioner och vikt?
- finns utrustning för artificiell härdning eller är det möjligt att installera sådan till rimlig kostnad?
- hur stort är mitt totala materialflöde?
- skall man leverera till en eller flera byggplatser samtidigt och hur långa blir transportsträckorna?

I varje aktuellt fall måste en speciell analys göras.

Utifrån denna analys, som givetvis skall vara helt förutsättningslös, skapas ett system anpassat till den aktuella situationen. Beträffande de fysiska system som beskrivits kan således ingen generell värdering göras utöver de för- och nackdelar som redovisats.

### 8.5 Organisation

Det som återstår är nu att ägna uppmärksamhet åt organisationen av de fysiska systemen.

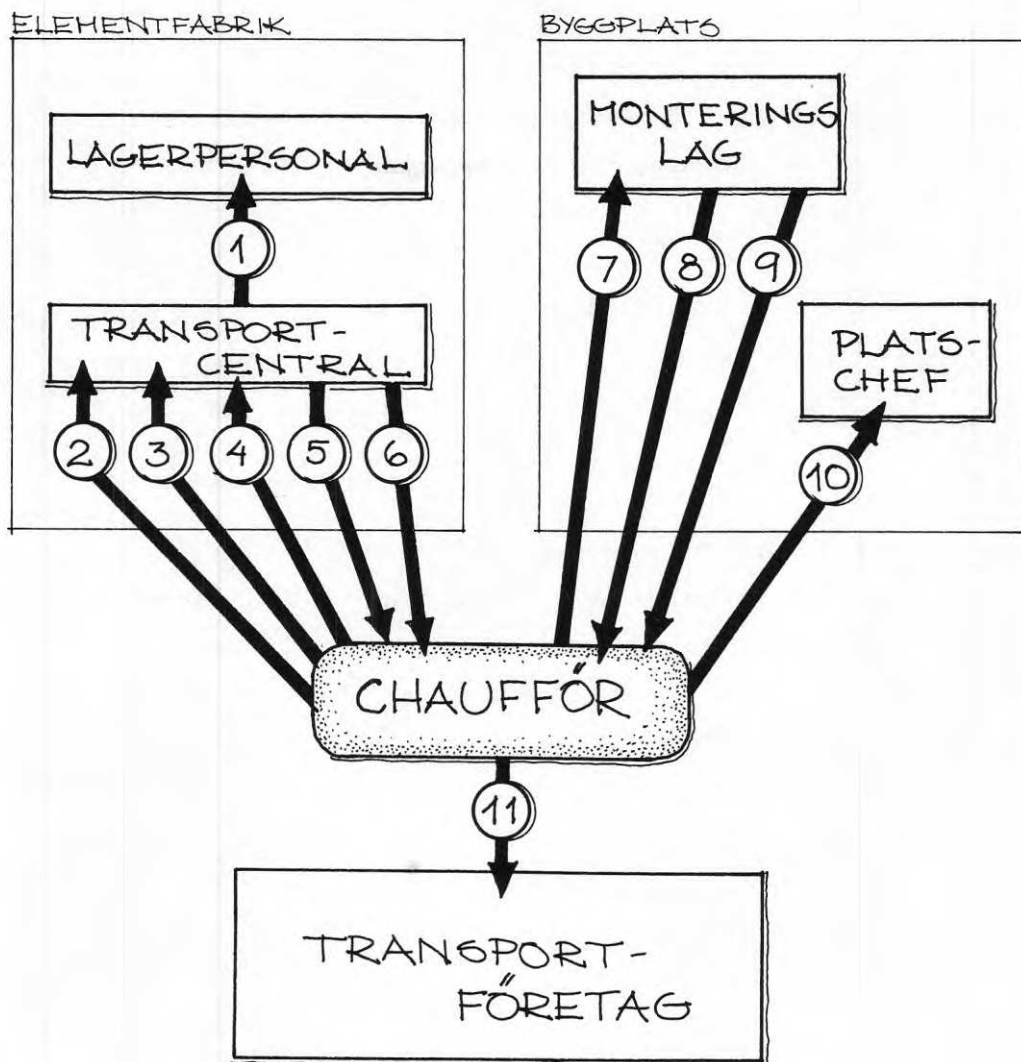
Som ett av flera mått på materialstyrningen kan dragbilarnas utnyttjning användas. I kapitel 5 visades att

enligt de studier som gjorts låg bilarnas metodtid på ca 50 % av drifttiden. De resterande 50 % utgörs av arbetsplatstillskottstider där kopplingstillskottstider svarar för den största andelen.

De studier som gjordes visade också att även om blankett-rutiner och uppföljning av lastade och monterade element beträffande antal och ordningsföljd fungerar väl är detta inte fallet med tidsstyrningen.

Bilarna är inte direkt beroende av kranar vare sig på elementfabrik eller byggplats för att koppla eller koppla loss semitrailer. Systemen har ändå en tendens att spåra ur. Detta kan t.ex. ta sig uttryck i att monteringen inte går med i den takt som bilarna levererar element. Efter en tid uppstår överskott på lastade och brist på tomma semitrailer. Dragbilen får då stå och vänta, medan en semitrailer lossas, för att kunna ta med den till elementfabriken. Samma sak kan inträffa på elementfabrik, om utlastningen inte kan hålla samma takt som transporterna. Då får bilarna i stället vänta på att semitrailer skall lastas. Denna tillfälliga överkapacitet får tolkas som en brist i tidsstyrningen. Vidare förekommer att ändringar i monteringsordning görs, som medför att lastordningen måste ändras. Om information om detta når fabriken för sent, kan det resultera i att bilen får vänta, medan elementen lastas om.

Vi har tidigare sagt att tidsstyrningen kan och bör förbättras. För att närmare angripa problemet skall vi titta på FIG. 64, som visar hur informationsflödet går i de transportsystem som vi studerat. Som framgår förmedlas informationen mellan byggplats och fabrik i praktiken genom chauffören. Att den förmedlas genom chauffören är i och för sig inget fel. Nackdelen är att informationen många gånger blir försenad. Det direkta informationsflödet mellan platschef och monteringslag på byggplats och transportcentral på fabrik är alltför litet utvecklat.



- ① LASTPROGRAM
- ② ÄNDRING I TRANSPORTSCHEMA
- ③ BESKED OM ANKOMST
- ④ BESKED OM AVGÅNG
- ⑤ UPPSTÄLLNINGSPLATS, LASTAD TRAILER
- ⑥ - " - TOM - " -
- ⑦ - " - LASTAD - " -
- ⑧ - " - TOM - " -
- ⑨ ÄNDRING I TRANSPORTSCHEMA
- ⑩ FÖLJESEDEL
- ⑪ FÖLJESEDEL

FIG. 64. Information mellan byggplats och elementfabrik går ofta via chaufförerna.

Vad som behövs är en aktivt fungerande materialstyrningsfunktion och mycket talar för att denna skall placeras på byggplatsen. (FIG. 65.) Denna funktions uppgifter är att koordinera verksamheten på de båda platserna. Gentemot elementfabrik skall man i första hand vara aktiva leveransbevakare, samtidigt som information om ändringar i verksamheten på byggplatsen, som berör fabriken, i god tid skall förmedlas till denna.

Denna materialstyrningsfunktion skall emellertid vad avser arbetsuppgifter inte bara begränsas till kopplingen mellan elementfabrik och byggplats d.v.s. flödet av element. Dess uppgifter skall också omfatta styrning av materialflödena tillhörande stomkompletterings- och inredningsskede. Först då kan man tala om en rationell materialstyrning i vår mening.

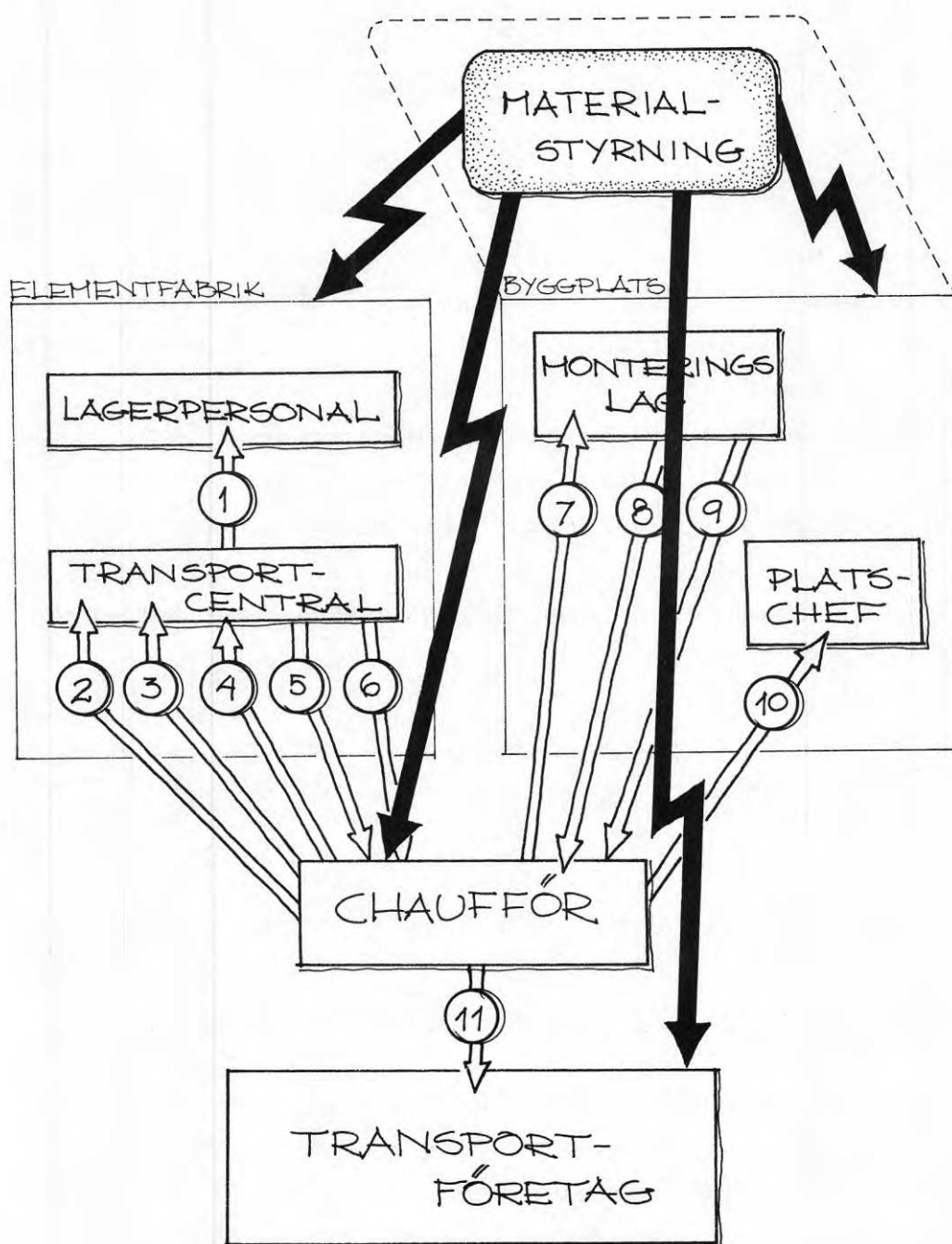


FIG. 65. Det fordras en aktiv materialstyrningsfunktion som delvis styr verksamheten på fabrik och byggplats.



## KAPITEL 9

### EKONOMISK UTVÄRDERING AV ALTERNATIVA SYSTEM

#### 9.1 Principer för enhetslastbildning

I kapitel 8 beskrevs dels två olika alternativ för att bilda enhetslast av skivelement, dels ett antal transport- och hanteringsutrustningar, som kan användas för att ombesörja flödet av element från gjutform till byggplats. I detta kapitel kommer externa och interna transport- och hanteringsutrustningar att sättas samman till transportsystem som ekonomiskt utvärderas.

De två alternativen för enhetslastbildning, som tidigare berörts är (FIG. 66):

Alternativ 1: Bildande av enhetslast i samband med formbrytning (tidig enhetslastbildning).

Alternativ 2: Bildande av enhetslast efter lagring vid elementfabrik (sen enhetslastbildning).

#### 9.2 Beskrivning av modellfabrik och elementsortiment

För att få en praktisk anknytning har valts en elementfabrik i Göteborgsregionen, som utgör modell för den fortsatta ekonomiska utvärderingen. Fabriken tillverkar ett skivelements Sortiment bestående av främst fasadelement, bjälklagselement och mellanväggselement. Produktionen är i genomsnitt ca 2.500 ton per vecka, som alltså också skall transporteras från elementfabrik till byggplats. Elementen lagras till största delen stående i ställ på fabriken lager. Bjälklagselementen läggs dock ned före lastning av externt transportmedel, som idag är dragbil + påhängsvagn (semitrailer). Hanteringen på lagergårdarna sker med traverskranar. Brytning av formar i fabriken gjuthallar sker också med traverskranar, som placerar elementen på spårgående vagnar för förflyttning ut till färdiglagren.

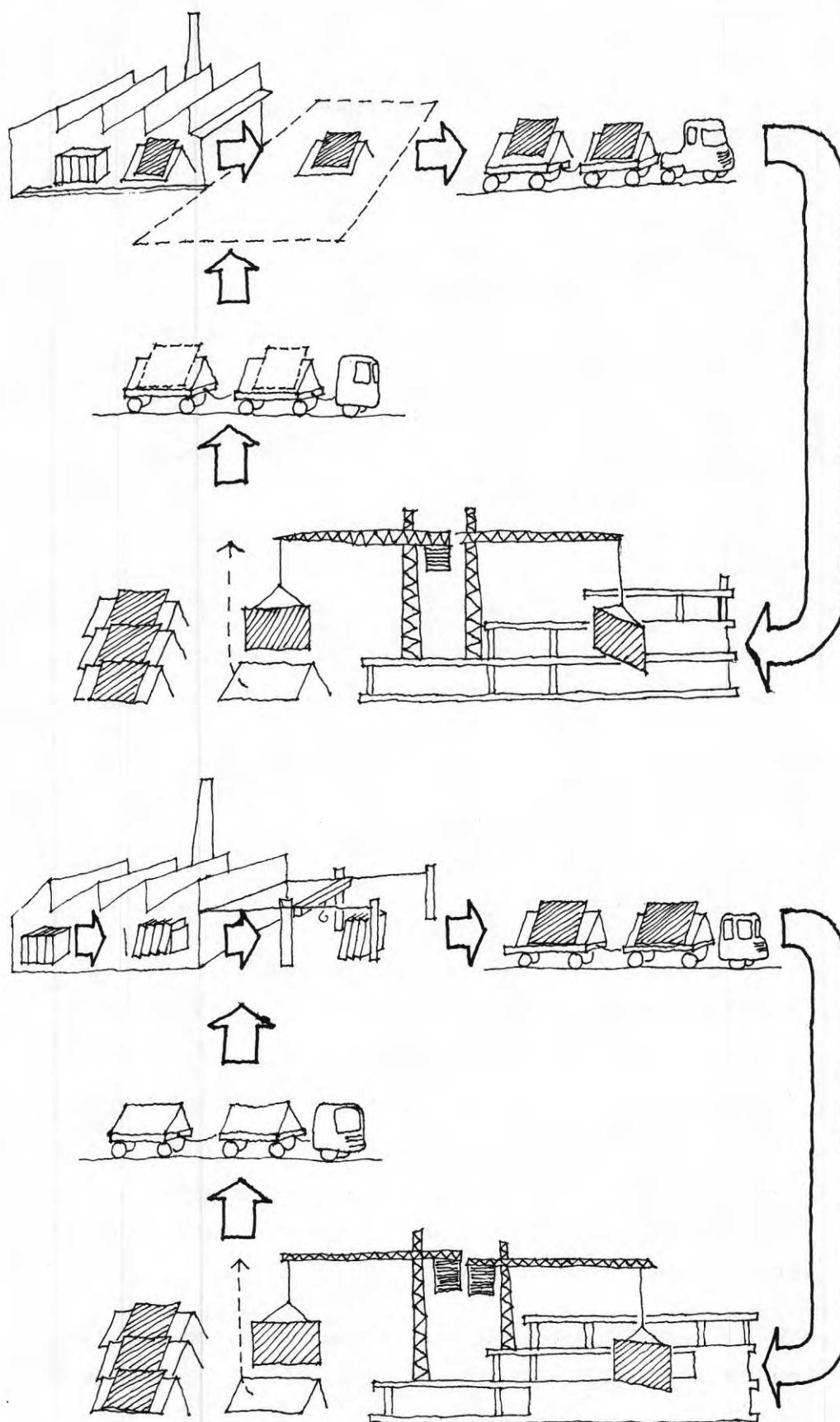


FIG. 66. Figurens övre del visar tidigt bildande av enhetslast och dess undre del sent bildande av enhetslast.

Planlösning av modellfabriken visas på FIG. 67.

Fabriken tillverkar även andra element än de tre typer som här nämnts, även om de här upptagna elementtyperna utgör den absolut största volymen. För att förenkla beräkningarna begränsades antalet typer till att omfatta fasadelement, bjälklagselement och mellanväggsselement. För varje typ finns en stor variation av elementlittra, där dimension och vikt varierar. Därför beräknades "medelelement", ett stående och ett liggande. Det stående "medelelementet" beräknades så, att de olika typerna av fasadelement och mellanväggsselement vägdes samman med avseende på deras antal i de hus, där de förekommer. Det liggande "medelelementet" beräknades på samma sätt med utgångspunkt från de ingående bjälklagselementen. De två typerna av "medelelement" beräknades enligt nedanstående formel:

$$X = 1/A \sum_{i=1}^n B_i C_i$$

där X = mätetalet längd, bredd, tjocklek respektive vikt för det liggande respektive stående "medelelementet".

A = totala antalet tillverkade element per våningsplan av de liggande respektive stående elementen.

$B_i$  = antalet tillverkade element per våningsplan av den i:te elementsorten av de liggande respektive stående elementen.

$C_i$  = mätetalet (längd, bredd, tjocklek respektive vikt) får den i:te sorten av de liggande respektive stående elementen.

n = antalet olika element av stående respektive liggande element.

Resultat för liggande "medelelement":

$$\text{Längd: } 1/52 (4 \cdot 3,87 + 4 \cdot 3,87 + 4 \cdot 4,77 + 8 \cdot 4,77 + 32 \cdot 4,77) = \underline{4,65 \text{ m}}$$

TILLVERKNING AV FASADELEMENT I LIGGANDE FORMAR

TILLVERKNING AV BJÄKLÄG OCH MELLANVÄGGAR I VERTIKALA BATTERIFORMAR

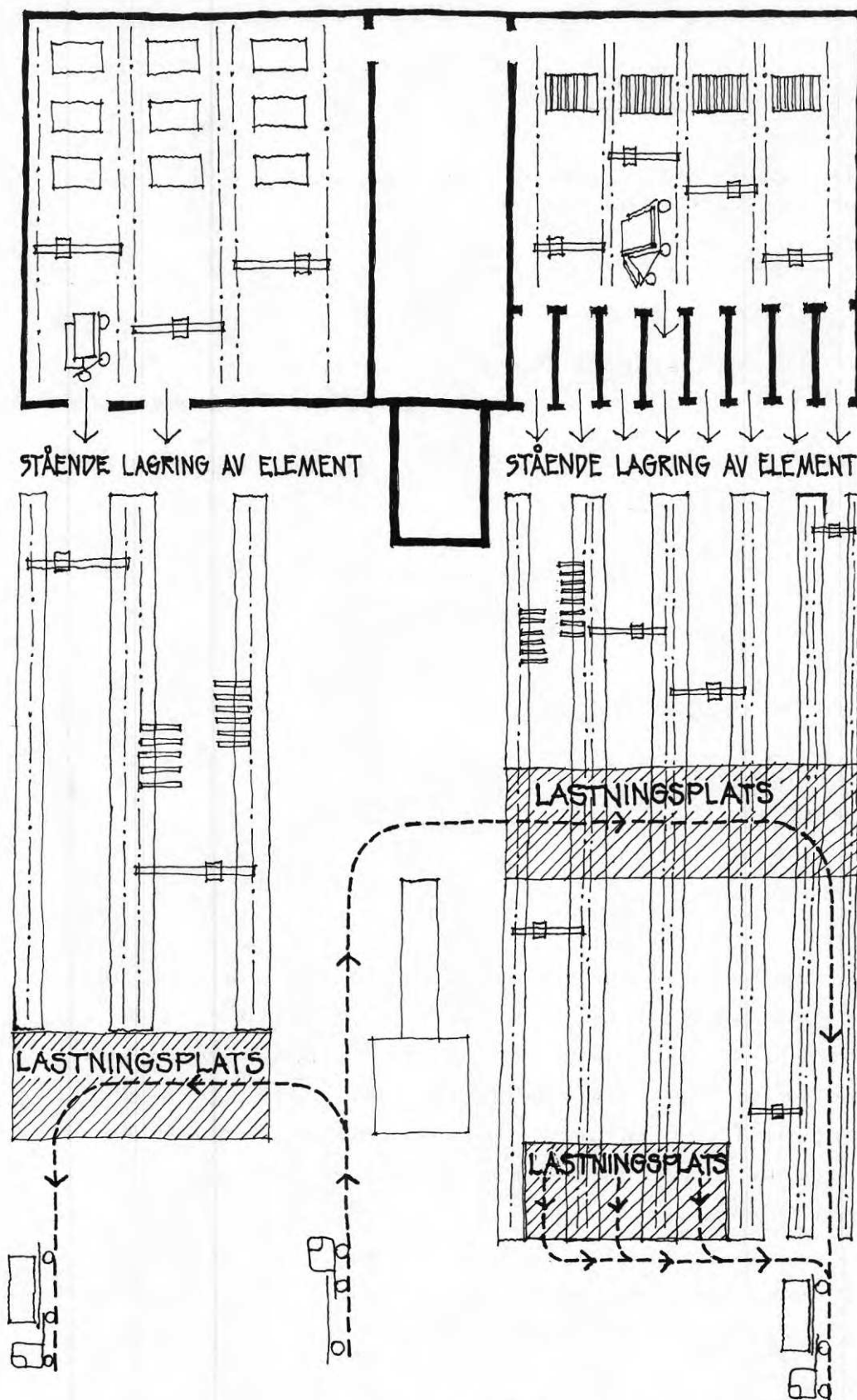


FIG. 67. Planlösning av modellfabriken.

$$\text{Bredd: } 1/52 (4 \cdot 2,4 + 4 \cdot 3 + 4 \cdot 1,5 + 8 \cdot 1,8 + 32 \cdot 3) = \underline{2,65 \text{ m}}$$

$$\text{Tjocklek: } 1/52 (4 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,18 + 8 \cdot 0,18 + 32 \cdot 0,18) = \underline{0,18 \text{ m}}$$

$$\text{Vikt: } 1/52 (4 \cdot 4,2 + 4 \cdot 5,3 + 4 \cdot 3,2 + 8 \cdot 3,7 + 32 \cdot 6,2) = \underline{5,55 \text{ ton}}$$

Antal liggande "medelelement" som produceras och transporteras vid 2.500 ton per vecka:

$$\frac{52}{52 + 73} \cdot 2.500 \cdot \frac{1}{5 \cdot 55} \text{ st/vecka} = \underline{190 \text{ st/vecka}}$$

Resultat för det stående "medelelementet".

$$\text{Längd: } 1/73 (12 \cdot 1,8 + 8 \cdot 2,4 + 2 \cdot 3 + 4 \cdot 3,3 + 2 \cdot 3,7 + 8 \cdot 4,6 + 13 \cdot 4,8 + 20 \cdot 4,786 + 4 \cdot 4,791) = \underline{8,85 \text{ m}}$$

$$\text{Bredd: } 1/73 (12 \cdot 2,514 + 8 \cdot 2,514 + 2 \cdot 2,514 + 4 \cdot 2,514 + 2 \cdot 2,514 + 8 \cdot 2,514 + 13 \cdot 2,514 + 20 \cdot 2,75 + 4 \cdot 2,75) = \underline{2,60 \text{ m}}$$

$$\text{Tjocklek: } 1/73 (12 \cdot 0,18 + 8 \cdot 0,18 + 2 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,18 + 2 \cdot 0,18 + 8 \cdot 0,18 + 13 \cdot 0,18 + 20 \cdot 0,275 + 4 \cdot 0,32) = \underline{0,21 \text{ m}}$$

$$\text{Vikt: } 1/73 (12 \cdot 2,1 + 8 \cdot 2,8 + 2 \cdot 3,4 + 4 \cdot 3,8 + 2 \cdot 4,2 + 8 \cdot 5,2 + 13 \cdot 5,4 + 20 \cdot 3,5 + 4 \cdot 6,1) = \underline{3,90 \text{ ton}}$$

"Medelelementen" visas i FIG. 68.

Det bör påpekas att då bredden för de liggande elementen överskrider 2,5 m måste dispens vid förflyttning till byggplats erhållas. Detta erbjuder normalt inga oöverstigliga svårigheter om man inte avser att passera länsgränser under transporten. I det aktuella fallet erhöles dispens för dessa element under perioderna 09.00 - 15.00 och 18.00 - 06.00 på dygnet.

Antal stående "medelelement" som produceras och transporteras vid 2.500 ton per vecka:

$$\frac{73}{52 + 73} \cdot 2.500 \cdot \frac{1}{3,90} \text{ st/vecka} = \underline{375 \text{ st/vecka}}$$

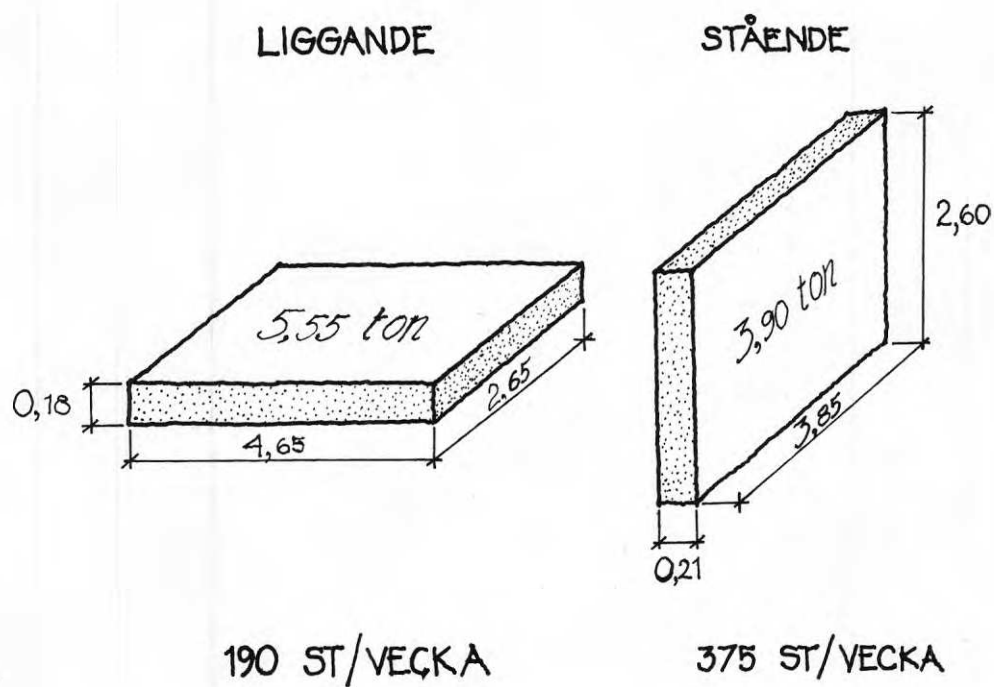


FIG. 68. Dimensioner och vikt på för de beräknade "medelelementen".

### 9.3 Utformning av lastbärare och val av externa transportmedel

Det primära kriteriet vid utformningen av lastbärarna är att lastkapaciteten för de fordonskombinationer, som utgör de externa transportmedlen, skall utnyttjas så långt som möjligt med hänsyn till högsta tillåtna axel-boggietryck (10/16 ton) och högsta tillåtna bruttovikt. Hänsyn till de interna utrustningarna har kommit i andra hand.

Två typer av lastbärare måste utformas för varje typ av externt transportmedel, en bärare i form av en A-formad ställning för stående element och en flaktyp för liggande element. Dessa två typer måste kunna lastas och lossas av utrustningen på det externa transportmedlet.

De externa transportmedlen utgöres av olika kombinationer av dragbilar med påhängsvagnar eller släpvagnar, vilka försetts med någon av följande utrustningar:

- sidlyftare
- autoflak
- skyttelflak

Dessa utrustningar har beskrivits i kapitel 8. På grund av att man inte kan följa en logisk beräkningsgång vid dimensionering av fordonskombinationer med hänsyn till vägtrafikförordningen, hanteringsutrustningens tekniska egenskaper, elementens dimensioner och vikt och lastbärarens utseende tillämpades en "trial and error" - metod. Tillverkare av fordon och utrustning bidrog med systemens grundutformning, som sedan förfinades genom passningsräkningar.

Nedan presenteras de tre valda kombinationerna av fordon, hanteringsutrustningar och lastbärare med figurer, data och kommentarer.



### Sidlyftare (FIG. 69).

På grund av hanteringsutrustningens utformning med två separata kranar befanns det lämpligt, att kombinationen bestod av en dragbil med påhängsvagn (super-trailer), där avståndet mellan de två bakre axlarna gjorts så stort, att dessa inte betraktas som boogie. Därigenom kan dessa axlar belastas med (10 + 10 =) 20 ton istället för 16 ton för en boogie.

Sidlyftarens konstruktion gör, att lasten måste utgöras av en enhet. Med hänsyn till tillåtna axel-boogietryck och bruttoviktsregeln fås följande enhetslaster:

Stående :	6 element; 23.400 kg
Liggande:	4 element; 22.200 kg

Beträffande bilder och data på dragbil, semitrailer och enhetslastbärare hänvisas till bilaga 3.

### Autoflak (FIG. 70).

För denna typ av utrustning visade det sig lämpligt att låta fordonskombinationen utgöras av lastbil och släpvagn.

I detta fall kommer ekipaget att förflytta två enhetslaster i taget till skillnad från sidlyftarekipaget, som förflyttar en enhetslast med ca två gånger så stor vikt. Enheterna får följande data:

Stående :	3 element; 11.700 kg
Liggande:	2 element; 11.100 kg

Beträffande bilder och data på lastbil, släpvagn och enhetslastbärare hänvisas till bilaga 4.

### Skyttelflak (FIG. 71).

Liksom för autoflaks kombinationen kommer ekipaget att bestå av lastbil och släpvagn.

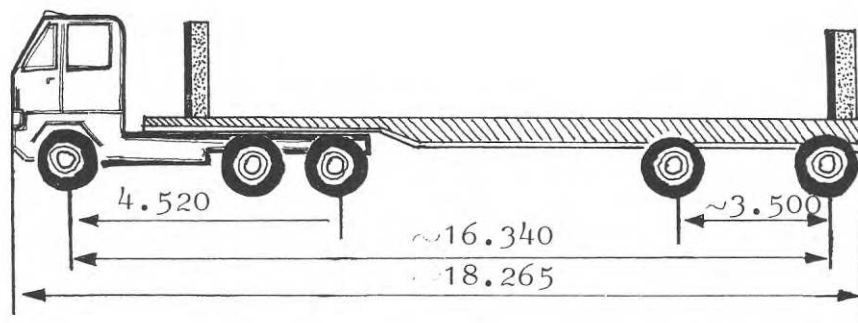


FIG. 69. Dragbil och påhängsvagn med sidlyftare.

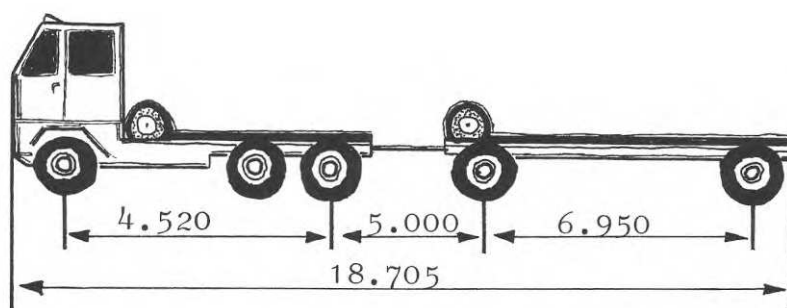


FIG. 70. Lastbil och släpvagn med auto-flakutrustning.

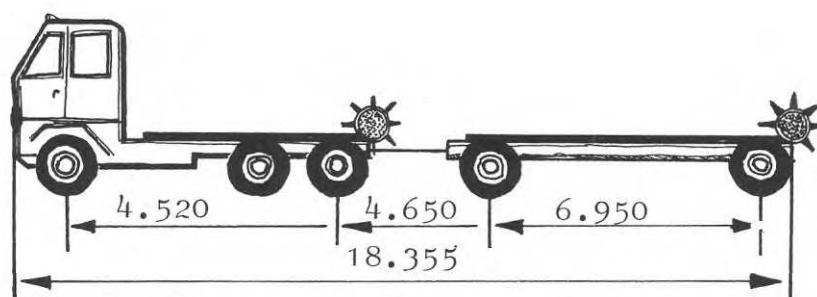


FIG. 71. Lastbil och släpvagn för skyttel-flaksutrustning.

Skyttelflaksutrustningen förflyttar två lastbärare liksom autoflaksutrustningen. Dessa lastbärare har samma dimensioner som autoflakets, men är försedda med skenor på undersidan. Eftersom lastbärarna för autoflak och skyttelflak tar ungefär halva lasten jämfört med sidlyftaren benämns dessa lätta enhetslaster. Skyttelflakens lastenheter har följande data:

Stående :               3 element; 11.700 kg  
Liggande:               2 element; 11.100 kg

Beträffande bilder och data på lastbil, släpvagn och enhetslastbärare hänvisas till bilaga 5.

#### 9.4 Val av interna transportutrustningar

Med interntransporter avser vi transport av element mellan fabrik och lagergård.

Vid tidig enhetslastsbildning bildas enhetslasten redan inne i fabriken och fraktas med något av nedanstående mobila interna transportmedel. Från början betraktas endast transportmedel såsom motviktstruck, sidlastare, grensletruck och bygelvagn.

Vid sen enhetslastsbildning, d.v.s. då elementen fraktas var för sig till lagergården, där enhetslasten bildas, används traverskran.

#### Tidig enhetslastsbildning

Motviktstruck:

Genom jämförelse mellan olika motviktstruckar har vi valt representativ truck med följande data:

Typ : Dieseldriven motviktstruck  
med gaffelaggregat  
Pris : 352.000 kr

Max hast	:	25 km/tim
Förflyttningshast	:	17 km/tim
Lyftkapacitet	:	25 ton
Bränsleförbrukning	:	5 l/tim
Bränslekostnad	:	4,40 kr/tim
Reparationskostnader	:	9,40 kr/tim
Däckslitage	:	2,35 kr/tim
Maskinförsäkring	:	4.700 kr/år

#### Sidlastare:

Genom jämförelse mellan olika sidlastare har vi valt en representativ med följande data:

Typ	:	Dieseldriven sidlastare med gaffelaggregat
Pris	:	470.000 kr
Max hast	:	30 km/tim
Förflyttningshast	:	22 km/tim
Lyftkapacitet	:	25 ton
Bränsleförbrukning	:	6 l/tim
Bränslekostnad	:	5,30 kr/tim
Reparationskostnad	:	11,75 kr/tim
Däckslitage	:	5,10 kr/tim
Maskinförsäkring	:	6.120 kr/år

#### Grensletruck:

Genom jämförelse mellan olika grensletruckar har vi valt en representativ med följande data:

Typ	:	Dieseldriven med lyftlinjal
Pris	:	167.000 kr
Max hast	:	50 km/tim
Förflyttningshast	:	40 km/tim
Lyftkapacitet	:	15 ton
Bränsleförbrukning	:	22,5 l/tim
Bränslekostnad	:	19,40 kr/tim
Reparationskostnader	:	26,40 kr/tim
Däckslitage	:	10,60 kr/tim
Maskinförsäkring	:	2.120 kr/år

## Bygelvagn:

Följande data är hämtade från AB Nord-Verk i Uddevalla:

Typ	:	Jack-Wagon med lyftlinjaler
Pris	:	35.200 kr
Lyftkapacitet	:	20 ton
Reparationskostnad och däckslitage	:	0,15 kr/tim
Maskinförsäkring	:	590 kr/år

Till bygelvagnen fordras en motviktstruck med en lyftkapacitet på 2 - 3 ton som dragfordon. Genom jämförelse mellan olika truckar har vi valt en representativ med följande data:

Typ	:	Dieseldriven
Pris	:	81.000 kr
Max hast	:	18 km/tim
Förflyttningshast med Jack-Wagon	:	9 km/tim
Lyftkapacitet	:	4 ton
Bränsleförbrukning	:	2 l/tim
Bränslekostnad	:	1,75 kr/tim
Reparationskostnader	:	4,70 kr/tim
Däckslitage	:	0,60 kr/tim
Maskinförsäkring	:	1.060 kr/år

Sen lastbildning

Vid sen lastbildning lastas elementen på lastbäraren i samband med transport till byggplats. Därvid används de sju traverskranar, som idag finns vid fabriken, med lastkapacitet 10 ton och spännvid på 11 respektive 5,5 m.

Vid kostnadsberäkningarna för traverskranarna har uppgifter beträffande investeringar, löner och driftskostnader erhållits från fabriken.

### 9.5 Bestämning av lämpliga kombinationer av externa och interna transportutrustningar

Av de externa transportmedlen hanterar sidlyftaren lasten

från långsidan medan autoflak och skyttelflak hanterar lasten från kortsidan. Av de interna rörliga utrustningar hanterar motviktstruck och sidlastare lasten från långsidan, medan grensletruck och bygelvagn hanterar lasten från kortsidan. På grund av sättet att ställa upp enhetslasterna på lagergården måste redskap med samma hanteringsprincip kombineras. Detta gäller transportsystemen med tidig lastbildning. Vid sen lastbildning blir valet trivialt, eftersom den enda utrustningen för intern transport då är traverskran, som hanterar elementen uppifrån.

Med dessa förutsättningar har nedanstående kombinationer kunnat sättas samman. Dessa kommer sedan att ekonomiskt utvärderas.

Tidig lastbildning:

<u>Alt.</u>	<u>Externt transportmedel</u>	<u>Internt transportmedel</u>
1	Sidlyftare	Motviktstruck
2	"	Sidlastare
3	Autoflak	Grensletruck
4	"	Bygelvagn
5	Skyttelflak	Grensletruck
6	"	Bygelvagn

Sen lastbildning:

<u>Alt.</u>	<u>Externt transportmedel</u>	<u>Internt transportmedel</u>
7	Sidlyftare	Traverskran
8	Autoflak	"
9	Skyttelflak	"

#### 9.6 Utformning av lastbärare och beräkning av erforderlig färdiglageryta

Nedan visas en sammanställning över valda enhetslaster för olika externa transportutrustningar och data för dessa.

Elementtyp	Flaktyp	Vikt (kg)	Pris/st (kr)	Antal element	Last (kg)
Stående	Sidlyftare	600	4000	6	22.200
"	Autoflak	500	4500	3	11.700
"	Skyttelflak	1000	6000	3	11.700
Liggande	Sidlyftare	400	1500	4	23.400
"	Autoflak	500	1600	2	11.100
"	Skyttelflak	750	4000	2	11.100

Antal elementplatser på fabriken lageryta är 1884 stående och 819 liggande. Samma antal elementplatser skall finnas tillgängliga vid samtliga alternativ.

### Tidig lastbildning

Totala antalet erforderliga lastbärare är summan av de som står på lagerytan och de som är i omlopp. Det antal lastbärare som står på lagerytan, är lika med kvoten mellan antal element på lagerytan och antal element per enhetslast. Antalet lastbärare i omlopp fås genom att antalet lastbärare per transport multiplicerat med antalet transportfordon och faktorn tre (3). Faktorn tre erhålles genom att antagandet har gjorts att för varje fordon finns en lastbärare vid fabriken, en under transport och en vid byggplatsen.

### Sen lastbildning

Totala antalet erforderliga lastbärare är lika med summan av de som är i externt omlopp och en reserv på 20 %. Antal lastbärare i externt omlopp se "Tidig lastbildning".

### Beräkning av erforderlig lageryta

Vid en beräkning av erforderlig lageryta vid elementfabriken för de olika alternativen, är uppställningsprinciperna av



stor betydelse. De typer av uppställningar, som är tänkbara vid tidig enhetslastbildning visas i FIG. 72.

Sneda uppställningsarrangemang har här ej tagits upp eftersom det har visats (Isaksson et al 1970), att även om gångarnas bredd kan minskas, kommer ändå en sned uppställning att kräva större yta per lastenhet än de i figurerna visade raka uppställningsalternativen.

Uppställningstypen till vänster i FIG. 72 är tillämpbar för alternativen sidlyftare med sidlastare och motviktstruck (alternativ 1 och 2), medan uppställningen till höger är avsedd för alternativen grensletruck och bygelvagn i samband med Auto- eller Skyttelflaxsystem (alternativ 3 - 6).

Efter att nu ha tagit hänsyn till enhetslastens utseende, behovet av antal platser och uppställningsprincip vid fabrik, har total erforderlig yta för lagergården beräknats. Som framgår av tabellen nedan fordrar alternativen med tidig lastbildning och lagring av elementen på lastbärarna och intern transport med rörliga redskap betydligt större yta än alternativet med sen lastbildning och hantering med traverskran.

Lastbildning	Alternativ	Gångbredd (m)	Total erforderlig lageryta (m <sup>2</sup> )
Tidig	1	15	33.150
"	2	5	21.620
"	3	15	59.050
"	4	"	"
"	5	"	"
"	6	"	"
Sen	7	3,5 - 5	8.500
"	8	"	"
"	9	"	"

### 9.7 Principer för kostnadsberäkning

För samtliga nio transportalternativ har systemets totalkostnad beräknats. I denna totaltkostnad har inkluderats

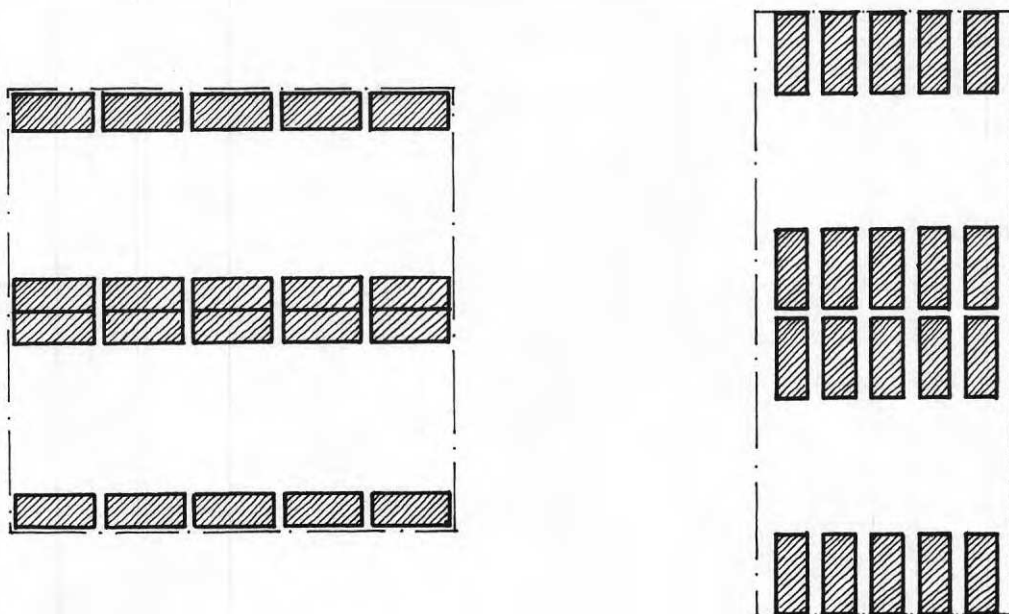


FIG. 72. Till vänster på figuren visas en rak uppställning för hantering från långsidan passande sidlyftare kombinerad med motviktstruck eller sidlastare (alternativ 1 och 2). Till höger visas en rak uppställning för hantering från kortsidan passande för autoflak och skyttelflak kombinerat med grensletruck och sidlyftare (alternativ 3 - 6).

de kostnadsposter, som påverkas av valet av systemalternativ:

- kostnader för mark och ytbeläggning för färdiglager
- kostnader för interna transportmedel
- kostnader för enhetslastbärare
- kostnader för externa transportmedel

För att se hur transportsystemets totalkostnad varierar med avståndet har totalkostnaden beräknats för tre olika transportavstånd, 10, 50 och 100 km.

Kapitalkostnaden har beräknats enligt den s k förenklade annuitetsmetoden enligt följande formel:

$$A = \frac{I \cdot R}{n} + \frac{I + R}{2} \cdot \frac{p}{100} \cdot \frac{n + 1}{n}$$

- A = annuiteten (kr per år)  
 I = investeringen (kr)  
 R = restvärde (kr)  
 n = avskrivningstid (år)  
 p = kalkylräntefot (procent)

För externa transportmedel och rörliga interna utrustningar har avskrivningstiden satts till 5 år och för fast utrustning (traverskranar) till 10 år. Restvärdet har satts till 10 procent av investeringen och kalkylräntefoten till 15 procent. Lastbärarna har skrivits av på 5 år med samma procentsatser på restvärde och kalkylräntefot som för externa transportmedel och fast intern utrustning. På investering i mark har ränta beräknats men ingen avskrivning gjorts. Asfaltbeläggningen har skrivits av på 10 år med restvärde 0. Dessutom har adderats årlig kostnad per m<sup>2</sup> för reparation, snöröjning och städning (Isacsson et al 1970). Totalkostnaden innehåller vidare alla kostnader för försäkring, underhåll, drift och bemanning för alla komponenterna i systemet.

Kontroll av slutligen gjorts att erforderligt antal utrustningar av olika slag för de nio alternativen har inkluderats så att man inte får underkapacitet någonstans i transportsystemen.

### 9.8 Resultat

För samtliga nio transportalternativ visas resultat av kostnadskalkylen i FIG. 73 - 81, där kostnadsposten för färdiglagrets beläggning och mark, interna transportmedel, lastbärare och externa transportmedel har urskiljts.

FIG. 82 visar det billigaste och det dyraste alternativet och två andra godtyckligt valda alternativ. Kostnaden är beräknad per transporterat ton element.

På FIG. 83 visas samma system som i FIG. 82. Här har kostnaden beräknats per tonkm. Som framgår sjunker tonkmkostnaden kraftigt med ökande transportavstånd.

På FIG. 84 har den årliga totala systemkostnaden beräknats.

Om man enbart ser på de externa respektive interna transportmedlen var för sig, framgår deras ekonomiska lämplighet vid elementtransporter och inbördes ordning av FIG. 85.

Ser man på interndelen finner man att bygelvagnen är bäst, på grund av sitt låga inköpspris. Sämst är traverskranen, då denna har hög investering med påföljande höga kapitalkostnader, samtidigt som den kräver mer personal än övriga alternativ.

Stapeldiagrammet på FIG. 84 visar, att tidig enhetslastbildning med sidlyftare som externt och sidlastare som internt transportmedel är den ur kostnadssynpunkt mest gynnsamma systemkombinationen.

Detta beror främst på, att markbehovet vid fabrik här är litet, eftersom dessa transportmedel, som lastar från sidan,

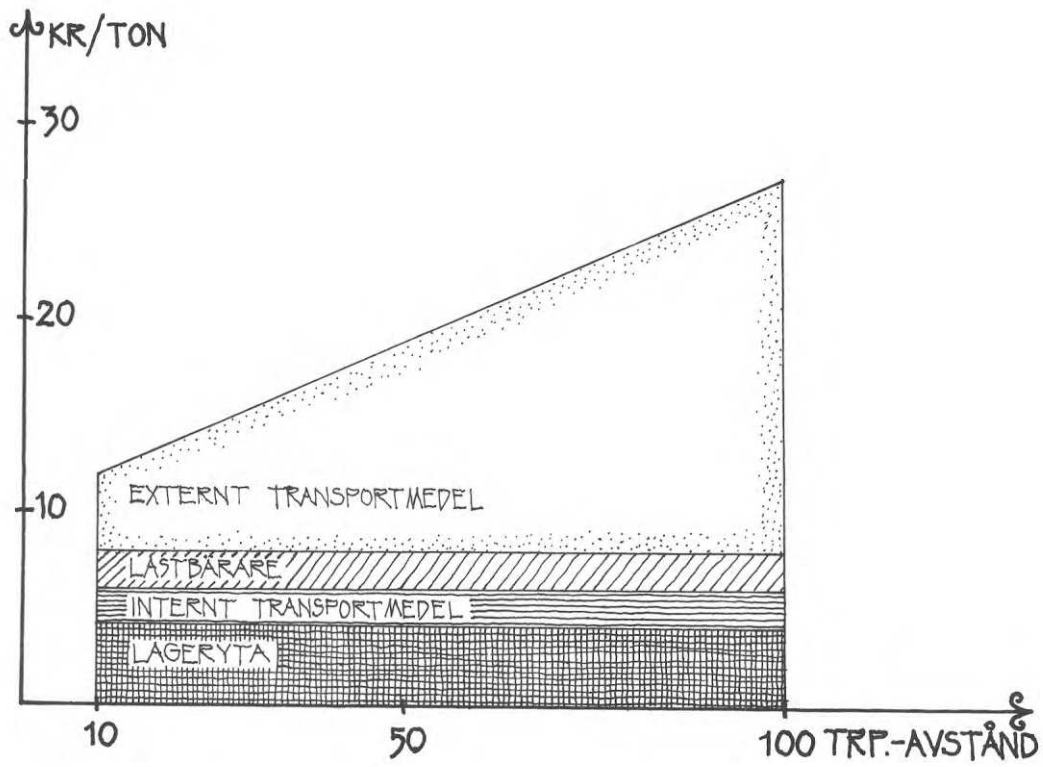


FIG. 73. Systemkostnad för alternativ 1, sidlyftare och motviktstruck.

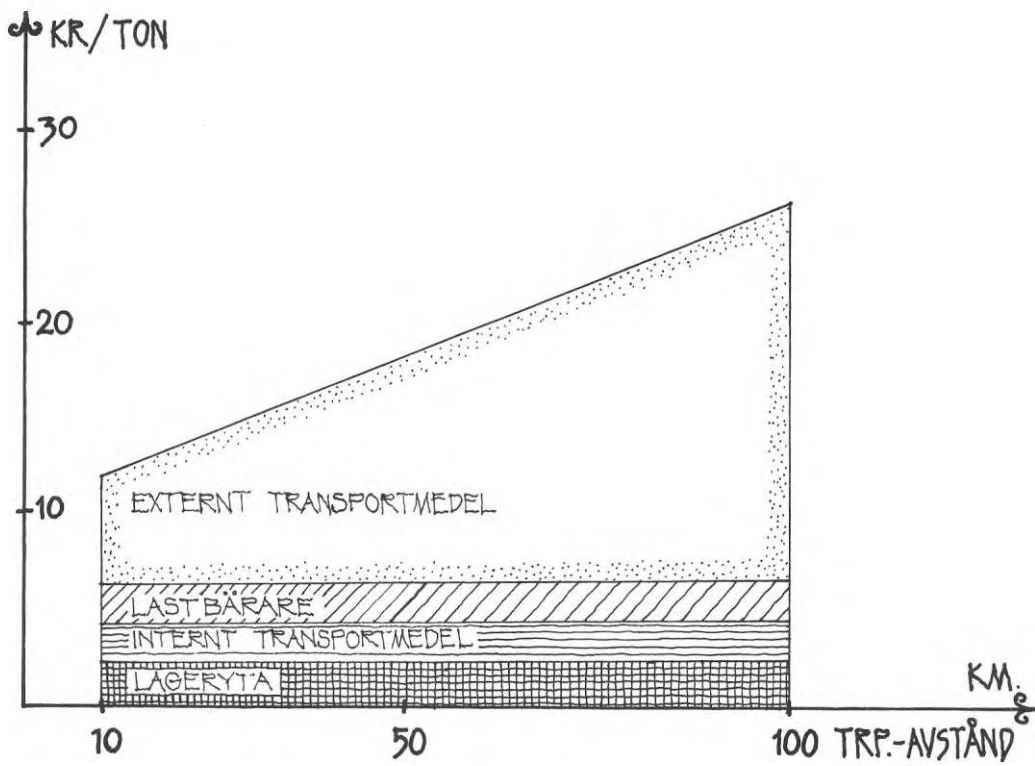


FIG. 74. Systemkostnad för alternativ 2 sidlyftare och sidlastare.

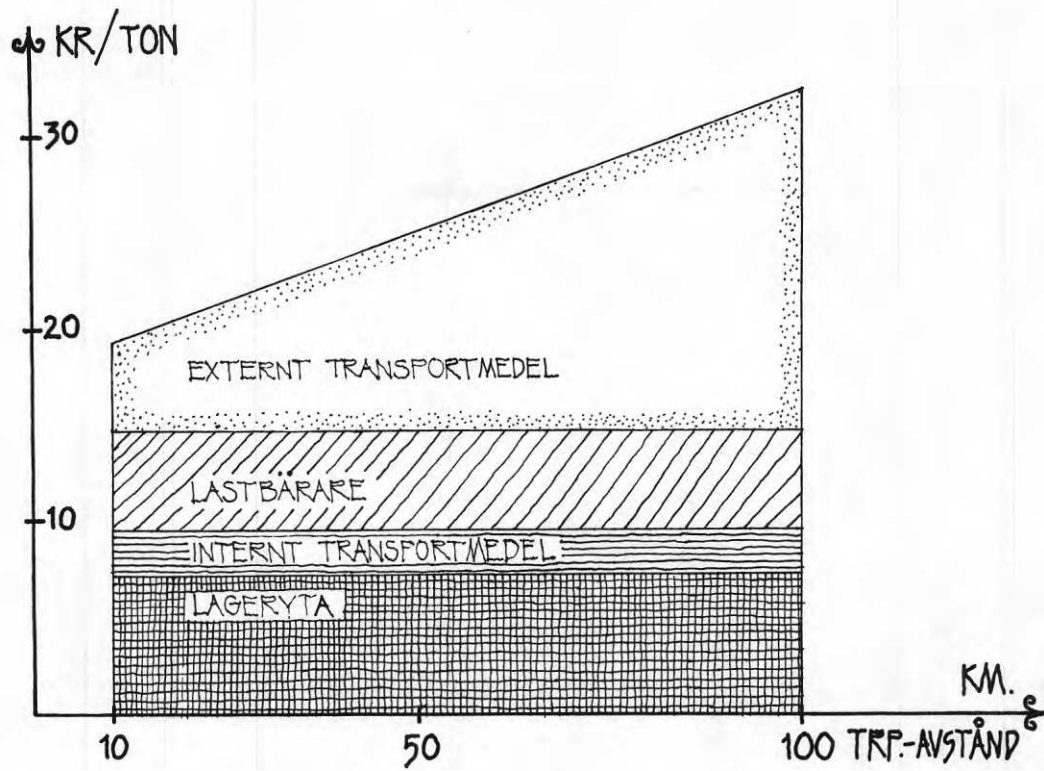


FIG. 75. Systemkostnad för alternativ 3, auto-flak och grensletruck.

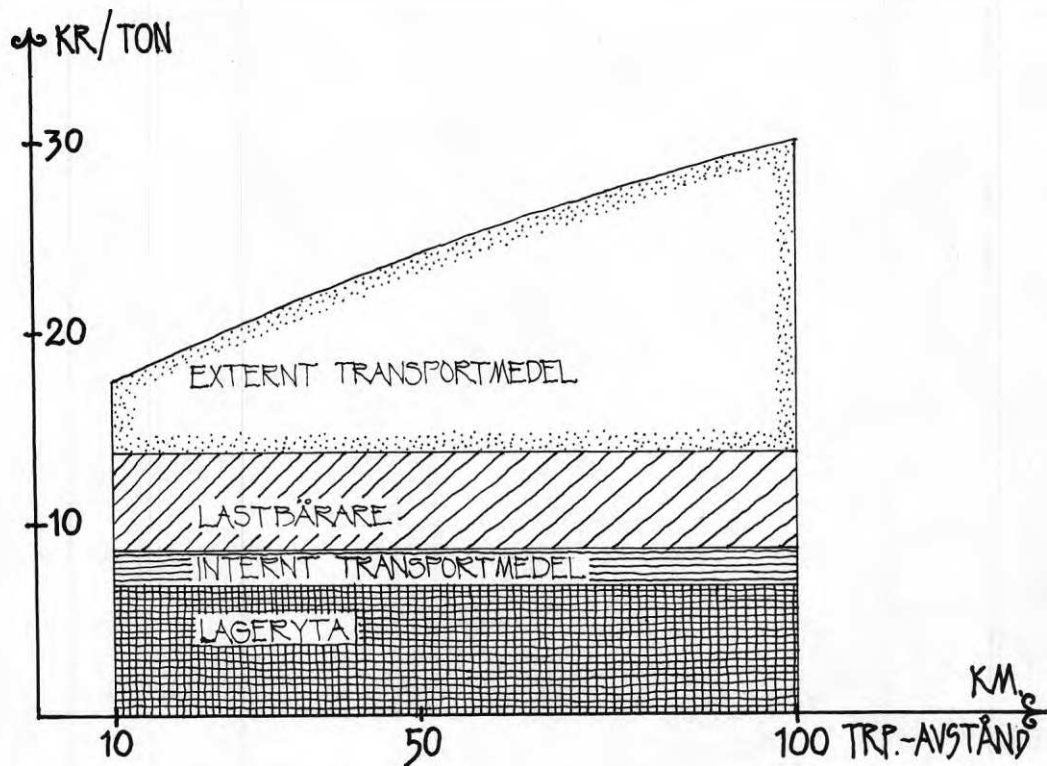


FIG. 76. Systemkostnad för alternativ 4, auto-flak och bygelvagn.

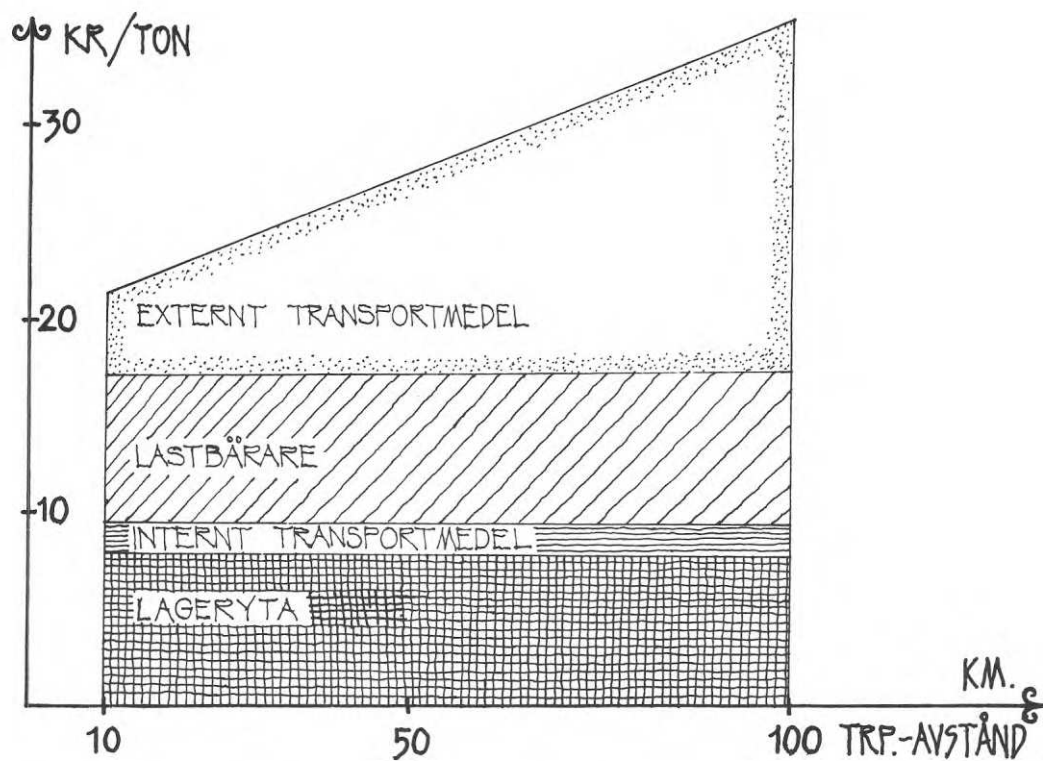


FIG. 77. Systemkostnad för alternativ 5, skyttel-flak och grensletruck.

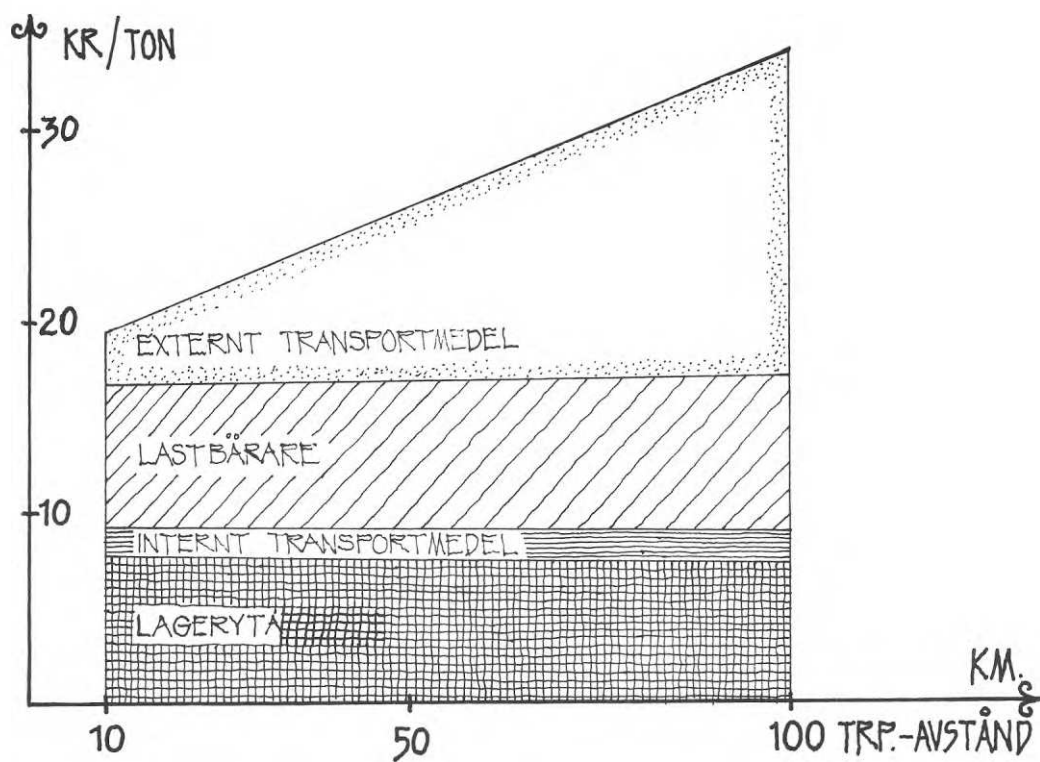


FIG. 78. Systemkostnad för alternativ 6, skyttel-flak och bygelvagn.



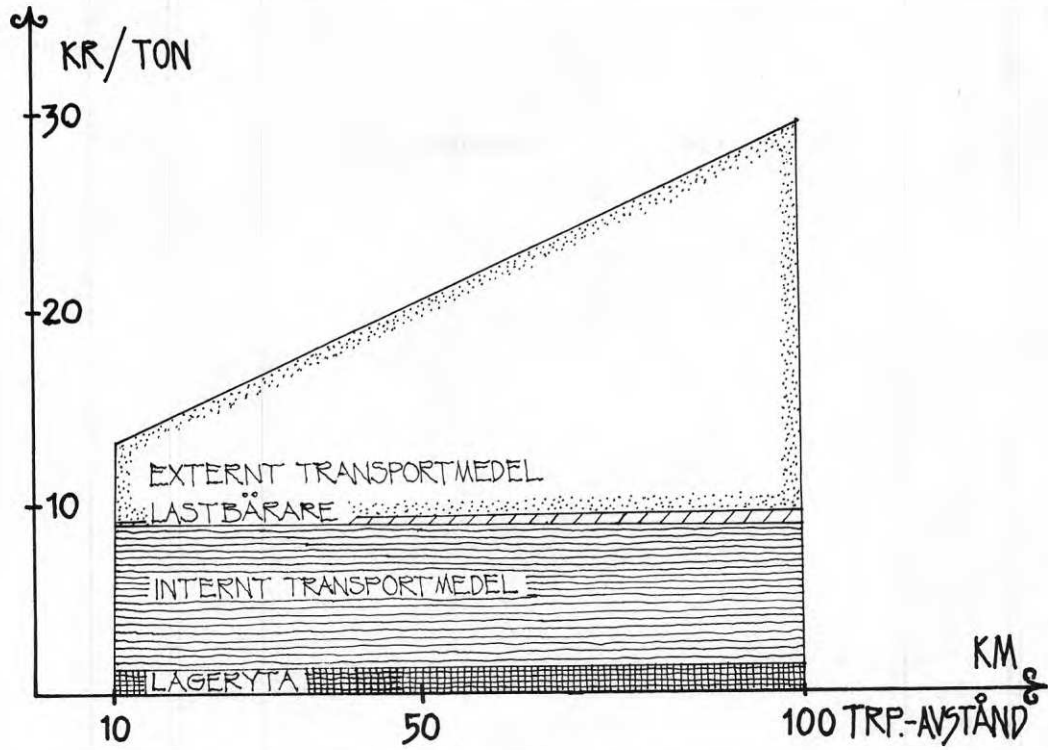


FIG. 79. Systemkostnad för alternativ 7, sidlyftare och traverskran.

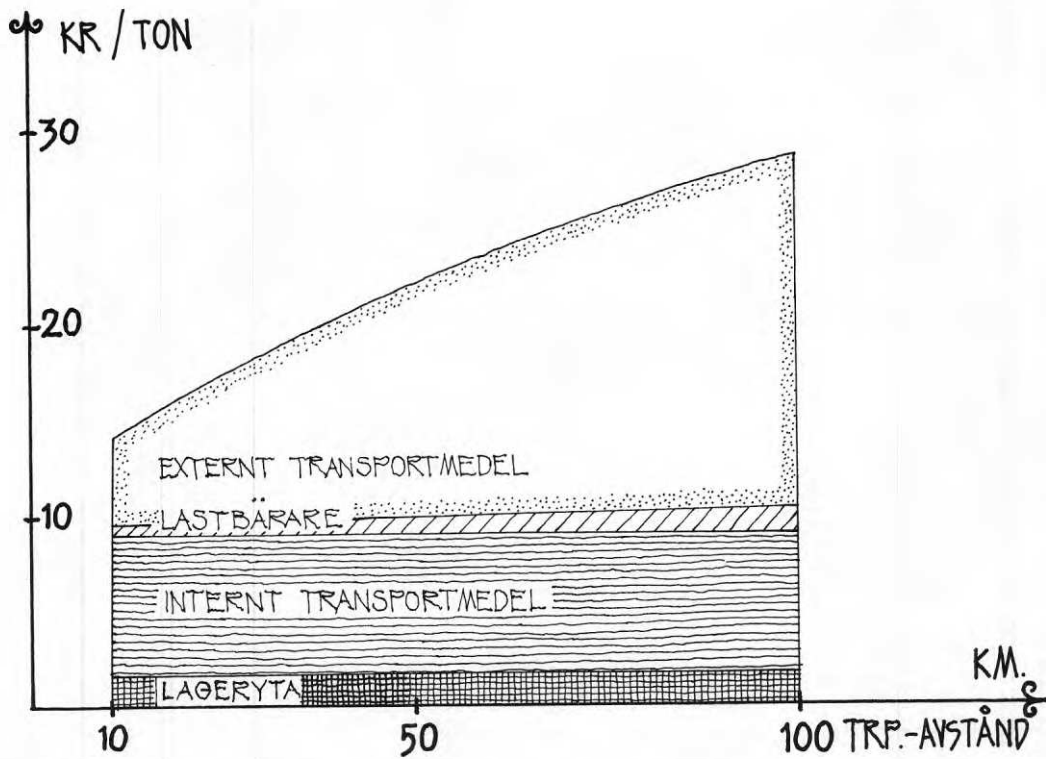


FIG. 80. Systemkostnad för alternativ 8, autoflak och traverskran.

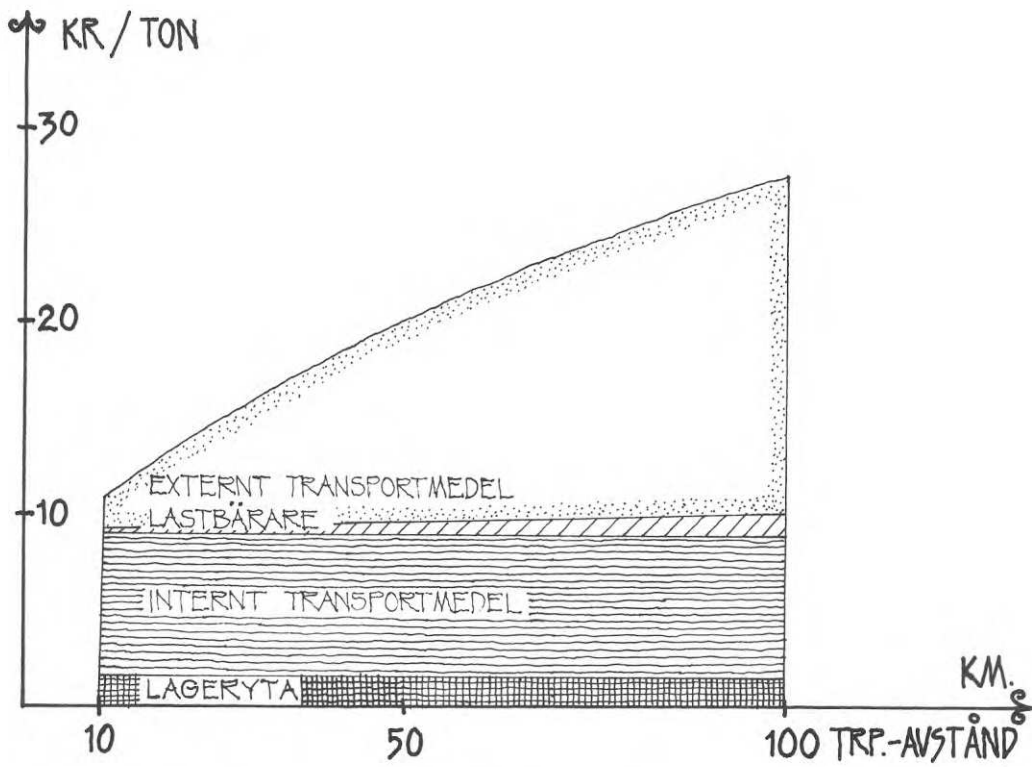


FIG. 81. Systemkostnad för alternativ 9, skyttel-flak och traverskran.

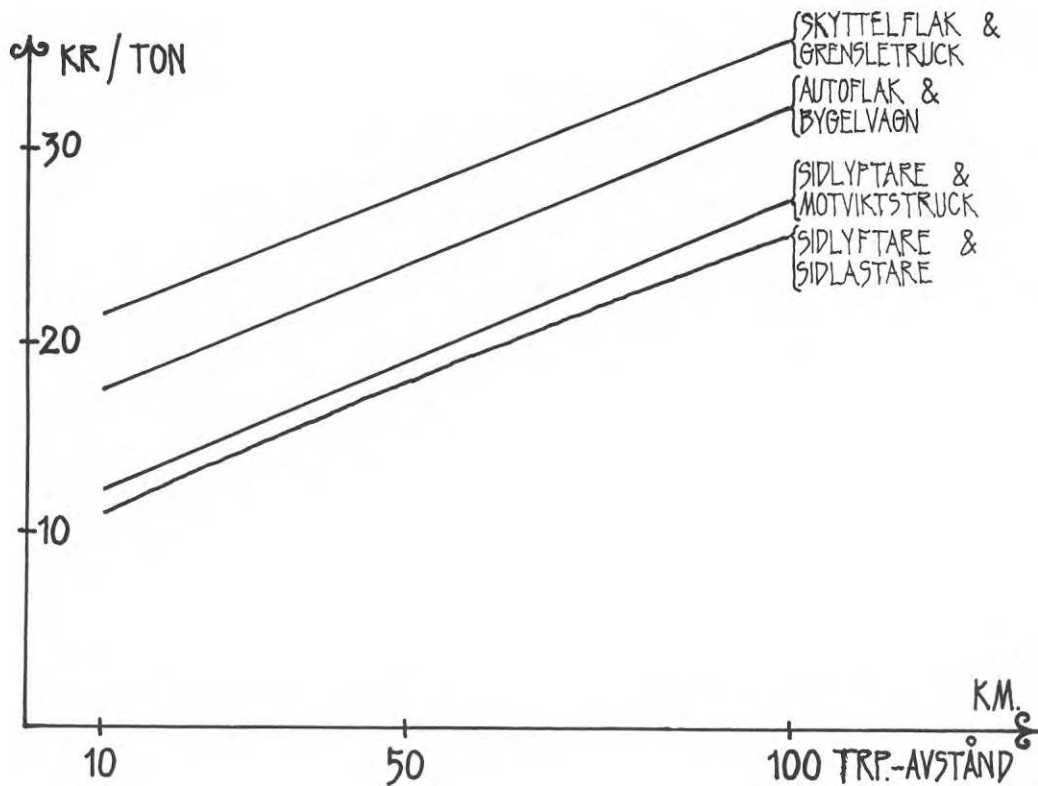


FIG. 82. Sammanställning av billigaste och dyraste alternativ med två "mellanalternativ". Kostnaden anges per ton som funktion av transportavståndet.

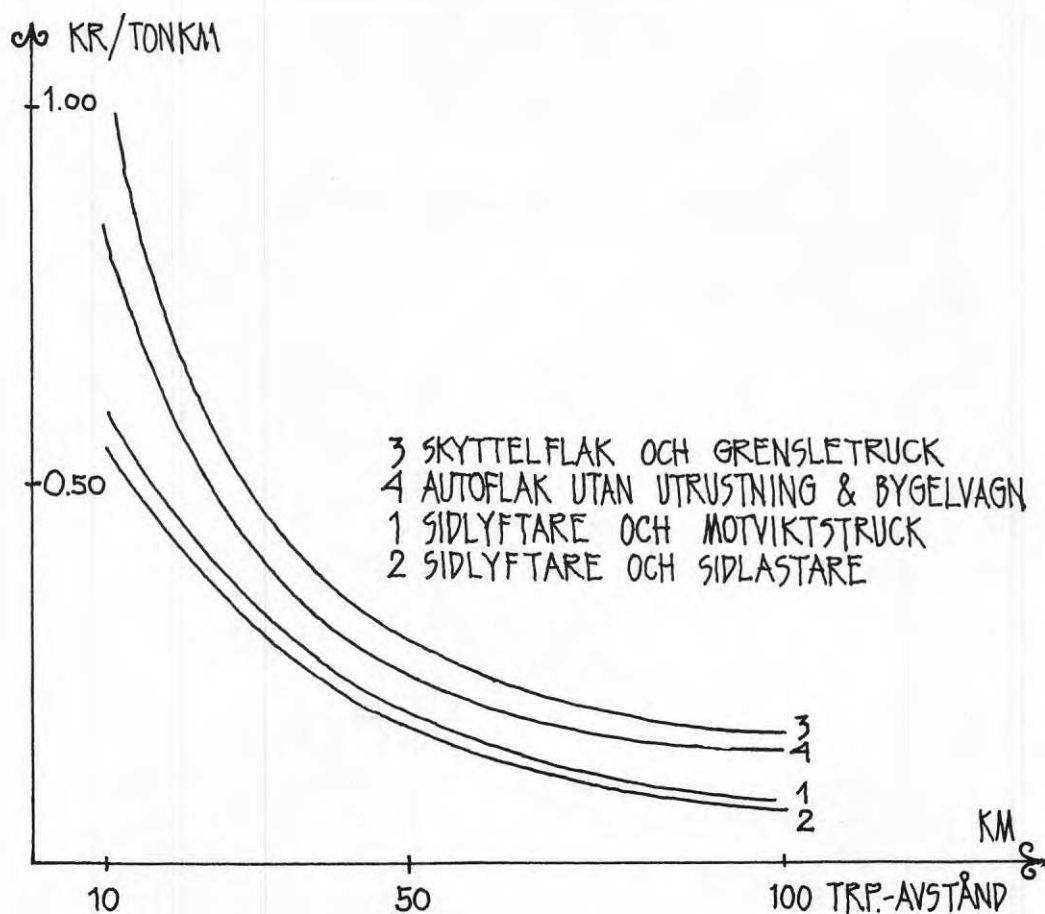


FIG. 83. Sammanställning av billigaste och dyraste alternativ med två "mellanalternativ". Kostnaden anges per tonkm som funktion av transportavståndet.

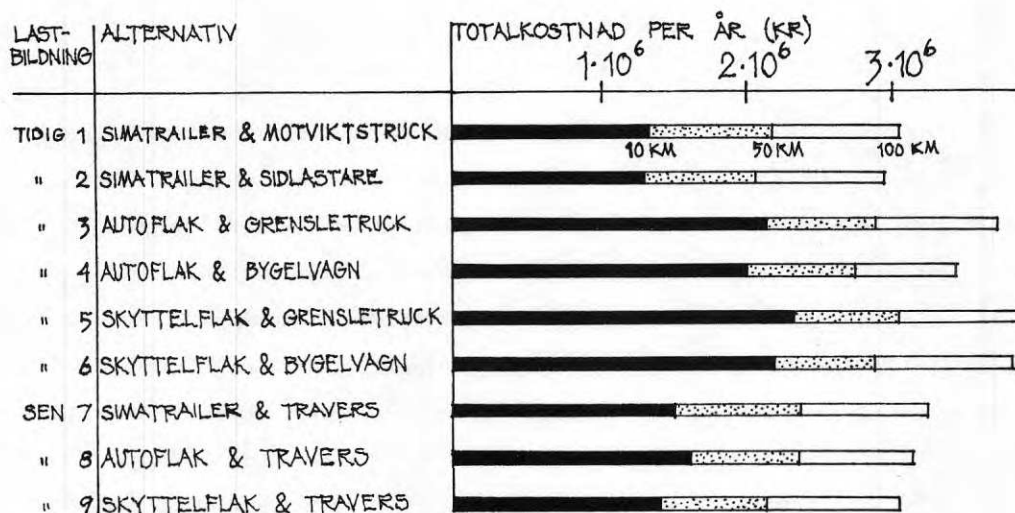


FIG. 84. Total årlig systemkostnad för samtliga nio alternativ.

## EXTERNT

	TRANSPORTAVSTÅND		
	10 KM	50 KM	100 KM
SIDLYFTARE	2	3	3
AUTOFLAK	3	2	2
SKYTTELFLAK	1	1	1

## INTERNT

MOTVIKTSTRUCK	2
SIDLASTARE	3
GRENSLETRUCK	4
BYGELVAGN	1
TRAVERSKRAN	5

FIG. 85. Värdering av externa och interna utrustningar var för sig utan hänsyn till kostnader för lastbärare och mark. En lägre siffra i figuren anger en lägre kostnad.

inte kräver så breda gångar mellan de lagrade enhetslasterna som övriga alternativ.

Att märka här är dock, att sidlyftaren och sidlastaren var för sig tillhör de dyrare transportmedlen (FIG. 85).

Det sämsta alternativet blev skyttelflak - grensletruck, trots att skyttelflak är det billigaste externa transportmedlet. Detta beror på att denna systemkombination använder dubbelt så många (och hälften så stora) enhetslaster som alternativet sidlyftare - sidlastare. Man får alltså en ökad kostnad för lastbärarna. Ett stort antal lastbärare medför i sin tur, att en större lagergård erfordras.

Med utnyttjande av dagens interna transportmedel, traverskran vid sen enhetslastbildning, kan man konstatera, att skyttelflak som externt transportmedel är det mest ekonomiska.

Sammanfattningsvis kan man säga att det kan verka paradoxalt att ett alternativ med tidig enhetslastbildning skulle visa sig billigast. Att alternativen 1 - 6 har kunnat hävda sig såpass väl, trots att de kräver stora lagerytor och ett stort antal lastbärare, beror på, att såväl de externa som de interna transportmedlen får en god utnyttjning tack vare tillämpning av enhetslastprincipen. Speciellt framträdande är att traverskran är ett dyrt internt transportmedel i jämförelse med mobila redskap.

Resultatet visar också hur viktigt det är att göra en systemanalys. I detta fall blev resultatet av totalanalysen helt annorlunda, än vad man kunnat förmoda, då man granskar de ingående komponenterna en och en utan hänsyn till de kringkostnader, som beror på valet av utrustning.

## KAPITEL 10

KONSEKVENSER AV FÖRBÄTTRAD KOPPLING MELLAN ELEMENT-  
FABRIK OCH BYGGPLATS

Införandet av ett rationellt arbetande logistiksystem i ett betongelementtillverkande företag kommer att få många olika typer av konsekvenser. Minimering av totalkostnaden för logistikkedjan betongelementfabrik - byggplats utgör ett mycket komplicerat problem med en mångfald inte alltid prognosticerbara konsekvenser. I detta kapitel skall några aspekter av totalproblemet kort beröras. Aspekter som trots att de ingår i totalproblematiken kan betraktas och analyseras relativt självständigt, då de har indirekt och klart samband med de i tidigare kapitlen behandlade problemen.

Det verkar finnas en allmänt utbredd uppfattning i Sverige att de relativt tunga betongelementen inte bör transporteras över längre avstånd. Det faktiska förhållandet 1970 ger för 12 elementfabriker i Sverige ett medeltransportavstånd av 13,5 km. Betraktar man å andra sidan dagens förflyttningskostnad, finner man, att denna utgör endast omkring 5% av produktionskostnaden. Kostnadsandelen är alltså inte hög jämfört med många andra byggmaterial, t ex tegel med 20% på 100 - 150 km transportavstånd. Det är alltså inte i första hand kostnadsandelen som utgör grunden för uppfattningen, att betongelement inte "tål" långa förflyttningar. Vi kan här bortse från hanteringskostnaderna, då de idag har relativt fast karaktär oberoende av förflyttningskostnaderna. Man kan bara förmoda att de korta transportavstånden delvis baseras på tradion och den konventionella byggandet, istället för på uppfattningen om elementfabriken som en producerande enhet med slutmonteringen - byggplatsen lokaliserad på stort avstånd på samma sätt, som förhållandena i många fall är i den stationära industrin.

Naturligtvis är det otvivelaktigt bättre att ha låga transportkostnader och transportkostnaderna ökar normalt med längre avstånd ehuru i mindre grad med ökande transportav-

stånd. Men idag utgör denna åsikt en viktig orsak till den relativt lilla storleken på den enskilda svenska betongelementfabrikerna. Nästan uteslutande baseras de ofta mycket moderna och bra utrustade svenska betongelementfabrikerna på en relativt liten avsättningsmarknad och kan i många fall inte utnyttjas optimalt. Stordrift fordrar större avsättningsmarknad för samtliga nu existerande fabriker. Större avsättningsmarknad kan erhållas genom en ökad överföring av byggnadsproduktionen till elementbyggeri eller genom ökning av de ekonomiska transportavstånden. Man kan överhuvudtaget tvivla på om även på längre sikt de nuvarande betongelementfabrikerna har några större möjligheter att öka sin försäljning inom ramen för nuvarande avsättningsområden. En ökning av transportavstånden skulle ge ökad konkurrens mellan fabrikerna med delvis åtföljande effekt av att "stor blir större". Avsättningsområdena bör dock av detta skäl inte begränsas genom konstgjorda marknadsuppdelningar.

Om vi utgår från förutsättningen att för att hitta nya köpare då måste man sänka priserna, så kan vi uppnå detta mål bl.a. genom billigare transporter, även om alla andra faktorer är oförändrade. Låt oss anta att man har minskade transportkostnader i kopplingen fabrik-byggplats. Till följd därav har avsättningsmarknaden för fabriken ökat. Avsättningsområdet kommer troligen att bli större än första beräkningen ger vid handen på grund av att:

- a. marknaden växer geografiskt med kvadraten på medeltransportavståndet (20% ökning av transportavståndet ger teoretiskt 44% ökning av marknaden),
- b. transportkostnaderna per tonkm har fallande karaktär med ökat transportavstånd,
- c. sannolikheten ökar att få returtransport,
- d. ökat transportavstånd tillåter vanligen användandet av rationella och billigare transportmedel.

Givetvis leder en ökning av det möjliga avsättningsmarknadsområdet inte genast till ökad avsättningsmarknad i form av ökad efterfrågan på betongelement. Förhållandena



är i hög grad beroende av den lokala situationen i form av utbyggnadsplaner, tätheten av presumtiva byggplatser m.m. Men i de flesta fall leder denna utveckling till en ökad avsättning. Man kan dessutom räkna med att i områden, där idag elementbyggeri ej förekommer, en ökad övergång från platsbyggande kommer att ske. Erfarenheterna från den stationära industrin visar också att ökad konkurrens leder till ökade rationaliseringar och marknadsföring, vilket också ökar avsättningen. Vi kan alltså konstatera att en minskning av transportkostnaderna ger serieeffekter i positiv riktning för avsättningen. Denna avsättningsökning kan i de flesta fall täckas av de idag befintliga fabrikerna utan större kapitalkrävande investeringar t.ex. genom införande av tvåskift. Införandet av tvåskift innebär ökad kapitalomsättning med ytterligare förbättrad lönsamhet. På kort eller lång sikt kommer man att genom produktionsökningen få väl kända stordriftsfördelar som leder till minskning av produktionskostnader per  $m^2$  element. På kort sikt ger huvudsakligen minskningen av den fasta kostnadsandelen detta resultat. Men på längre sikt kommer även de övriga stordriftsfördelarna som löpande bandproduktion, bättre utrustning m.m. att inverka på kostnaderna. Som följd av kostnadsminskningen kan man ytterligare öka avsättningsmarknaden, som ger en ytterligare produktionsökning osv. Man bör till detta kända faktum kanske tillägga att ovan beskrivna "kedjereaktion" har regressiv karaktär. Vi kan också förmoda att stordriftsfördelarna inverkar mer på produktionskostnaden än transportkostnaderna. Detta betyder, att om vi överhuvudtaget inte skulle ha några transportkostnadsminskningar skulle ändå en ökning av transportavstånden med ett rationellt logistiksystem en betydande förbättring erhållas. Det finns också utländska erfarenheter som styrker detta påstående.

Højgaard & Schultz AS i Danmark tillverkar vid en av sina fabriker ca 80.000 element per år i tvåskift. Medeltransportavståndet fabrik - byggplats är ca 60 km (max 120 km). Systemet är öppet. Priset per  $m^2$  element är ungefär 50 Dkr, vilket enligt uppgift är ungefär hälften av övriga konkurrenters idag i Danmark. Andra exempel är det schweiziska volymelements-systemet Elcons fabriker i t.ex.

Frankrike och Tyskland. Genom medveten marknadsföring har här export från t.ex. Frankrike till Italien förekommit. Följden har blivit en stark produktionsökning med snabb minskning av produktionskostnaden per element. Export av byggnadsmaterial bl.a. byggsystem diskuteras i Sverige idag. En förutsättning för detta är, att vi lär oss behärska distribution av betongelement över längre transportavstånd.

Vi skall nu närmare exemplifiera hur totalkostnaden kan minskas eller hållas på ursprungsnivå utan att transportkostnaderna i och för sig minskas.

Vi antar att vi har en elementfabrik med skivelementsortiment där vi producerar i ett skift och har då en produktionsvolym av P ton per år. Elementen kostar i genomsnitt 180 kr per ton. Av detta är 30% fasta kostnader (54 kr) och 70% rörliga kostnader (126 kr).

Fabriken levererar element till en byggplats på ett avstånd av 15 km och transportkostnaden är 9 kr per ton eller 5 % av tillverkningskostnaden.

Lagerhållnings- och hanteringskostnad är 5 kr per ton och monteringskostnaden är 5 kr per ton.

Vi är nu intresserade av att öka produktionen och ett lämpligt sätt är övergång till tvåskift, vilket skulle medföra en fördubbling av produktionen.

Vid en fördubbling av produktionen skulle de fasta kostnaderna som nu är  $P \cdot 54$  kr per år slås ut på dubbla produktionen och tillverkningskostnaderna skulle sjunka till  $27 + 126 = 153$  kr per ton. Vi har då antagit att de fasta kostnaderna inte stigit. De fasta kostnaderna består främst i ränta och avskrivningar på byggnader och utrustning, kostnader för fabriksledning, transportcentral o.s.v. En ökning av tillverkningsstakten skulle förmodligen innebära en högre avskrivningstakt på fabriakens utrustning till följd av ökad förslitning och ökade kostnader för administration genom personalökningar o.dyl. Vi har emellertid

bortsett från detta.

De rörliga kostnaderna per ton element består främst i inbyggt material, nedlagda mantimmar, och energiförbrukning. Vi har ansett dessa kostnader konstanta räknat per ton, men vid övergång till två skift får man räkna med mindre ökning i form av skifttillägg o.dyl.

De ökning som beskrivits dels i de totala fasta kostnaderna dels i de rörliga räknat per ton kommer dock inte att allvarligt påverka resultatet av våra beräkningar, varför vi tills vidare bortser från dem.

Transportkostnaden 9 kr per ton vid avståndet 15 km motsvarar 0,60 kr per tonkm, vilket är en siffra något i överkant jämfört med dagens transportkostnader.

Lagerhållnings- och hanteringskostnaden och monteringskostnaden angavs till 5 kr per ton och antas oförändrade d.v.s. dessa kostnader anses rent rörliga.

Vid övergång till tvåskift och ökad produktion måste vi emellertid räkna med att leverera till ännu en byggplats utöver den vi redan har. Vi är nu intresserade av att få veta:

Hur långt får denna byggplats ligga från fabriken för att de totala kostnaderna räknat per ton element för tillverkning, lagerhållning, hantering, förflyttning och montering skall vara lika stora i båda fallen? Vid förflyttningskostnaden 0,6 kr per tonkm fås ett största avstånd på 60 km d.v.s. en ökning med 45 km. Vid ett kortare transportavstånd än 60 km fås en lägre totalkostnad än tidigare räknat per ton element. Här ges då möjligheten till en ökning av företagets överskott eller en sänkning av byggkostnaden eller båda delarna.

Kan vi sedan sänka förflyttningskostnaden till 0,5 kr

per tonkm fås ett största avstånd av 72 km och vid en ytterligare sänkning till 0,4 kr per tonkm ökas det maximala avståndet till 90 km.

Resultatet av denna beräkning tyder på att en produktionsökning i befintliga anläggningen ger möjligheter till ökade transportavstånd och därmed möjlighet att konkurrera på nya marknader med bibehållen ekonomi. En ökning av produktionen enligt denna modell skulle innebära att flera problem måste lösas.

I första hand gäller det att skapa marknad för en ökning, trots att byggandet av flerfamiljshus knappast kommer att öka. Vi vet emellertid att idag byggs, även i de regioner där det finns elementfabriker, endast ca 30 % av alla lägenheter i form av elementbyggen. En lösning är att överföra en del av de resterande 70 procenten platsbyggda hus till elementhusproduktionen och på detta sätt skapa utrymmen för produktionsökningar på elementfabrikerna.

I andra hand måste avtalstekniska och personella problem lösas så att man, i första hand på fabriken, får möjlighet att producera i flera skift.

I tredje hand måste flera problem av produktionsplaneringskaraktär lösas. Vi får bl.a. räkna med att i varje fall under en viss tid kommer fabriken att arbeta i flera skift, under det att möjligen transportapparaten och förmodligen arbetarna på byggplats endast arbetar i ett skift. Transportapparatens kapacitet måste då eventuellt kraftigt ökas, för att under ett skift köra ut vad fabriken producerar under flera skift. Detta innebär också, att man i princip måste kunna buffertera ett skifts produktion vid fabrik.

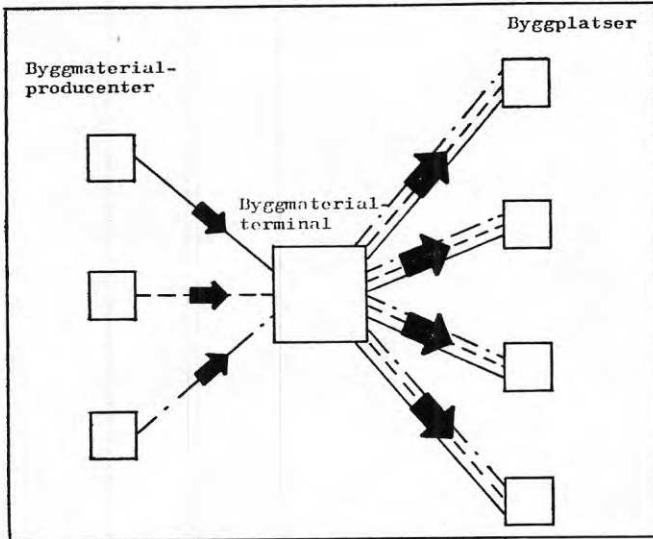
## KAPITEL 11

## ELEMENTFABRIKEN SOM TERMINAL

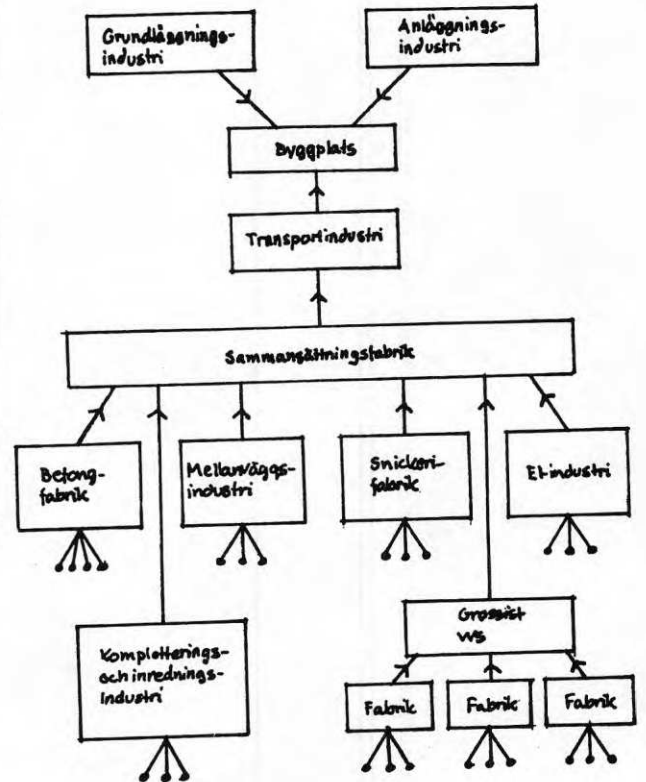
Målsättningen med denna rapport har varit att på kopplingen fabrik - byggplats tillämpa logistikfilosofin praktiskt och teoretiskt med stöd av de detaljstudier som utförts på byggmetoder med olika grad av förtillverkning. Denna koppling omfattar ju endast transport av betongelement, som för byggmetoder med lägre förtillverkningsgrad endast är en del av materialflödet till byggplats.

En logistikfunktion i ett betongelementtillverkande företag skall som framgått styra materialflödena från leverantör eventuellt via fabrik till byggplats. Optimeringen av kopplingen fabrik - byggplats får därvid inte bli någon suboptimering, utan sättas i relation till samtliga logistikaktiviteter i företaget. Hur denna organisation skall utföras och vilka styrningshjälpmedel som finns till hands faller utom ramen för denna rapport. Konstateras bör dock att möjligheterna att praktiskt styra materialflödena idag är större ju högre förtillverkningsgrad byggmetoden representerar, d.v.s. ju större del av materialflödena som går via elementfabrik. Anledningen till detta är i första hand att en tidsbuffert för materialslaget lätt skapas i elementfabriken och att därvid ett färre antal materialslag behöver tidsstyras från byggplatsen med begränsade förrådsutrymmen och små hemtagningsskvantiteter som följd. I ytterlighetsfallet med samtliga material via elementfabrik, som här representeras av volymelementmetoden, arbetar fabriken som en materialstyrande terminalfunktion (FIG. 86). Elementfabriken är alltså ett terminalalternativ bland flera andra. Dessa frågor behandlas för närvarande inom ramen för Byggeforskningsrådets Transportnämnd.

Alternativa organisationsformer för en terminal har bl.a. berörts artiklar i tidningen Byggnadsindustrin



[G. 86. Principiell och praktisk (volym-elementmetod) bild av byggmaterialterminalen i materialflödes-systemet. Ett antal materialflöden genereras av byggmaterial-producenter, omformas i en byggmaterialterminal och går ut till olika byggplatser. Den fysiska placeringen av terminalfunktionen kan teoretiskt lokaliseras till olika punkter i flödet.





"Byggmaterialterminal - en väg till lägre byggkostnader" (förf. Johnson, Ringsberg, Tarkowski).

Den huvudprincip enligt vilken elementfabriken arbetar blir då:

- styrning av materialflödena från producent via fabrik till byggplats (i form av volymelement t.ex.).

Detta ger att bl.a. inköps- och försörjningsfunktionerna helt koncentreras till fabrik och att transport till konsumtionspunkt, d.v.s. plats i byggobjektet, organiseras av fabriken. Även vid lägre förtillverkningsgrad, än den här beskrivna volymelementmetoden representerar, torde det vara ekonomiskt försvarbart att transportera samtliga produkter till byggplats via elementfabriken, d.v.s. även sådana material som normalt skulle gå till byggplats direkt.

De fördelar man därvid skulle uppnå är bl.a.:

- ökade möjligheter för tidsstyrning av material till byggplats med minskade störningar och högre produktivitet som följd,
- transport från producent till elementfabrik kan ske under optimala förhållanden med stora lastbilar, full utnyttjning, lämplig frekvens osv,
- samlastning av olika produkter vid fabriken kan göras industriellt och med hög produktivitet,
- vid lägenhetsförpackning t.ex. elimineras körning mellan producenter för sammanställning av förpackningsenheter,
- möjlighet att använda i marknaden existerande styrningshjälpmedel.

Nackdelarna blir bl.a.:

- ökat antal hanteringar och därmed ökad hanteringskostnad i teoretiska fallet där endast en hantering d.v.s. från lastbil in på plats i lägenheten förekommer,
- kostnader för ökat förrådsutrymme vid fabrik.



En övergång till elementfabriken som terminal måste således bedömmas med utgångspunkt från de vinster som göres i logistiksystemet. Vinsterna blir beroende av bl.a. byggmetodens förtillverkningsgrad. Innan en övergång sker måste noggranna transportekonomiska beräkningar för varje enskild byggmetod därför göras.

## KAPITEL 12

## LITTERATUR

1. Magee, John F. Physical distribution systems. Mac Graw - Hill Book Company, New York 1967.
2. Magee, John F. Industrial Logistics. Mac Graw - Hill Book Company, New York.
3. Heskett; Iwie; Glaskowsky. Business Logistics. The Ronald Press Co, New York 1964.
4. Ericsson, Dag. Inköpsfunktionens mål och metoder.
5. Wåhlström, Olle. Elementbyggda flerfamiljshus. Övningsuppgift i 3:e årskursen vid sektion A, CTH, Göteborg 1964.
6. Jonson, Jan-Åke. Externa transporter av betong-element till bostadshus. Byggforskningen, Rapport 30:1969, Stockholm 1969.
7. Andersson, G. Inventering av stomsystem. Byggeforskningen, Rapport 42:1968, Stockholm 1968.
8. Ringsberg, Kaj. Reserapport rörande platsstudier av system Elcon. Inst. för Transportteknik, CTH, Göteborg 1970.
9. Ringsberg, Kaj; Knöös, Per-Olof. Transport av Elconelement Linköping - Stockholm. Inst. för Transportteknik, CTH, Göteborg 1969.
10. Datagruppen i Göteborg. Rationellare byggnadsproduktion. Byggeforskningen, Rapporterna 8:1969 och 9:1969.
11. Ny Byggmarknad. Industrins Byggutredning, Stockholm 1968.
12. Ringsberg, Kaj; Johnson, Lars; Arwidsson, Lars. Milstipendiet 1968 De externa transporternas andel av ett bygges totalkostnad. Inst. för Transportteknik, CTH, Göteborg 1968.
13. Transport av byggmaterial - problem och forskningsbehov. Programskrift nr 5, Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm 1967.

14. Isacsson, Per; Johnson, Lars; Löfving, Sven; Lilja, Erik. Containerhantering i industriterminal. IVF-resultat 700617, Stockholm 1970.
15. TFK:s materialhanteringskommitté. Containertransporter. TFK-meddelande nr 69 Stockholm 1965.

## GENOMGÅNG AV LOGISK BESLUTSMODELL

- ① Frågas om  $t = m$ . Denna fråga kan tyckas överflödigt eftersom användning av modellen förutsätter en skillnad mellan  $m$  och  $t$ .  
Testen är medtagna för att modellen skall bli logiskt korrekt.
- ② Vid nej på frågan i ① dvs antingen  $m > t$  eller  $t > m$  väljs ② där man ställer frågor.
- ③ Om  $m > t$  i ② väljs ③ där vi frågar om vi får en sammanlagd kostnadsminskning i  $K_f$  och  $K_1$  om vi ökar  $t$  med  $\Delta t$ .  
Där finns restriktionen att  $t \geq m$  efter ökningen.  
Orsaken till att vi först testar vad som inträffar vid en ökning, är att det på goda grunder kan antas, att vi i de flesta fall får en kostnadsminskning vid en ökning av takten. På detta sätt värderas det mest troliga alternativet först för att minska arbetet med modellen.
- ④ Vid ja på frågan i ③ ökas  $t$  med  $\Delta t$ .
- ⑤ Testas om  $m = t$  dvs om  $t$  har ökats så att tillverknings- och monteringsstakten är lika stora.
- ⑥ Om  $m \neq t$  väljs periodisk lagring. Med periodisk lagring menas då den ökning som sker utöver produktions- och säkerhetslager till följd av skillnader mellan  $t$  och  $m$ . Detta kommer närmare att visas senare i detta kapitel.
- ⑦ Om  $m = t$  finns inget behov av periodisk lagring utöver produktions- och säkerhetslager.
- ⑧ Vid nejpå frågan i ③ frågas vad som inträffar med  $K_b$  och  $K_1$  vid en minskning av  $m$  med  $\Delta m$  dvs ett närmande av  $m$  till  $t$ . Restriktionen är  $m \geq t$ .

- ⑨ Vid ja i ⑧ minskas  $m$  med  $\Delta m$ .
- ⑩ Testas om  $m = t$ . Vid nej väljs ⑥ och vid ja väljs ⑦.
- ⑪ Vid svaret nej på frågan i ② dvs om  $m < t$  frågas vad som inträffar med  $K_b$  och  $K_1$  vid en ökning av  $m$  med  $\Delta m$ . Liksom i ③ testas vi i första hand vad som inträffar genom ett närmande av  $m$  till  $t$  genom en ökning av  $m$ . Restriktion:  $m \geq t$  efter ökningen.
- ⑫ Vid ja på frågan i ⑪ ökas  $m$  med  $\Delta m$ .
- 13 Testas om  $m = t$ . Om nej väljs 6 och om ja väljs ⑦.
- ⑭ Vid nej på frågan i ⑪ dvs om vi får en sammanlagd kostnadsökning i  $K_b$  och  $K_1$  vid ökning av  $m$  med  $\Delta m$  frågas vad som inträffar med  $K_f$  och  $K_1$  vid ett närmande av  $t$  till  $m$  genom minskning av  $t$  med  $\Delta t$ . Restriktion:  $m \geq t$  efter minskningen.
- ⑮ Minskning av  $t$  med  $\Delta t$ .
- ⑯ Testas om  $m = t$ . Liksom förut väljs ⑥ vid nej och 7 vid ja.
- ⑰ Modellen skall kunna användas t ex för känslighetsanalyser eller optimeringar. Därför ställs frågan vid val av periodisk lagring om prövning skall göras med nytt  $\Delta t$  eller  $\Delta m$ . På så sätt kan man stega  $\Delta t$  eller  $\Delta m$  med konstanta steg och göra en totalkostnadsberäkning av hela systemet om så önskas. Därvid kan man välja det alternativ som är mest ekonomiskt fördelaktigt.
- 18 Vid nej på frågan om ny prövning med  $\Delta t$  eller  $\Delta m$  skall göras är modellen slutspelad. Vid ja på frågan väljs ② och det logiska beslutsschemat genomgås på nytt.

HÄRLEDNING AV FORMLER AVSEENDE KOSTNADER I SAMBAND  
MED LAGRING

Formlerna 7(5) - 7(23) kommer att behandlas.

FALL I:  $t = m$

$$(7.5) \quad T_1 = T_b + T_g$$

där enligt tidigare

$T =$  brinntid

$T_g =$  tidsglapp

Ur FIG. 51, FALL I fås direkt genom geometrisk betraktelse:

$$\underline{T_1 = T_b + T_g}$$

$$(7.6) \quad T_{\text{tot}} = T_b + T_g + \frac{Q}{m} = T_b + T_g + \frac{Q}{t}$$

Härledning.

Ur FIG. 51, FALL I fås:

$$T_{\text{tot}} = T_1 + T_m$$

$$\text{men } T_1 = T_b + T_g$$

$$\text{och } T_m = \frac{Q}{m}$$

$$\text{men } m = t$$

$$\text{och } T_m = \frac{Q}{t}$$

$$\underline{T_{\text{tot}} = T_b + T_g + \frac{Q}{m} = T_b + T_g + \frac{Q}{t}}$$

$$(7.7) \quad L = (T_b + T_g) \cdot t$$

Detta framgår direkt av geometrisk betraktelse av FIG. 51, FALL I.

$$(7.8) \quad L_{\max} = (T_b + T_g) \cdot t$$

Ur FIG. 51, FALL I framgår att  $L_{\max} = L$

$$\therefore \underline{L_{\max} = (T_b + T_g) \cdot t}$$

$$(7.9) \quad V = (T_b + T_g) \cdot Q$$

Härledning.

Ur FIG. 51, FALL I fås genom geometriska betraktelser:

$$V = T_1 \cdot \frac{T_1 \cdot t}{2} + (T_t - T_1) \cdot T_1 \cdot t + T_2 \cdot \frac{T_2 \cdot m}{2}$$

$$\text{men } T_2 = T_1$$

$$\text{och } m = t$$

$$\therefore \underline{V = T_1^2 \cdot \frac{t}{2} + T_t \cdot T_1 \cdot t - T_1^2 \cdot t + T_1^2 \cdot \frac{t}{2}}$$

$$V = T_t \cdot T_1 \cdot t$$

$$\text{men } Q = T_t \cdot t$$

$$T_t = \frac{Q}{t}$$

$$\therefore \underline{V = T_1 \cdot \frac{Q}{t} \cdot t = T_1 \cdot Q}$$

$$\text{men } T_1 = T_b + T_g$$

$$\therefore \underline{V = (T_b + T_g) \cdot Q}$$

$$(7.10) \quad T_1 = T_b + T_g$$

Detta framgår direkt av geometrisk betraktelse av FIG. 51, FALL II.



$$(7.11) \quad T_{\text{tot}} = T_b + T_g + \frac{Q}{m}$$

Härledning:

Ur FIG. 51, FALL II fås:

$$T_{\text{tot}} = T_1 + T_m$$

$$\text{men } T_1 = T_b + T_g$$

$$\text{och } T_m = \frac{Q}{m}$$

$$\therefore \underline{T_{\text{tot}} = T_b + T_g + \frac{Q}{m}}$$

$$(7.12) \quad L = (T_b + T_g) \cdot t$$

Detta framgår direkt av geometrisk betraktelse av FIG. 51, FALL II.

$$(7.13) \quad L_{\text{max}} = (T_b + T_g) \cdot m + \left(1 - \frac{m}{t}\right) \cdot Q$$

Ur FIG. 51, FALL II fås genom geometriska betraktelser:

$$L_{\text{max}} = T_1 \cdot t + (T_t - T_1) \cdot (t - m)$$

Utveckling ger:

$$L_{\text{max}} = T_1 \cdot m + (t - m) \cdot T_t$$

$$\text{men } T_1 = T_b + T_g$$

$$\text{och } T_t = \frac{Q}{t}$$

Insättning och utveckling ger:

$$\underline{L_{\text{max}} = (T_b + T_g) \cdot m + \left(1 - \frac{m}{t}\right) \cdot Q}$$

$$(7.14) \quad V = (T_b + T_g) \cdot Q + \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{t}\right) \cdot \frac{Q^2}{2}$$

Ur FIG. 51, FALL II fås genom geometriska betraktelser:

$$\begin{aligned} V &= \frac{T_1 \cdot t}{2} \cdot T_1 + T_1 \cdot t \cdot (T_t - T_1) + \\ &+ \frac{(t - m) \cdot (T_t - T_1)}{2} \cdot (T_t - T_1) + \\ &+ \frac{T_2 \cdot m}{2} \cdot T_2 \end{aligned}$$

$$\text{men } T_1 + T_m = T_2 + T_t$$

$$T_2 = T_1 - T_t + T_m$$

Insättning och utveckling ger:

$$\begin{aligned} V &= \frac{T_1^2 \cdot t}{2} + T_t \cdot T_1 \cdot t - T_1^2 \cdot t + \frac{T_t^2 \cdot t}{2} - \\ &- T_t \cdot T_1 \cdot t + \frac{T_1^2 \cdot t}{2} - \frac{T_t^2 \cdot m}{2} + T_t \cdot T_1 \cdot \\ &\cdot m - \frac{T_1^2 \cdot m}{2} + \frac{T_1^2 \cdot m}{2} - \frac{T_t \cdot T_1 \cdot m}{2} + \\ &+ \frac{T_m \cdot T_1 \cdot m}{2} - \frac{T_t \cdot T_1 \cdot m}{2} + \frac{T_t^2 \cdot m}{2} - \\ &- \frac{T_m \cdot T_t \cdot m}{2} + \frac{T_m \cdot T_1 \cdot m}{2} - \frac{T_m \cdot T_t \cdot m}{2} + \\ &+ \frac{T_m^2 \cdot m}{2} \end{aligned}$$

Förenkling ger:

$$V = T_1 \cdot T_m \cdot m + \frac{T_m^2 \cdot m}{2} - T_m \cdot T_t \cdot m + \frac{T_t^2 \cdot t}{2}$$

$$\begin{aligned} V &= T_1 \cdot T_m \cdot m + \frac{1}{2 \cdot m} \cdot (T_m \cdot m)^2 \cdot \frac{1}{t} \cdot (T_m \cdot m \cdot T_t \cdot \\ &\cdot t) + \frac{1}{2 \cdot t} \cdot (T_t \cdot t)^2 \end{aligned}$$

Vi har sedan tidigare:

$$T_1 = T_b + T_g$$

$$Q = T_m \cdot m$$

$$Q = T_t \cdot t$$

$$V = (T_b + T_g) \cdot Q + \frac{Q^2}{2 \cdot m} - \frac{Q^2}{t} + \frac{Q^2}{2 \cdot t}$$

$$V = \underline{(T_b + T_g) \cdot Q + \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{t}\right) \cdot \frac{Q^2}{2}}$$

$$(7.15) \quad T_1 = T_b + T_g + \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{m}\right) \cdot Q$$

Ur FIG. 51, FALL III fås direkt:

$$T_1 + T_m = T_2 + T_t$$

$$\text{och } T_1 = T_2 + T_t - T_m$$

Vi har sedan tidigare:

$$T_t = \frac{Q}{t}$$

$$T_m = \frac{Q}{m}$$

$$T_2 = T_b + T_g$$

Insättning ger:

$$T = T_b + T_g + \frac{Q}{t} - \frac{Q}{m}$$

$$\underline{T_1 = T_b + T_g + \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{m}\right) \cdot Q}$$

$$(7.16) \quad T_{\text{tot}} = T_b + T_g + \frac{Q}{t}$$

$$T_{\text{tot}} = T_2 + T_t$$

Vi har sedan tidigare:

$$T_2 = T_b + T_g$$

$$T_t = \frac{Q}{t}$$

$$\therefore T_{tot} = T_b + T_g + \frac{Q}{t}$$

$$(7.17) \quad L = (T_b + T_g) \cdot m$$

Ur FIG. 51, FALL III fås direkt:

$$L = T_2 \cdot m$$

$$\text{men } T_2 = T_b + T_g$$

$$\therefore L = (T_b + T_g) \cdot m$$

$$(7.18) \quad L_{\max} = (T_b + T_g) \cdot t + \left(1 - \frac{t}{m}\right) \cdot Q$$

Ur FIG. 51, FALL III fås direkt:

$$L_{\max} = T_1 \cdot t$$

Men enligt (7.15):

$$T_1 = T_b + T_g + \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{m}\right) \cdot Q$$

$$L_{\max} = \left[ T_b + T_g + \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{m}\right) \cdot Q \right] \cdot t$$

$$\underline{L_{\max} = (T_b + T_g) \cdot t + \left(1 - \frac{t}{m}\right) \cdot Q}$$

$$(7.19) \quad V = (T_b + T_g) \cdot Q + \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{m}\right) \cdot \frac{Q^2}{2}$$

Ur FIG.51, FALL III fås genom geometriska betraktelser:

$$V = \frac{T_2 \cdot m}{2} \cdot T_2 + T_2 \cdot m \cdot (T_m - T_2) + \frac{(m - t) \cdot (T_m - T_2)}{2} \cdot (T_m - T_2) + \frac{T_1 \cdot t}{2} \cdot T_1$$

$$\text{men } T_1 + T_m = T_2 + T_t$$

$$T_1 = T_2 + T_t - T_m$$

Insättning, utveckling och förenkling analogt med härledning av (7.14) ger:

$$V = (T_b + T_g) \cdot Q + \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{m}\right) \cdot \frac{Q^2}{2}$$

$$(7.20) \quad \Delta V_t = \frac{Q^2}{2} \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{t + \Delta t}\right)$$

Vid tillverkningstakten  $t$  har vi:

$$V' = (T_b + T_g) \cdot Q + \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{t}\right) \cdot \frac{Q^2}{2}$$

Vid en förändring av tillverkningstakten till  $t + \Delta t$  fås:

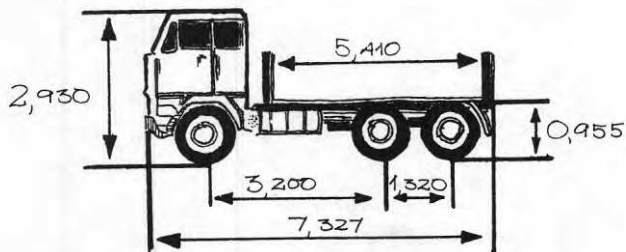
$$V'' = (T_b + T_g) \cdot Q + \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{t + \Delta t}\right) \cdot \frac{Q^2}{2}$$

Förändringen av  $V$  är  $\Delta V_t = V'' - V'$

$$\therefore \Delta V_t = \frac{Q^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{t + \Delta t}\right)$$

Formlerna (7.21); (7.22) och (7.23) bevisas helt analogt.

## Dragbil till fordonskombination för sidlyftare



Bil: Volvo FB 88-32

Pris (inkl. specialutrustning): 112.100 kr

Chassivikt (inkl. specialutrustning): 7.145 kr

Bränsleförbrukning (dieselolja): 4 liter/mil

Bränslepris: 73 öre/liter

Oljeförbrukning: 0,07 liter/mil

Oljepris: 4 kr/liter

Rutinservice: 80 öre/mil

Reparationskostnad: 1,70 kr/mil

Däckslitage: 7.000 mil

Däckkostnad: 450 kr/nytt däck. Dock brukar 50 % av däckerna regummeras till ett pris av 300 kr/däck.

Grundskatt: 6.582 kr vid totalvikt 20.000 kr

Tillägsskatt: 47 kr per varje påbörjat hundratal kilogram av totalvikten utöver vad som svarar mot grundskatten: 1.269 kr.

Total skatt: 7.851 kr

Försäkring: Grundpremie 30 kr/år

Förrarpl.förs. 25 kr/år

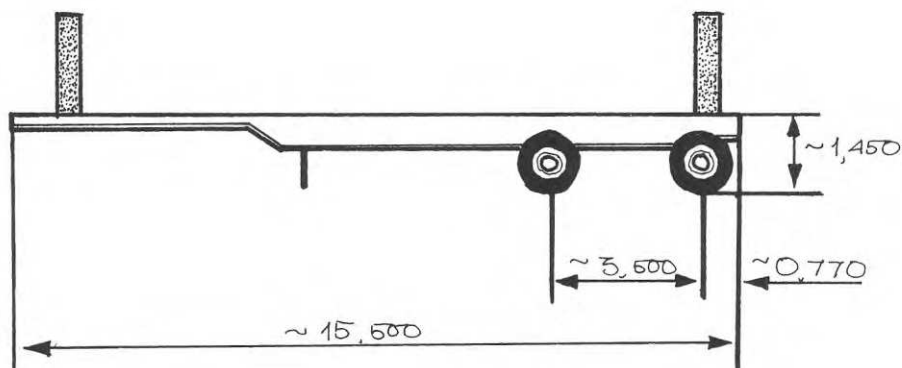
Trafikpremie 3.760 kr/år

Delkasko (brand, glas, stöld) 113 kr/år

Totalt: 5.561 kr

Avskrivning: Bilen värd 10 % efter 5 år

PÅHÄNGSVAGN MED UTRUSTNING TILL FORDONSKOMBINATION  
FÖR SIDLYFTARE



Påhängsvagn: Typ SIMA-trailer

Pris: Trailer + lyftanordning = 165.000 kr

Lyftanordningens kapacitet: 30.000 kg

Däckslitage: 9.000 mil

Däckkostnad: 450 kr/nytt däck. Dock brukar 50 % av  
däcken regummeras till ett pris av 300  
kr/däck.

Grundskatt: 5.626 kr vid totalvikt 25.000 kg

Tilläggs skatt: 7 kr per varje påbörjat hundratal kilogram  
utöver vad som svarar mot grundskatten: 70 kr.

Total skatt: 5.696 kr

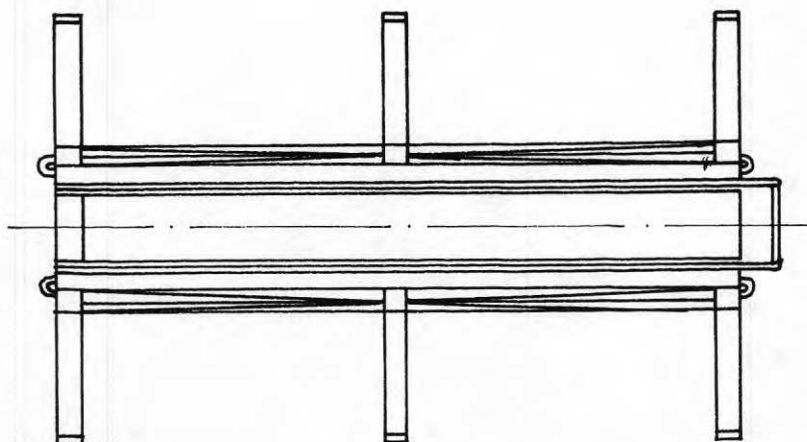
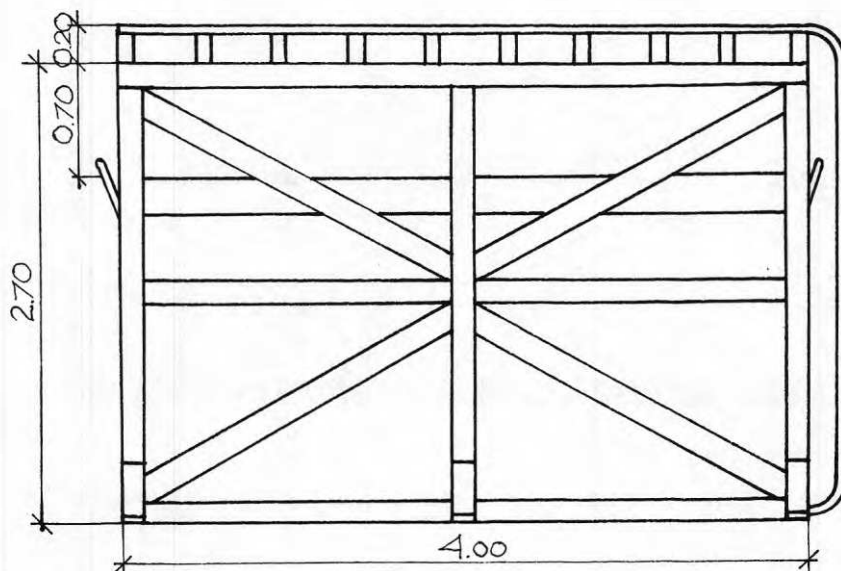
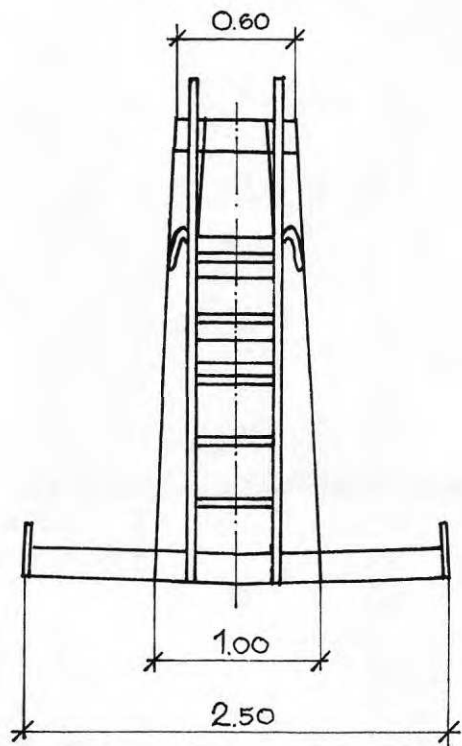
Försäkring: Delkasko (brand, glas, stöld) 108 kr/år

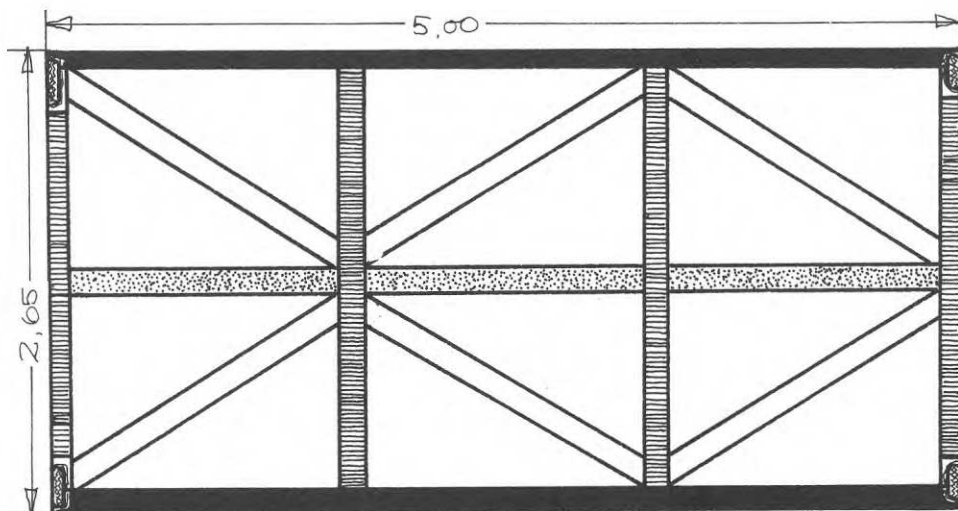
Vagnskada (500 kr självrisk) 373 kr/år

Totalt 481 kr

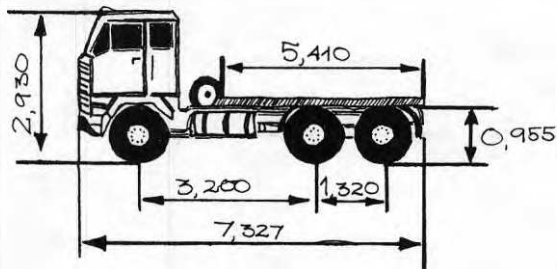
Avskrivning: Trailern och lyftanordningen värda 10 %  
efter 5 år



LASTBÄRARE FÖR STÅENDE ELEMENT TILL FORDONSKOMBINATION FÖR SID-  
LYFTARE

LASTBÄRARE FÖR LIGGANDE ELEMENT TILL FORDONS-  
KOMBINATION FÖR SIDLYFTARE

## Lastbil till fordonskombination för autoflak



Bil: Volvo FB 88-32, med utrustning AUA 760.

Pris (inkl. specialutrustning):  $112100 + 41200 = 153.300$  kr

Vändradie: 7 m

Chassivikt (inkl. specialutrustning):  $7145 + 1600 = 8.745$  kg

Bränsleförbrukning (diesololja): 4 liter/mil

Bränslepris: 73 öre/liter

Oljeförbrukning: 0,07 liter/mil

Oljepris: 4 kr/liter

Rutinservice: 80 öre/mil

Reparationskostnad: 1,70 kr/mil

Däckslitage: 7.000 mil

Däckkostnad: 450 kr/nytt däck. Dock brukar 50 % av däcken regummeras till ett pris av 300 kr/däck.

Grundskatt: 6.582 kr vid totalvikt 20.000 kg

Tilläggs-skatt: 47 kr per varje påbörjat hundratal kilogram av totalvikten utöver vad som svarar mot grundskatten: 1.269 kr.

Total skatt: 7.851 kr

Försäkring: Grundpremie 30 kr/år

Förarpl.förs. 25 kr/år

Trafikpremie 3.760 kr/år

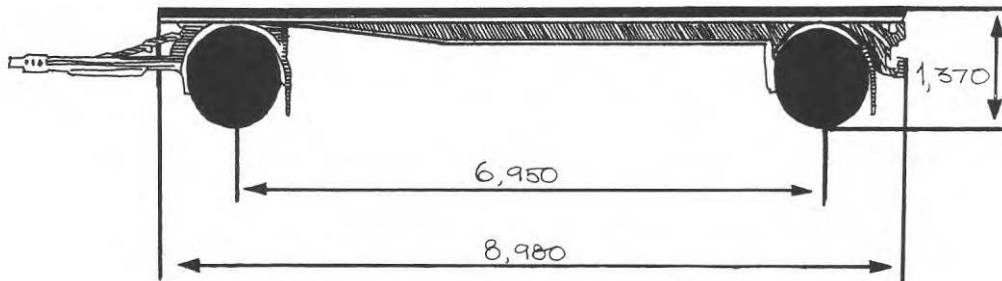
Delkasko (brand, glas, stöld) 188 kr/år

Vagnskadeförs. (2000 kr självrisk) 1.789 kr/år

Totalt 5.792 kr/år

Avskrivning: Bilen med utrustning värd 10 % efter 5 år

SLÄPVAGN TILL FORDONSKOMBINATION FÖR AUTOFLAK  
MED ÖVERFÖRINGSUTRUSTNING



Släpvagn: Typ Forss-Parator S2-FT-90

Pris (inkl. specialutrustning): 61.000 kr

Chassivikt (inkl. specialutrustning):  $5.650+300= 5.950$  kg

Däckslitage: 9.000 mil

Däckkostnad: 450 kr/nytt däck. Dock brukar 50 % av däcken  
regummeras till ett pris av 300 kr/däck.

Grundskatt: 4.422 kr

Tilläggsskatt: 0 kr

Totalskatt: 4.422 kr

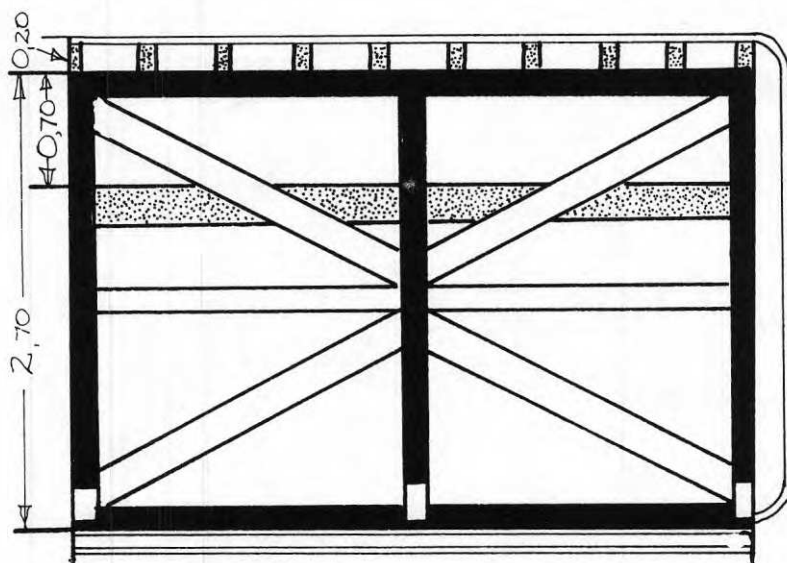
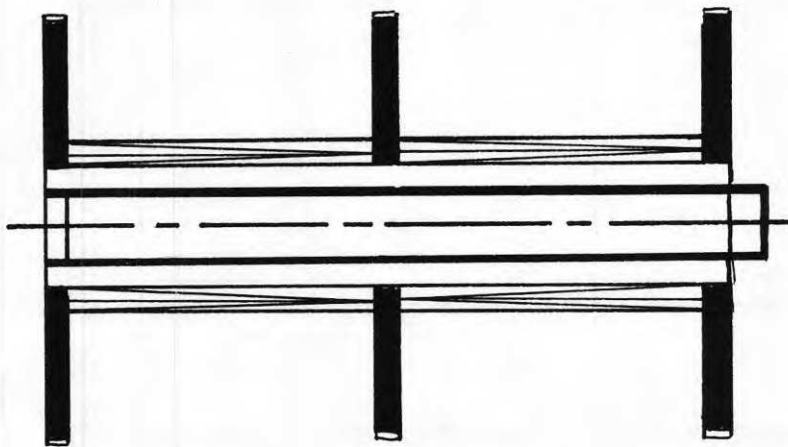
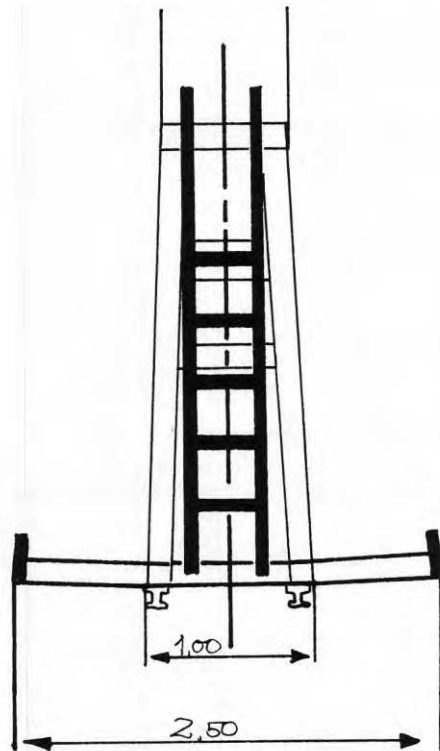
Försäkring: Delkasko (brand, glas, stöld) 108 kr/år

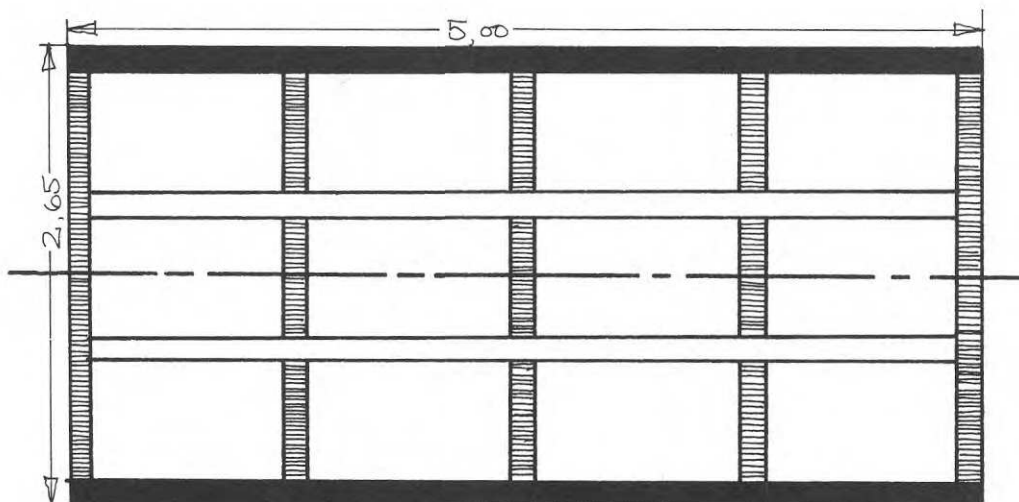
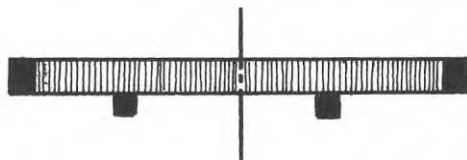
Vagnskada (500 kr självrisk) 373 kr/år

Totalt 481 kr

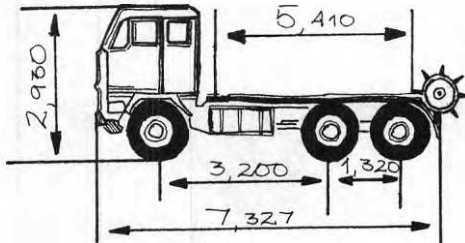
Avskrivning: Släpvagnen med utrustning värd 10 % efter 5 år

LASTBÄRARE FÖR STÅENDE ELEMENT TILL FORDONSKOMBINATION  
FÖR AUTOFLAK



LASTBÄRARE FÖR LIGGANDE ELEMENT TILL FORDONS-  
KOMBINATION FÖR AUTOFLAK

# Lastbil till fordonskombination för skyttelflak



Bil: Volvo FB 88-32

Pris: (inkl. specialutrustning): 112100+21150 = 133.250 kr

Vändradie: 7 m

Chassivikt (inkl. specialutrustning): 7.145+1.100 = 8.245 kg

Bränsleförbrukning (dieselolja): 4 liter/mil

Bränslepris: 73 öre/liter

Oljeförbrukning: 0,07 liter/mil

Oljepris: 4 kr/liter

Rutinservice: 80 öre/mil

Reparationskostnad: 1,70 kr/mil

Däckslitage: 7.000 mil

Däckkostnad: 450 kr/nytt däck. Dock brukar 50 % av däcken regummeras till ett pris av 300 kr/däck.

Grundskatt: 6.582 kr vid totalvikt 20.000 kg

Tilläggsskatt: 48 kr per varje påbörjat hundratal kilogram av totalvikten utöver vad som svarar mot grundskatten: 1.269 kr.

Total skatt: 7.851 kr

Försäkring: Grundpremie 30 kr/år

Förrarpl.förs. 25 kr/år

Trafikpremie 3.760 kr/år

Delkasko (brand, glas, stöld) 188 kr/år

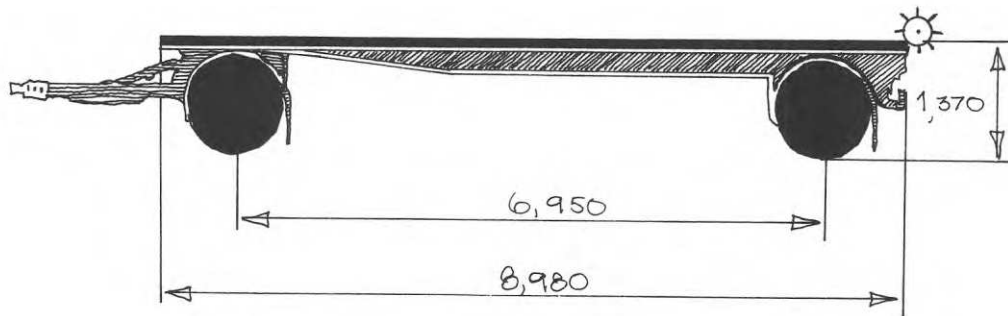
Vagnskadeförs. (2000 kr självrisk) 1.789 kr/år

Totalt: 5.792 kr/år

Avskrivning: Bilen med utrustning värd 10 % efter 5 år.



## SLÄPVAGN TILL FORDONSKOMBINATION FÖR SKYTTELFLAK



Släpvagn: Typ Forss-Parator S2-FT-90 med specialutrustning

Pris (inkl. specialutrustning):  $42300 + 21150 = 63.450$  kr

Chassivikt (inkl. specialutrustning):  $5650 + 1100 = 6.750$  kg

Lastförmåga (exkl. utrustning): 14.350 kg

Däckslitage: 9.000 mil

Däckkostnad: 450 kr/nytt däck. Dock brukar 50 % av däcken  
regummeras till ett pris av 300 kr/däck.

Grundskatt: 4.422 kr

Tilläggsskatt: 0 kr

Totalskatt: 4.422 kr

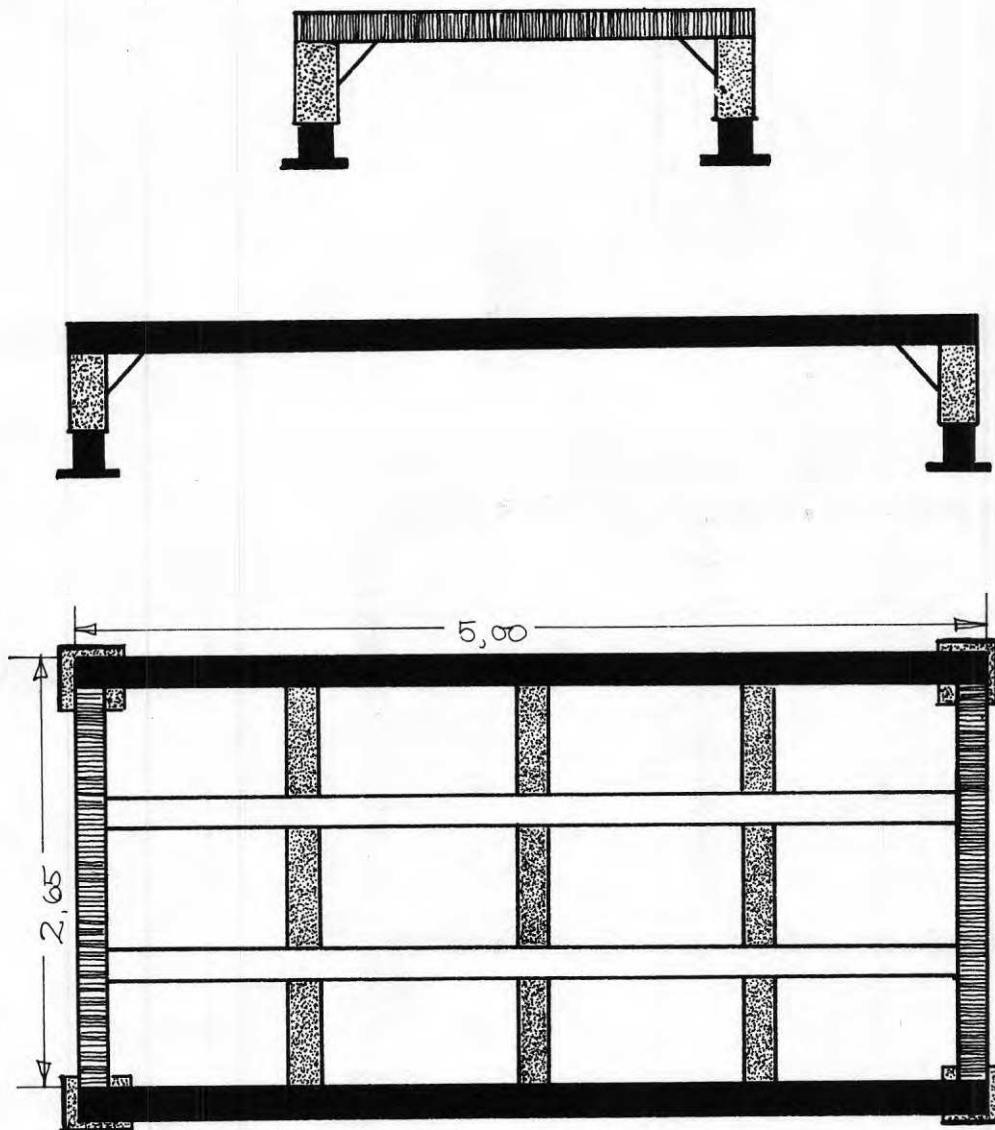
Försäkring: Delkasko (brand, glas, stöld) 108 kr/år

Vagnskada (500 kr självrisk) 373 kr/år

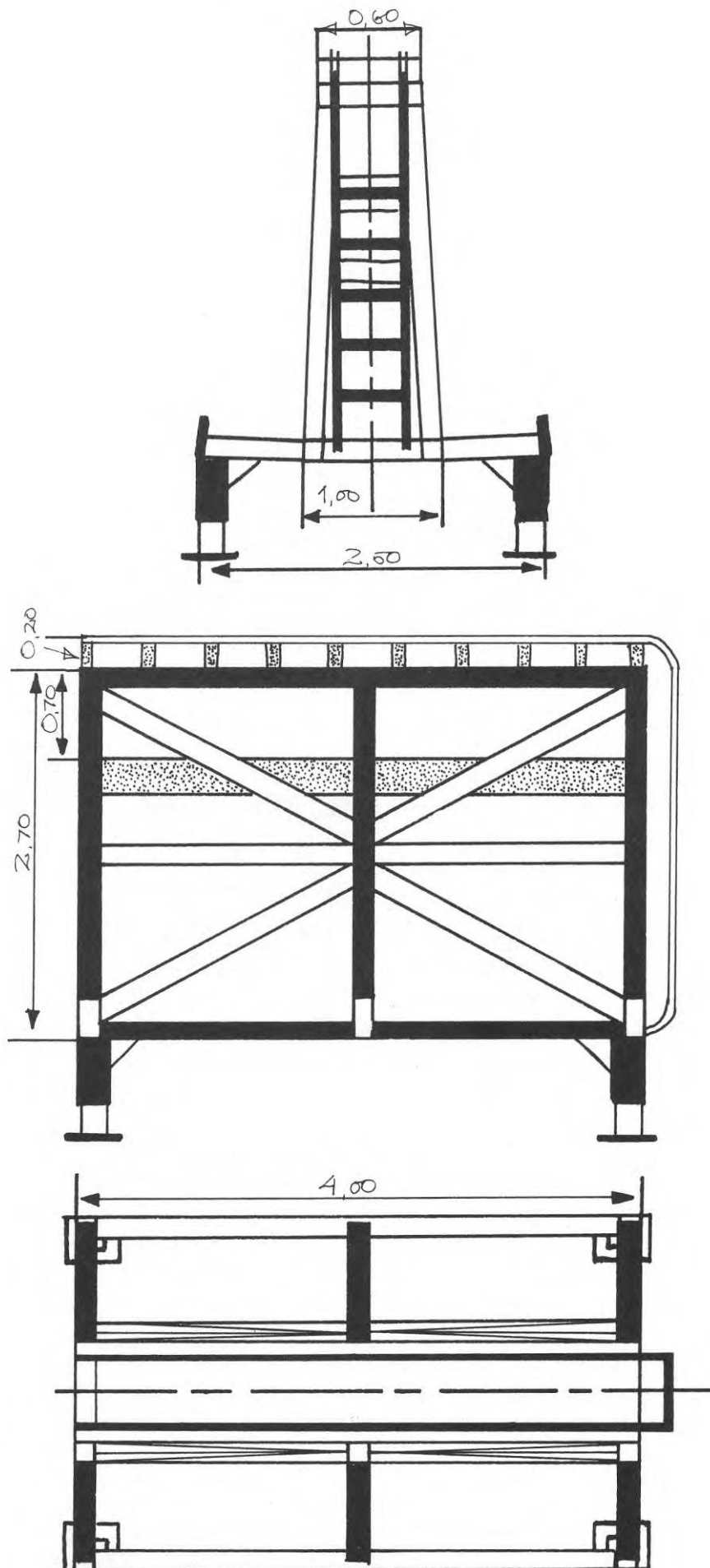
Totalt 481 kr

Avskrivning: Släpvagnen med utrustning värd 10 % efter 5 år

LASTBÄRARE FÖR STÅENDE ELEMENT TILL FORDONS-  
KOMBINATION FÖR SKYTTELFLAK



5(4)

LASTBÄRARE FÖR LIGGANDE ELEMENT TILL FORDONSKOMBINATION  
FÖR SKYTTEFLAK

## CAPTIONS (ENGELSKA FIGURTEXTER)

- FIG. 1 Operations and activities comprised in the terms handling, moving, haulage and logistics.
- FIG. 2 Delivery of material by a sub-contractor or directly from the source of raw materials.
- FIG. 3 Example of the tasks of logistics, based on stockholding levels.
- FIG. 4 The material flows from the producers to the site may converge at the wholesaler's or the precasting works.
- FIG. 5 Raw materials, semi-products and finished products are delivered to the site and are placed into the building after varying degrees of processing.
- FIG. 6 A higher degree of prefabrication entails fewer production operations on the site.
- FIG. 7 Physical activities and groups of activities in the logistics system of a company, demarcated for a certain project.
- FIG. 8 System schedule for an industrialised building method. Principal components: building project, precasting works and materials suppliers.
- FIG. 9 Depending on the portion of the material flow being studied, the activities may be made up into groups or broken down into smaller units.
- FIG. 10 Logistics organisation where the Managing Director himself controls and supervises every departmental and sectional manager.
- FIG. 11 Logistics organisation where the logistics operations are supervised by the two departmental managers, the technical manager and marketing manager.
- FIG. 12 Logistics organisation where all logistics operations are concentrated in one department.
- FIG. 13 Loading at the works, haulage to the site and erection on the site, as the dynamic connection between the precasting works and the site.
- FIG. 14 Logistics treatment: activities which are comprised in the connection between the works and the site.

- FIG. 15 Twelve Swedish industrialised building methods, broken down into products and companies.
- FIG. 16 Types of unit comprised in the range of products in the building methods studied.
- FIG. 17 Erection labour required on site for the three industrialised methods.
- FIG. 18 Definition of the term erection cycle and the operations comprised in this.
- FIG. 19 Preparations for erection in the panel/room unit method.
- FIG. 20 Order of erection for the three building methods studied.
- FIG. 21 Erection procedure in the panel unit method studied.
- FIG. 22 Results of studies of the erection process for the panel unit method.
- FIG. 23 Results of studies of the erection process for the panel/room unit method.
- FIG. 24 Vehicle combinations used, broken down according to building method, haulage vehicle and type of precast unit hauled.
- FIG. 25 Load combinations used during haulage to site within the limits of the Swedish Road Traffic Regulations.
- FIG. 26 Haulage routes inside three precasting works where units were produced in accordance with the room unit method, panel/room unit method and panel unit method.
- FIG. 27 Working cycle of driver during erection of panel units.
- FIG. 28 Haulage distance from the works to the site for the three building methods studied.
- FIG. 29 Breakdown of the total operational time of the tractors.
- FIG. 30 Studies of the partial times of the tractors, broken down into calculated time (black) and site time allowance (white).
- FIG. 31 More than 50% of the total operational time of the tractors was calculated time.

- FIG. 32 Work performed at precasting works by tractors, with respect to the work cycle and deviations in the form of disturbances.
- FIG. 33 Studies of disturbances to tractors at the precasting works working on the panel unit and panel/room unit methods.
- FIG. 34 Studies of disturbances to tractors on the site for the different building methods.
- FIG. 35 The number of semitrailers at different hours on a normal day at different points along the haulage sequence.
- FIG. 36 Utilisation of semitrailers as found during a special survey of conditions at the precasting works.
- FIG. 37 Breakdown for the 24 semitrailers studied of the number of loads hauled per day.
- FIG. 38 Positioning of semitrailers at two sites working according to the panel/room unit method.
- FIG. 39 Haulage distances, number of lorry assemblies and the number of journeys per day and vehicle, for three different projects.
- FIG. 40 Breakdown of the total operational time of the vehicle according to loading, haulage and unloading.
- FIG. 41 Handling equipment and degree of utilisation of the finished products stockyards.
- FIG. 42 Variations in stock level compared to the rate of production and erection.
- FIG. 43 Appearance of stock level when the rate of production is equal to the rate of erection.
- FIG. 44 Parts of the average storage period.
- FIG. 45 Setting time ( $T_b$ ) and float ( $T_g$ ) as the causes for the holding of production and buffer stocks.
- FIG. 46 Two situations where differences occur at certain times between the rate of erection and the rate of production.
- FIG. 47 Logical decision models for materials control.
- FIG. 48 Accumulation of investment during different stages of the building process.

- FIG. 49 Changes in invested capital due to changes in the rate of erection.
- FIG. 50 Delay in the time of occupation and the influence of this on the total rental income during the life of the building in two different situations.
- FIG. 51 Variations in stock level in three types of stockholding.
- FIG. 52 System in which unit loads are formed, for haulage up to erection of the units, at the time the formwork is struck.
- FIG. 53 Low-lift straddle truck.
- FIG. 54 Stabilised truck with fork-lift attachment.
- FIG. 55 Side loader with fork-lift attachment.
- FIG. 56 Yoke trailer with tractor.
- FIG. 57 Lorry-mounted side loader.
- FIG. 58 Tilting platform system.
- FIG. 59 Detachable platform system.
- FIG. 60 Legs on which the load unit can be deposited in the detachable platform method.
- FIG. 61 Positioning principles for tilting and detachable platforms when a straddle truck or yoke trailer is used.
- FIG. 62 Positioning principles for load units when handling takes place from the long side of the load.
- FIG. 63 Unit load system in which loads are formed at the stockyard and hauled from there to the erection site.
- FIG. 64 The information between the site and the precasting works is often transmitted through the driver.
- FIG. 65 Materials control function which partly controls work at the works and on the site.
- FIG. 66 Top figure: unit load formed at an early stage in the haulage sequence. Bottom figure: unit load formed at a late stage in the haulage sequence.



- FIG. 67 Layout of model precasting works.
- FIG. 68 Dimensions and weights of the calculated "mean" units.
- FIG. 69 Tractor and semitrailer with side lifting attachment.
- FIG. 70 Lorry and trailer with tilting platform equipment.
- FIG. 71 Lorry and trailer with detachable platform equipment.
- FIG. 72 Positioning of unit loads. Loading from the long side (left) and from the short side (right).
- FIG. 73 System cost for Alternative 1, side lifter and stabilised truck.
- FIG. 74 System cost for Alternative 2, side lifter and side loader.
- FIG. 75 System cost for Alternative 3, tilting platform and straddle truck.
- FIG. 76 System cost for Alternative 4, tilting platform and yoke trailer.
- FIG. 77 System cost for Alternative 5, detachable platform and straddle truck.
- FIG. 78 System cost for Alternative 6, detachable platform and yoke trailer.
- FIG. 79 System cost for Alternative 7, side lifter and overhead crane.
- FIG. 80 System cost for Alternative 8, tilting platform and overhead crane.
- FIG. 81 System cost for Alternative 9, detachable platform and overhead crane.
- FIG. 82 Comparison between the cheapest and most expensive alternative and two "intermediate" alternatives. (Cost per tonne in relation to haulage distance).
- FIG. 83 Comparison between the cheapest and most expensive alternative and two "intermediate" alternatives. (Cost in tonne kilometers in relation to the haulage distance).
- FIG. 84 Total annual system cost for all nine alternatives.

FIG. 85 Evaluation of external and internal equipment.

FIG. 86 Ideal and practical (room unit method) arrangement of the building materials terminal in the materials flow system.

**R51:1972**

Denna rapport hänför sig till anslag E 513 från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för transportteknik, CTH. Rapporten ingår i BFRs program för transportforskning som sammanhålls av BFRs transportnämnd.

Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm**  
**Grupp: produktion**

**Pris: 31 kronor**

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET