



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.

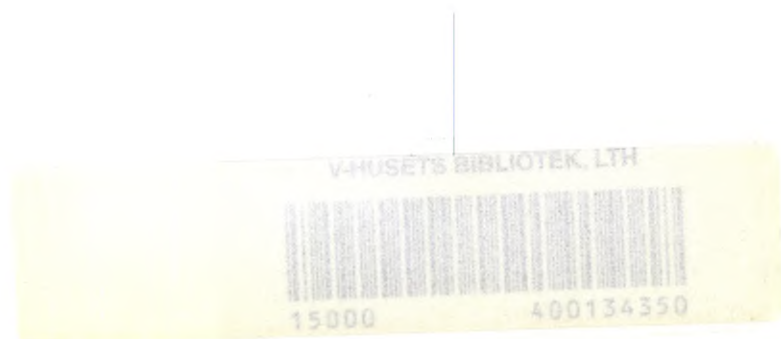


**Rapport**

**R 37:1973**

**Metod för planering av  
byggplatsens interna  
transporter**

**Bo P-A Bengtsson**



**Bygghforskningen**

# Metod för planering av byggplatsens interna transporter

Bo P-A Bengtsson

*Byggplatsens interna transporter utgör en icke försumbar del av den totala byggnadskostnaden. Därtill är transporternas planering mycket väsentlig eftersom brister i detta avseende kan medföra dyrbara störningar.*

*Byggnadsindustrin skiljer sig från andra industrigrenar genom sin icke-stationära karaktär. Förutsättningarna varierar från projekt till projekt vilket komplicerar transportproblemen.*

*I rapporten skisseras en metod att systematiskt planera byggplatsens interna transporter. Byggmateriell är från transportsynpunkt i väsentlig grad heterogena, varför det är svårt att välja ett optimalt transportsystem. Den skisserade metoden har därför byggts upp kring ett system för klassificering av byggmaterialens transportsvårighetsgrad.*

*Produktionsplanering, arbetsplatsens fysiska förutsättningar m.m. utgör transportplaneringsmetodens ingångsdata. För att göra metoden praktiskt tillämpbar måste ett antal detaljstudier utföras på olika byggplatser. En preliminär arbetsplatsstudie genomfördes för att verifiera metodens tillämpbarhet.*

Forskningsuppgiftens mål har varit att försöka ta tillvara erfarenheter och intentioner inom transportplaneringsområdet för att tillämpa och utveckla dessa på byggbranschens dynamiska problematik. I rapporten presenteras intressanta metoder som skisserats för den stationära industrins behov.

## Speciella villkor för byggtransporter

En mycket viktig del vid planering av de interna transporterna är valet av transportsystem och dess komponenter. Vid en ensartad produktion med fasta förutsättningar och ett fåtal ingående material eller materialgrupper bör det vara enkelt att välja transportsystem.

De material som används vid husbygge är från transportsynpunkt i väsentlig grad heterogena. Materialen varierar i densitet, volym, form, gripbarhet, skadebenägenhet och värde. En central fråga när man väljer utrustning för transport av så heterogena material blir därför vilka relationer som råder mellan materialens olika egenskaper och deras transportsvårighetsgrad. Med detta uttryck kan då förstås erforderliga resursinsatser för transport av de olika materialen.

Utöver olika materials egenskaper in-

verkar en mängd andra faktorer på valet av transportsystem, såsom arbetsplatsens fysiska förutsättningar, produktionsplaner, tillgång till arbetskraft och yttre faktorer såsom lagar och förordningar.

## Planeringsmetod för interna transporter

I rapporten skisseras en metod att planera byggplatsens interna transporter. Utgångspunkt har härvid varit att bygga upp metoden kring ett system för klassificering av byggmaterial med hänsyn till materialens olika transportsvårighetsgrad. Arbetsplatsens fysiska förutsättningar, produktionsplaner och i produktionen ingående material utgör metodens ingångsdata (se figur).

## Produktionstidplan

Planeringsnivån bör avgränsas till ett bestämt skede. I figuren anges en schematisk produktionstidplan för inrednings- och utrustningsskedet vid ett småhusbygge.

Vid genomförandet av en aktivitet i produktionstidplanen ingår som väsentlig produktionsresurs ett antal material. Materialtyp och mängd (3) förutsättes fixerade genom materialspecifikationen (2). Typ av bebyggelse samt vald produktionsmetod ger materialkonsumtionskurvan (4).

Konsumtionskurvan ligger till grund för upprättande av materialleveransplan (5), där i huvudsak följande information specificeras:

- leveranstidpunkter
- levererade mängder per gång
- godsensheternas utformning

## Transportsvårighetsgrad uttrycks med hanteringstal

I materialleveransplanen fixeras godsensheternas egenskaper med avseende på transportsvårighetsgrad. Respektive godsenshets hanteringstal (6) beräknas därefter enligt formeln

$$H = B (1 + k/m_v + m_f + m_g + m_s + m_{spec})$$

där

$B$  (basvärdet) är en funktion av vikten  $k$  är en konstant = 0,25

$m_v, m_f, m_g, m_s, m_{spec}$  är modifieringsfaktorer bundna till parametrarna volym, form, gripbarhet, skadebenägenhet och speciella faktorer.

Uppgifter om lämpliga transportvägar, upplagsplatser och lossningsplatser häm-

# Byggeforskningen Sammanfattningar

R37:1973

Nyckelord:

transporter (byggmaterial), byggplats, planeringsmetod

Rapport R37:1973 avser anslag E589 från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för transportteknik, LTH. Rapporten ingår i BFRs program för transportforskning som sammanhålls av BFRs transportnämnd.

UDK 69.057

656

SFB A

ISBN 91-540-2152-9

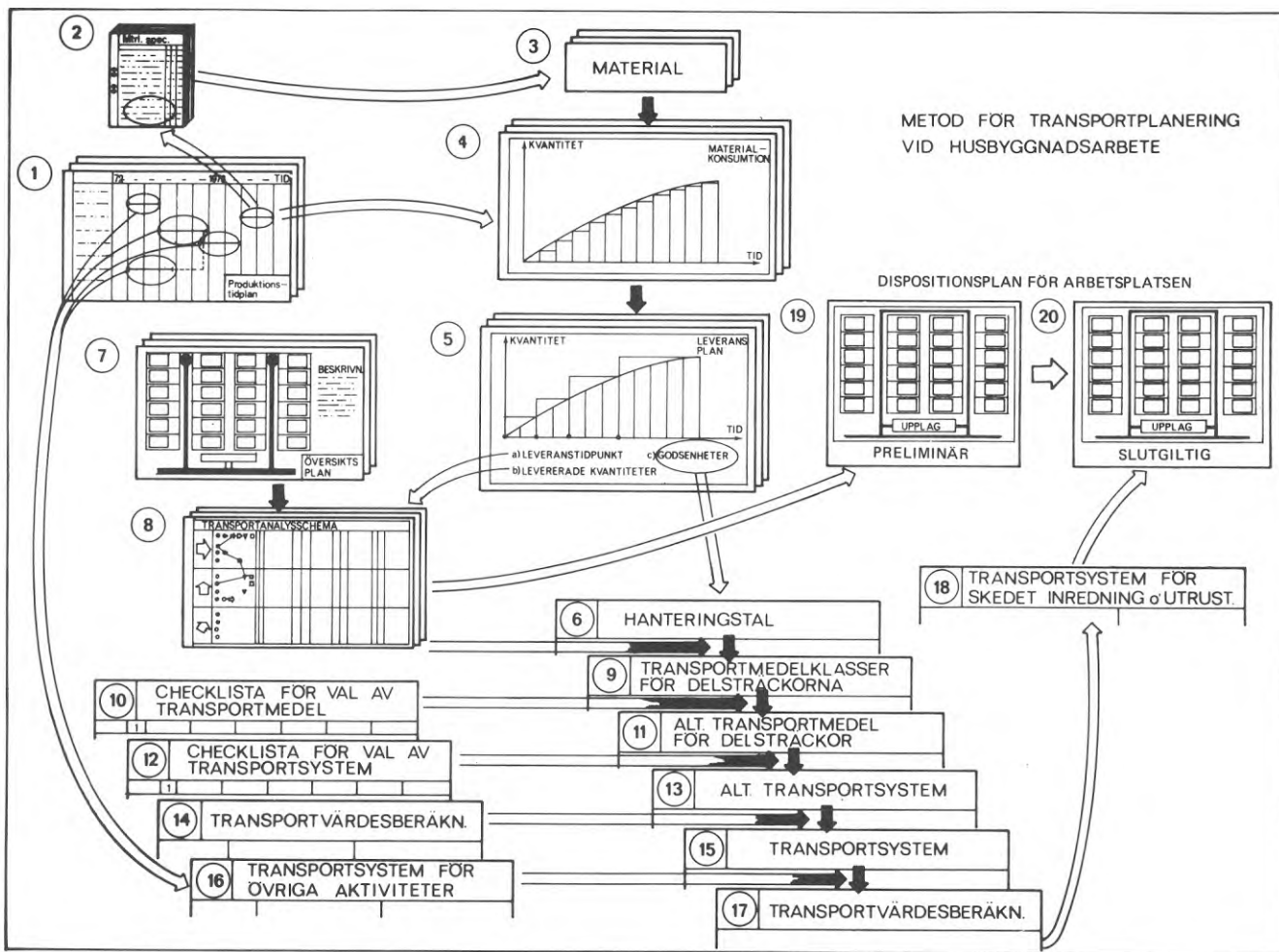
Sammanfattning av:

Bengtsson, B, P-A, 1973, *Metod för planering av byggplatsens interna transporter. Tillämpning på material för inredning och utrustning.* (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R37:1973, 93 s., ill. 20 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



tas från översiktsplaner (7) av olika typer. Dessa kan utgöras av situationsplaner över bygnadsområdet, modeller och skisser över speciella från transport-synpunkt komplicerade avsnitt.

### Transportanalys

I transportanalys-schemat (8) skisseras den följd av arbetsmoment, som materialet skall genomlöpa under sin väg fr.o.m. lossningen av externa transportfordon t.o.m. montering i byggnaden. Förflyttningens natur (horisontell, vertikal eller kombinerad horisontell och vertikal transport) anges även.

Förflyttningens natur ger tillsammans med hanteringstalet uppgift om vilka transportmedel som är tekniskt möjliga för en viss delsträcka (9).

Härefter bortsorteras transportmedel och transportsystem med mindre lämpliga data från teknisk, funktionell och ekonomisk synpunkt.

Som slutprodukt återstår ett transportsystem (15) för den i produktionstidsplanen studerade aktiviteten. Med motsvarande analys bestämmer man lämpliga transportsystem också för övriga aktiviteter (16). Det är dock möjligt att dessa senare transportsystem består av andra komponenter än dem som erhöles vid första analysen. Nästa steg blir således att eliminera transportmedel som är oekonomiska på grund av låg utnyttjandegrad och höga ställkostnader. Arbetsuppgifterna fördelas på kvarvarande transportmedel i systemet. Successivt beräknas på detta sätt det för inredningsskedet bästa transportsystemet. Detta system är ej nödvändigtvis optimalt på en högre planeringsnivå, där hänsyn måste tas till andra skeden i byggprocessen.

### Transportdisponerad arbetsplats

Redan när leveransplan för materialen

upprättas får man vissa synpunkter på arbetsplatsens disposition (19). Efter att ha valt transportsystem (18) kan man så modifiera dessa överväganden och en dispositionsplan baserad på transporttekniska synpunkter kan upprättas.

Ingångsdata till olika delar i metodarbetet kan modifieras. Man kan bl.a. variera godsensheternas utformning varigenom hanteringstalets storlek förändras. Man kan använda andra metoder för materialtransporterna. Detta inverkar på placering av upplag, förekomst av mellanlagring samt förflyttningens natur.

För att ge metoden praktisk tillämpbarhet måste ingående moment ytterligare preciseras. Vidare bör ett antal studier utföras på olika byggarbetsplatser för att ytterligare testa och kvantifiera i metoden ingående parametrar. En preliminär arbetsplatsstudie har genomförts och verifierat metodens tillämpbarhet.

# Method of planning internal transport on building sites

Bo P-A Bengtsson

*Internal transport on the building site constitutes a not inconsiderable proportion of the total building cost. In addition, planning of the internal transport system is very essential, since shortcomings in this respect may cause expensive interruptions.*

*Its non-stationary character distinguishes the building industry from other branches of industry. Conditions vary from project to project, which complicates the transport problem.*

*The report outlines a method of systematically planning the internal transport of the building site. From the transport point of view, building materials are to a large extent heterogeneous and it is therefore difficult to choose an optimum transport system. The method outlined in the report has therefore been based on a system of classifying building materials with regard to the handling characteristics of the material.*

*The input data of the transport planning method are production planning, the physical conditions of the site, etc. In order that the method may be applicable in practice, a number of detailed studies must be performed on different sites. The applicability of this method has been confirmed by a preliminary site study.*

The object of this research project has been to endeavour to utilize the field of transport planning in order to apply these to the dynamic problems of the building industry and to evolve them further. The report presents methods of interest which have been drawn up in outline for the needs of stationary industry.

## Special conditions pertaining to building transport

Choice of the transport system and its components plays a very important part in the planning of internal transport. When production is uniform, has fixed conditions and is made up only of a few materials or groups of materials, choice of the transport system should be easy.

The materials used in housing construction are to a large extent heterogeneous from the transport point of view. The materials vary as to density, volume, shape, grippability, value and susceptibility to damage. The relations between the different properties of the materials and their handling characteristics therefore assume great importance in the choice of transport equipment for materials of such heterogeneous properties. The expression handling characteristics is taken to be a measure of the resources which have to be em-

ployed in transporting the different materials.

Apart from the properties of the various materials, a great number of other factors exert an influence on the choice of the transport system. These are the physical conditions on the site, production plans, the availability of labour and also external factors such as laws and regulations.

## Planning method for the internal transport system

The report outlines a method of planning the internal transport system of the building site. The basis of the method is a system which classifies building materials with regard to the handling characteristics of the materials. The input data of the method are the physical conditions of the site, production plans and the materials used in the course of production (see figure).

## Production programme

The level of planning should be restricted to a definite stage. The figure shows a schematic production programme for the fitting and equipment stage during the construction of a single-family house.

A number of materials constitutes an important production resource in the performance of an activity in the production programme. It is presumed that type and quantity of material (3) have been fixed by means of the material specification (2). The type of building and the selected production method define the material consumption curve (4).

The consumption curve is the basis of the material delivery programme (5) in which the following information is chiefly specified:

- times of delivery
- quantities delivered at a time
- the make-up of the unit loads

## The handling characteristics are expressed in terms of the handling factor

The properties of the unit loads with regard to their handling characteristics are fixed in the material delivery programme. The handling factor (6) of a certain unit load is then calculated according to the formula

$$H = B(1 + k/m_v + m_f + m_g + m_s + m_{spec})$$

where

$B$  (the basic value) is a function of the weight,  $k$  is constant = 0.25, and  $m_v$ ,  $m_f$ ,  $m_g$ ,  $m_s$  and  $m_{spec}$  are modification factors relating to the parameters volume, shape, grippability, susceptibility to damage and special factors.

# National Swedish Building Research Summaries

R37:1973

Key words:

*transport system (building materials), building site, planning method*

Report R37:1973 refers to Grant E589 from the Swedish Council for Building Research to the Council's Transport Committee. The report is part of the Swedish Building Research Council's transport research programme which is co-ordinated by the Council's Transport Committee.

UDC 69.057  
565  
SFB A  
ISBN 91-540-2152-9

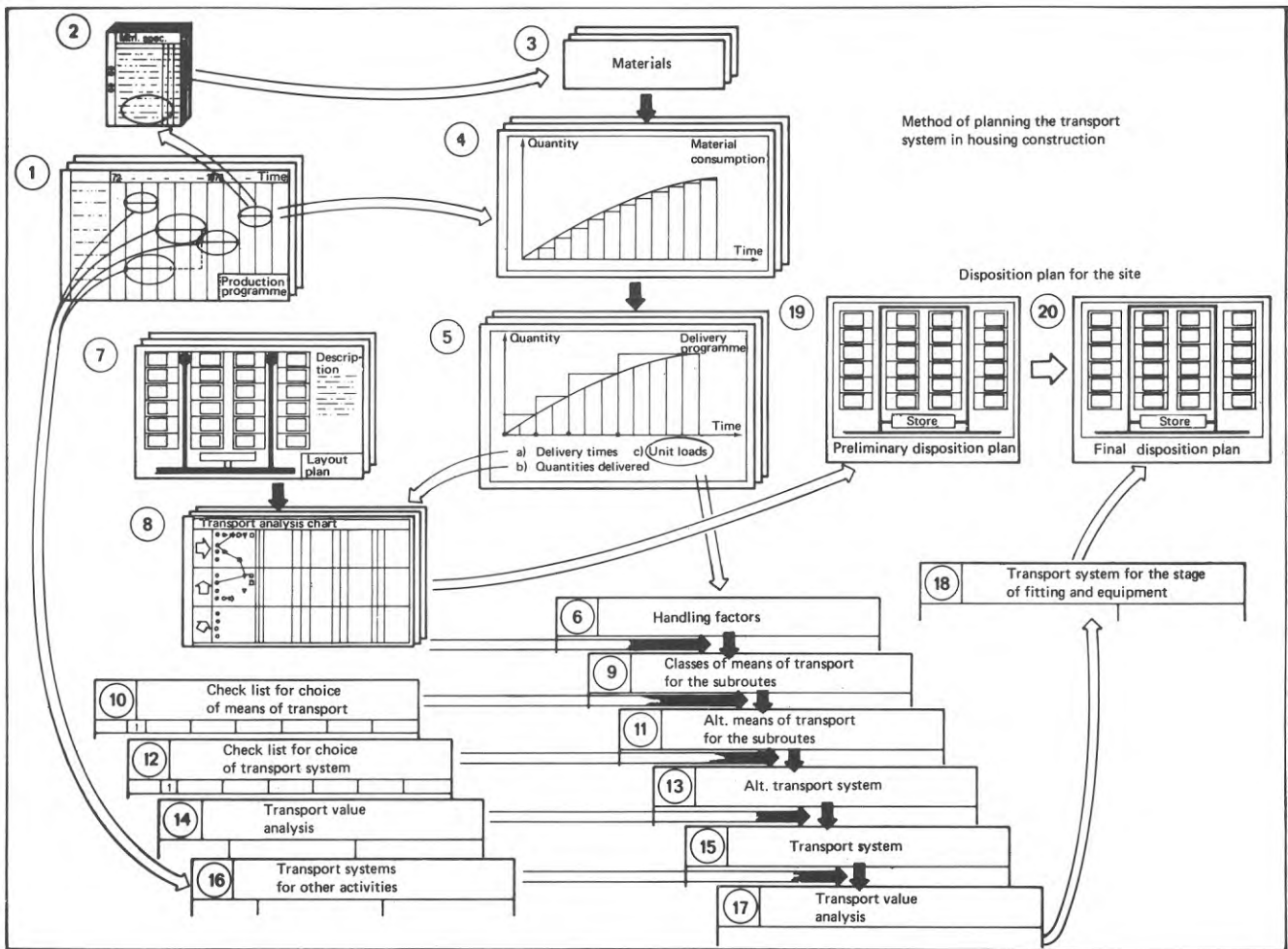
Summary of:

Bengtsson, B, P-A, 1973, *Metod för planering av byggplatsens interna transporter. Tillämpning på material för inredning och utrustning*. Method of planning internal transport on building sites. Application in respect of fittings and equipment. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R37:1973, 93 p., ill. 20 Sw. Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, S-111 84 Stockholm  
Sweden



Information concerning suitable transport tracks, storage spaces and unloading places is obtained from layout plans (7) of different types. These may be layout plans of the building area, or models and sketches of sections which are particularly complicated from the point of view of transport.

### Transport analysis

The transport analysis chart (8) lays down the sequence of work elements through which the material must pass on its journey from the time it is off-loaded from the external means of transport to the time it is placed in the building. The nature of the movement (horizontal, vertical or a combination of horizontal and vertical movement) is also specified.

Together with the handling factor, the nature of movement provides information regarding the means of transport which is technically feasible for a certain subroute (9).

After this, means of transport and transport systems which are not quite suitable from the technical, functional

and economic points of view are rejected.

As the final product, there remains one transport system (15) for the activity in the production programme which has been studied. Suitable transport systems are also determined for the other activities (16) by similar analyses. It is however possible that these latter transport systems will comprise components different from those obtained in the course of the first analysis, and the next step is therefore elimination of means of transport which are uneconomical because of their low degrees of utilization and high set-up costs. The various jobs are allocated to the remaining means of transport in the system. The transport system which is the best for the fittings stage is gradually arrived at in this way. This system is not necessarily optimal on a higher planning level which must consider other stages in the construction process.

### A site arranged in view of ease of transport

Already when the delivery schedule for

the materials is drawn up, some indications are obtained concerning the arrangement of the site (19). After the transport system (18) has been chosen, these considerations can be modified and a disposition plan based on transportation considerations can be drawn up.

The input data for various parts of the method can be modified. It is for instance possible to change the shape of the unit loads and thus alter the magnitude of the handling factor. Other methods can be used to transport materials. This influences the placing of storage spaces, the necessity of intermediate stores and the nature of the movements.

In order that the method may be made applicable in practice, the various components must be further defined. Furthermore, a number of studies must be performed on different sites in order to further test and quantify the parameters used in the method. A preliminary study, which has verified the applicability of this method, has been carried out.

METOD FÖR PLANERING AV BYGGPLATSENS

INTERNA TRANSPORTER

Tillämpning på inredning och utrustning

METHOD FOR PLANNING INTERNAL TRANSPORT

ON BUILDING SITES

Application in respect of fittings

and equipment

av Bo P-A Bengtsson

Denna rapport hänför sig till anslag E 589 från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för transportteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Rapporten ingår i BFRs program för transportforskning som sammanhålls av BFRs transportnämnd. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm  
ISBN 91-540-2152-9

Rotobekman AB, Stockholm 1973



## INNEHÅLL

1	INLEDNING .....	5
1.1	FOU-arbeten inom transportområdet .....	5
1.2	Forskningsuppgiftens syfte och målsättning .	5
1.3	Materialadministrationsproblem .....	9
1.4	Materialflödeskedjan .....	12
1.5	Avgränsningar av forskningsuppgiften .....	17
2	TRANSPORTPLANERINGSMETODER INOM STATIONÄRA INDUSTRIEN .....	18
2.1	Metod tillämpad vid LTH .....	18
2.2	Litteraturoversikt .....	19
2.3	R. Muthers erfarenheter och intentioner för transportplanering .....	26
2.3.01	Allmänt .....	26
2.3.02	SHA:s skedesindelning .....	26
2.3.03	Nyckelelement .....	28
2.3.04	Materialklassificering .....	30
2.3.05	Layout .....	30
2.3.06	Flödesanalys .....	31
2.3.07	Kunskap om och förståelse för material- hantering .....	33
2.3.08	Materialhanteringsutrustning .....	38
2.3.09	Förberedande förslag .....	40
2.3.10	Modifieringar och praktiska begränsningar ..	40
2.3.11	Beräkning av utrustnings- och arbetskrafts- behov .....	41
2.3.12	Utvärdering av alternativa planer .....	41
2.4	Transporterbarhet .....	43
3	TILLÄMPNING OCH UTVECKLING AV MAG-TALET ....	47
3.1	Mag-tal för några byggmaterial .....	47
3.2	Hanteringstalet (H) .....	49
3.3	Beräkning av hanteringstalet .....	53
3.4	Hanteringstalets utvecklingsmöjligheter ....	55
4	FÄLTSTUDIER .....	59
4.1	Allmänt om studiens uppläggning och genom- förande .....	59
4.2	Studerade materiel och arbetsplatser .....	61
4.3	Modifieringar av relationstal .....	62
4.4	Allmän slutsats .....	65
4.5	Kommentarer till fältstudieresultatena .....	66
5	UNDERLAG FÖR TRANSPORTPLANERING .....	68
5.1	Modell, plan- och sektionsritningar .....	69
5.2	Flödesdiagram .....	69
5.3	Transportanalysschema .....	71
5.4	Symboler .....	71
5.5	Sambandsdiagram .....	71
5.6	Data för val av transportmedel .....	71
5.7	Transportvärde .....	77
6	TRANSPORTPLANERINGSMETOD .....	81

## REFERENSER

CAPTIONS (ENGELSKA FIGURTEXTER)

## FÖRORD

Institutionen för transportteknik vid Lunds Tekniska Högskola i Lund erhöll i slutet av 1969 anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning för att bedriva ett forskningsarbete rubricerat: "Metod för transportplanering vid husbyggnadsarbete. Material för inredning och utrustning". Huvudansvarig för undersökningen har varit professor Sigfrid Bjerninger vid Institutionen för transportteknik, LTH.

Ett projektråd bestående av professor Sigfrid Bjerninger, professor Lars-Erik Nevander, Institutionen för byggnadsteknik I, LTH, och professor Lars Östlund, Institutionen för byggnadsteknik II, LTH har bidragit med synpunkter på arbetets inriktning.

Undertecknad har genomfört forskningsuppgiften och sammanställt rapporten. Civiling. Nils-Ove Grönqvist ABV-Vägförbättringar, Lund, har aktivt deltagit i forskningsuppgiftens uppläggning. Civiling. Willhelm Osterman, AB Huse & Co, Karlstad, har utarbetat de grundläggande ideerna i kapitel 3 om hanteringstalet. Civiling. Björn Widell, Institutionen för transportteknik, LTH, har utfört fältstudierna enligt kapitel 4.

Vid Institutionen har parallellt med föreliggande forskningsuppgift bedrivits ett arbete rubricerat: "Samband mellan byggelements transporterbarhet och transportmedels egenskaper och ekonomi". Forskare för denna uppgift har varit Civiling. Anders Sörås, Institutionen för transportteknik, LTH, som tillsammans med undertecknad fört diskussioner rörande problem i samband med forskningsuppgifterna.

För många stimulerande och uppslagsgivande samtal samt värdefulla råd framföres härmed ett varmt tack till ovan nämnda personer.

Lund den 30 oktober 1972

Bo P-A Bengtsson

## 1 INLEDNING

### 1.1 FOU-arbeten inom transportområdet

Forsknings- och utvecklingsarbete rörande problem förknippade med planering och produktion av husbyggnader har under längre tid bedrivits av olika institutioner. Man har då främst behandlat produktionstekniska problem, medan däremot problem förknippade med materialtransporter till, på och från arbetsplatserna, utrustning för hantering av materialen samt speciella åtgärder vid planering av arbetsplatsens disposition med hänsyn till materialtransporterna ej behandlats tillräckligt utförligt.

År 1967 publicerade Statens Råd för Byggnadsforskning en programskrift rörande transportproblematiken inom byggområdet. Detta verk (Transport av byggmaterial - problem och forskningsbehov) kom till stånd genom att BFR beslöt att under en period satsa medel för en målmedveten forsknings- och utvecklingsverksamhet avseende transport av byggmaterial inom husbyggnadssektorn. För att initiera och leda forskning och utvecklingsarbete och att förbereda BFR:s beslut om forskningsanslag till företag, institutioner och enskilda forskare bildades våren 1968 BFR:s transportnämnd. Nämnden fick vidare som uppgift att bedriva forskning och utvecklingsarbete i egen regi, samt att sprida information om pågående arbete och uppnådda resultat. Transportnämnden har gjort en indelning av byggtransportforskningsområdet varvid två indelningsgrunder använts, dels materialslag, dels några olika aspekter på transportverksamheten och dennas samband med byggnade och materialtillverkning, se FIG. 1.

I figuren har man försökt framhäva de aspekter som bedömts vara speciellt betydelsefulla för olika intressegrupper.

Institutionen för Transportteknik vid Tekniska Högskolan i Lund erhöll i slutet av 1969 anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning för att bedriva forskningsarbetet "Metod för transportplanering vid husbyggnadsarbete. Material för inredning och utrustning".

### 1.2 Forskningsuppgiftens syfte och målsättning

Syftet med forskningsuppgiften avsågs enligt ansökan till BFR vara:

att göra en allsidig undersökning av möjligheterna att få fram en transportplaneringsmetod avpassad för byggnadsindustrins speciella förutsättningar.

att ta tillvara erfarenheter och intentioner, som redovisats av den internationellt erkända experten på industriplanläggning och transportplanering Mr. Richard Muther, USA, och att försöka tillämpa dessa på byggnadsbranchens dynamiska problematik.

		Schaktmass. o. dyl.	Stora element	Övriga stommatr.	Matr. för stomkompl.	Inst. - material	Matr. för inr. och utr.
Problem vid tillverkning	Tillverning						
	Uthantering						
Problem vid lagring							
Problem vid transport	Lastning						
	Under körning						
	Lossning						
Problem på byggplats	Mottagn. inlant.						
	Inbyggnad						
Lokalis.av tillverk. och lagr.							
Varuskydd.skador							
Lev. - sammansättn., lev.-stör.							
Transportplanering							
Byggprod.- planering							

#### FORSKNINGSINTRESSENER



Mtrl.tillverkare



Transportörer



Handlare



Byggare

Fig. 1. Forskningsområdet byggtransporter

Källa: Program-skrift nr. 5, Byggforskningen

Undersökningens målsättning var att framarbete en beslutsmodell som avsågs innefatta bestämda regler för identifiering och värdering av olika faktorer, samband och alternativ som påverkar transportplaneringsprojektet samt ett systematiskt förfarings-sätt som leder projektet från utgångspunkten till en optimal, slutlig lösning.

Undersökningens målsättning var med hänsyn till den avsedda arbetsomfattningen synnerligen ambitiöst formulerad. Det visade sig dessutom under arbetets gång att forskningsuppgiften var mer komplex än man väntat sig.

De hittills från BFR:s transportnämnd presenterade forskningsresultaten har till största del behandlat problem rörande interna och externa transporter av specifika material. Få uppgifter har hittills berört eller angivit systematik för planering av transporter till byggarbetsplatsen.

Transportplaneringen för ett husbyggnadsarbete måste vara integrerad i övrig erforderlig planering. Detta medför krav på att planeringsarbetet måste bedrivas i olika steg, eftersom man svårigen kan bedriva planeringsarbetet för alla delar parallellt. Det är nödvändigt att finna en planeringssystematik som på ett lämpligt sätt ger det för ett speciellt planeringsobjekt bästa resultatet.

Man är med andra ord betjänt av en planeringssystematik som med en optimal insats av resurser för planering av relevanta problem medverkar till ett optimalt resultat med avseende på den slutliga produktens kostnad och kvalitet. I en sådan systematik bör det vara lämpligt att ägna större intresse åt transportplaneringen än vad som hittills varit vanligt. Det gäller härvid att ha tillgång till en metod som är behjälplig vid identifikation och värdering av för problemets lösande väsentliga faktorer. Vilka faktorer som är av intresse för planeringen varierar på grund av byggbranchens speciella förutsättningar, relativt mer än faktorer relevanta för stationära industrin. Väsentligaste skillnaden ligger däri att den stationära industrins produkter är mer enhetliga och produktionen försiggår under väsentligt mycket längre tid på ett och samma ställe än vad som är fallet för byggnadsindustrin där produktionsstället flyttas mellan olika orter efter hand som produkten - byggnaden färdigställs. Detta förhållande innebär ofta att problemen vid produktion av en likvärdig produkt vid olika orter kan beroende på yttre faktorer ställa sig helt olika. Exempel härpå är avstånd till leverantörer av material och maskiner samt tillgång till arbetskraft.

Man kan också särskilja olika typer av industrier med avseende på den grundläggande förflyttningssystematiken av material, personal och maskinell utrustning som redovisas av Bolz och Hagemann, 1958. För att tillverka en produkt måste de tre faktorerna material, personal och maskinell utrustning föras samman innan själva tillverkningsoperationerna kan påbörjas. I vissa industrier är endast en av dessa faktorer rörlig och måste därför föras till de två andra vilka är relativt låsta med avseende på lokalisering. I andra industrier är två av faktorerna rörliga. I vissa fall är alla tre faktorerna rörliga och måste alla föras till den plats där produkten skall framställas. Dessa varierande förhållanden illustreras i FIG. 2.

Förflyttning av material, personal och maskiner inom industrin			
Typ av förflyttning	Faktor som förflyttas	Förflyttningens destination	Representativa industrier
A. Förflyttning av en faktor			
1.	Material	Personal Maskiner	Metallindustri Träindustri
2.	Personal	Material Maskiner	Gasverk Vattenverk
3.	Maskiner	Material Personal	Järnväg Sjöfart
B. Förflyttning av två faktorer			
4.	Personal Maskiner	Material	Gruvindustri Fiske
5.	Material Maskiner	Personal	Klädestillverkning för ind. i bostaden Monteringsband
6.	Material Personal	Maskiner	Destillerier Raffinaderier
C. Förflyttning av tre faktorer			
7.	Material Personal Maskiner	Produkt	Byggnadsind. Skeppsbyggnadsind. Jordbruk

Fig. 2. Olika typer av förflyttningar inom industrin.

Källa: Materials Handling Handbook.

Av de sju grundtyper av förflyttningar i industrin, enligt FIG. 2, är den första - förflyttning av material till personal och maskinell utrustning - den som är mest vanlig och inrymmer det största materialhanteringsarbetet. Byggnadsindustrin karakteriseras av att alla tre faktorerna måste förflyttas till produktionsstället liksom även är fallet för skeppsbyggnadsindustrin.

### 1.3 Materialadministrationsproblem

För att produktionen av ett husbyggnadsarbete skall flyta så friktionsfritt som möjligt fordras att vissa åtgärder vidtages för att styra produktionen. Enligt Byggförbundets publikation, Planering och beredning, 1971, eftersträvar man genom produktionsstyrningen att få rätt sak på rätt plats i rätt tid och till rätt kostnad. Härvid avses en samordning och styrning av resurser av skilda slag:

Material  
Maskiner  
Utrustning  
Verktyg  
Transportmedel  
Människor

Materialiet är den resurs som hanteras, förflyttas och bearbetas av de övriga för att ingå som komponent i den färdiga produkten. Som styrhjälpmedel upprättas planer över resursernas utnyttjande. Dessa planer utgöres i huvudsak av:

Huvudtidplan  
Arbetsplan  
Maskinplan  
Materialplan  
APD-plan  
Organisationsplan

Huvudtidplanen är en översiktlig tidplan för hela objektet från etablering på arbetsplatsen till inflyttning i den färdiga produkten. Huvudtidplanen är vanligen uppdelad i olika byggskedena t ex:

Grundarbeten  
Stomme  
Stomkomplettering  
Inredning  
Utrustning  
Avslutningsarbeten

Arbetsplanen är en tidplan för aktiviteterna i skeden och/eller under avgränsade perioder av byggnadstiden. Arbetskraftsåtgången fördelad på olika yrkeskategorier anges vanligtvis i ett särskilt diagram på arbetsplanen benämnt arbetskraftsplan.

Maskinplanen är en plan som visar vilka maskiner och vilken utrustning som skall användas. Planen redovisar även kostnader och under vilken tid maskinerna skall användas på bygget.

Materialplanen är en plan för material och varor med tidpunkt för förfrågan, avrop samt leveranser.

APD-planen (Arbetsplatsdispositionsplanen) är en skalenlig plan över arbetsplatsens disposition med förråd, bodar, kranar, upp-lagsplatser o s v.

Organisationsplanen är en plan över organisationsmönstret för ett bygge med angivande av den ledande personalens arbetsupp-gifter och ansvarsområden.

Planerna utgör det direkta arbetsprogrammet vilket avser styra resursanvändandet så att produktionen skall kunna bedrivas på bästa sätt genom ett optimalt utnyttjande av tillgängliga resurser samtidigt som andra krav, miljömässiga och liknande tillfred-ställs.

Av en mängd olika anledningar uppkommer under produktionen stör-ningar vilka medför att ändringar i det ursprungliga arbetspro-grammet måste vidtagas. Byggforskningens rapport 1969:36 ger en bild av vad byggarbetsledare ansåg vara störningsorsaker och störningarnas konsekvenser.

Arbetsledarna angav att en tredjedel av produktionsstörningarna beror på människor på bygget. En fjärdedel av störningarna hän-fördes till bristfällig information antingen den var muntlig eller skriftlig. Lika stor del satte man i samband med materia-let. Maskinparken gav däremot upphov till relativt få störningar.

Arbetsledarna gjorde en rangordning av var huvudorsaken till störningarna stod att söka:

1. Arkitekter och andra konsulter.
2. Underentreprenörer och materialleverantörer.
3. Egen personal.
4. Väderstörningar.
5. Arbetsplatsförhållandena och organisationen på arbetsplatsen.
6. Beställare.

Utrustning och maskiner kommer först på nionde plats och andra avdelningar inom företaget inte förrän på tionde plats. Själva hade arbetsledarna placerat sig på elfte plats och sist, på trettonde plats, fackföreningen.

Mellan en tredjedel och hälften av störningarna ansågs av arbets-ledarna förorsaka extra kostnader medan en fjärdedel ansågs or-saka försening av bygget. Det visade sig också att i två tredje-delar av fallen kom störningarna helt oväntat medan man i resten av fallen hade vissa förningar om vad som skulle hända.

Byggbranchens industrialisering har bl a inneburit en större del monteringsbyggande med prefabricerade materielenheter. Detta har bl a resulterat i en högre produktivitet, som inneburit snabbare omsättning av material och kortare byggtider. En följd härav är att administrationen av materialflödet till byggplatsen fått en allt väsentligare betydelse för ett effektivt utnyttjande av pro-duktionsresurserna.



Byggets krav på tidstyrning av leveranserna accentueras samtidigt som man inte är benägen att ta emot för stora materialmängder per leverans. Detta strider mot byggmaterialleverantörens önskemål om att utnyttja stordriftens fördelar genom centralisering av verksamheten. Från transportekonomisk synpunkt innebär centraliseringen ökade transportkostnader. Dessa kan begränsas genom att effektivt utnyttja större transportfordonsenheter.

Genom ett systematiskt planerings- och beredningsarbete där även hänsyn tas till möjliga störningstendenser samt i viss mån förebyggande åtgärder planeras, bör det vara möjligt att allt bättre kunna följa uppgjorda planer. Detta medför i sin tur att byggaren kommer att ställa allt högre krav på leveransernas tidsprecision.

Det bör från byggarens synpunkt vara ett primärt krav att avtalade leveranser anländer till byggarbetsplatsen med god tidsprecision. Härutöver är det emellertid också önskvärt att en viss flexibilitet är möjlig.

Byggarens krav på tidsstyrning inskränker sig således inte endast till att materialen skall levereras på långt i förhand fixerade tidpunkter utan omfattar även en viss flexibilitet i dessa tidpunkter. Önskemål om flexibilitet i leveranstidpunkterna orsakas av att produktionen sällan helt följer den idealiserade bild som uppgjorda tidplaner framställer. Vissa ändringar i planerna uppkommer nästan alltid beroende på faktorer vilka man rimligen ej kan påverka. Exempel härpå är klimatfaktorn, försenade handlingar samt andra typer av störningar vilka kan påverka produktionen såväl positivt som negativt. Man kan exempelvis i planerna varit väl pessimistisk vid bedömning av störningar m a p väder och vind, varvid det kan inträffa att produktionen ligger före uppgjorda planer. Detta medför att även viss flexibilitet i leveranstidpunkterna är önskvärd för att möjliggöra en kontinuerlig produktion. Flexibilitetskravet kan naturligtvis vara mer eller mindre accentuerat beroende på byggplatsens materialhanteringsutrustning samt på arbetsplatsen tillgängligt utrymme för lagring av material. I de fall dessa möjligheter är goda bör en, relativt det aktuella produktionsläget, för tidig leverans inte förhindra kontinuiteten i produktionen, såvida inte krav ställs på omedelbar lossning med hjälp av resurser som används för i produktionen tidsstyrande arbeten. När å andra sidan viss aktivitet har förlöpt snabbare än vad som planerats är det önskvärt att kunna tidigarelägga leverans av material att användas till nästföljande aktivitet. Detta gäller i första hand leveranser av material till arbeten som är styrande. Är det inte möjligt att tidigarelägga leveransen innebär det att den i tidigare aktiviteten intjänade tiden till viss del går förlorad. Arbetskraften får då ägna sig åt underhållsarbeten eller åt icke styrande arbeten. Exempel på aktivitetskedja med styrande arbeten där flexibilitet är önskvärd är övergången mellan stombyggnadsskedet och stomkompletteringsskedet, och mellan stomkompletteringsskedet och inredningsskedet. Leveranstiden för inredningsmaterial brukar i allmänhet uppgå till ca 60 dagar. I de fall stomkompletteringsarbetet har klarats av snabbare än vad planerna anger uppträder viss väntan på att arbetet med inredningen kan komma igång. Det är då naturligt att ställa önskemål om en tidigareläggning av inredningsmaterialen för att på så vis kunna upprätthålla en kontinuerlig produktion.

Byggmaterialleverantören prissätter sina varor i princip så att han tar ut ett grundpris för traditionell beställning och för varje tillkommande krav från byggaren härutöver m a p leveransprecision och leveranssammansättning görs ett prispåslag.

Det gäller då att undersöka i vilken mån denna extra kostnadsökning för materialen kan inbesparas eller helst resultera i vinst på byggarbetsplatsen. Härvid får en kalkyl upprättas där hänsyn tas till inbesparade kostnader.

Enligt nuvarande vanligen förekommande inköpsförfaranden har entreprenörerna en speciell inköpsfunktion - vanligtvis en stabsfunktion som betjänar materialinköp till flera arbetsplatser. Inköparen är givetvis intresserad av att kunna erhålla så låga priser som möjligt vid varje inköpstillfälle. Detta kan i många fall leda till en suboptimering i de fall hänsyn inte tas till leveransservice som i många fall för byggarbetsplatsen kan vara mycket värdefull. Med leveransservice förstås för leverantören fördyrande krav på leveranserna i form av tidsprecision, paketering, märkning, mängd per leverans, förpackning etc.

#### 1.4 Materialflödeskedjan

Holm, 1960, använder en teori för hur stora leveranser och hur stora lager som är lämpliga med hänsyn till kostnader för funktionerna kontakt (inköp-försäljning), transport och hantering. Kostnaderna per enhet sjunker när den "per gång" inköpta, transporterade, hanterade etc kvantiteten ökar. Konsumtionen per tidsenhet av en vara är emellertid given varför den "per gång" levererade kvantiteten icke kan ökas utöver en viss mängd utan att den måste lagras på konsumtionsstället. Lagringskostnaderna per enhet ökar när lagringstiden och den lagrade kvantiteten ökar. FIG. 3 redovisar ett teoretiskt exempel på hur olika kostnader per enhet kan tänkas variera med distribuerad kvantitet.

Hur de totala distributionskostnaderna förändras blir beroende av kostnadskurvornas utseende för de olika funktionerna. FIG. 4 ger exempel på hur kostnaderna kan variera. För en viss levererad kvantitet erhålles således med hänsyn till funktionerna ovan en optimal kostnad. Holm har i resonemanget förutsatt att konsumtionens storlek och periodicitet alltid är given för en viss byggarbetsplats. Konsumtionens storlek ges av materialspecifikationen och periodiciteten bestäms genom avtal mellan leverantör och byggets inköpare och/eller platschef. För att möjliggöra ett effektivt materialflöde är det viktigt att precisera byggplatsens behov ytterligare. Detta kan göras genom att framställa en konsumtionskurva för varje typ av material. Konsumtionskurvan bör knytas till respektive aktivitet i produktionstidplanen. En sådan kurva får det principiella utseende som visas i FIG. 5. Konsumtionskurvan illustrerar således byggplatsens konsumtion av visst material vid ett idealiserat förhållande med en helt ostörd produktion. För att trygga byggplatsens materialkonsumtion fordras att materialleveranserna ankommer i sådana mängder att ackumulerade antalet enheter är större än vad den ackumulerade konsumtionskurvan enligt FIG. 6 anger vid samma tidpunkt. Ett kontinuerligt materialflöde till byggarbetsplatsen ställer sig från leverantörens synpunkt ogynnsam om inte fulla lass kan levereras samtidigt eller om samlastning av olika material till samma byggplats och/

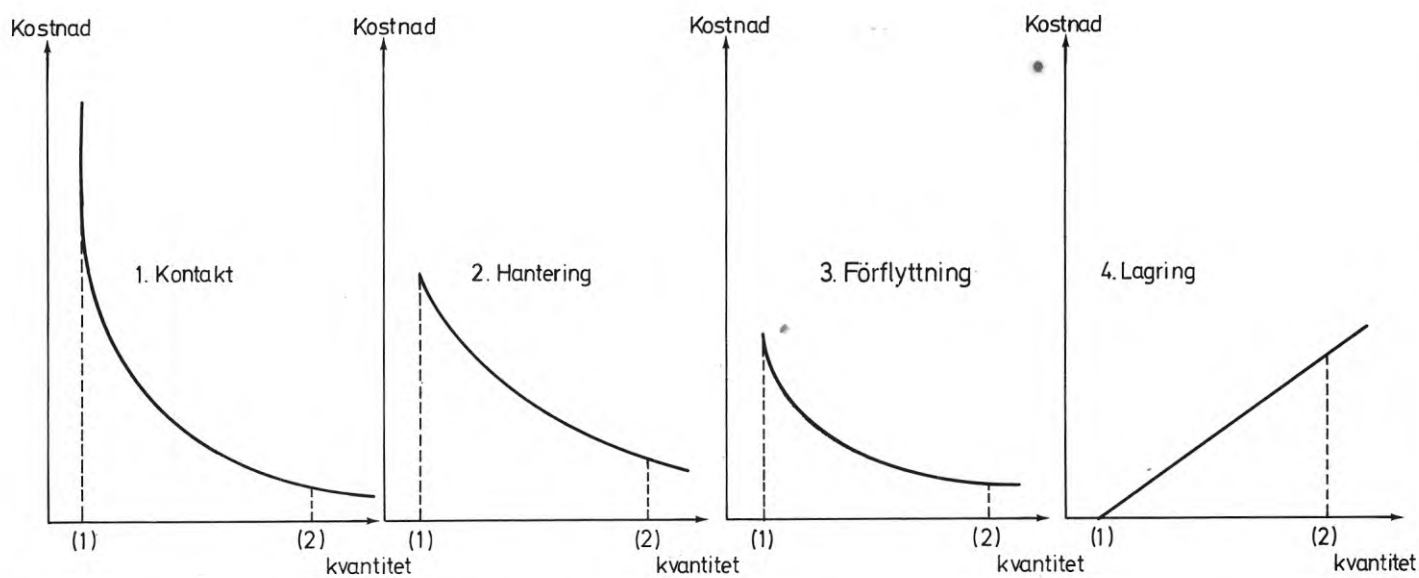


Fig. 3. Funktionerna kontakt, hantering, förflyttning, och lagring.

Kostnader per enhet för olika kvantiteter.

Källa: Holm P. Statens nämnd för Byggnadsforskning rapport 65.

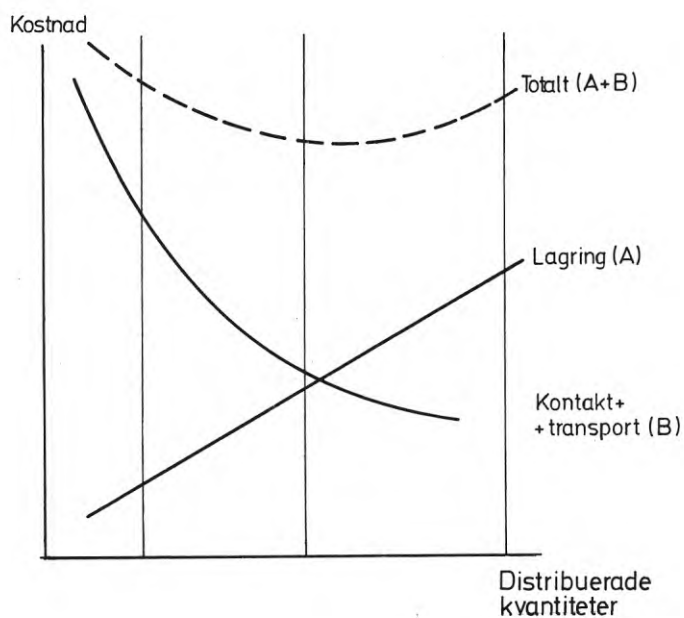


Fig. 4. Kostnader per enhet för olika funktioner när den distribuerade kvantiteten varierar.

Källa: Holm P. Statens nämnd för Byggnadsforskning rapport 65.

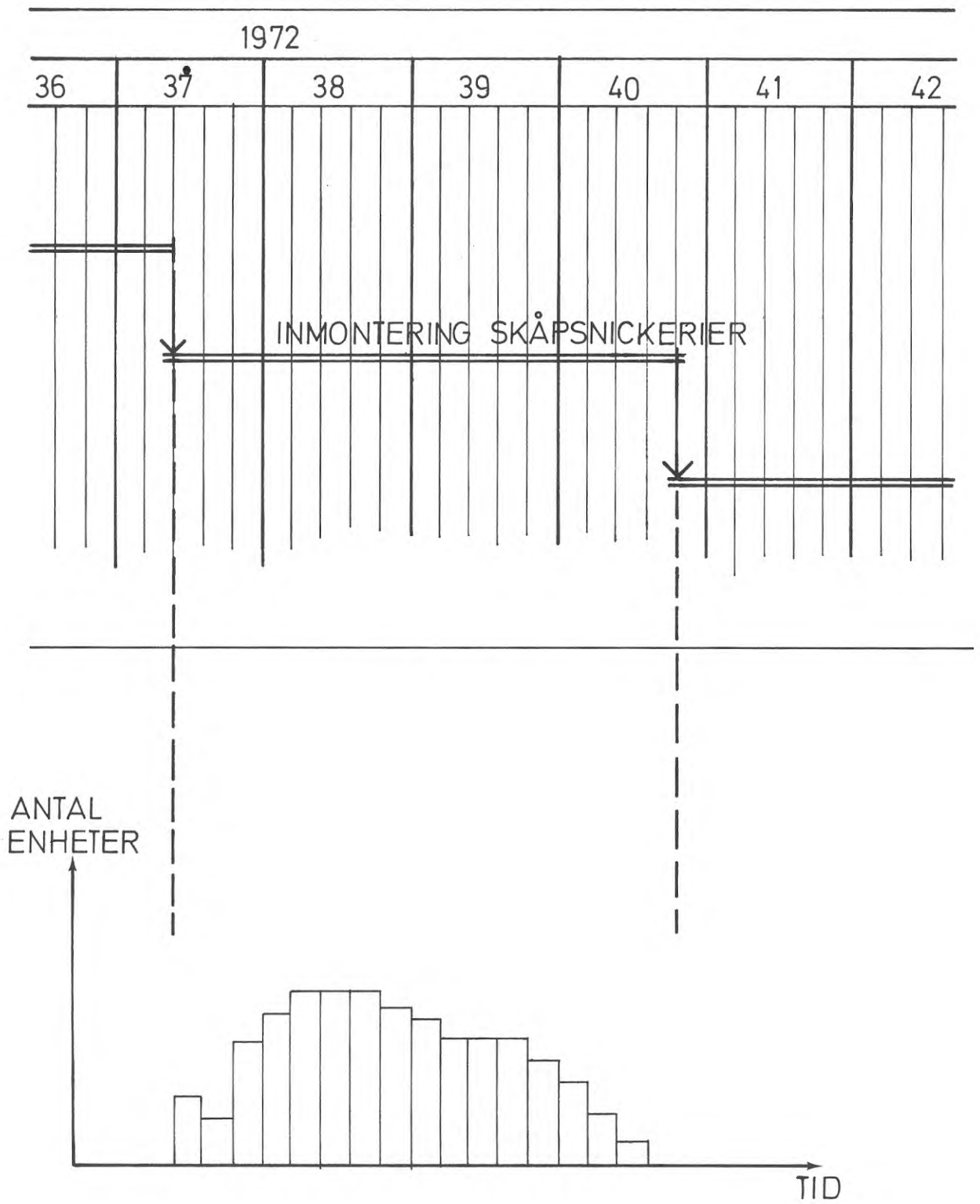


Fig. 5. Konsumtion avseende materialslaget skåpsnickerier.

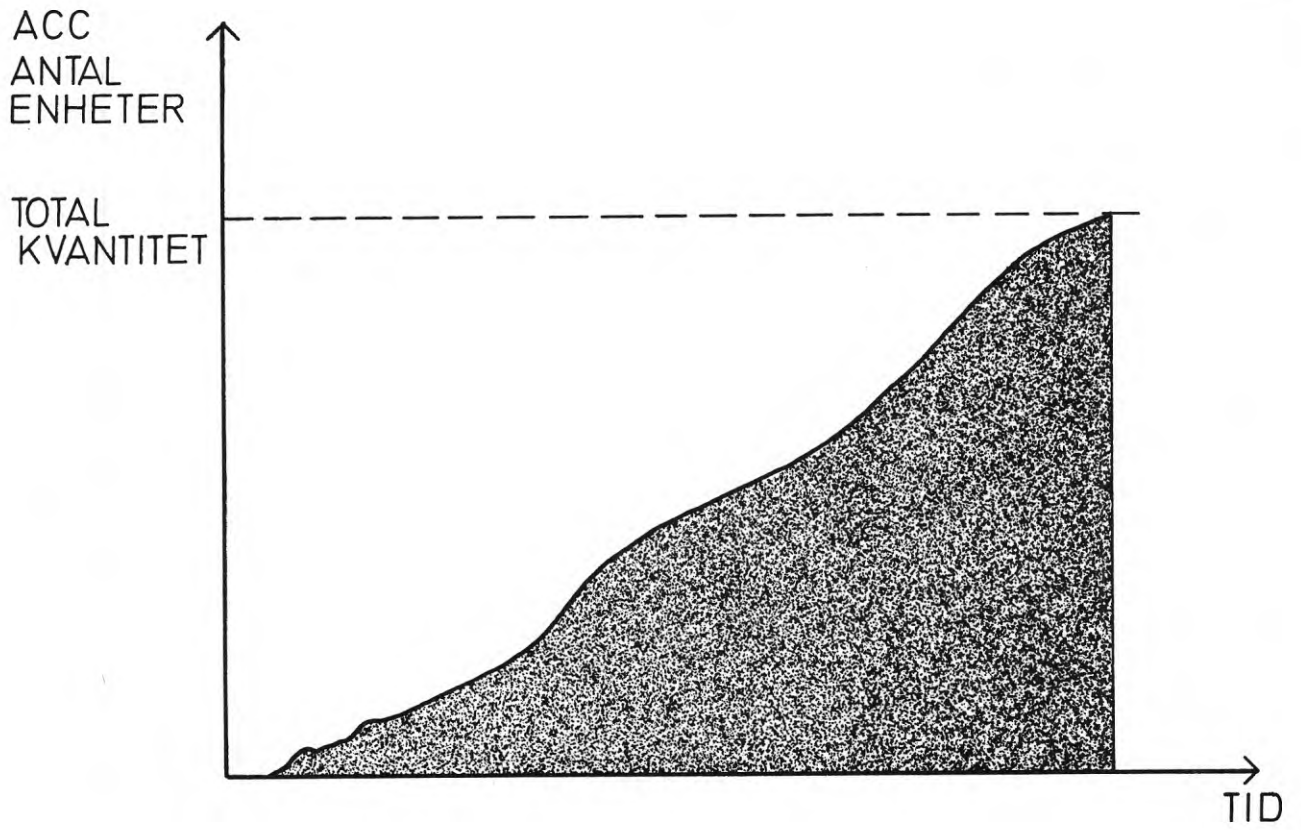


Fig. 6. Konsumtionskurva avseende skåpsnickerier - princip.

eller andra byggplatser kan utföras. Undantag är härvid material av färskvarutyp där någon egentlig lagring av material inte är möjlig, t ex färsk betong. Leveranskurvan för betong kommer att sammanfalla med den ackumulerade konsumtionskurvan. Vid bestämning av leveranskvantitet uppkommer ett antal, från byggare respektive leverantörer motstridande krav på levererad kvantitet.

Exempel på Byggarens krav:

Leveranskvantitet får inte vara så stor att lagring på byggarbetsplatsen behöver tillgripas.

Levererad kvantitet måste anlända i lagom tid före dess konsumtionstidpunkt.

Exempel på Leverantörens krav:

Fulla lass på varje leveransfordon.

Fördelaktigt att kunna utnyttja stora transportfordon med stor lastkapacitet.

En minimering av kostnaderna för leverans med hänsyn till ovanstående krav måste göras från fall till fall så att lämpliga leveranskvantiteter kan erhållas. Härvid bör möjligheter till samlastning med andra materialslag beaktas. Är samlastning möjlig så kan samtidigt både leverantörens och byggarens krav tillfredsställas. Det torde vidare föreligga ett antal alternativa möjligheter till leveranstidpunkt i de fall där man ämnar lagra material på byggarbetsplatsen.

I BFR-rapporten, Samordning, transport-byggprocess, använder man begreppet intransportens tidsutrymme förkortat IT som hjälpmedel för att kunna styra materialet så att det kan transporteras in i samband med lossningen. Hänsyn tas till att inte störa andra aktiviteter. Intransportens tidsutrymme (IT) utgör ett tidsintervall som begränsas av två tidpunkter enligt nedanstående.

- Den senaste tidpunkten då materialet måste finnas på plats, vanligen tidpunkten för påbörjandet av arbetsoperationen vid vilken materialet skall användas.
- Den tidigaste tidpunkt som materialet kan finnas på plats. Den tidpunkten bestäms av andra aktiviteter, som skulle t ex hindras av materialets lagring eller utgöra en säkerhetsrisk för det.

I rapporten ges exempel på hur IT kan läggas in i produktions-tidplanen.

En precisering av konsumtionens storlek samt angivande av lämpliga tidpunkter för mottagning av material med hjälp av metoderna ovan bör kunna medföra möjligheter till rationaliseringar av materialflödet till byggarbetsplatsen.

### 1.5 Avgränsningar av forskningsuppgiften

Avsikten med föreliggande forskningsuppgift är att ge en om möjligt generell metod för transportplanering vid husbyggnadsarbete. Av praktiska skäl måste en planeringsmetod vara enkel att arbeta med. Problemområdets stora komplexitet medför emellertid att en generell planeringsmetod där hänsyn tas till alla inverkanse faktorer skulle bli svårhanterbar och därav möta föga praktisk användning.

En planeringsmetodik skulle å andra sidan kunna till väsentlig del kunna byggas upp kring ett antal tumregler för hur man bör förfara vid vissa speciella situationer. En sådan metod har emellertid den nackdelen att endast gälla under vissa speciella förhållanden vilket kan medföra att metoden leder till icke önskvärda resultat då förutsättningarna är annorlunda.

I föreliggande forskningsarbete har försök gjorts att skissera en metod som utgör ett mellanting mellan generell metod och tumregelsmetod. Härvid har byggmaterials transporterbarhet bedömts utgöra en väsentlig utgångspunkt för en transportplaneringsmetod och därför givits en ingående behandling. Planeringsmetoden har sedan byggts upp kring denna kärna varvid det inte varit möjligt att i detalj behandla problem inom andra delar av problemområdet.

I detta avsnitt presenteras först en metodik för transportplanering som används vid undervisningen i transportteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Därefter följer en översikt över några i litteraturen redovisade metoder för transportplanering inom stationära industrin. I två särskilda avsnitt redogörs därefter för R. Muther och K. Haganäs erfarenheter och intentioner för transportplanering.

### 2.1 Metodik tillämpad vid LTH

Som ett led i undervisningen på grundutbildningsnivån i ämnet transportteknik vid LTH utgör övningarna en mycket betydelsefull del. Övningarna avser att ge färdighet i att metodiskt lösa ett större transporttekniskt problem. Härvid utgör en allsidig analys, systematiskt val och god samverkan mellan olika komponenter en viktig del av arbetet. Övningsuppgifterna hämtas vanligen från näringslivet och utgör således konkreta exempel på transportproblem vid olika slags industrigrenar.

För planering av transporter (både interna och externa) tillämpas sedan 1965 en metod som anger arbetsgången för ett planeringsuppdrag uppbyggd efter följande huvudsteg:

1. Gör en systematisk analys av transportbehoven. Insamla och sammanställ data.
2. Analysera tänkbara transportmedel och typer av transportmedel för de olika externa och interna transportbehoven.
3. Gör med stöd av analyserna upp ett förslag till transportsystem. Motivera förslaget.

Vid analys av transportproblemen söker man bl a systematiskt eliminera icke nödvändiga element i en produktionskedja samt transporter fram och tillbaka. Man kan i analysarbetets olika skeden ha hjälp av följande transportförenklade frågeställningar enligt Bjerninger, 1970.

- Är transporten nödvändig?
- Kan gynnsammare transportväg eller upplagsplats väljas?
- Kan kontinuerlig transport tillämpas?
- Kan större kvantiteter transporteras åt gången?
- Kan godset bättre anpassas för transport?

Arbetsgången för väg- och vattenbyggarnas övningar i transportteknik har i huvudsak fått följande utformning:

1. Val av uppgift samt precisering och avgränsning av densamma.
2. Presentation av arbetsplats med hjälp av olika handlingar såsom situationsplaner och tidplaner.
3. Sammanställning av data för de aktuella transporterarna
  - Godsmängd
  - Godsbeskaffenhet
  - Transportvägar
  - Övriga faktorer.
4. Redogörelse för befintligt eller planerat transportsystem.



5. Sammanställning av önskvärda data och egenskaper hos transportmedel med hänsyn till
  - Transportbehov
  - Arbetsplatsförhållanden
  - Tidplaner.
6. Redogörelse för tänkbara alternativa transportmetoder och transportmedel.
7. Sammanställning av tänkbara transportmedels huvuddata.
8. Jämförelse av transportalternativen från teknisk och ekonomisk synpunkt.
9. Förslag till transportsystem.
10. Motivering av förslaget.

## 2.2 Litteraturöversikt

Problem förknippade med transportplanering inom byggnadsindustrin är hittills sparsamt behandlade inom litteraturen. Däremot finns en ganska rikhaltig litteratur som behandlar transporter inom stationära industrin. Denna litteratur har emellertid hittills till största delen behandlat transportmedel och belyser i huvudsak tre frågor

- Användbar utrustning
- Utrustningens fysiska och ekonomiska kapaciteter
- Utrustningens användning i speciella situationer

Denna information är naturligtvis behövlig som grundläggande data vid analys av ett transportproblem men den kommer inte i transportplaneringens första skede.

En del litteratur, framförallt av senare datum, har även tagit upp problematiken i ett vidare sammanhang. Exempel härpå är ett övergripande synsätt som industrin allt mer systematiskt gått in för, nämligen att hela materialflödet genom processen leverantörer - tillverkning - kunder betraktas från totalekonomisk synpunkt. Vissa författare använder härvid begreppet materialadministration varmed avses enligt Eriksson, 1971, det synsätt och de principer enligt vilka man strävar efter att planera, organisera, samordna, styra och kontrollera materialflödet från råvaruleverantör till slutlig förbrukare. Termen Logistik används ibland för att beteckna det begrepp som här kallas materialadministration, dvs integrerad styrning och fysisk förflyttning av material och produkter från råvaruleverantör via förråd, förädling och lager till den slutliga förbrukaren.

Morris, 1962, anger generella metoder för hur man bör närma sig transportproblem. Han betonar särskilt vikten av att man bör se materialhanteringen som ett led i produktionen, varvid det är nödvändigt att studier görs från en hög nivå. Härmed avses att problemkomplexet studeras så att man tar viss hänsyn till intilliggande problem för att så långt möjligt eliminera suboptimeringar. Studeras transportproblemet isolerat är det stor risk att för problemet väsentliga faktorer lämnas utanför, varvid den erhållna lösningen ej utgör en från totalsynpunkt tillfredsställande lösning.

Transportproblemen kompliceras på grund av att deras lösning är beroende av ett än mer komplicerat produktionssystem. Morris hävdar att man inte får förledas tro att transportproblem kan betraktas oberoende av problem och beslut som rör produktionen.

En snabb teknisk utveckling av transportutrustningen har skett. Utrustningen har kommit till användning inom allt fler områden varigenom inbesparingar av arbetskraft kunnat göras. Vidare har nya utrustningar i högre grad än tidigare anpassats efter presumtiva arbetsuppgifter. Dvs man har alltmer börjat utforma utrustningen efter produktionens behov.

Transportfunktionen uppstår inte av sig själv utan i anslutning till att material i produktionen måste förflyttas mellan olika operationsställen. Man kan härvid se kvaliteten på den service som ges åt produktionssystemet som ett mått på transporterernas effektivitet. Morris menar vidare att en komplex blandning av erfarenhet och analys ligger till grund för lösning av transportproblem. En analys är inte ensam tillräcklig för att lösa problem utan viss erfarenhet är dessutom nödvändig för att man skall kunna dra de rätta slutsatserna av analysen.

Analytiska uttryck och/eller matematiska modeller som användes för att representera situationer och att förutsäga konsekvenser av varierande strategier inrymmer inte verklighetens fulla komplexitet. Vissa förutsättningar tar man inte hänsyn till. Data som användes i modellen är många gånger av bristfällig beskaffenhet. Det är därför farligt, ibland nästan bedrägligt att tala om en optimal lösning, eftersom en sådan ofast bygger på slutsatser dragna av resultat från en modell. Lösningen blir därigenom optimal endast i den meningen att den ger den lösning som är bäst med hänsyn till vissa kriterier. Oftast kan verklighetens hela komplexitet inte medtagas i en modell, varför det är viktigt att inte förlita sig på dessa lösningar i allt för hög grad.

De flesta praktiska problem är så komplexa och medför så många konsekvenser att de endast med svårighet låter sig lösas. En praktisk lösning baseras därför oftast på en enkel metod som leder till att problemet snabbt kan lösas så att man kan komma vidare.

Ett sätt att närma sig transportproblem är enligt flera författare att använda sig av tumregler, vilka i princip utgöres av ett löst påstående om någonting som har konstaterats vara sant ibland men inte alltid. Reglerna måste med nödvändighet användas försiktigt.

Vid studium av transportproblem kan man emellertid ofta komma ganska långt med allmänna regler. Bäst kan de kanske användas som uppslagsända eller antyda i vilken riktning man kan finna ett problems lösning. Tumreglerna kan härvid tjäna som grova hypoteser vilka kan testas i det enskilda fallet. Många gånger kan de vara den enda utvägen för lösning av problem med stor komplexitet. De utgör alltid ett nödvändigt komplement till analyser av transportproblem.

Det förekommer i praktiken åtskilliga mer eller mindre väl grundade tumregler. Här återges några exempel presenterade av W T Morris.

### Allmänna synpunkter.

- För varje kilogram av en färdig produkt måste många kilogram material hanteras och lagras.
- Materialhanteringen svarar för en stor del av ett företags indirekta arbetskraftskostnader, olycksfall och materialskador.
- Funktionen hos ett transportsystem är att ge service åt produktionssystemet i vilket det arbetar.
- Pengar som förbrukas för att flytta material kan inte återvinnas.

### Regler för utformning av transportsystem.

- Eliminera transporter där så är möjligt.
- Använd utrustning som ger kontinuerlig produktion.
- Pallasta material och använd enhetslaster, arbeta alltid med den största praktiska hanteringsenheten.
- Mekanisera hanteringsoperationerna.
- Granska förflyttningarna inte bara för material, utan även för personal, maskiner och verktyg.
- Sätt säkerheten i första rummet vid utformning av transportsystem.
- Standardisera utrustning och metoder.
- Välj mångsidig utrustning, notera möjligheter att applicera tillbehör.
- Vid granskning av ett system, kontrollera utrustningens utnyttning, servicegraden till produktionssystemet samt kostnad per hanterad materialenhet.
- Befria produktionsprocessen från transportuppgifter.

Författaren menar att dessa regler bör vara möjliga att applicera på alla transportproblem. Regler av ovanstående typ är mycket värdefulla i många sammanhang, varför det finns all anledning att ta vara på vunna erfarenheter, för att med dem som underlag förfina och utveckla egna för företaget specifika regler.

Ett ständigt återkommande och svårt problem, vilket uppkommer vid alla försök till analyser, är problemet att välja och utveckla ett ändamålsenligt kriterium, som visar i vilken grad resultatet av analysen uppfyller förväntningarna enligt någon angiven målsättning. Vanligast är härvid att man gör någon form av kostnads/intäktsanalys för jämförelse av olika alternativ. Härvid stöter man emellertid på problemet att finna en enhetlig måtenhet. Lättast och vanligast är att använda pengar som kostnads- och intäktsenhet. Man bör emellertid observera att det även när det gäller analys av transportproblem finns en mängd faktorer som kan vara svåra att värdera i pengar. J M Apple föreslår att man indelar kostnader i fyra olika kategorier.

1. Direkta kostnader - vanligen direkt beroende av användningen av ett visst transportmedel.
2. Indirekta kostnadsfaktorer - indirekt beroende av investeringen eller användningen.
3. "Svårbestämbara" (eng. indeterminate) kostnadsfaktorer - kan ej exakt bestämmas eller fastställas, är vaga och svårfångade, är ofta inte kända i förväg eller låter sig inte bestämmas i absoluta siffror.
4. Värderingsfaktorer (eng. intangibles) - kan ej kvantifieras eller kalkyleras i pengar och kan därför inte direkt inkluderas i en kostnadsjämförelse.

Apple ger vidare exempel på faktorer fördelade på de olika kategorierna när det gäller utvärdering för val av transportmedel eller transportsystem för intern transport i stationära industrier.

#### 1. Direkta kostnader

##### Fasta:

Avskrivningar  
Räntor  
Skatter  
Försäkringar  
Arbetsledande personal

##### Rörliga:

Driftspersonal  
Bränsle, kraft  
Reservdelar  
Underhåll och reparationer

#### 2. Indirekta kostnader

##### Utrustning/Metod:

Utnyttjad yta  
Påverkan på skatter  
  
Övertidskostnader  
Stilleståndskostnader  
Ändringar i skadekostnader

##### Administration:

Kostnader för uppföljning  
Kostnader för ändring av layout  
Utbildning av personal  
Inkörningskostnader  
Mängden varor i arbete

#### 3. Svårbestämbara kostnader

##### Utrustning/Metod:

Ökat eller minskat utrymmesbehov  
  
Ändringar i pålägg  
  
Lagerbesparingar  
  
Besparingar i produktionskontroll  
Minskad fysisk ansträngning

##### Administration:

Förlorad produktion på grund av installationsförseningar  
Förbättrad materialstyrning  
Omsättningshastighet för varor i arbete  
Minskning i "pappersarbete"  
Trender i försäljningsvolymen

#### 4. Värderingsfaktorer

##### Utrustning/Metod:

Utrustningens kvalitet  
Utrustningens livslängd  
Utrustningens lämplighet  
  
Tillgänglighet

##### Administration:

Finansieringspolicy  
Påverkan på ekonomiska mål  
Påverkan på framtida ändringar  
Påverkan på produktiviteten

Flexibilitet	Arbetarnas trivsel och arbetsförhållanden
Säkerhet	Ökad Goodwill
Tillgång till reservdelar	
Service	

Ett exempel på hur man kan gå tillväga för att uppskatta de svårbestämbara kostnaderna visas i FIG. 7. De kostnader (eller besparingar) som man på detta sätt får fram, adderas till de direkta och indirekta kostnaderna och man får fram en totalkostnad. När man kommit så långt, skall hänsyn tas till värderingsfaktorerna. Apple rekommenderar att ett värderingsschema används t ex enligt FIG. 8, där man får fram godhetstal för de aktuella alternativen. Problemet är nu att väga samman kostnader och godhetstal för de olika alternativen.

Apple föreslår två metoder:

1. Dividera totalkostnaden med godhetstalet och välj det alternativ som nu har lägst kostnad enligt FIG. 9.
2. Gör ett sortlöst index av kostnaderna genom att dividera det billigaste alternativets kostnad med de övrigas kostnader.

Ex.:	Alt.	Godhetstal	Totalkostnad	Kostnadsindex
	1	0,75	37 500	$\frac{37\ 500}{37\ 500} = 1$
	2	0,85	39 000	$\frac{37\ 500}{39\ 000} = 0,96$
	3	0,95	40 000	$\frac{37\ 500}{40\ 000} = 0,94$

Därefter kan man väga samman kostnadsindex och godhetstal med hjälp av nedanstående formel, där man genom att variera konstanten "k" kan ge kostnaderna respektive värderingsfaktorerna större eller mindre betydelse.

Vägd utvärdering av alla faktorer =  $k \times TI + (1 - k) \times G$   
där TI är totalkostnadsindex  
G är värderingsfaktorernas godhetstal.

Om t ex kostnadsfaktorerna är fyra gånger viktigare än värderingskostnaderna fås:

Alt.

1	$0,8 (1,00) + 0,2 (0,75) = 0,95$
2	$0,8 (0,96) + 0,2 (0,85) = 0,94$
3	$0,8 (0,94) + 0,2 (0,95) = 0,94$

Ett alternativt förfarande är att använda ett flertal mätetal för sådana faktorer, som har den värdefulla egenskapen att vara mätbara i många situationer. Genom förnuftiga kombinationer av dessa faktorer kan man förhoppningsvis lyckas i sina strävanden att åstadkomma ett effektivt materialhanteringssystem. Förfarandet förutsätter således sådana data.



	ALTERNATIV NR 1 <i>ACME</i>	ALTERNATIV NR 2 <i>BUDGET</i>	ALTERNATIV NR 3 <i>DE LUKE</i>
1. Kalkylerad direkt kostnad	\$ 40.000	\$ 34.000	\$ 41.000
2. Kalkylerad indirekt kostnad	- 1.000	+ 6.000	- 3.000
3. Uppskattning av de svårbestämbara (Indeterminate) kostnaderna	- 1.500	- 1.000	+ 2.000
4. Summa kostnader	37.500	39.000	40.000
5. Värderingsfaktorernas godhetstal	0.75	0.85	0.95
6. Total utvärdering (kostnad/godhetstal)	\$ 50.000	\$ 46.000	\$ 42.000

Fig. 9. Kostnadssammanställning där hänsyn tagits till värderingsfaktorer.

Källa: Apple J.M.

Exempel på sådana faktorer är

- Förflyttad sträcka
- Antalet hanteringar
- Investeringar i utrustning
- Indirekta arbetskraftskostnader
- Vikt x sträcka
- Antalet förflyttningar
- Antal enheter x förflyttad sträcka
- Volym x förflyttad sträcka
- Lastfaktor (aktuell last dividerad med lastkapacitet)
- Utnyttjat lastutrymme
- Utrustningens underhåll
- Servicegrad åt produktionen  
(produktionsförseningar pga brister i transportsystemet)

### 2.3 R. Muthers erfarenheter och intentioner för transportplanering

#### 2.3.1 Allmänt

Richard Muther är en erkänd amerikansk expert på industriplanläggnings- och materialhanteringsområdet. På senare tid har han publicerat två intresseväckande verk. Här syftas på ett verk om lokalplanläggning, Systematic Layout Planning, förkortat SLP, 1961 samt det som i detta sammanhang tilldrar sig störst intresse Systematic Handling Analysis, förkortat SHA, 1969. Det senare har publicerats tillsammans med en norsk expert på området, Knut Haganäs.

#### 2.3.2 SHA:s skedesindelning

SHA är enligt författarna en organiserad, överallt applicerbar systematisk metod att angripa interna transportproblem med. Man utgår från tre element vilka är grundläggande för all transport och materialhantering.

- 1 Material (eng. Material)
- 2 Förflyttningar (eng. Moves)
- 3 Metoder (eng. Methods)

SHA indelas i fyra faser från projektets initialske till dess installationen är en fysisk realitet.

Dessa faser benämnes:

- I Extern integration (eng. External Integration)
- II Huvudtransportplan (eng. Overall Handling Plans)
- III Detaljtransportplan (eng. Detailed Handling Plans)
- IV Genomförande (eng. Installation)

Fasernas principiella läge i tiden framgår av FIG. 10.

Fas I, extern integration, innebär att man i princip korrelerar sitt speciella transportproblem till externa förhållanden som kan påverka problemet.



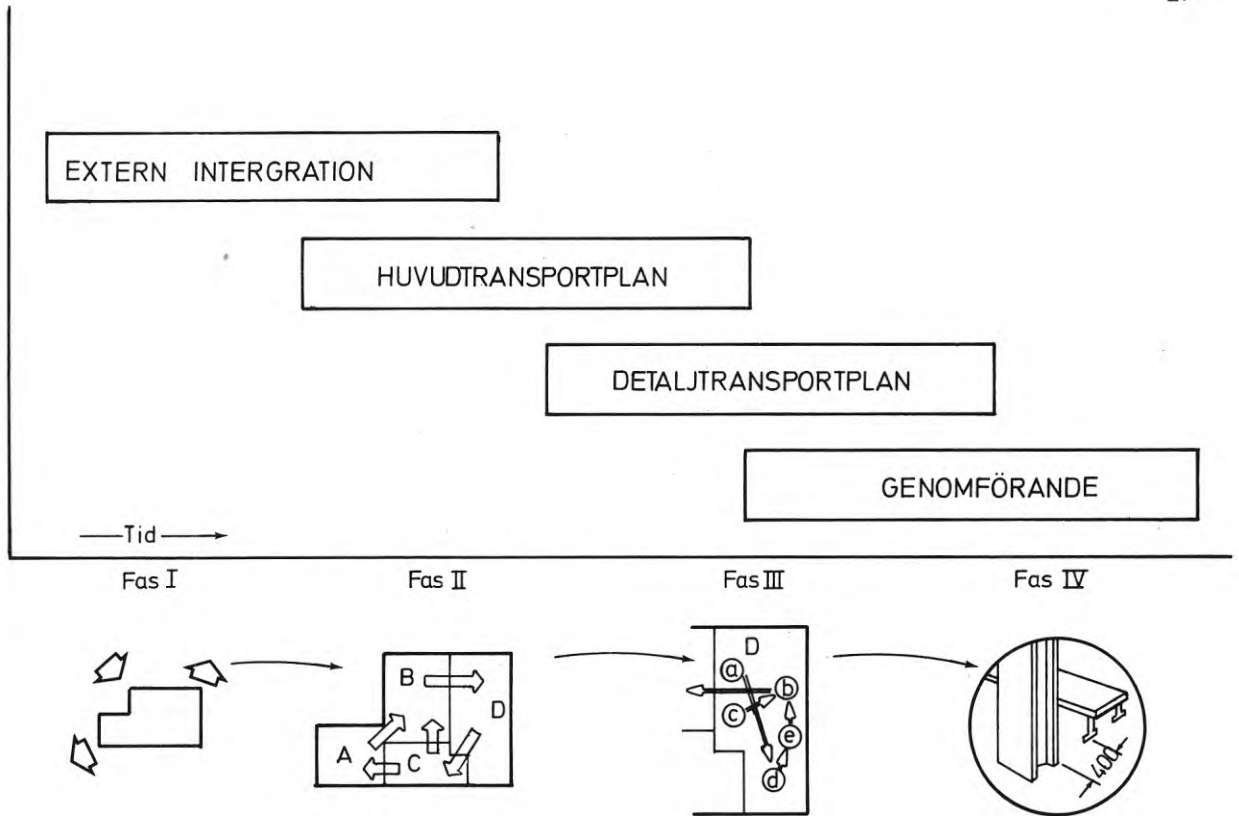


Fig. 10. De fyra faserna i Systematic Handling Analysis

Källa: R. Muther, K. Haganäs,  
Systematic Handling Analysis.

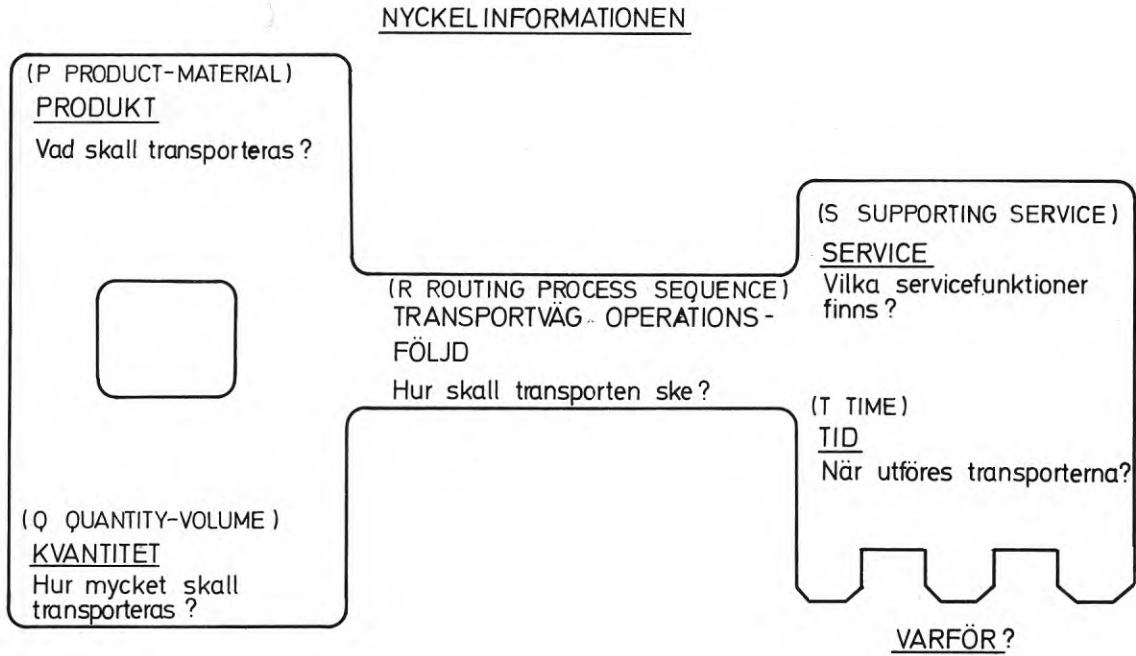


Fig. 11. Nyckelinformationen för Systematic Handling Analysis.

Källa: R. Muther, K. Haganäs,  
Systematic Handling Analysis.

I fas II, huvudtransportplanen, fastställs metod(er) för förflyttning av material mellan olika huvudlokaliteter. Övergripande beslut måste här göras beträffande typ(er) av materialhanteringsutrustning och lämplig sammansättning av materialenheter.

Fas III, detaljtransportplanen, behandlar förflyttningar av material mellan olika punkter inom varje huvudlokalitet. I detta skede fastställs detaljerade hanteringsmetoder.

Den avslutande fasen IV, genomförandet, utgörs av en plan som skall underlätta de uppgjorda planernas förverkligande. Här planeras nödvändiga förberedelser, anskaffandet av utrustning, träna personal, lista och utföra fysiska transportaktiviteter för installationen. Därefter prövas och revideras planerade transportmetoder, kontrolleras operationsprocedurer, samt en sista inspektion av hela installationen för att säkerställa tillfredsställande funktion.

### 2.3.3 Nyckelelement

Författarna anger nyckelelement vilka erfordras för analys av hanterings- och transportproblem samt frågor på vilka svar sökes enligt FIG. 11.

P Product - Material - Produkt  
Vad skall transporteras?

Q Quantity - Volume - Kvantitet  
Hur mycket skall transporteras?

R Routeing, process sequence - Transport, operationsföljd

S Supporting service - Underhållsservice  
Vilka servicefunktioner finns?

T Time - Tid  
När skall transporterarna utföras?

Vid insamlandet av denna information skall man kritiskt fråga sig varför ingångsdata skall vara av den typ man ämnar använda i analysen.

Materialhantering baseras enligt ovanstående på material, förflyttning och metod. I begreppet materialhantering inrymmer alltså inte enbart dess hantering utan även förflyttningar inom arbetsplatsen. Transportanalys innehåller således analys av vilka material som skall transporteras, analys av transporter som måste utföras samt upprättande av praktiska ekonomiska metoder att verkställa materialtransporterna med. SHA-metodiken bygger huvudsakligen på dessa tre delar.

Mönstret i SHA-systematiken utgörs av en stegvis procedur enligt FIG. 12. Ju mer komplicerat problemet är desto mer värdefull och tidsbesparande blir en sådan systematik.

Av primär betydelse för transportanalysen är det transporterade materialets beskaffenhet. Valet av hanteringsmetod beror också i högsta grad på vilken typ av material det gäller. Det är därför lämpligt att på något sätt göra en allmän klassificering av olika förekommande material.

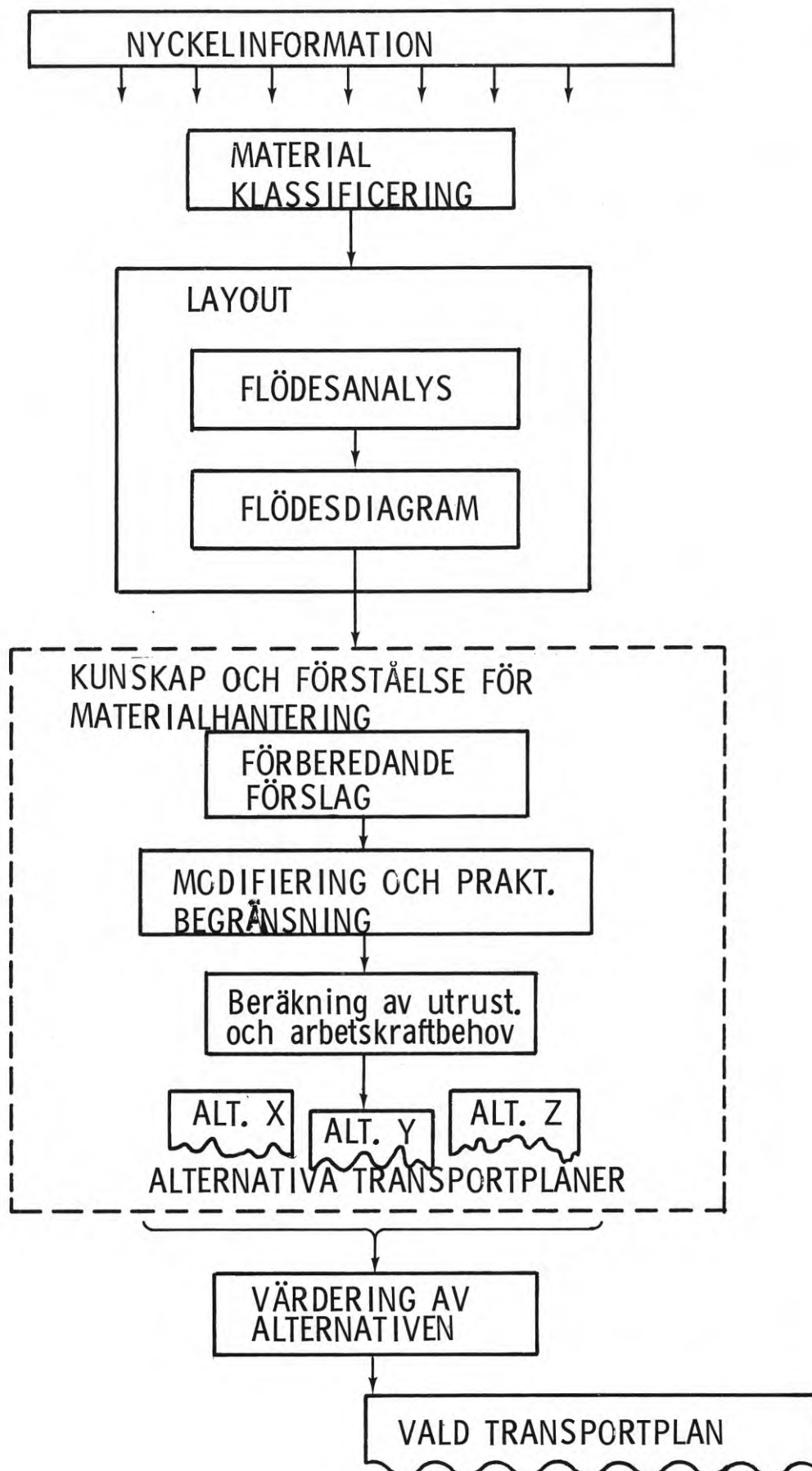


Fig. 12. Principiell uppbyggnad av den systematiska transportanalysen i Systematic Handling Analysis.

Källa: R. Muther, K. Haganäs,  
Systematic Handling Analysis.

### 2.3.4 Materialklassificering

Klassificering av material kan göras på många olika sätt beroende på vilket ändamål en sådan skall tjäna. I detta sammanhang är det lämpligt att göra en indelning på så sätt att material i en viss klass kan hanteras på ett enhetligt sätt, d v s med samma metoder. Genom att gruppera alla sorters material i ett mindre antal materialklasser torde analysarbetet väsentligt kunna för-  
enklas.

Muther delar in material i grupperna

fasta material  
flytande material  
gasformiga material

varvid även materialtyper anges som

individuella delar  
förpackat material  
bulkmaterial

För att klassificera materialen används följande huvudkarakteristika.

Fysiska karakteristikor:

- |              |  |
|--------------|--|
| 1. Storlek   | Längd, bredd, höjd.                                    |
| 2. Vikt      | Vikt per enhet eller vikt per enhetsvolym.             |
| 3. Form      | Flat, långt, fyrkantigt, kompakt, oregelbundet.        |
| 4. Skaderisk | Bräckligt, explosivt, förorenande, korrosivt, giftigt. |
| 5. Tillstånd | Smutsigt, hett, blött, ostadigt, vasst.                |

Andra karakteristikor:

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 6. Kvantitet                  | Relativ förekomst eller volym.                     |
| 7. Tidsberoende               | Regularitet, brådskande, säsongsvariationer.       |
| 8. Speciella kontrollåtgärder | Statliga bestämmelser, hänsyn till olika standard. |

De fysiska karakteristikorna är vanligen de mest utslagsgivande vid val av materialklass. I många fall kan även andra karakteristikor vara av väsentlig betydelse. Så är fallet för kvantitet, där större kvantiteter vanligen transporteras annorlunda än mindre kvantiteter. Tidsberoende faktorer måste också beaktas. Brådskande transporter kostar mer och ställer högre krav på utrustning än icke brådskande.

Muther rekommenderar att antalet klasser inte bör överskrida 15. För de flesta transportproblem bör det vara möjligt att gruppera allt gods inom 8 - 10 materialklasser.

### 2.3.5 Layout

SHA-systematikens nästa steg är att behandla förflyttningar. Detta kan göras för sig, men förr eller senare får man ta hänsyn

till eller utforma lämplig layout för områden, där förflyttningarna skall utföras. Inom stationära industrier är detta en mycket viktig del av transportanalysen, eftersom layouten ger upphov till vilka och hur långa sträckor materialet skall förflyttas. Detta är anledningen till att layouten kommer som andra steg i SHA.

Liksom transportanalysen bygger på de tre faktorerna material, förflyttningar och metoder så bygger även layoutplaneringen på tre faktorer nämligen samband, utrymme och anpassning vilket framgår av FIG. 13.

### 2.3.6 Flödesanalys

Vid analys av materialflödet behövs följande information.

1. Material
  - a) fysiska karakteristika
  - b) andra "
2. Transportväg
  - a) distans
  - b) vägens beskaffenhet
3. Flöde
  - a) intensitet
  - b) flödets natur.

Utöver transportvägens längd är även dess beskaffenhet av väsentligt intresse. Denna kan beskrivas med följande punkter.

Geometrisk utformning.

Underlagets beskaffenhet och annan trafik

Klimat- och omgivningsförutsättningar

Situationen vid lastnings- och lossningsställena

Flödets intensitet beskriver mängden material som transporteras eller skall transporteras under viss tidsperiod längs en viss sträcka. Intensiteten anges i lastenhet per tidsenhet, där lastenheten kan anges genom vikt, volym eller viss enhetslast.

Det är också nödvändigt att veta någonting om flödets natur. Att på en byggarbetsplats transportera femtio spisar kan ske på många sätt. Man kan transportera dem en och en eller t ex 10 stycken i ett lass, vilket ställer skilda krav på utrustning för de båda transportalternativen.

För att analysera transportererna anger Muther två olika tillvägagångssätt. Man kan samla information genom att studera ett material eller en materialklass åt gången. Man följer härvid materialets väg genom hela processen. Denna metod kallas processanalys. Härvid behövs en analys för varje materialslag eller materialgrupp.

Det andra sättet kallas från-till-analys, vilken kan göras på två olika sätt. Det första sättet är att samla information genom att för varje materialgrupp kartlägga dess destination och ursprung. På detta sätt kan man analysera en transportväg åt gången eller enligt det andra sättet alla transporter som kommer till eller lämnar ett visst område.

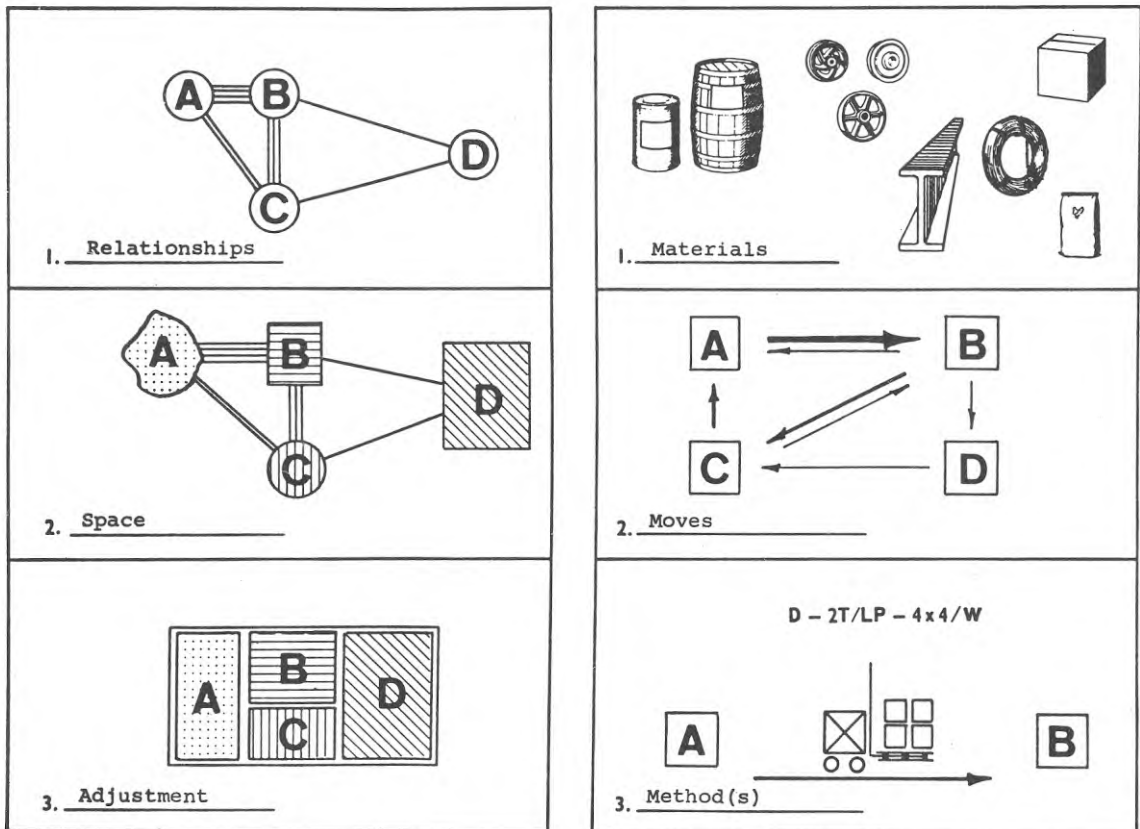


Fig. 13. Grundelement för Layout planering enligt Systematic Handling Analysis.

Källa: R. Muther, K. Haganäs, Systematic Handling Analysis.

För att avgöra vilken metod som är lämpligast kan det vara lämpligt att utgå från en Produkt-Kvantitetskurva som visas i FIG. 14. När man har ett fåtal materialgrupper använder man lämpligen processanalys och när man har ett flertal materialgrupper används från-till-analys.

Processanalys.

För att förenkla arbetet vid studium av en materialgrupps flöde genom en process, är det lämpligt att använda symboler för att illustrera aktiviteter. FIG. 17 visar och beskriver sex vanliga aktiviteter.

Flödesdiagram.

Efter att ha analyserat transportererna och utvecklat en lämplig layout gör man i SHA-systematiken en visuell sammanvävning av dessa. Detta göres antingen med ett flödesdiagram (se exempel FIG. 16) eller ett diagram som kallas Intensitets-Distans-diagram, eller förkortat ID-diagram. (Se exempel FIG. 15).

### 2.3.7 Kunskap om och förståelse för materialhantering

Nästa steg i SHA innebär att man skaffar sig kunskap om och förståelse för materialhantering. Metoden är således ofullständig så tillvida, att den förutsätter allmän erfarenhet av materialhanteringsproblem.

Enligt Muther torde utgångsläget om ca 10 år vara väsentligt bättre. Han tror att man då skall ha klassificerat all utrustning för materialhantering mycket noggrant, att denna klassificering skall finnas lagrad i dataminnen och att man för varje specifikt transport- eller hanteringsproblem skall kunna få fram lämplig utrustning.

Vid SHA-analysen syftar man till att komma fram till metoder för materialhantering. En metod utgöres härvid av system, utrustning och transportenhet. En kombination av metoder utgör en plan.

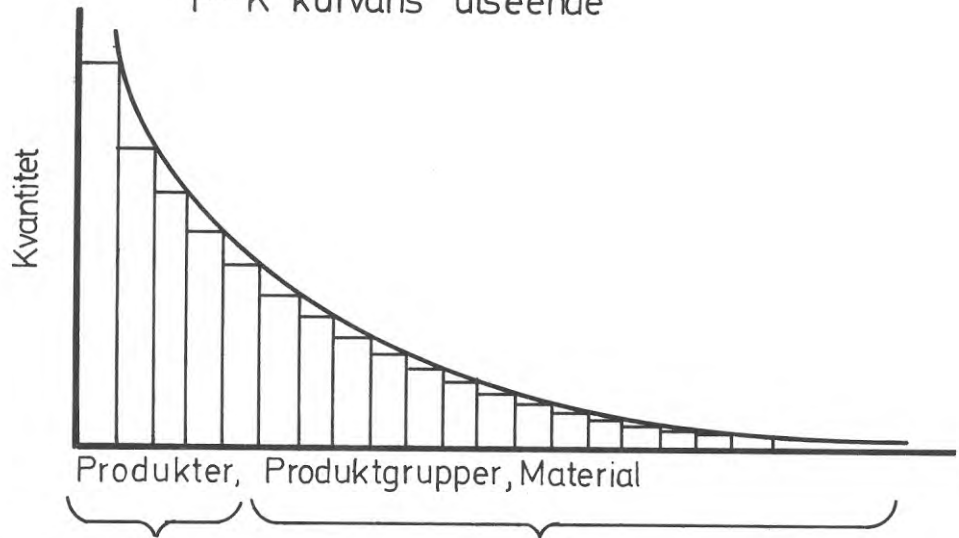
Med system avser författarna det allmänna sätt på vilket de olika förflyttningarna är sammanbundna både ur geografisk och ur fysisk synvinkel. Man särskiljer direkta och indirekta system. Vid direkt system, se FIG. 18, förflyttas materialet från ursprungstill bestämmelseort kortaste praktiskt möjliga väg. Systemet användes när flödesintensiteten är hög och distansen någorlunda kort, eller när snabbheten har avgörande betydelse.

Indirekta system indelas i kanal- och centralsystem.

Vid kanalsystem transporteras materialet över en förutbestämd rutt tillsammans med andra material till eller från andra områden. Kanalsystemet användes främst då materialflödets intensitet är relativt låg och vid någorlunda långa avstånd.

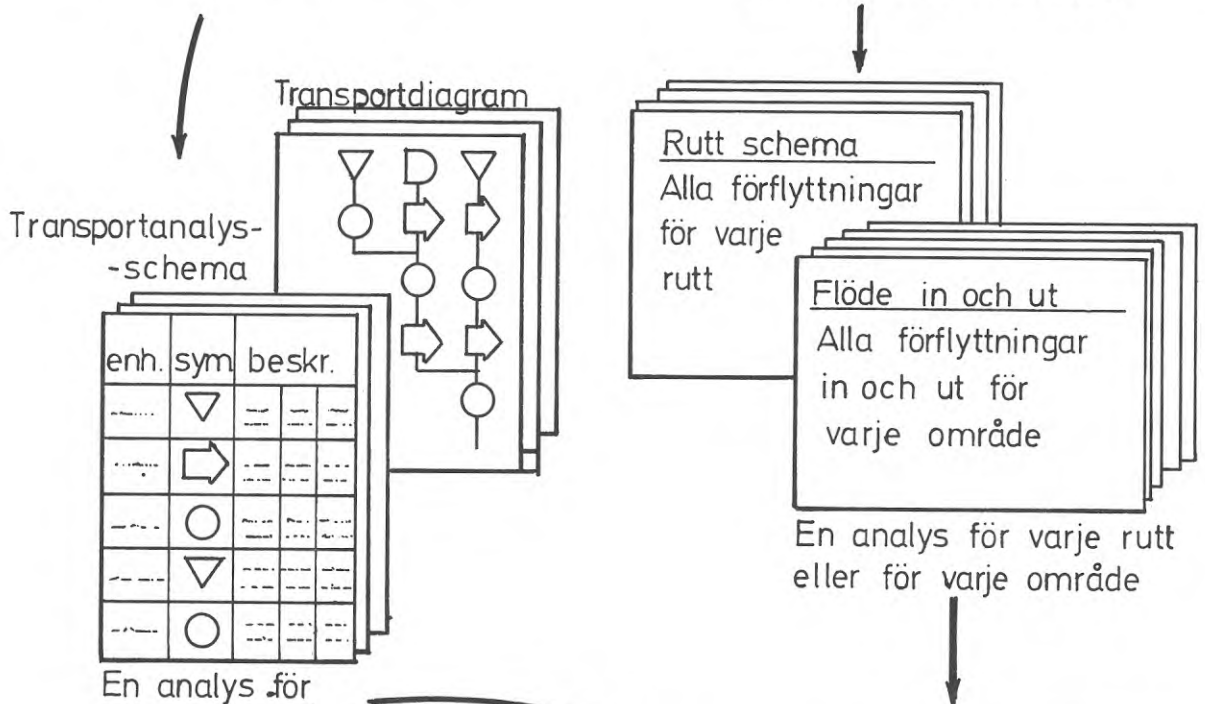
Vid centralt system förflyttas materialet i en förutbestämd rutt från ursprungspunkten till ett centralt sorterings- och/eller avsändningsområde och sedan vidare till bestämmelseorten. Centralsystemet användes vid låg flödesintensitet och långa avstånd.

Analysmetod beror på P-K kurvans utseende



Process analys  
En eller ett fåtal produkter med stora kvantiteter

Från-till analys  
Åtskilliga eller många produkter med en liten kvantitet



En analys för varje produkt

för en produkt, produktgrupp eller endast material ---behövs ingen sammanställning

för många produkter, produktgrupper eller material

Sammanst.av förflyttningar						
Rutt						
Ident.	Dst	a	b	c	d	e

Huvud data för alla förflyttningar alla material summeras på ett schema

Fig. 14. Produkt - kvantitetskurva för val av analysmetod.

Källa: R.Muther. K.Haganäs, Systematic Handling Analysis.



Plant Nordic Mixtures Ltd Project 3687

By C.R. With P.S. of J.

Date 24 July Sheet 1 of 1

Source Reference Move't Summary dated Basis of Values: Anticipated tonnage: Present Layout

Material Classes plotted (Suggested Symbols: □ ○ △ × + ⊙ ∇ ⊞ / ⊘ ⊞)

Ltr. Sym	Description
a	Empty Drums
b	Filled Drums
c	Bags
d	Other Items
e	
f	
g	
h	
i	
j	
k	
l	
m	
n	
p	

Routes Plotted

- 1 R.Car → Empty Drum Stor.
- 2 R.Car → Chemical Plt.
- 3 Chemical Plt. → R.Car
- 4 R.Car → Raw Stor.
- 5 Finished Stor. → R.Car.
- 6 Raw Stor. → Chemical Plt.
- 7 Mill & Extr. → Chemical Plt.
- 8 Feed Manuf. → Mill & Extr.
- 9 Mill & Extr. → Feed Manuf.
- 10 Feed Manuf. → Finished Sbr.
- 11 Raw Stor. → Feed Manuf.
- 12 Mill & Extr. → Finished Stor.
- 13 Raw Stor. → Mill & Extr.
- 14 Empty Drum Stor. → Mill & Extr.
- 15 Chemical Plt. → Feed Manuf.
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20 Note: Raw Storage and Finished Storage are in the same building.
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30

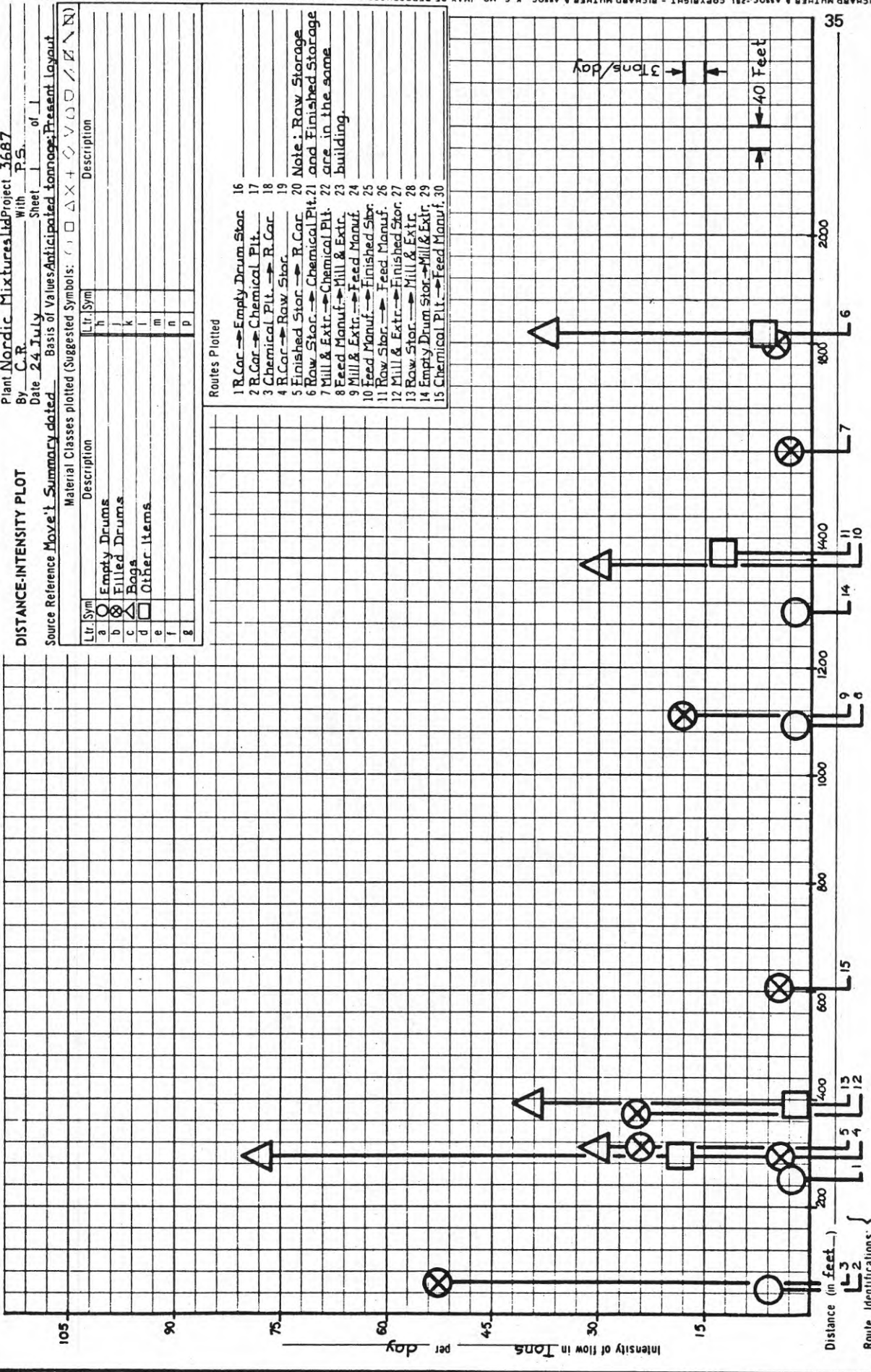


Fig. 15. Exempel på Intensitets - Distansdiagram.

Källa: R.Muther, K.Haganäs, Systematic Handling Analysis.

Schematic diagram of process flow for a plastic-foam products factory. The intensity of flow is measured in cubic feet per day (the numbers shown beside the flow lines). Notice how the intensity grows more than fifty times in the Foam Producing Department--for here is where the material changes from chemicals to voluminous blocks of plastic foam.

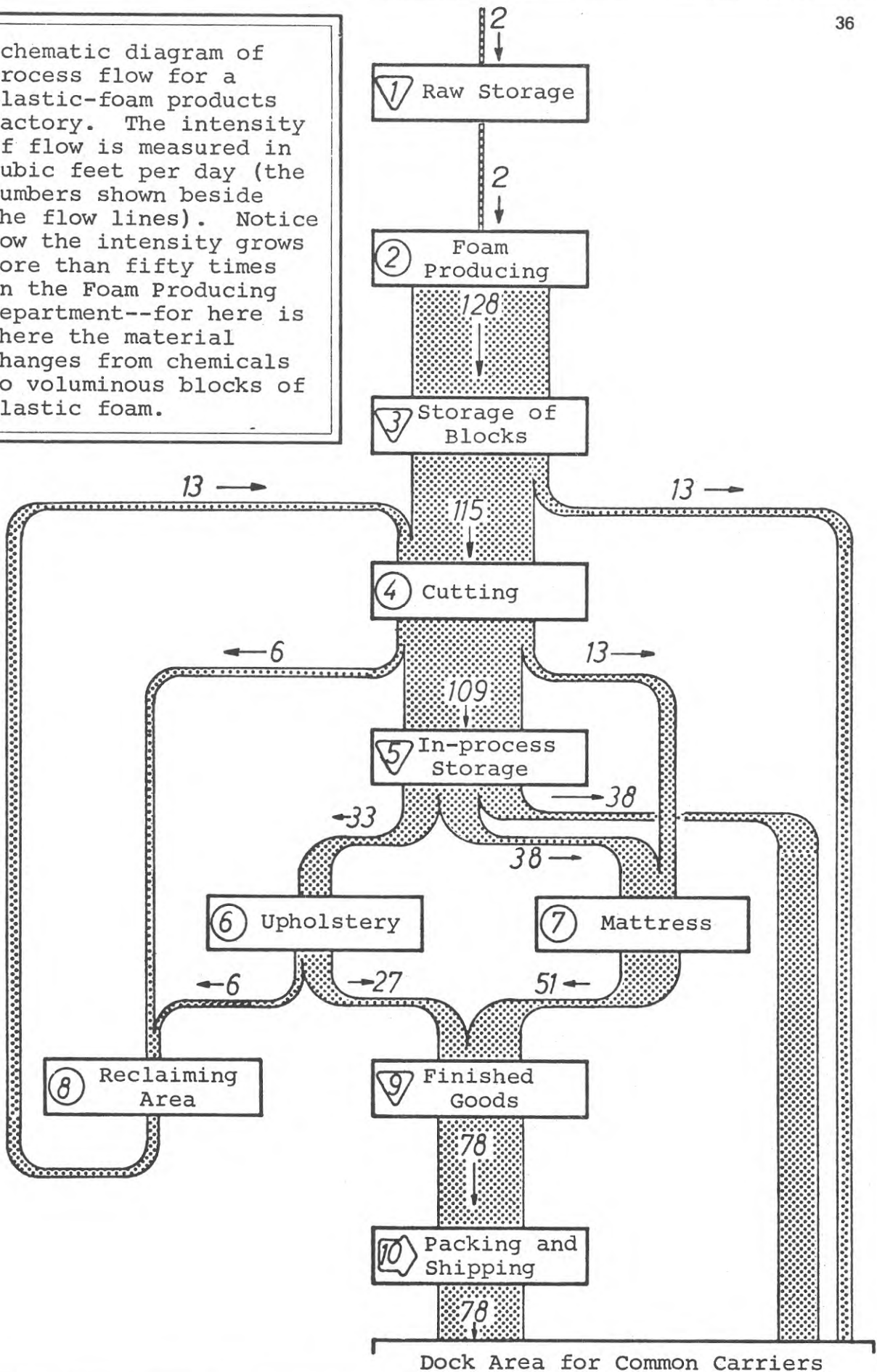


Fig. 16. Exempel på flödesdiagram

Källa: R.Muther, K. Haganäs, Systematic Handling Analysis.

<u>Symboler</u>	<u>Aktivitet</u>
○	Operation
➡	Transport
◐	Hantering
□	Kontroll
▽	Lagring
D	Dröjesmål

Fig. 17. Symboler enligt R. Muther, och K. Haganäs för transportanalys  
 Alla symboler förutom den för hantering är de samma som för  
 A.S.M.E standard.

Källa: R. Muther, K.Haganäs, Systematic Handling Analysis.

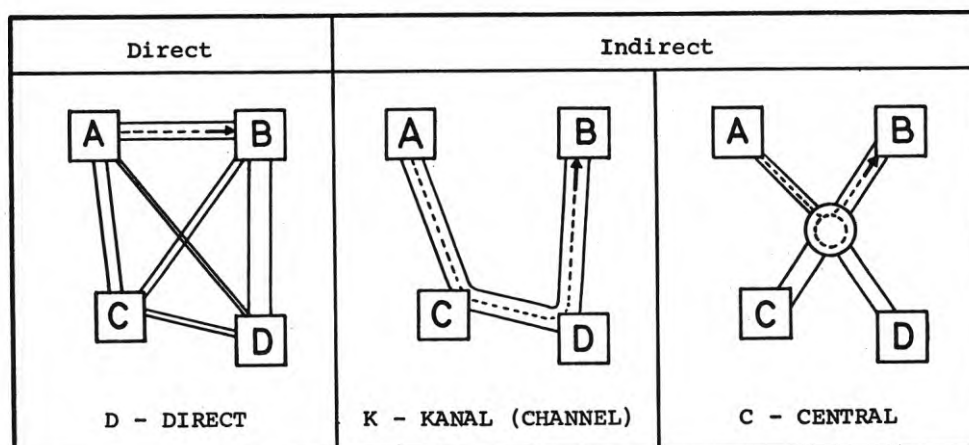


Fig. 18. Principiellt olika system för förflyttning av material  
 mellan olika platser.

Källa: R.Muther, K.Haganäs, Systematic Handling Analysis.

### 2.3.8 Materialhanteringsutrustning

I SHA gör man i vanlig bemärkelse ingen direkt klassificering av utrustningen. Man gör en gruppering efter kostnadsdata. En undersökning av kostnadens variation med distansen förutsätter en uppdelning i terminal- och förflyttningskostnader enligt FIG. 19.

En undersökning av kostnadens variation med flödesintensiteten förutsätter en uppdelning i fasta och rörliga kostnader enligt FIG. 20.

Detta ger de fyra utrustningsklasserna enligt nedan vilka även illustreras i FIG. 21.

1. Enkel hanteringsutrustning
2. Komplicerad hanteringsutrustning
3. Enkel förflyttningsutrustning
4. Komplicerad förflyttningsutrustning

Varje utrustningsklass är således lämplig för transporter med speciella krav:

1. Enkel hanteringsutrustning:  
Billig utrustning med hög rörlig kostnad. Utrustningen utformad för snabb lastning och lossning men mindre lämpad för långa transporter.

Användning vid korta avstånd och låg intensitet

2. Komplicerad hanteringsutrustning:  
Dyr utrustning med låg rörlig kostnad. Utrustningen utformad för snabb och lätt lastning och lossning men mindre lämpad för långa transporter.

Användning vid korta distanser och hög intensitet.

3. Enkel förflyttningsutrustning:  
Billig utrustning med hög rörlig kostnad. Utrustningen utformad för långa transporter, men med dåliga lastnings- och lossningsegenskaper.

Användning vid långa avstånd och låg intensitet.

4. Komplicerad förflyttningsutrustning:  
Dyr utrustning med låg rörlig kostnad. Utrustningen utformad för långa transporter, men med dåliga lastnings- och lossningsegenskaper.

Användning vid långa avstånd och hög intensitet.

SHA arbetar från det översiktliga planet ner till en detaljerad nivå. Det är vid val av utrustning lämpligt att arbeta på samma sätt. Man bestämmer sig således med hjälp av systematiken enligt ovan, se FIG. 21, grovt för vilken av de fyra utrustningsklasserna som är aktuell i det speciella fallet innan man börjar att välja specifika tekniska typer av utrustning.

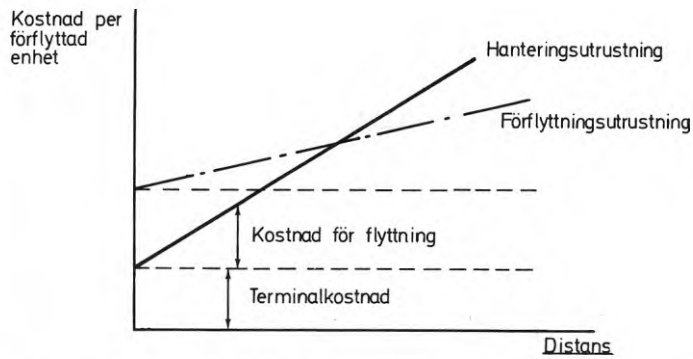


Fig. 19. Kostnader per förflyttad enhet som funktion av distans för hanterings- och förflyttningsutrustning.

Källa: R.Muther, K.Haganäs, Systematic Handling Analysis.

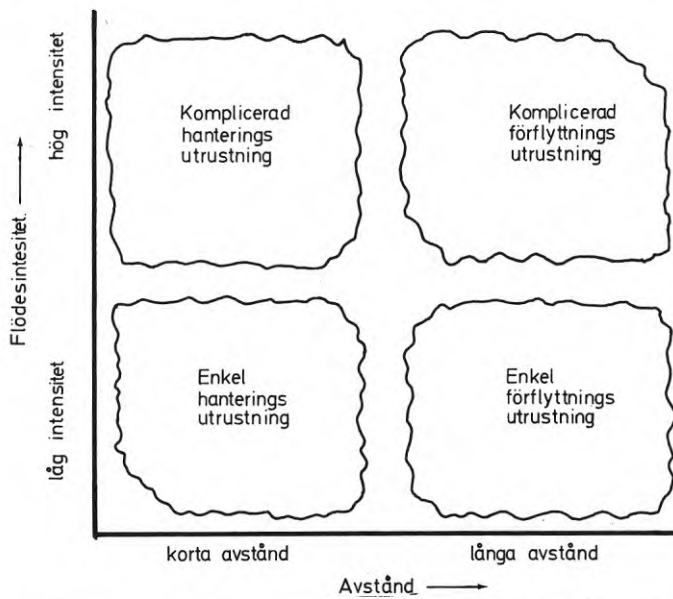


Fig. 20. Kostnader per år som funktion av flödesintensitet för enkel respektive komplicerad utrustning.

Källa: R.Muther, K.Haganäs, Systematic Handling Analysis.

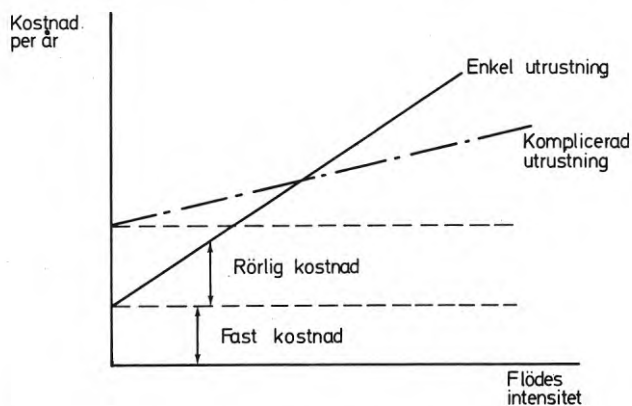


Fig. 21. Flödesintensitet som funktion av avstånd för enkel och komplicerad hanterings- och förflyttningsutrustning.

Källa: R.Muther, K.Haganäs, Systematic Handling Analysis.

### 2.3.9 Förberedande förslag

I detta steg påbörjas arbetet med att ta fram ett antal alternativa planer för lösning av transportproblemet. Med hjälp av ovan redovisade hjälpmedel, symboler, arbetsscheman, processscheman utarbetas ett antal preliminära förslag till lösningar.

Man startar med att studera det viktigaste materialet och den viktigaste rutten. När man bestämt en preliminär metod för denna transport löser man sedan successivt de andra.

I SHA finns ett antal formulär som kan vara lämpliga att arbeta med.

### 2.3.10 Modifieringar och praktiska begränsningar

I föregående steg utarbetades ett antal preliminära förslag till lösningar. Dessa är alla mer eller mindre bra från materialhanteringsynpunkt. Det finns emellertid ett antal modifierande överväganden och praktiska begränsningar som måste beaktas. Författarna särskiljer här överväganden som är öppna för beslut vilka kallas modifieringar, och de som är fixerade av restriktioner vilka kallas begränsningar.

Viktiga begränsningar eller nödvändiga modifieringar kan bli nödvändiga att göra för att förslaget skall fungera med företagets personella organisation och speciellt med personal inom materialhanteringsfunktionen. Vidare måste hänsyn tagas till aktuella administrativa företagsrutiner.

Författarna lämnar ytterligare ett antal exempel på viss modifieringar och begränsningar som man ofta måste ta hänsyn till vid framtagning av en transportmetod.

1. Integration med externa hanteringsmetoder som redan är etablerade.
2. Krav från produktionen i dag och från långtidsplaner för expansion och/eller ändringar därav.
3. Integration med produktionsprocess eller processutrustning.
4. Allmän eller speciell hjälpservice som är tillgänglig eller som kan anskaffas för att understödja hanteringsplanerna.
5. Layout eller preliminärt föreslagen layout - och dess utrymmesbegränsningar (mängd, slag, utseende).
6. Byggnaderna och deras struktur.
7. Lagerpraxis, metoder och utrustning för lagring.
8. Begränsad tillgång på kapital.
9. Projektschema och tillåten eller erforderlig tid för planering, underhandling, godkännande, anskaffande, leverans och installering.
10. Mängd, anpassbarhet och/eller värde av existerande hanteringsutrustning, behållare m m.
11. Kommersiellt tillgänglig utrustning eller utrustning som måste specialtillverkas.
12. Arbetarnas säkerhet.
13. Statliga eller kommunala begränsningar, fackföreningsrestriktioner.
14. Tillgång till service och reservdelar.

### 2.3.11 Begränsning av utrustnings- och arbetskraftsbehov

Här specificeras och kalkyleras de alternativa planerna. I allmänhet vill man ha mellan två till fem alternativa planer och för var och en måste man:

1. Specificera metoderna för varje material på varje rutt.
2. Förklara alla nödvändiga förändringar utöver förändringar av hanteringsmetoder, såsom ändringar i layout, produktion, byggnader, vägar etc.
3. Beräkna behovet av utrustning och arbetskraft.
4. Beräkna erforderliga investeringar och förväntade driftskostnader.

Beräkningarna leder till de slutliga alternativa planerna.

### 2.3.12 Utvärdering av alternativa planer

De framtagna planerna kan var och en lösa det aktuella problemet tillfredsställande. Det gäller nu att plocka fram den bästa av dessa eftersom de alla inrymmer en mängd för- och nackdelar.

Utvärderingsprocessen innehåller vanligen två slags analyser:

1. Kostnads- eller finansiell jämförelse.
2. Jämförelse av värderingsfaktorer (eng. intangibles se kapitel 2.1) som inkluderar jämförelse av fördelar respektive nackdelar samt en sammanvägning av dessa.

Ett mycket enkelt och ofta effektivt sätt att behandla värderingsfaktorerna är att göra en lista på för- och nackdelar och sedan jämföra dessa.

För att på ett mer objektiva sätt ta fram det bästa alternativet kan man använda sig av ett värderingsschema enligt FIG. 22. Man tar härvid fram alla faktorer, överväganden eller invändningar som påverkar valet av bästa alternativ. Varje faktor tilldelas den vikt som motsvarar dess relativa betydelse för lösningen. Den viktigaste faktorn ges vikten 10. Varje lösningsalternativ värderas sedan med hänsyn till respektive faktor. Härvid används en värderingsskala där

A	= Absolut perfekt	= 4 poäng
E	= Effektiv lösning	= 3 poäng
I	= Intressant lösning	= 2 poäng
O	= Ordinär lösning	= 1 poäng
U	= Utan betydelse	= 0 poäng
X	= Ej önskvärd	= --

## EVALUATING ALTERNATIVES

Plant/Area Nordic Mixtures Ltd. Project Overall handling plan Date 18 augustDescription of Alternatives: A. Tractor-trailer & fork-lift-truck, New layoutB. Same as "A", but nuts in pipeline C. Tractor-trailer & fork-lift-truck, Present layoutD. Fork-lift-truck, only, New layout E. \_\_\_\_\_Weight set by KMH/PS/CR Ratings by KMH/PS/CR Tally by CR

FACTOR/CONSIDERATION	WT.	RATINGS AND WEIGHTED RATINGS					COMMENTS
		A	B	C	D	E	
1 Ability to serve process operations	10	E 30	A 40	I 20	I 20		
2 Ease of future expansion	6	A- 21	A 24	I 12	A 24		
3 Break-down problems	5	E- 13	I 10	I 10	E 15		
4 Risk of damage to materials and products	3	E 9	A 12	E 9	I 6		
5 Personnel problems due to new methods	2	A- 7	I 4	I 4	E 6		
6 Effect of weather conditions (snow, rain)	8	E 24	A 32	O 8	O 8		
7 Maintenance and repair problems	3	I 6	I- 5	I 6	E 9		
8 Installation problems	1	I 2	O 1	A 4	I 2		
9							
10							
11							
12							
13							
14							
TOTALS		112	128	73	90		

NOTES

Fig. 22. Exempel på användning av Värderingsschema.

Källa: R.Muther, K.Haganäs, Systematic Handling Analysis.



De sålunda erhållna poängen för faktorerna summeras för varje alternativ.

Den beskrivna värderingsrutinen har fördelen att man dokumenterar vilka faktorer som legat till grund för värderingarna samt vilka vikter och vilka poäng varje faktor erhållit för de olika alternativen. Denna dokumentation kan vara värdefull att ha tillgång till om man vid ett senare tillfälle önskar göra förändringar av en då befintlig lösning.

#### 2.4 Transporterbarhet

För att underlätta analysen av olika materials transporterbarhet har R Muther och K Haganäs i sitt arbete "Systematic Handling Analysis, Appendix I - Description and tables for Mag-count" beskrivit ett måttal, som framtagits för att möjliggöra mätningar av transporterbarheten hos olika material, det så kallade mag-talet.

Mag är uppbyggt kring följande sex faktorer

1. storlek
2. densitet (B)
3. form (C)
4. skick (D)
5. skaderisk (E)
6. värde (F)

Genom att klassificera och värdera dessa faktorer i ett mätsystem kan den lätthet eller svårighet med vilket ett material transporteras beräknas.

Definitionsmässigt motsvaras enheten 1 mag av ett material som

- a. bekvämt kan hållas i en hand
- b. är tämligen fast
- c. är kompakt till storleken och i någon mån stapelbart
- d. har en ringa skadebenägenhet
- e. är tämligen jämnt, hårt och stadigt

Som typexempel på 1 mag anges en träkub med volymen 10 kubiktum eller drygt 160 cm<sup>3</sup>.

Mag - systemet är vidare tänkt att fungera så att när flera enheter med samma eller olika mag-tal sammanföres till en enda enhet, adderas de ingående materialens mag-tal till varandra.

En varas mag-tal beräknas enligt följande formel:

$$A + (A \times 1/4 (B + C + D + E + F) )$$

där A är en basfaktor beroende av volymen enligt FIG. 23. Basvärdet är ej direkt proportionellt mot varans volym utan avtar med ökad storlek. Basvärdet uttrycks i enheten mag. B, C, D, E och F (enligt ovan) är faktorer vilka uttrycks i grader, där varje grads förändring motsvarar 25 procents ökning eller minskning av basvärdet. De ingående faktorernas gradtal finns beskrivna i FIG. 24.

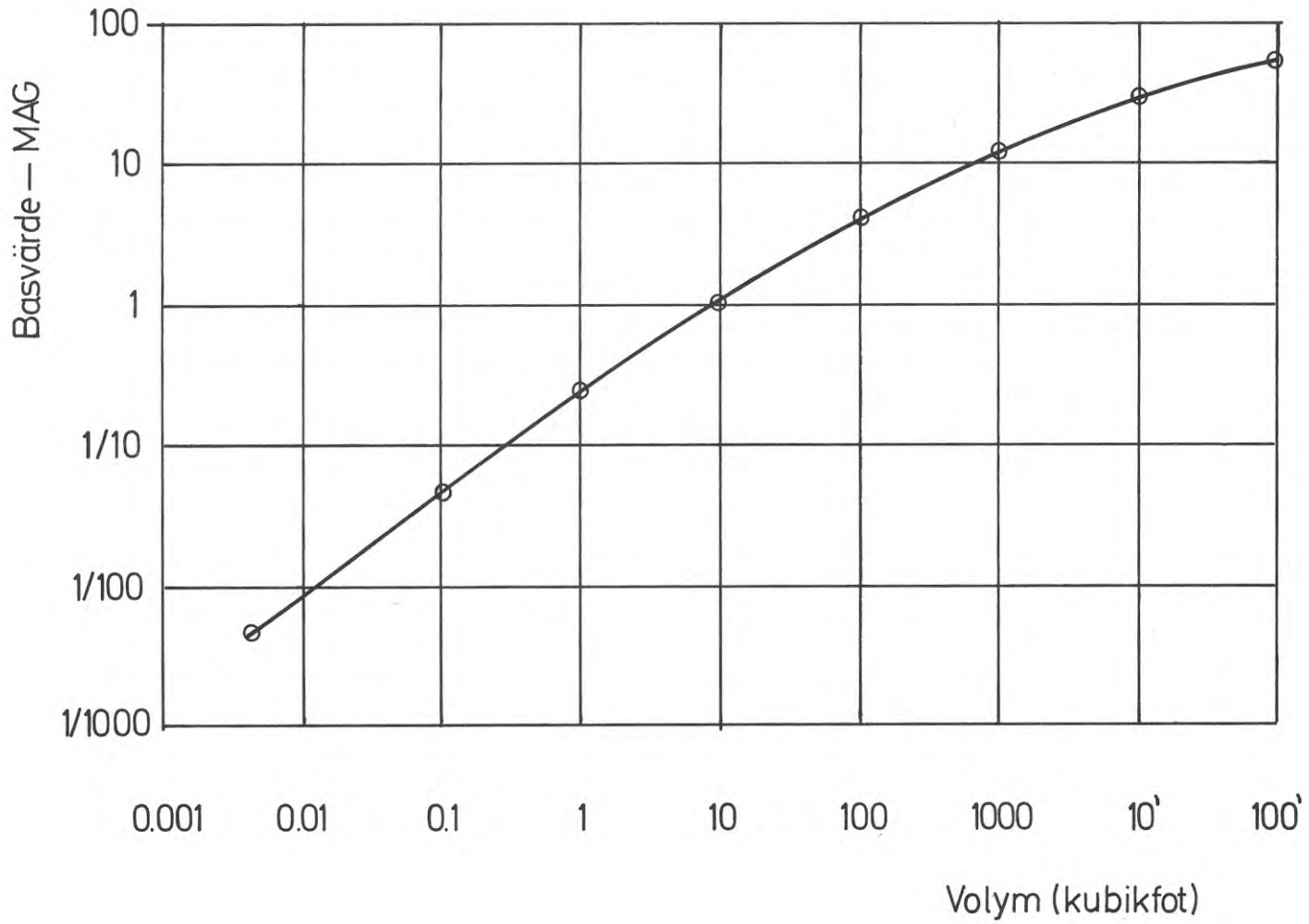


Fig. 23. Basvärdet eller Mag - talet som funktion av ett materials volym.

Källa: R.Muther, K.Haganäs, Systematic Handling Analysis.

Each "degree" is equivalent to 25% increase (or decrease) in the base value (Factor A)

DEGREE	B. BULKINESS OR DENSITY	C. SHAPE*	D. RISK OF DAMAGE	E. CONDITION
-3	---	Very flat and stackable or fully nestable* (Flat sheet of paper or metal)	---	---
-2	Very light and empty (Bulky sheet metal)	Readily stackable or nestable* (Pad of paper, soup bowl)	Not susceptible to any damage at all (Scrap iron)	---
-1	Light and bulky (Knocked-down corrugated carton)	Fairly stackable* or slightly nestable (Book, tea cup)	Susceptible to negligible or practically no damage (Compact casting)	---
0	Reasonably solid (Block of dry wood)	Basically square with some stacking qualities (Block of wood)	Slightly susceptible to some damage (Wood cut to dimensions)	Clean, firm, and stable (Block of wood)
+1	Fairly heavy and dense (Cored casting)	Long, rounded, or somewhat irregular (Sack of grain, short bar)	Susceptible to damage by crushing, breaking, scratching (Painted items)	Oily, flimsy, unstable or awkward to handle (Oily chips)
+2	Heavy and dense (Solid casting, forging)	Very long, spherical, or irregular (Desk-model telephone)	Very susceptible to some or susceptible to much damage (TV tube)	Covered with grease, hot, very flimsy or slippery, very awkward to handle
+3	Very heavy and dense (Die block, solid lead)	Extra long, curved, or highly irregular (Length of steel beam)	Highly susceptible to some or susceptible to very much (Glass crystal stemware)	(Tacky glued surface)
+4	---	Extra long and curved, or especially irregular (Formed tubing, wooden armchair)	Highly susceptible to very much damage (Acid in glass, explosives)	(Molten steel)

F. VALUE (or cost) of each item is not rated here because frequently it does not lead to variations in transportability within a plant, and because care in handling is already incorporated in the "risk of damage" factor. But if your situation requires a Value modifier, set your own zero and scale.

\* When FLAT or NESTABLE items are commonly handled in a stack or nest, this unit stack or nest, and not the individual piece, should be used when measuring all six factors.

Fig. 24. Faktorer för modifiering av basvärdet för beräkning av ett gods Mag - tal.

Källa: R.Muther, K.Haganäs, Systematic Handling Analysis.

## Beräkningsexempel

Arkivskåp med 4 lådor, tillkopat och sammansatt har ett mag-tal enligt följande:

volym	20 000 kubiktum	30 mag
densitet		- 2
form		+ 1
skaderisk		0
skick		0
värde		0

totalt  $30 + ( 30 \times 1/4 ( -1 ) ) = 22,5$  vilket avrundas till 23.

## 3 TILLÄMPNING OCH UTVECKLING AV MAGTALET

3.1 Magtalet för några byggmaterial

"Mag"-talet är uppbyggt efter den stationära industrins behov, med en inom varje industri relativt enhetlig godshantering av inte alltför volyminösa material. Relationskurvan mellan volym och "mag" slutar vid 100 000 kubiktum vilket motsvarar ungefär  $1,64 \text{ m}^3$ . Denna volymstorlek förekommer inte alltför sällan på en byggarbetsplats. Vad en direkt överföring av "mag"-systemet till inom byggnadsindustrin förekommande godsslag medför, belyses av följande exempel.

## Exempel 1. Tegelsten

volym	$1,95 \times 10^{-3} \text{ m}^3$	120 kubiktum	3,5 "mag"
vikt	3,5 kg		
densitet			+1
form			-1
skaderisk			0
totalt	$3,5 + (3,5 \times 1/4 (1 - 1)) = 3,5$		

## Exempel 2. Eternitskiva 1500 x 395 x 5 mm

volym	$3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$	180 kubiktum	4 "mag"
vikt	6,5 kg		
densitet			+1
form			-2
skaderisk			+1
totalt	$4 + (4 \times 1/4 \times 0) = 4$		

## Exempel 3. Bräda 2" x 4" 1 = 5000

volym	$2,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$	1500 kubiktum	12 "mag"
vikt	15 kg		
densitet			0
form			-1
skaderisk			-1
totalt	$12 + (12 \times 1/4 (-2)) = 6$		

Exempel 4. Betongkub 0,3 x 0,3 x 0,3 m<sup>3</sup>

volym	0,027 m <sup>3</sup>	1640 kubiktum	12 "mag"
vikt	65 kg		
densitet			+1
form			-1
skaderisk			-2
totalt	$12 + (12 \times 1/4 (+1 - 1 - 2)) = 6$		

## Exempel 5. Skåp Marbodals ELBA

volym	0,054 m <sup>3</sup>	3300 kubiktum	15 "mag"
vikt	14 kg		
densitet			-1
form			-1
skaderisk			+1
totalt	$15 + (15 \times 1/4 (-1)) = 11$		

Exempel 6. Gipsskiva 2500 x 1200 x 13 mm

volym	0,039 m <sup>3</sup>	2500 kubiktum	14	"mag"
vikt	30 kg			
densitet			+1	
form			-2	
skaderisk			+1	
totalt	14 + (14 x 1/4 ( 0 ) ) = 14			

Exempel 7. Cementsäck fylld med cement

volym	0,02 m <sup>3</sup>	1200 kubiktum	11	"mag"
vikt	50 kg			
densitet			+1	
form			+1	
skaderisk			+1	
totalt	11 + (11 x 1/4 ( + 3 ) ) = 19			

Exempel 8. Pall med kalksandsten plastad

volym	0,162 m <sup>3</sup>	10000 kubiktum	23	"mag"
vikt	310 kg			
densitet			+1	
form			-1	
skaderisk			0	
totalt	23 + (23 x 1/4 ( 0 ) ) = 23			

Exempel 9. Skåp Marbodal HS

volym	0,49 m <sup>3</sup>	30000 kubiktum	33	"mag"
vikt	39 kg			
densitet			-1	
form			-1	
skaderisk			+1	
totalt	33 + (33 x 1/4 ( - 1 ) ) = 25			

Faktorerna skick och värde har i samtliga exempel åsatts graden 0 varför de ej medtagits i sammanställningen. Vikt behöver ej anges i mag-systemet, men har medtagits för jämförelsens skull. Samtliga beräknade värden av mag-talet utom i exempel 1 är avrundade.

En sammanställning av ovanstående exempel visar att

tegelsten	3,5 kg
eternitskiva	6,5 kg
bräda	15 kg
betongkub	65 kg
skulle vara ungefär lika lätta att transportera, vidare ligger	
tegelpall	310 kg
skåp	39 kg
i samma transporterbarhetsklass.	

Ett studium av ovanstående exempel visar att metoden lägger alltför stor vikt vid volymen, då volyminösa godsslag får förhållandevis höga mag-tal. Kompakta och tunga material som ofta är svårhanterliga erhåller alltså relativt sett för låga mag-värden. Vidare beaktas i metoden ej möjligheterna till samlastning med de fördelar som därvid kan uppnås, då enligt de under Kapitel 2.4 beskrivna principerna medför att en tegelpall med 72 sten skulle erhålla mag-värdet  $72 \times 3,5 = 250$ . Jämför även ovan exemplen 1 och 8.

Grundidén med mag-talet som utgångspunkt för jämförelse av olika materials relativa svårighet att transportera ansågs under arbetet med forskningsuppgiften vara av mycket stort intresse. Det ansågs därför vara lämpligt att i detta sammanhang studera vilka modifieringar som skulle behöva göras för att metoden skulle bli användbar för bedömning av byggmaterials transporterbarhet.

### 3.2 Hanteringstalet (H)

Vid intervjuer och diskussioner med branschfolk framhölls ofta godsets vikt som den intressantaste faktorn. Vikten har nämligen betydligt oftare än volymen en avgörande betydelse för val av transportutrustning på en byggarbetsplats.

I mag-systemet ger en svagt krökt kurva i dubbellogaritmisk skala sambandet mellan volym och mag enligt FIG. 23 vilken sedan ligger till grund för de fortsatta beräkningarna. På liknande sätt baseras hanteringstalet på ett samband mellan vikt och ett basvärde ( B ), där emellertid sambandet utgöres av en rät linje i den dubbellogaritmiska skalan enligt FIG. 25.

För det fortsatta arbetet gällde att hanteringstalet skulle utgöra ett mått på en varas hanterbarhet i förhållande till en annan vara. Således skulle den lätthet eller svårighet med vilken olika material hanteras jämfört med varandra lätt kunna beräknas. Vidare utgör hanteringstalet inget absolut mått, utan är endast ett relationstal vid jämförelse mellan olika godsslag.

De faktorer Muther använt vid uppbyggnaden av mag-talet var

- storlek
- densitet
- form
- skaderisk
- skick
- värde

Vid uppbyggnaden av hanteringstalet utgick man också till en början från ovanstående faktorer, men allteftersom arbetet fortskred dök nya aspekter upp och andra parametrar visade sig lämpligare. Slutgiltigt bestämdes hanteringstalet vara beroende av följande:

- a. vikt
- b. volym
- c. form
- d. gripbarhet
- e. skadebenägenhet
- f. speciella faktorer

Likheterna är tämligen stora mellan de båda systemen, till exempel ingår vikt, volym, form och skadebenägenhet i någon form i de bägge systemen.

För hanteringstalets parametrar gäller följande beteckningar och definitioner.

- a. vikt

Angives i kg

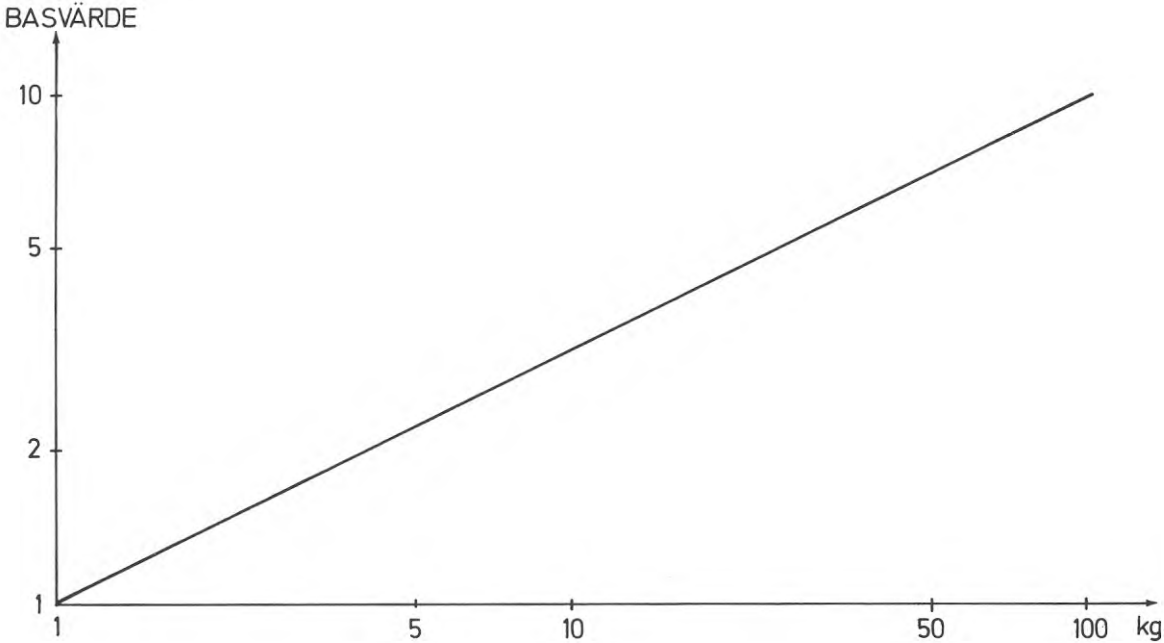


Fig. 25. Basvärdet som funktion av vikten ( 1 - 100 kg )



## b. volym

angives i  $m^3$

## c. form

Parametern form uppdelas i fyra grupper

- volyngods (VG)  
Gods som har väsentlig utbredning i tre dimensioner
- ytgods (YG)  
Gods som har väsentlig utbredning i två dimensioner
- långgods (LG)  
Gods som har väsentlig utbredning i en dimension
- vinklelement  
Gods som utgör kombinationer mellan volyngods, ytgods och långgods.

## d. gripbarhet

Parametern gripbarhet uppdelas i tre grupper

- gripbart gods (g)  
Gods som enkelt kan gripas av eller sammankopplas med människa respektive maskinell hanteringsutrustning
- svårgripbart gods (sg)  
Gods som icke utan svårighet kan gripas av eller sammankopplas med människa respektive maskinell hanteringsutrustning
- ej gripbart gods (eg)  
Gods som ej kan gripas av eller sammankopplas med människa respektive maskinell hanteringsutrustning

Gods som i sig självt ej är gripbart förvaras vanligen i behållare eller förpackningar som är gripbara. P s s kan ej gripbart gods förses med utrustning för greppning eller koppling.

## e. skadebenägenhet

Den egenskap hos godset som anger resultatet av yttre påverkan, dvs skadeomfattning vid yttre påverkan.

Parametern skadebenägenhet uppdelas i fem grupper

- ingen benägenhet
- ringa benägenhet
- någon benägenhet
- stor benägenhet
- mycket stor benägenhet

Skadebenägenheten kan förändras med olika typer av emballage.

## f. speciella faktorer

Hit kan exempelvis hänföras ett materials värde. Värdet kan ses från tids- och/eller kostnadssynpunkt och åläggas såväl negativt som positivt relationstal.

För att vid en jämförelse mellan olika materialslag ej erhålla missvisande resultat kan man till denna parameter även hänföra materialspecifika egenskaper.

Relationen mellan parametrarna och den inbördes uppdelningen av dessa framgår av FIG. 26.

Relationstal	Volym $m^3$	Form	Gripbarhet	Skade - benägenhet	Speciella faktorer
-2	$10^{-3}$				
-1	$10^{-3} - 10^{-2}$			ingen	
0	$10^{-2} - 10^{-1}$	Volymgods (VG)	gripbart (g)	ringa	
+1	$10^{-1} - 1$	långgods (LG)	svårgripbart (sg)	någon	
+2	1-4	ytgods (YG)		stor	
+3	4-10			mycket stor	
+4	10		ej gripbart (e g)		

Fig. 26. Modifieringsfaktorer för beräkning av ett gods hanteringstal.

Det fortsatta arbetet visade att sambandet mellan vikt och basvärde gav felaktiga utslag vid stora vikter, varför kurvan bröts vid 100 kg. Relationen vikt-basvärde är i dubbellogaritmisk skala fortfarande rätlinjig, men med olika lutningar av kurvan för vikter under respektive över 100 kg enligt FIG. 27. Detta motiveras av att viktens betydelse för hanteringen minskar snabbare ju högre upp i viktsklasserna man kommer, då detta innebär att större maskinella hjälpmedel måste sättas in. Som exempel kan nämnas att ett byggnadselement på 1 000 kg hanteras ungefär lika snabbt som ett på 500 kg av en tillräckligt stor kran.

Formelmässigt beräknas hanteringstalet enligt följande

$$H = B (1 + k (m_v + m_f + m_g + m_s + m_{spec}))$$

där

B (basvärdet) är en funktion av vikten enligt FIG. 27

k är en konstant = 0,25

$m_v$  till  $m_{spec}$  är modifieringsfaktorer bundna till parametrarna

volym, form, gripbarhet, skadebenägenhet och speciella faktorer.

Relationstalen för m finns angivna i FIG. 26.

Relationstalet 0 är tänkt att motsvara den på byggnadsplatsen oftast förekommande formen av variabeln.

En jämförelse mellan basvärdeskurvan för mag respektive hanteringstalet är möjlig genom att överföra mag-kurvan från volym till kg, samt genom att utgå från en träklots med volymvikten 0,6 kg/dm<sup>3</sup>. Detta ger en kurva som i intervallet 1 - 1000 kg kan approximeras till två räta linjer enligt FIG. 28. (En träklots på 10 kubiktum definierade i enlighet med kap. 2.4 en mag). En jämförelse mellan kurvorna i FIG. 27 och 28 visar att överensstämmelsen är god vad beträffar lutningarna. Basvärdena i mag-kurvan motsvaras emellertid av 10 gånger så stora ingångsvärden i kurvan för hanteringstalet.

### 3.3 Beräkning av hanteringstalet

Vid beräkning av en varas hanteringstal bestäms först dess ingående parametrar. Vikt och volym beräknas, formen antecknas, gripbarhet och skadebenägenhet värderas. För gången redogörs i exemplet nedan.

Ex. Gipsskiva 13 mm L = 2500 B = 1200

Vikt	30 kg
Volym	$3,9 \times 10^{-2} \text{ m}^2$
Form	ytgods
Gripbarhet	täml. svårgripbart
Skadebenägenhet	någon

Ur FIG. 27 erhålles basvärdet som funktion av vikten, och ur FIG. 26 erhålles värden på modifieringsfaktorerna för övriga parametrar.

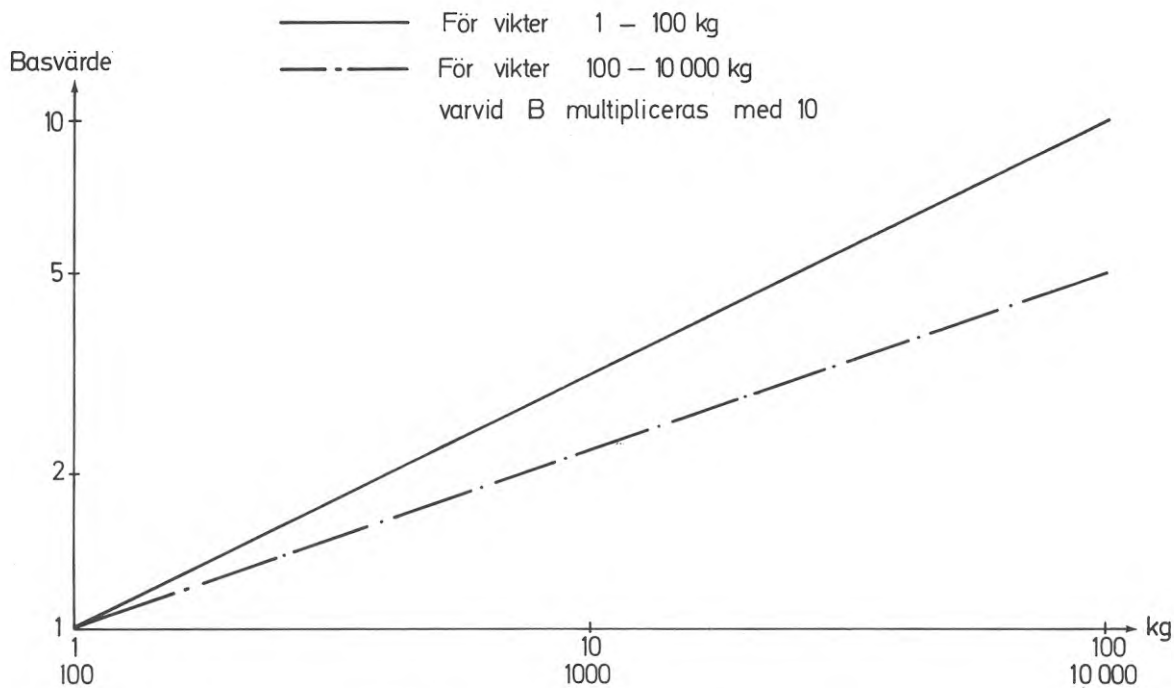


Fig. 27. Basvärdet som funktion av vikten ( 1 - 10 000 kg )

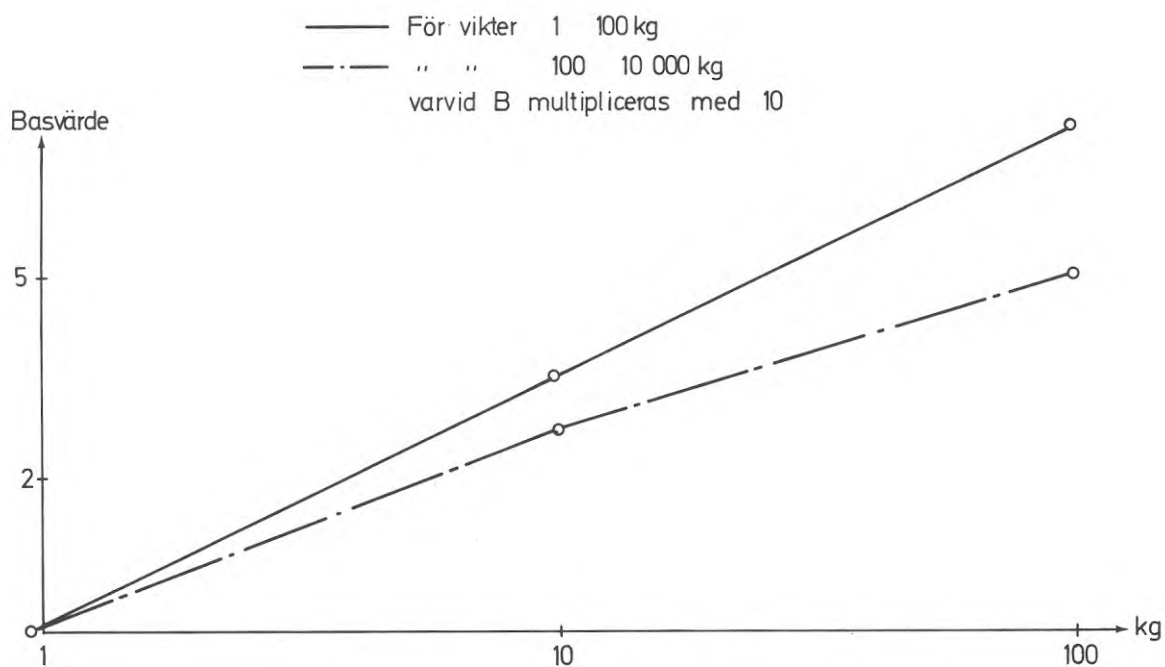


Fig. 28. "Mag" överfört till kg  
Referens träklots  $\gamma = 0,6$   
Kurvan appr. till räta linjer.

Vikt	30 kg	$B = 5,4$
Volym	$3,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$	$m_v = 0$
Form	ytgoods	$m_f = +2$
Gripbarhet	täml. svårgripbar	$m_g = +1$
Skadebenägenhet	någon	$m_s = +1$

Med användande av formeln på sid. 54 erhålles

$$H = 5,4 + 0,25 \times 5,4 \times (2+1+1) = 11$$

Beräkning av hanteringstalet kan även ske med hjälp av diagrammet i FIG. 29.

Hanteringstalet är som tidigare nämnts ett relationstal mellan olika produkters hanterbarhet i förhållande till varandra. Ju lägre hanteringstal en vara erhåller, desto lättare är den att hantera.

På arbetsplatsen är det dock inte det enskilda godsets utformning och anpassning till transportsystemet och vice versa, som är väsentlig, utan summan av alla godsslags sammanlagda hanteringstal. Möjligheter till samlastning eller hantering av stora sammanslagna enheter ger ofta lägre hanteringstal än separat hantering av varje enhet.

En sammanställning över några olika byggmaterials hanteringstal redovisas i TAB. 1 - 4.

### 3.4 Hanteringstalets utvecklingsmöjligheter

Då hanteringstalet är så konstruerat att ett högre värde medför ökade krav på transportutrustningen, borde denna kunna delas in i lämplighetsgrupper med utgångspunkt från hanteringstalet. Klassificeringen sker så att mot varje H-värde ställs den grupp av transportmedel som har de prestanda som krävs för att klara av ifrågavarande gods. Vid denna klassificering är det av vikt att speciellt studera extremfallen, så att ej underdimensioneringar företas.

Genom att på detta sätt hänföra hanteringstalen och därmed byggnadsmaterialen till olika utrustningsklasser, kan man få en överblick över de krav på differentiering av utrustningen som föreligger dels inom, dels mellan varje byggnadsskede. Det blir således lättare att se vilka åtgärder som bör vidtagas för att kunna homogenisera utrustningsfloran, d v s inom varje byggnadsskede ha en så enhetlig klassrepresentation som möjligt. Ett skissartat förslag till indelning har gjorts i FIG. 30, där utgångspunkt vid klassindelningen har varit en betongkub - d v s ena ytterlighetsfallet vid beräkning av hanteringstalet.

Hur stort antalet klasser bör vara kan diskuteras, och troligt är att varje företag har önskemål om sin indelning, beroende på den företagsinterna maskinparken.

Vidare borde hanteringstalet kunna ligga till grund för en överslagsmässig beräkning av olika transportsystems relativa kostnad,

TABELL:1 Hanteringstalets storlek för några volym gods

Gods slag	Basvärde		Modifieringsfaktorer											Σm	k	H
	Vikt	B	Volym	m <sub>v</sub>	Form	m <sub>t</sub>	Gripbarhet	m <sub>g</sub>	Skadeben	m <sub>s</sub>	Spec. fakt.	m <sub>spec</sub>				
Tegelsten	3,5	19	250x120x60x10 <sup>-3</sup>	-1	VG	0	g	0	ingen	-1			-2	0,25	1	
Leca - block	35	58	500x250x200x10 <sup>-3</sup>	0	VG	0	g	0	ringa	0			±0		6	
Lättbetongstav	24,5	5	3,75 x10 <sup>-2</sup>	0	VG	0	g	0	ringa	0			±0		5	
Cementsäck	50	7	0,02	0	VG	0	sg	+1	någon	+1			+2		11	
Betongkub	65	8	0,3x0,3x0,3	0	VG	0	sg	1	ingen	-1			±0		8	
Mexi-pall	310	14,5	0,162	+1	VG	0	sg	+1	ringa	0			+2		22	
Cement - pall	2000	28	0,4	+1	VG	0	g	0	ringa	0			+1		35	
Gipsskive - pall	1750	27	>1	+2	VG	0	g	0	ringa	0			+2		40	

TABELL:2 Hanteringstalets storlek för några långgods

Godsslagslag	Basvärde		Modifieringsfaktorer											Σm	k	H
	Vikt	B	Volym	m <sub>v</sub>	Form	m <sub>t</sub>	Gripbarhet	m <sub>g</sub>	Skadeben	m <sub>s</sub>	Spec. fakt.	m <sub>spec</sub>				
Bräda	7	2,6	2x0,05x0,1	0	LG	+1	g	0	ingen	-1			±0	0,25	3	
Bräda	17,5	4,2	5x0,05x0,1	0	LG	+1	g	0	ingen	-1			±0		4	
Arm. järn φ 16 L=2000	2,30	1,5	4x10 <sup>-4</sup>	-2	LG	+1	g	0	ingen	-1			-2		1	
Arm. järn φ 16 L=10	16,3	3,9	2x10 <sup>-3</sup>	-1	LG	+1	g	0	ingen	-1			-1		3	
Stålbalk Dip40 L=10	1550	26	0,20	+1	LG	+1	g	0	ringa	0			+2		39	
Betongpåle	1500	26	10x0,25x0,25	+1	LG	+1	sg	+1	stor	+2			+5		58	
Betongbalk	48	38	10x0,4x0,5	+2	LG	+1	sg	+1	någon	+1			+5		85	

TABELL 3 Hanteringstalets storlek för några ytgods

Godsslagslag	Basvärde		Modifieringsfaktorer											Σm	k	H
	Vikt	B	Volym	m <sub>v</sub>	Form	m <sub>t</sub>	Gripbarhet	m <sub>g</sub>	Skadeben	m <sub>s</sub>	Spec. fakt.	m <sub>spec</sub>				
Gipsskiva	30	5,4	2,5x1,2x0,013	0	YG	+2	sg	+1	någon	+1			+4	0,25	11	
Eternitskiva	6,5	2,5	1,5x0,395x0,005	-1	YG	+2	g	0	någon	+1			+2		4	
Plywood	12,5	3,5	2,03x1,01x0,01	0	YG	+2	sg	+1	ringa	0			+3		6	
Spånplatta	21	4,6	2,5x1,25x0,01	0	YG	+2	sg	+1	ringa	0			+3		8	
Mellanväggselement av lättbetong	70	8,4	0,9	+1	YG	+2	sg	+1	ringa	0			+4		16	

TABELL 4 Hanteringstalets storlek för några material för inredning och utrustning.

Godsslagslag	Basvärde		Modifieringsfaktorer											Σm	k	H
	Vikt	B	Volym	m <sub>v</sub>	Form	m <sub>t</sub>	Gripbarhet	m <sub>g</sub>	Skadeben	m <sub>s</sub>	Spec. fakt.	m <sub>spec</sub>				
Skåp Hs	39	6,2	0,49	+1	VG	0	sg	+1	någon	+1			+3	0,25	11	
EIBA	14	3,5	0,054	0	VG	0	g	0	någon	+1			+1		4	
Spis SG 201	47	6,8	0,27	+1	VG	0	sg	+1	stor	+2			+4		14	
Badkar utan front	41	6,4	1,6x0,7x0,5	+1	VG	0	g	0	någon	+1			+2		10	
Tvättmaskin	75	8,6	0,8x0,6x0,53	+1	VG	0	sg	+1	stor	+2			+4		17	
Torkskåp	61	7,8	0,6x0,6x1,9	+1	VG	0	sg	+1	någon	+1			+3		14	
Våtenhet E -modul	600	18,5	2,25x2,05x2,5	+4	VG	0	g	0	stor	+2			+6		46	

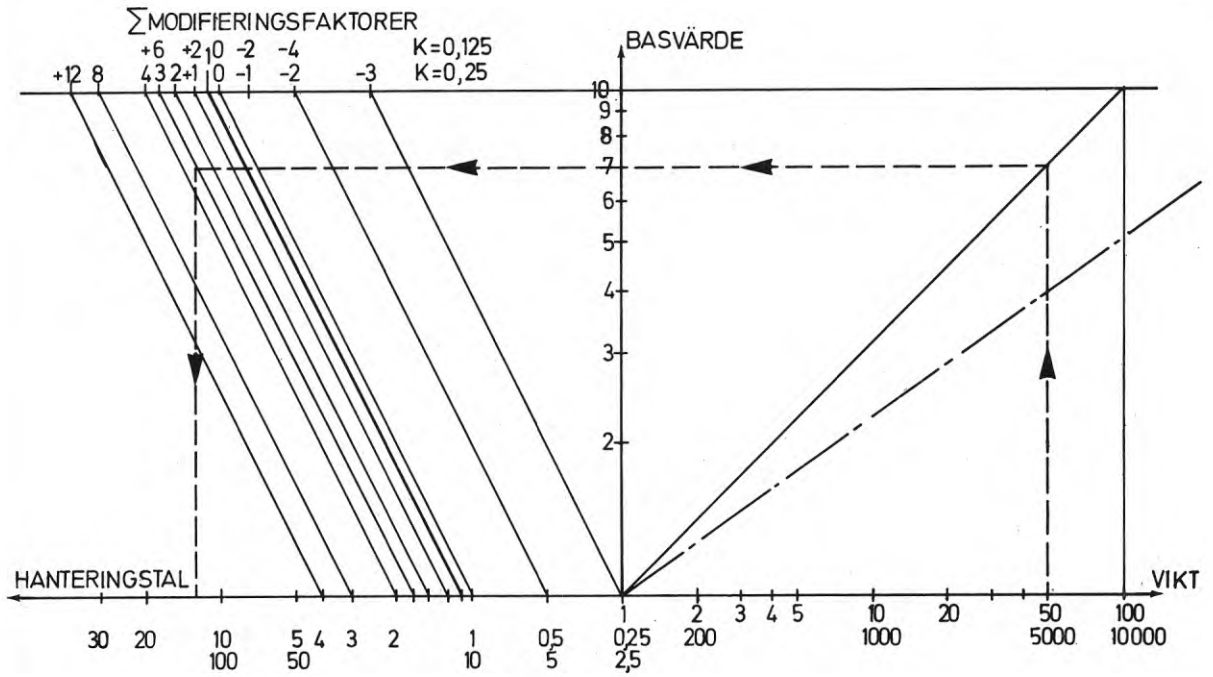


Fig. 29. Diagram för beräkning av hanteringstal.  
 Exempel: Mellanväggsplank av lättbetong, vikt 50 kg.  $\Sigma M = +3$ , ger  $H = 12,3$

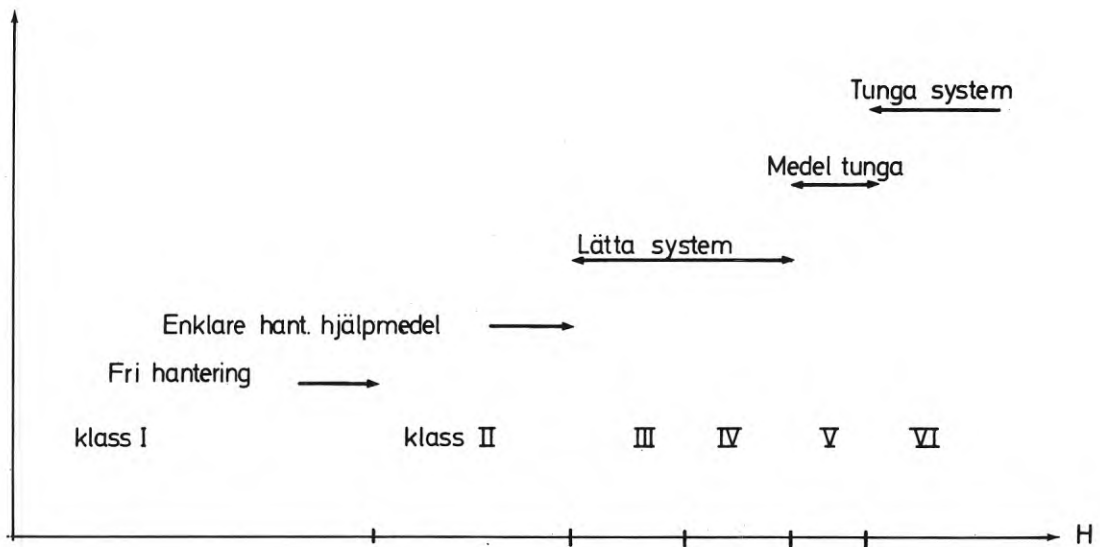


Fig. 30. Indelning av hanteringsutrustning efter Hanteringstalet.

eftersom ett högre hanteringstal medför krav på större och därmed också dyrare hjälpmedel. Därvid vore det lämpligt att penetrera kostnadsrelationerna mellan ett materials hanteringstal och de olika transportenheter.

I ett första steg bör man kunna nöja sig med att studera kostnadsrelationerna mellan de olika utrustningsklasserna för att lättare kunna överblicka konsekvenserna av alltför inhomogena eller felaktigt utnyttjade system. Enstaka stora elementvikter kan exempelvis leda till att hela transportapparaten måste överdimensioneras.

I ett andra steg bör de enskilda transportmedlens kostnadsrelationer studeras för att man inte bara skall kunna välja utrustningsklass utan även utrustning inom klassen.

Givet är, att vid detta studium ej endast rent ekonomiska faktorer skall beaktas, utan även för arbetsplatsen och transporten specifika data, som kan tänkas påverka valet av transportmedel.



## 4 FÄLTSTUDIER

4.1 Allmänt om studiens uppläggning och genomförande

För att testa och kvantifiera den utvecklade metodiken om hanteringstalet och dess praktiska tillämpning, gjordes under våren 1972 en fältundersökning vid ett antal olika byggarbetsplatser. Undersökningen inriktades på att studera hantering och förflyttning av inredningsmateriel till nyproduktion av flerfamiljshus och villor. Det studerade materialet bestod av inredningssnickrier av olika slag såsom skåp, diskbänkar, dörrar och karmar, samt av viss köksutrustning såsom spisar och kylskåp.

Avsikten med undersökningen var att uppskatta tidsåtgången för olika moment i en transportkedja, samt att ställa tidsåtgången i relation till ett visst gods hanteringstal beräknat enligt den i föregående kapitel utvecklade metodiken.

För studiens genomförande valdes den teoretiskt enkla tidsstudiemetoden med klocka. Denna metod motiverades bl a av att den ger största möjliga noggrannhet med ett begränsat antal observationer. Vidare bortföll de flesta fördelarna med andra undersökningsmetoder, t ex frekvensstudier och GTT-studier, beroende på att endast ett godslag behandlades samtidigt och bara på ett begränsat område. Operationsstegen måste dessutom av praktiska skäl göras stora, varför inga problem kunde tänkas uppstå med att hinna med den för klockstudien något mer omfattande registreringen av varje enskild mätning. Den allmänt i olika tidsstudiesammanhang förekommande tidsenheten TMU har inte använts i denna undersökning, vilket har sin förklaring i att den ansågs onödigt fin: inga moment med en varaktighet kortare än 3-5 sek har registrerats. Dessutom ger tidsenheten sekund de flesta en mer omedelbar uppfattning om tidslängd. Förflyttning och hantering har uppdelats i ett varierande antal operationssteg, som var för sig tidsberäknats. Antalet studerade operationssteg har bestämts av den på arbetsplatsen förekommande hanterings- och förflyttningsmetoden samt av praktiska möjligheter till observation. Endast metottiden har undersökts, varför inga avbrottstider av något slag, som inte är inberäknade i denna, är medtagna. Alla medräknade uppehåll är således framtvingade av metoden i fråga, oeh spontana, personliga pauser har helt negligerats. Redovisade tider (lagtider) utgör aritmetiska medelvärden av de i undersökningen registrerade. De förekommande operationsstegen redovisas och beskrives nedan.

Till flakkant:

Härmed avses hantering och transport av godset till lastbilens flakkant. I allmänhet lossades godset från bilens långsida, varvid lämmarna dessförinnan fällts ner. Tidmätningen startades då bilens chaufför, någon gång tillsammans med ytterligare en man, släppte taget om en hanteringsenhet och avbröts då man släppte taget om nästa enhet. Registrerad tid för detta moment inrymmer således gångtid från flakkant till gods (i allmänhet några få steg), gripande av gods, bärning eller släpning till flakkant samt vanligtvis fällning av godset till mottagare på mark. På ett undantag när var endast en man i arbete på flaket. Även stora

skåp kunde med synbarlig lätthet dragas fram till flakkant av en man, och hanteringen på flaket utgjorde i allmänhet inte någon begränsande faktor vad gäller lossningshastigheten.

Till mellanlager:

Uppmätt tid för detta operationssteg avser transporttid till mellanlager samt tid för placering av gods i mellanlager. Tidmätningen påbörjades då mottagare på mark fått grepp om godset och avslutades då greppet om godset släppts. Tid för detta moment avser viss, i allmänhet mycket kort, hanteringstid vid flakkant (oftast för att förbättra greppet), tid för transport till mellanlager (för det mesta bars godset, någon gång användes säckkärria) samt tid för placering av godset i mellanlager.

Från mellanlager till flakkant:

Tidmätningen startades då man släppt taget om godset i mellanlager och avslutades då man fått grepp om nästa enhet vid flakkant. Tiden för detta operationssteg utgjordes huvudsakligen av gångtid utan last, och särskiljdes endast för att man härmed skulle kunna jämföra gånghastighet med och utan last.

Bära från mellanlager in i villa eller lägenhet:

Operationssteget innefattar viss hantering i mellanlager, bärning av gods in i lägenhet eller villa samt där placering av detsamma. Momentet påbörjas i och med att arbetaren griper om godset och avslutas med att han släpper greppet. I vissa fall, då det av praktiska skäl var omöjligt att exakt avgöra tidpunkten för momentets avslutande, har även återgång utan last inkluderats, och operationssteget avslutas då inte förrän arbetaren griper om nästa gods. Detta anges i varje enskilt fall. Eljest särskiljes gångtid utan last och redovisas separat. Detta moment är i praktiken identiskt med momentet "Från mellanlager till flakkant" och behandlas inte ytterligare.

Från mellanlager till hiss:

En arbetsplats var utrustad med bygghiss, vilken ombesörjde alla vertikala transporter av inredningsmateriel. Operationssteget är i praktiken identiskt med det omedelbart föregående omnämnda och behandlas därför inte ytterligare. Tilläggas bör dock att utöver bärning förekom även transport med säckkärria. I något fall har även återgång utan last av vissa praktiska skäl inkluderats i detta operationssteg, vilket dock tydligt anges.

Normalt särskiljes dock gångtid utan last och redovisas separat. Detta moment är identiskt med "Från mellanlager till flakkant", varför ingen ytterligare behandling synes motiverad.

Transport med hiss:

Operationssteget påbörjas med hissdörrens stängande och avslutas med dess öppnande.

Från hiss in i lägenhet samt återgång:

Detta operationssteg påbörjas då man griper om ett gods inne i hissen till dess man griper om nästa. Momentet inrymmer alltså hantering inne i hissen, transport på våningsplan in till respektive lägenhet, hantering inne i lägenhet samt återgång till bygg-hiss.

Återgång utan last kunde av praktiska skäl inte detaljstuderas. Vissa gods bars, andra transporterades med säckkärra. I varje enskilt fall anges metoden.

Härutöver förekommer ytterligare några för vissa arbetsplatser specifika operationssteg, för vilka dock ingen allmän redogörelse lämnas här, utan en utförligare beskrivning ges i samband med beskrivning av arbetsplats och transportmetod.

Fältundersökningen kunde genomföras utan några som helst kontroverser med arbetare eller arbetsledare. De tidsstuderade arbetarna informerades ingående om studiens syfte och reagerade aldrig negativt. Huruvida deras prestationsgrad påverkades åt något håll av undersökningen är svårt att uttala sig om. Dock syntes de icke märkbart stressade av tidsstudiemannens närvaro, och har någon förändring av deras normala prestationsgrad skett, bör den knappast ha varit stor.

Vädret var på några undantag när gynnsamt med mestadels uppehållsväder och svag vind. Dock förekom vid något tillfälle hård blåst och kraftigt regn. De försämrade yttre förhållandena tycktes dock inte nämnvärt påverka hanterings- och förflyttningstider. Någon signifikant skillnad i uppmätta tider kunde i varje fall inte konstateras. Möjligen var det snarare så att tempot ökade, beroende på att man snabbt ville få det i allmänhet relativt oskyddade godset under tak.

4.2 Studerade materiel och arbetsplatser

Fältstudierna utfördes vid sju olika arbetsplatser i Malmö - Lund-regionen. Studerade materiel och arbetsplatser framgår av sammanställningen som följer

<u>Arbetsplats</u>	<u>Byggnationstyp</u>	<u>Studerade materiel</u>
1	16-vånings flerfamiljshus	kylskåp spisar skåp badkar dörrar
2	enplans kedjehus	stora skåp
3	enplans villor	stora skåp små skåp
4	tvåplans radhus	dörrar diskbänkar stora skåp medelstora skåp små skåp skivor
5		

5	enplans villor med inredd vind	diskbänkar stora skåp små skåp
6	3-vånings lamell- hus	kylskåp spisar
7	2-vånings loft- gångshus	stora skåp små skåp kylskåp spisar

#### 4.3 Modifieringar av relationstal

I detta avsnitt diskuteras vilka modifieringar av relationstalen som bör göras för att man skall erhålla en lämplig anpassning mellan hanteringstal för olika materielslag.

##### Diskbänkar

En allmän tendens är att diskbänkar belastas med för högt hanteringstal. Detta beror dels på att vikten (ca 90 kg) ligger väsentligt över den som gäller för stora skåp (ca 57 kg), dels att volymen ligger just över en relationstalsförändringsgräns. Stora skåp med en ungefärlig volym på ca 0,85 m<sup>3</sup> erhåller  $m_v = +1$  medan diskbänkar åsättes  $m_v = +2$ . Vad gäller tid för transport från mellanlager in i respektive lägenhet är skillnaden mellan de två studerade arbetsplatserna mycket stor. Detta beror på att man vid den ena arbetsplatsen kunde klara inbärningen med två man, medan man vid den andra ansåg sig behöva tre man, vilka dessutom höll ett betydligt lägre tempo. Eftersträvas ett rätlinjigt samband mellan hanteringstal och persontid bör hanteringstalet sänkas vid  $k = 0,25$  från 23,8 till ca 16. Hanteringstalet skulle sålunda endast med ca 3 enheter överstiga motsvarande värde för stora skåp, något som med hänsyn till bl a den stora viktsskillnaden kan tyckas dubiöst. En allmän tendens visar dock att vikten kanske inte har så avgörande betydelse som i kapitel 3.2 redovisad formel vill göra gällande, så länge godset kräver en specifik hantering i form av arbetskraftsinsats, maskininsats etc. Ett volymgods med en viss vikt kräver en viss arbetskraftsinsats för att förflyttas med en viss hastighet, medan ett annat med en väsentligt avvikande vikt, dock fordrande samma arbetskraftsinsats beroende på form, gripbarhet, volym etc, kan förflyttas med ungefär samma hastighet, och relationerna mellan hanteringstal och åtgången persontid kommer alltså att uppvisa stora differenser.

Även relationstalet för skadebenägenhet har vad gäller diskbänkar åsattsett högre värde än motsvarande för stora skåp, detsamma gäller relationstalet för gripbarhet.

Följande ansatts göres:

##### Diskbänkar

Vikt/ h.e.	90 kg	$B = 9,5$
Volym/ h.e.	1,12 m <sup>3</sup>	$m_v = +1$ (avvikelse)
Form	VG	$m_v^f = 0$
Gripbarhet	sg	$m_f = +1$ (avvikelse)
Skadebenägenhet	någon	$m_s^g = +1$ (avvikelse)

Relationstalens summa har härvid sänkts från 6 till 3. Basvärdet lämnas tills vidare oförändrat. Med dessa värden erhålles ett modifierat hanteringstal enligt nedan:

$$H = B (1 + k (m_v + m_f + m_g + m_s))$$

$$H = 9,5 (1 + k (+1 + 0 + 1 + 1))$$

för  $k = 0,25$  erhålles  $H = 16,6$

$k = 0,125$	$H = 13,1$
$k = 0,25$	$H = 16,6$
$k = 0,50$	$H = 23,8$
$k = 0,75$	$H = 30,9$

Som synes erhölls den önskvärda minskningen av hanteringstalet utan någon förändring av det viktsberoende basvärdet. Förändringarna består av en uppåt hittills ej begränsad förskjutning av relationstalsgränserna vad gäller volymen. Därtill har de relativt subjektiva begreppen gripbarhet och skadebenägenhet värderats till lägre relationstal än tidigare. Vad gäller gripbarheten är det uppenbart att diskbänkar är svårare att få grepp om än det i detta sammanhang naturliga jämförelseobjektet stora skåp. Den försämrade gripbarheten kan dock tydligen helt hänföras till den högre vikten, till vilken hänsyn redan tagits genom basvärdet. Relationsvärdet för skadebenägenheten hade tidigare åsatts värdet +2 men i den modifierade beräkningen värdet +1. Skadebenägenheten är ett mycket svåranalyserat begrepp, och någorlunda riktiga värderingar kan nog inte göras, med mindre att man på något sätt tar hänsyn till och värderar uppkomna skador. Detta ligger dock utanför denna forskningsuppgifts kompetensområde. En allmän tendens är dock att skadebenägenheten i mycket liten utsträckning påverkar hanterings- och förflyttningstider. Så hanteras t ex en glasad dörr på ungefär samma sätt och med samma fermitet som en oglasad. Under de fältstudier som ligger till grund för här redovisade data har inga grava transportskador kunnat konstateras. Uppgiften har emellertid inte gällt dessa problem, varför skador mycket väl kunnat uppstå utan att därför ha uppmärksammats.

#### Små skåp

Små skåp synes i likhet med diskbänkar vara belastade med för höga hanteringstal dock inte fullt så markerat och entydigt. De hanteras och förflyttas alltså enklare och snabbare än beräknade hanteringstal indikerar. Ett lämpligt jämförelseobjekt finner man i stora skåp, då gripbarhet och skadebenägenhet kan förutsättas vara likartade bl a beroende på likartad emballering. Till kategorin stora skåp har hänförts alla skåp med  $H_{0,25} = 13,1$  och till kategorin små skåp alla skåp med  $H_{0,25} = 9,5$ . Därtill förekommer ett antal andra skåpstorlekar med avvikande hanteringstal. En sänkning av hanteringstalet vid  $k = 0,25$  från 9,5 till ca 6 å 7 synes befogad. Detta kan anses motiverat framför allt beroende på den väsentligt mindre volymen, (ca  $0,2 \text{ m}^3$ ) till vilken dock ingen hänsyn tagits, då både stora och små skåps volymer inrymms i ett och samma relationstalsintervall. Den mindre volymen samt den lägre vikten innebär dock att små skåp enkelt kan hanteras och förflyttas av en man till skillnad från stora skåp, vilka alltid fordrar två man. Undantag dock för hantering och förflytt-

ning till lastbilens flakkant, som lastbilsschauffören i allmänhet ensam klarar av, även då det gäller stora skåp. Eftersom den hastighet varmed skåpen hanteras och bäres är ungefär lika för stora och små skåp, medför detta att stora skåp för ett visst moment fordrar dubbelt så stor persontid som små, varför de senares hanteringstal alltså borde vara ca hälften av de förras, under förutsättning att ett rätlinjigt samband mellan hanteringstal och arbetskraftsinsats (= åtgången persontid) postuleras.

Följande ansatts gällande enligt tidigare:

Små skåp

Vikt/ h.e.	ca 29 kg	B = 5,4
Volym/ h.e.	0,18 m <sup>3</sup>	m <sub>v</sub> = +1
Form	VG	m <sub>f</sub> = 0
Gripbarhet	sg	m <sub>f</sub> = +1
Skadebenägenhet	någon	m <sub>s</sub> <sup>g</sup> = +1

Härav erhöles för k = 0,25 H = 9,5.

En minskning av relationstalet för volym (m<sub>v</sub>) från +1 till 0, vilket innebär en avvikelse från ansattsen ovan, medför en sänkning av hanteringstalet till 8,1. I likhet med vad som gäller för stora skåp har relationstalet för gripbarhet (m<sub>f</sub>) uppskattats till +1, vilket motiveras av att ytskikt, konfiguration o dyl är likartade. Betraktas emellertid små skåp, enligt i kapitel 3.2 angiven nomenklatur, som gripbart gods, medför detta en häremot svarande relationstalssänkning från +1 till 0.

Följande ansatts göres:

Små skåp

Vikt/ h.e.	ca 29 kg	B = 5,4
Volym/ h.e.	0,18 m <sup>3</sup>	m <sub>v</sub> = 0
Form	VG	m <sub>f</sub> = 0
Gripbarhet	g	m <sub>f</sub> = 0
Skadebenägenhet	någon	m <sub>s</sub> <sup>g</sup> = +1

Härav erhålles hanteringstalet:

$$H = 5,4 (1 + k (0 + 0 + 0 + 1))$$

och för

k = 0,125	H = 6,1
k = 0,25	H = 6,8
k = 0,50	H = 8,1
k = 0,75	H = 9,4

Även i detta fall uppnåddes den önskvärda sänkningen av hanteringstalet utan justering av det viktsberoende basvärdet. De enda förändringar som gjorts jämfört med den ursprungliga ansatsen, är att relationstalet för volym (m<sub>v</sub>) sänkts från +1 till 0, vilket innebär att en modifiering av i kapitel 3.2 gjord indelning, samt att små skåp uppfattas som gripbart gods, någon som beroende på den subjektiva karaktären hos begreppet gripbarhet väl låter sig göras.

## Övriga materiel

De övriga materielslagen uppvisar inte någon enhetlig tendens, och spridningen av uppmätta data mellan olika arbetsplatser är i vissa fall mycket stor.

Kylskåpen som studerats vid tre olika arbetsplatser synes i två av fallen ha fått uppenbart för låga hanteringstal, medan den tredje arbetsplatsen visar på det rakt motsatta. Detta beror framför allt på att transporthjälpmiddel i form av en säckkärra använts vid den sistnämnda arbetsplatsen: man transporterade kylskåpen med en betydligt lägre arbeidskraftsinsats än vid de andra arbetsplatserna. Eftersom emballaget för kylskåp består av en stabil träram med distansklotsar av cellplast och kylskåpen därför i motsats till t ex skåp vilka beroende på emballeringsprincipen fordrar en "mjukare" behandling väl lämpar sig för transport med säckkärra måste hänsyn tas till detta vid beräkning av respektive hanteringstal. Kylskåp liksom spisar uppvisar alltså skilda förutsättningar för transport beroende på om godset är emballerat eller ej. Sålunda ökar skadebenägenheten för avemballerat gods av denna typ, och möjligheten att använda säckkärra vid transport försvåras. Ett högre hanteringstal för avemballerat gods vore följaktligen motiverat. Dock minskar godsets vikt och volym i samband med avemballeringen, vilket sänker hanteringstalet och den resultatmässiga skillnaden, beräknad enligt tidigare gjorda principer, blir troligen liten.

### 4.4 Allmän slutsats

Den i kapitel 3.2 angivna relationsindelningen bör vad gäller volym ( $m_v$ ) förändras enligt följande:

<u>Relationstal (<math>m_v</math>)</u>	<u>Volym (<math>m^3</math>)</u>
- 2	mindre än $10^{-3}$
- 1	$10^{-3} - 10^{-2}$
0	$10^{-2} - 4 \cdot 10^{-1}$
+ 1	$4 \cdot 10^{-1} - 1,25$
+ 2	$1,25 - 4$
+ 3	$4 - 10$
+ 4	större än 10

Ett volymgräns, även ett ytgodset (t ex dörr med karm), kan om dess volym understiger  $0,40 m^3$ , hanteras och bäras av en man om inte vikten är av avgörande betydelse. Mellan  $0,40$  och  $1,25 m^3$  kan godset i allmänhet bäras av två man med samma restriktioner vad avser vikten som tidigare. Ett undantag utgör hantering till flak-kant, vilket för gods även inom detta intervall kan klaras av en man. Övriga volymgränsindelningars relevans kan inte uppskattas, då undersökningen inte omfattat gods med volymer utanför intervallet  $7 \cdot 10^{-3} - 1,12 m^3$ .

Vidare bör allt gods som kan hanteras och bäras av en man uppfattas som gripbart och åsättas  $m_g = 0$ , oavsett om ytstruktur och konfiguration kan ge anledning till en annan uppfattning.

Vi har i föregående kapitel arbetat med de i hanteringstalsformeln ingående konstanten  $k = 0,25$ . Vid behandlingen av mätdata har dock genomgående fyra olika värden på  $k$  använts ( $k = 0,125, 0,25, 0,50, 0,75$ ). Någon signifikant förändring av sambandet mellan hanteringstal och åtgången persontid för en viss operation har inte kunnat konstateras. De inbördes relationerna mellan vissa godsslags hanteringstal har något förändrats, men man kan inte påstå att ett specifikt  $k$ -värde ger en riktigare uppskattning av hanteringstalet än ett annat. Vad som förändras med olika  $k$ -värden är relationstalssummornas inverkan på hanteringstalet. Ett högt  $k$ -värde medför större inverkan än ett lågt.

Av vad som ovan anförts, framgår att inga av de utförda mätningarna indikerar en justering av  $k$ -värdets belopp jämfört med det från början använda. Konstanten  $k$  ges alltså företrädesvis värdet 0,25.

#### 4.5 Kommentarer till fältstudieresultat

I sammanställningen av resultat har jämförelser endast gjorts där så ansetts relevant. Uppmätta tider för transport och hantering har jämförts där metod och förutsättningar visat någorlunda överensstämmelse. Spridningen har trots detta varit stor, vilket beror på ett flertal faktorer. Ingen arbetsplats är identisk med en annan. Skall absolut rättvis jämförelse mellan olika gods kunna göras måste hänsyn tas inte bara till transportmetod utan till markens beskaffenhet, arbetsplatsens layout, hustyp, lägenheternas planmässiga utformning, i vilket skede av byggprocessen transporten äger rum, väderlek, arbetarnas prestationsförmåga, lojalitet m m. Stor betydelse för den totala ekonomin har tidpunkten i byggprocessen för transportens genomförande. En för tidig transport innebär att inredningsmateriel måste mellanlagras i lägenheten, vilket i hög grad komplicerar arbetet för målare, mattläggare etc. I här företagen undersökning torde dessa problem inte avspeglats i mätdata. Snarare innebär en från byggprocesssynpunkt för tidig transport en förenkling av inredningsmaterialets intransport i lägenheten, då mellanlagring kan ske på från transportsynpunkt lämpligaste plats. Man slipper härvid i detta skede att bära omkring godset i lägenheten.

Den uppmätta tiden för olika transportmoment visade sig kraftigt bero av använd metod. Framför allt kunde användandet av tekniska hjälpmedel förbättra resultatet i hög grad. Så innebar t ex användandet av säckkärren en betydande minskning av persontiden: ett gods som fordrade två man för bärning kunde enkelt transporteras av en man, därtill med mindre fysisk ansträngning.

Emballeringsprincipen har i detta sammanhang också stor betydelse. För att transport med tekniska hjälpmedel överhuvud taget skall vara möjlig med hänsyn till skaderisk, krävs att emballaget skall kunna motstå hårdhänt behandling. Träram kring spisar och kylskåp visade sig vara ett utmärkt emballage, som väl motstod även omild behandling. Därtill innebar träramsemballering att gripbarheten väsentligt förbättrades, framför allt i de fall då träramen utgjorde det enda emballaget.



Gripbarheten försämrades i de fall då godset dessutom skyddades med transparent plast, något som i allmänhet får anses som tämligen onödigt. Spisar, som det i detta fall rörde sig om, torde under en inte alltför lång tid kunna utstå väta uppifrån utan att ta skada.

Hanteringstalet visade sig vara kanske mindre beroende av vikten än ursprungsformeln angav. Ett allmänt intryck var att man snabbt ville bli av med tunga bördor vilket alltså kunde öka transporthastigheten. Detta gäller dock bara det tämligen homogena materialet som i denna undersökning behandlats, varför en modifiering av det viktsberoende basvärdet bör avvaktas tills material och gods med väsentligt andra egenskaper studerats.

Huruvida samlastning i stuvor eller på pall innebär en fördel i dessa sammanhang är svårt att uttala sig om. Dörrar hanterade i stuv visar upp mycket goda styckedata. Dock tillkommer moment, framför allt uppackning och sortering vilka inte här detaljstuderats, som något kan förändra totalresultatet. Dessutom fordrar en dylik hantering tillgång till maskinella transportmedel vilka sällan förekommer på mindre arbetsplatser.

Redovisade mätdata utgör aritmetiska medelvärden av ett stort antal observationer. Spridningen observationerna emellan var i allmänhet mycket liten.

## 5 UNDERLAG FÖR TRANSPORTPLANERING

Innan vi går in på en diskussion om transportplaneringens omfattning kan det vara lämpligt att placera in transportplaneringen i sitt större sammanhang. Ett övergripande begrepp erhåller man vid användandet av produktionsplanering som enligt Svenska bygg-entreprenörföreningens produktionsråd definieras på följande sätt: Att förutse, att organisatoriskt och metodmässigt utforma och att i tiden inordna alla de åtgärder, som för ett aktuellt byggnadsobjekt krävs för att produktionen skall ge det önskade resultatet.

För att produktionen skall kunna ge det önskade resultatet krävs bl a att man har tillgång till ett effektivt och väl fungerande transportsystem. Detta erhålles genom att man med ledning av valda produktionsmetoder planerar erforderliga transporter.

Transportplaneringen blir således intimt beroende av metodvalet för de olika arbetsoperationerna. För att man skall kunna nå det bästa produktionsresultatet kan det dessutom vara nödvändigt att med hänsyn till alternativa transportsystem modifiera eller ändra föreslagna metoder. På en högre planeringsnivå kan det på samma sätt vara lämpligt att välja produktionsmetoder så att enkel och effektiv transportutrustning kan användas. Det blir därför ständigt en fråga om att väva samman produktionsmetod och transportsystem. En ensidig fastlåsning av produktionsmetod utan tanke på vilka konsekvenser detta medför vid val av transportsystem kan därför många gånger medföra en onödigt dyrbar lösning.

En total transportplanering bör omfatta fyra huvudsteg:

1. Planering av externa transporter
2. Planering av interna transporter
  - a) hantering
  - b) förflyttning
3. Extern integration
4. Genomförande av planerna

Planering av de externa transporterna innebär att en behovsanalys utföres, varvid alternativa transportsätt och sändningsstorlekar penetreras i fråga om kostnader och lämplighet.

Vid planering av de interna transporterna behandlas arbetsplatsens transportbehov och system samt de i dessa ingående komponenterna.

Extern integration berör de externa transporternas anpassning till byggplatsens speciella förutsättningar i fråga om disposition, interna transportmedel m m.

För att transporterna skall fungera enligt planerna fordras att information och instruktion ges berörd personal vid genomförandet av planerna.

I det följande kommer endast punkten planering av interna transporter att behandlas.

Första steget vid planering av de interna transportererna blir att analysera de olika transporterna. Det gäller att få bästa möjliga anpassning av transportererna till den produktionskedja i vilken de ingår. Till analysen hör att skaffa och överskådligt sammanställa så säkra uppgifter som möjligt om:

- vad och vilka kvantiteter som skall transporteras vid olika tidpunkter
- från och till vilken plats godset skall transporteras
- befintliga eller tänkbara transportmedels huvuddata.

Vid transportanalysen kan ett flertal hjälpmedel komma till användning.

Exempel på sådana är:

- modell samt plan- och sektionsritningar över byggnadsobjekt
- flödesdiagram
- frekvensdiagram
- transportanalysschema
- symboler
- sambandsdiagram
- data för transportmedel.

#### 5.1 Modell samt plan- och sektionsritningar

En enkel modell samt plan- och sektionsritningar över byggnadsobjektet kan många gånger väsentligt underlätta transportanalysen. Man kan bland annat studera

- möjliga alternativa transportvägar (horisontella respektive vertikala)
- lämpliga upplagsplatser
- erforderliga dimensioner och kapaciteter för transportmedlen
- hinder och begränsningar i transportmedlens arbetsområden.

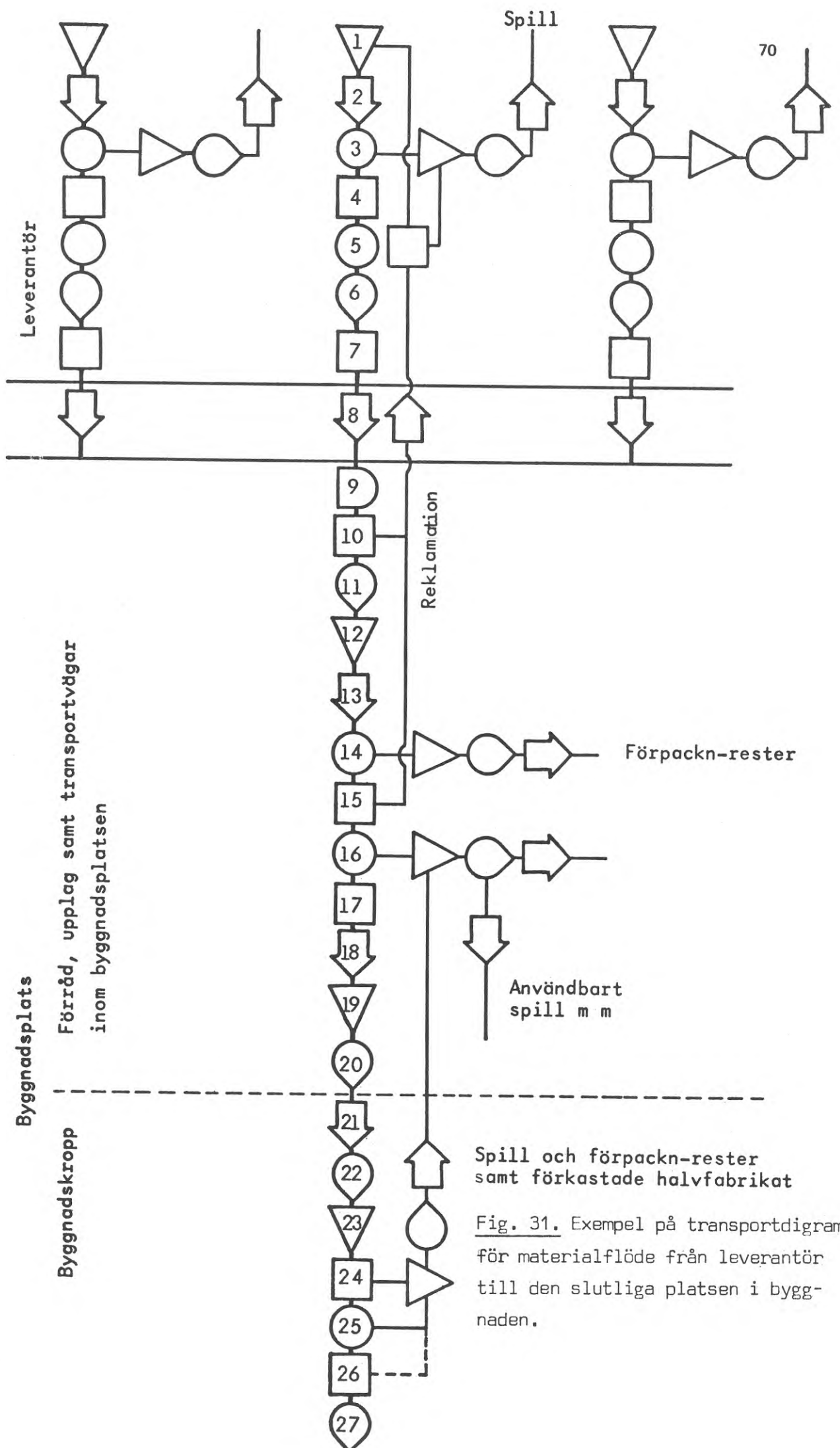
När man arbetar med modeller och ritningar är det av stor vikt att hänsyn tas till hur projektet framskrider. Möjliga transportvägar kan ändras från ett skede till ett annat. Det samma gäller för upplagsplatser och hinder.

#### 5.2 Flödesdiagram

Schematisk framställning av materialflöden kan ha till syfte:

- att ge en överblick över de viktigaste materialflödena
- att ge en uppfattning om de olika flödenas storlek i förhållande till varandra
- att ge en samlad bild av resultat av olika delundersökningar angående materialflöden.

Ett flödesdiagram kan visa transportväg, materialmängder eller bådadera. Exempel på ett enkelt flödesdiagram visas i FIG. 31. Denna typ benämnes vanligen transportdiagram och visar schematiskt transportvägen och platser för bearbetning, montering o d. (operationer), hantering, kontroll, förpackning och lagring.



Spill och förpackn-rester samt förkastade halvfabrikat

Fig. 31. Exempel på transportdigram för materialflöde från leverantör till den slutliga platsen i byggnaden.

### 5.3 Transportanalysschema

Transportanalysschema är ett schema som användes för analys av den följd av arbetsmoment (operationer, transporter, kontroller, uppehåll, lagring), som materialet genomlöper under sin väg fram till dess slutliga plats i byggnaden. Uppgifter av betydelse för analysen anges i schemat. I FIG. 32 visas i ett transportanalysschema ett generellt transportflöde för materialflöde från leverantör till den slutliga platsen i byggnaden.

### 5.4 Symboler

Vid användandet av olika typer av diagram och scheman är det lämpligt att använda symboler för att illustrera de olika aktiviteter. De i litteraturen använda symbolerna visas i FIG. 34.

Institutionen för Transportteknik vid Lunds Tekniska Högskola använder i huvudsak symboler enligt Muther.

### 5.5 Sambandsdiagram

För fastställande av aktivitetssambanden används ett sambandschema enligt FIG. 33. Med detta hjälpmedel kan avståndet mellan alla väsentliga funktioner inom arbetsplatsen värderas. Även orsaken till värderingen anges.

Sambandsschemats närhetsvärderingar överföres i skissform till ett sambandsdiagram enligt FIG. 35. Man använder härvid olika linjebredder för att visa värderingen av önskad närhet. Funktioner som har hög värdering av närhet placeras närmast varandra och de med lägre värdering i motsvarande grad längre bort från varandra.

Med hjälp av sambandsdiagrammet, situationsplan och andra modifierande faktorer kan man skissera några alternativa dispositionsplaner av arbetsplatsen.

### 5.6 Data för val av transportmedel

Interna transporter på byggarbetsplatsen kan utföras manuellt eller med olika typer av transportmedel. De manuella transporterernas omfattning har med tiden minskat. Orsaken härtill är den tekniska utvecklingen samt kostnadsutvecklingen för löner, maskiner och material. I FIG. 36 framgår utvecklingen av löne-, material- och maskinkostnaderna 1955 - 1970. Den kraftiga ökningen av lönekostnaderna i relation till maskin- och materialkostnaderna framtvingar en ökad mekanisering av byggandet för minskningen av antalet arbetstimmar. Detta i sin tur syftar till att hålla nere produktionskostnaderna.

Vid en fortsatt utveckling av denna kostnadstrend framstår det som väsentligt att allt mer eliminera det manuella arbetet med byggplatsens transporter och ersätta detta med kostnadsbesparande maskinella metoder. Som ett led i denna utveckling är det väsentligt att utvecklingen av transportmedlen väl stämmer överens med byggproducenternas behov. Vidare är det viktigt att valet

**TEKN. HÖGSKOLAN I LUND  
INST. FÖR TRANSPORTTEKNIK**

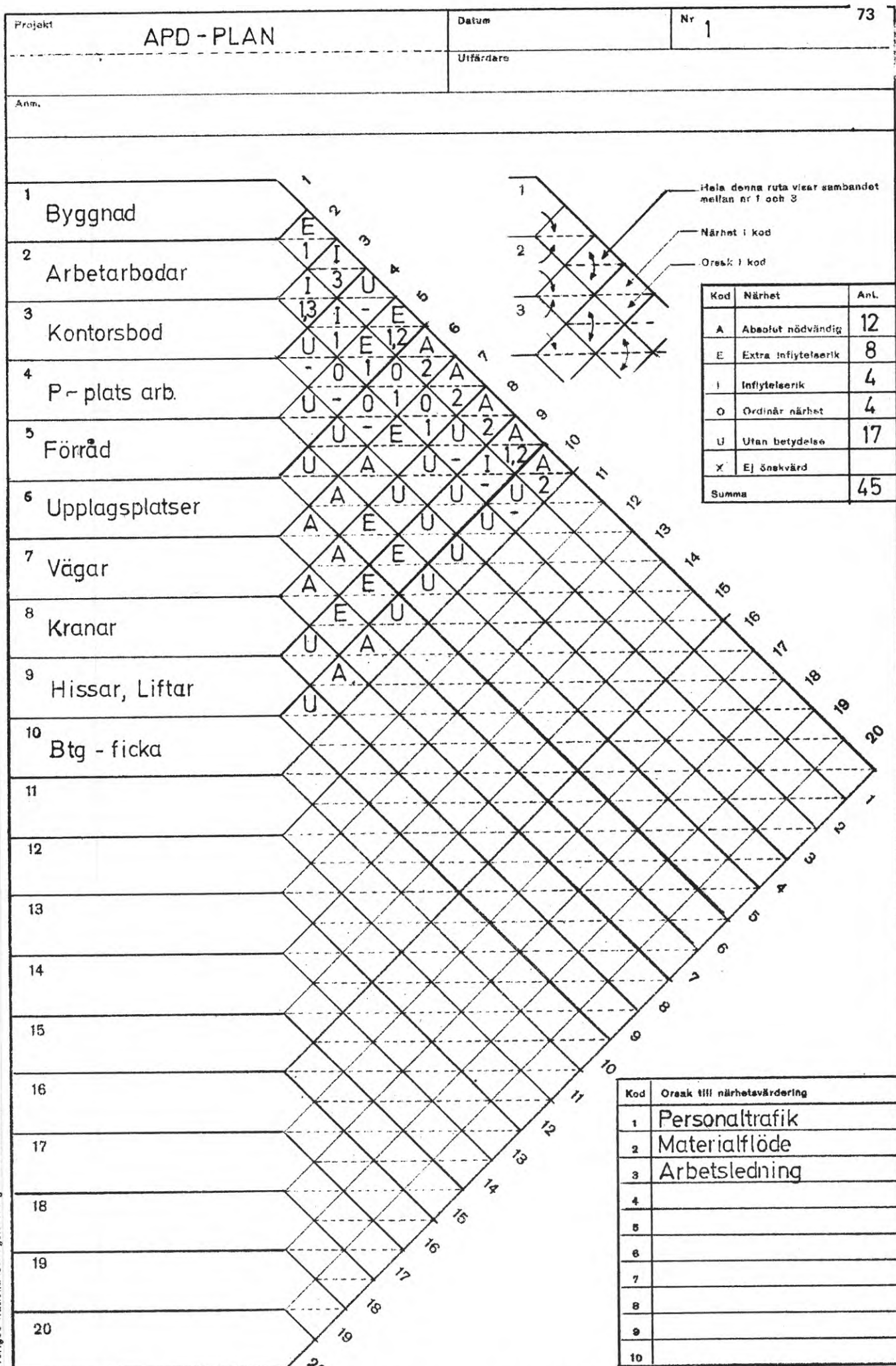
**TRANSPORTANALYS SCHEMA**

LUND 2011, ERICSSON, UNIVERSITETET

FörMätning	Projekt	Datum		Transportmedel		Antal arbetare	Beskrivning	Antal enheter i varje last	Total vikt av varje last kg	Anmärkningar
		Längd mm	Bredd mm	Höjd mm	Vikt kg					
							1 Lagr. av Råvaror o. halvfabr.			
							2 Interntransport			
							3 Bearb. av råvaror o. halvfabr.			
							4 Kontroll			
							5 Förpackning och märkning			
							6 Lastning			
							7 Leveranskontroll			
							8 Externtransport			
							9 Sök o. väntetid på byggpl.			
							10 Mottagningskontroll			
							11 Lossning			
							12 Lagring i förråd eller upplag			
							13 Interntransport			
							14 Brytning av förpackning			
							15 Kvalitetskontroll			
							16 Bearbetn. av råvaror o. halv.			
							17 Kvalitetskontroll			
							18 Interntransport			
							19 Mellan (buffert)-lagring			
							20 Lastning			
							21 Transp. till monteringsställe			
							22 Lossning			
							23 Mellanlagring på mont. ställe			
							24 Kvantitetskontroll			
							25 Justeringsarbete			
							26 Montagekostnad			
							27 Montering			
							28			
							29			
							30			
							Summa			

FIG 32

# SAMBANDSSCHEMA



Sveriges Rationella Rådgivningsförening

FIG. 33

	Booth-Chantrill	RATI	Sv.Mekan-förbund	VDI	Muther
Operation	○	○	○	+	○
Transport	➡				➡
Hantering		◎	○	○	○
Förflyttning		➡	➡	>	
Kontroll		□	□	□	□
Kvalitetskontroll	◇				
Kvantitetskontroll	□				
Dröjsmål, uppehåll (Delay)	◐	P	◐	◐	D
Lagring	▽	▽	▽	△	▽

Fig. 34. Symboler använda vid bl.a. transportanalys.

Källa: S:Bjerninger, kompendium Transportteknik.

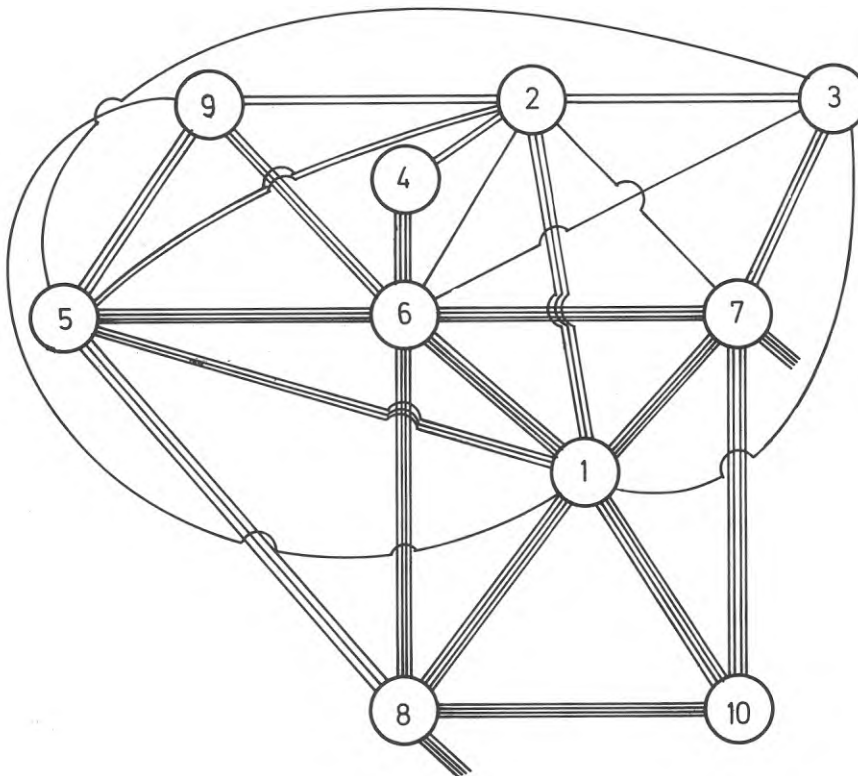


Fig. 35. Sambandsdiagram.



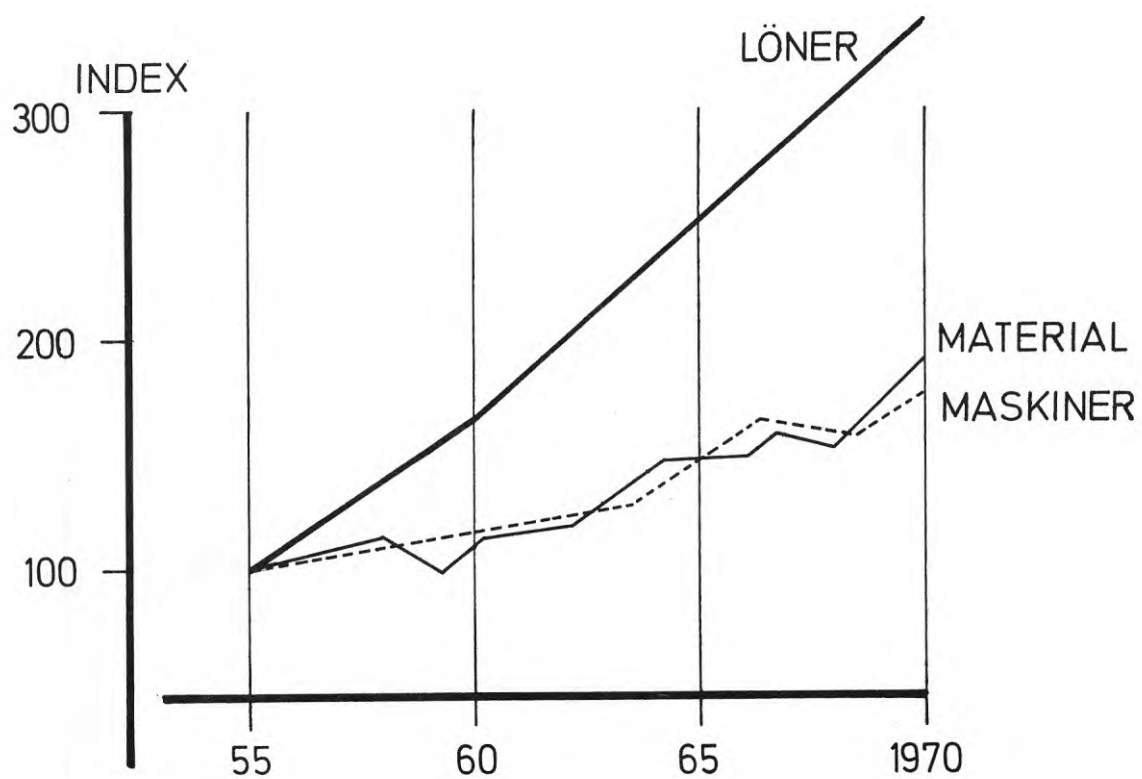


Fig. 36. Utvecklingen av löne, material- och maskinkostnader 1955 - 1970.

av transportmedel respektive transportsystem sker på ett sådant sätt att man erhåller de för den aktuella produktionen lämpligaste transportmedlen. Detta ställer krav på att byggaren mer än tidigare preciserar sina behov av transportutrustning samt att data över tillgängliga transportmedel redovisas på ett ändamålsenligt och enhetligt sätt.

De data som är nödvändiga för val av transportmedel kan indelas i

tekniska  
funktionella  
ergonomiska  
ekonomiska

Vid sammanställning av data har man i första hand tillverkarnas uppgifter att gå efter. Data anges emellertid ibland på olika sätt av olika tillverkare, varför direkta jämförelser mellan olika fabrikat försvåras.

Transportmedlens data kan anges endast med en större eller mindre grad av noggrannhet. Genom förslitning kan dessutom transportkapaciteten så småningom nedsättas. Bedömningen av ett transportmedels prestationsförmåga kan därför bli en vanskelig uppgift. Det blir vanligen fråga om en uppskattning, grundad på viss erfarenhet. Uppskattningens säkerhet kan emellertid ökas väsentligt, om det gäller relativt vanliga transportmedel och man har tillgång till överskådliga uppgifter om driftsavbrott och reparationskostnader. Ett driftsavbrott kan få mer eller mindre allvanliga konsekvenser. För aktiviteter där driftsavbrott ej kan tolereras får man speciellt värdera risken av att använda ett transportmedel med lägre driftsäkerhet. I de fall det är möjligt att inom rimlig tid ersätta det ej fungerande transportmedlet, får man väga de kostnadsökningar driftsavbrottet medför, mot de kostnadsbesparingar som eventuellt kan göras på grund av den lägre hyresdebiteringen för transportmedlet.

Somliga av transportmedlens betydelsefulla egenskaper anges normalt inte siffermässigt utan måste bedömas. Det kan t ex gälla lämplighet för olika slag av gods, flexibilitet, lättsköthet, driftsäkerhet och lätthet att reparera.

Valet av de olika komponenterna i ett transportsystem kräver enligt Bjerninger, 1970, en god kännedom om komponenterna och deras data i främst i följande avseenden:

1. Funktion
2. Transportkapacitet
3. Framkomlighet eller räckvidd
4. Lämplighet för olika slag av gods
5. Flexibilitet
6. Samspel med andra komponenter, t ex vid lastning och lossning
7. Överensstämmelse med befintlig standard
8. Lämplighet vid eventuell automatisering
9. Driftsäkerhet
10. Olycksrisker
11. Lätthet att manövrera och sköta
12. Lätthet att reparera

13. Möjligheter att erhålla reservdelar och service
14. Kostnader
15. Leveranstid

I det enskilda fallet kan de angivna faktorerna indelas i primära eller dominerande faktorer och sekundära eller betydelselösa faktorer.

Vid val av transportsystem eftersträvar man ett optimalt system och förstår därmed ett sådant system, som ger största möjliga ekonomiska utbyte, samtidigt som all möjlig hänsyn tas till den mänskliga arbetskraftens säkerhet, hälsa, bekvämlighet och trivsel. Målsättningen är m a o ett från olika tänkbara synpunkter riktigt val av transportsystem.

Ett stort antal transportsystem kan lätt komponeras. Svårigheterna kommer, när det gäller att avgöra om något system är godtagbart och att nå ett optimalt system.

Man kan teoretiskt komponera  $p^n$  transportsystem vid behov av  $n$  komponenter med vardera  $p$  tänkbara alternativ.

I praktiken har man emellertid färre alternativ att räkna med eftersom somliga alternativ genom ganska enkla överväganden kan uteslutas.

Normalt återstår ett färre antal huvudalternativ som noga bör analyseras. Vid analysen söker man belysa transportsystemen så allsidigt som möjligt. Följande faktorer kan enligt Bjerner, 1970, tänkas påverka val av transportsystem:

1. Godsets beskaffenhet. Emballage och önskade enhetslaster
2. Transportmängd
3. Transportavstånd
4. Tidpunkt och punktlighet
5. Snabbhet
6. Framkomlighet
7. Driftsäkerhet, service
8. Behov av mänsklig arbetskraft
9. Olycksrisker
10. Påfrestningar på arbetskraft
11. Skonsamhet mot transportgodset
12. Kostnad, kalkylerad
13. Hänsyn till andra system
14. Flexibilitet
15. Reklam
16. Goodwill

Även dessa faktorer kan i det enskilda fallet indelas i primära och sekundära faktorer.

## 5.7 Transportvärde

När det gäller att välja utrustning för transport av material på byggarbetsplatsen bör man efter ett noggrant analys- och planeringsarbete kunna komma fram till ett transportsystem som mycket nära ansluter till ett optimalt system. Från praktisk synvinkel måste en metod för transportplanering vara enkel och lätt

att arbeta med samtidigt som den leder till ett gott resultat. På marknaden förekommer en mycket riklig flora transportmedel. Detta gör valet av komponenter till ett transportsystem mycket komplicerat. Valet kompliceras ytterligare av att många komponenter genom olika tillsatsutrustning kan ges ganska olika egenskaper från transportsynpunkt. För att snabbt och enkelt kunna välja den lämpligaste utrustningen är det väsentligt, att en systematik för val av transportsystem snabbt leder fram till en begränsad mängd alternativa transportmedel, vilka närmare skall analyseras.

Problemet kompliceras ytterligare av den stora mängd materialtyper som förekommer på en byggarbetsplats. Materialen skiljer sig från transportsynpunkt från varandra. Ett sätt att komma åt detta problem är införandet av hanteringstalet som ett mått på respektive materials relativa svårighet att transportera. Med detta uttryck kan då förstås erforderliga resursinsatser för transport av de olika materialen. Genom att sammanföra material till lämpliga enheter erhålles en variantbegränsning som i sin tur leder till standardiserade transportmetoder.

För varje speciell transport av ett visst material finns i princip ett optimalt transportsystem. Detta behöver inte vara, och är i många fall inte, optimalt för transport av något annat material. Om man ser till byggets totala transportsystem skulle det med stor sannolikhet ställa sig ekonomiskt att välja ett optimalt transportsystem för varje materialgrupp och/eller produktionsaktivitet. Varje transportsystem ger upphov till vissa ställkostnader. Genom att t ex använda ett transportsystem som redan befinner sig på arbetsplatsen kan man spara in ställkostnader för ett annat system.

Kostnaden för byggplatsens interna transporter bör hållas nere, samtidigt som transportsystemet skall ge den service åt produktionsapparaten, att bästa möjliga resultat erhålles för byggföretaget.

Genom att man som första steg väljer ut den utrustning som kan ge tillräckligt god service åt produktionsapparaten och i ett andra steg eliminerar transportsystem som har få arbetsuppgifter och därmed kanske hög ställkostnadsandel, bör de uppställda fordringarna på transportsystemet kunna tillfredställas.

Det kan härvid vara lämpligt att införa begreppet transportvärde -  $T_V$  som ett uttryck för kostnaderna i t ex kronor för hantering och förflyttning av material från ankommande leveransfordons flak ( $T_V = 0$ ) fram till dess slutliga plats i byggnaden.

De kostnader som avses härmed är sådana resursers kostnader som är knutna till transporten av visst material.

Hänsyn till resursernas ställkostnader bör tagas på sådant sätt att dessa fördelas mellan de olika transportoperationer i vilka de ingår.

En materialgrupps transportvärde skulle sålunda kunna tecknas:

$$T_V = \sum_1^n T_{OV} + \frac{\sum h}{h_t} \cdot S$$

där

$T_V$  är transportvärdet

$T_{OV}$  är kostnaden för en transportoperationscykel (Transport-OperationsVärdet)

$n$  är antalet erforderliga transportoperationscykler

$S$  är medverkande resurs ställkostnad

$\Sigma h$  är resursens dispositionstid för transport av materialgruppen

$h_t$  är resursens totala dispositionstid för byggarbetsplatsen

Summan av  $T_{OV}$  kan lämpligen benämnas materialgruppens transportarbetsvärde eller förkortat  $T_{AV}$ .

Efter att ha beräknat transportvärdet  $T_V$  för olika materialgrupper återstår att försöka eliminera transportmedel så att  $T_V$  minimeras. Transportvärdet för ett antal olika materialgrupper kan exempelvis fördela sig enligt FIG. 37. Summan av transportvärdena för de olika materialgrupperna bör kunna sänkas genom att någon av de i de olika transportsystemen ingående komponenterna ersättes med någon av de övriga, utan att servicegraden till produktionsapparaten väsentligen sänkes. Härvid är det dock möjligt att  $T_V$  för den berörda materialgruppen ökar medan summa  $T_V$  för de båda materialgrupperna bör minska.

Om man låter transportsystemet för materialgrupp 4 i FIG. 37a ersättas med transportsystemet för materialgrupp 5 elimineras den relativt höga ställkostnaden för transportsystemet för materialgruppen 4.

Genom ett passningsförfarande bör man sålunda successivt kunna närma sig ett optimalt transportsystem enligt FIG. 38 bestående av färre antal komponenter än tidigare.

För att man skall få fram ett för byggnadsprojektet optimalt transportsystem gäller det att ta med i beräkningen samtliga materialgrupper eller aktiviteter från byggets alla skeden.

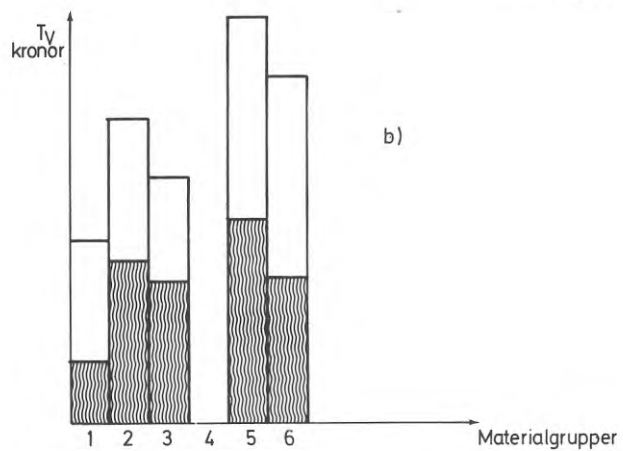
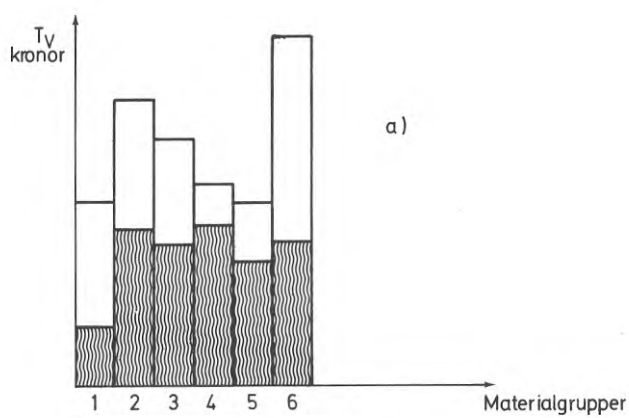


Fig. 37. Exempel på transportvärdet för olika materialgrupper.

□ Tidskostnadsandel  $T_{AV}$

▨ Ställkostnadsandel  $S$

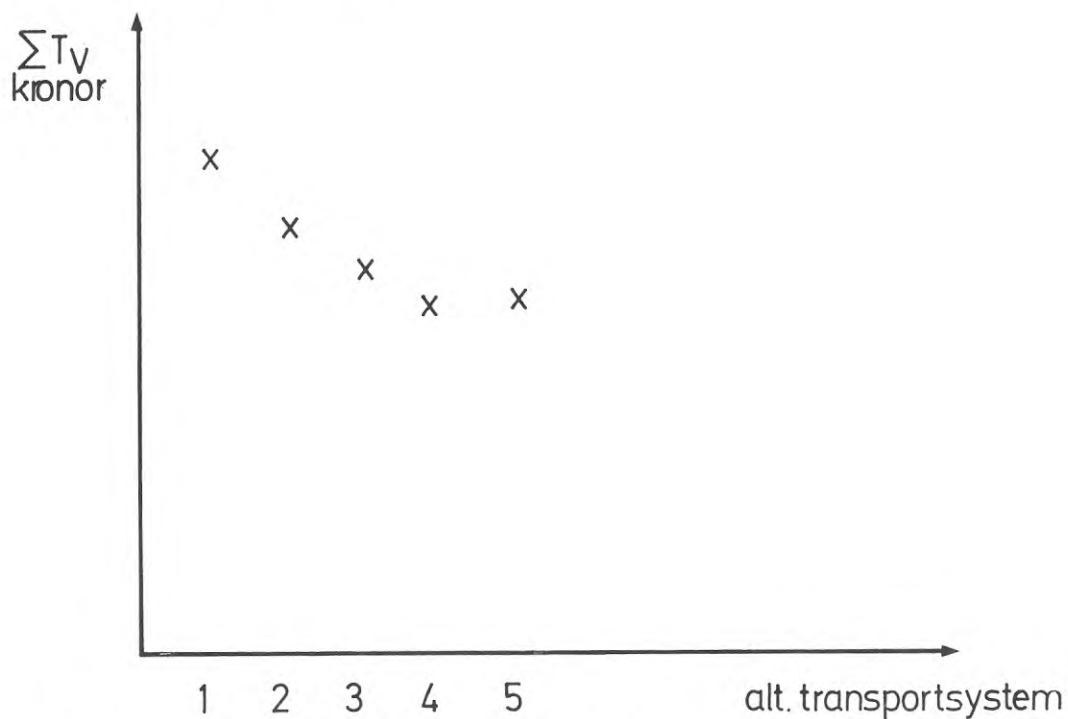


Fig. 38. Successiv minskning av  $\Sigma T_V$  vid transportvärdesberäkning för olika alternativa transportsystem.

## 6 TRANSPORTPLANERINGSMETOD

Efter att i föregående kapitel ha redogjort för olika hjälpmedel som kan komma till användning vid transportplanering, skall i detta kapitel skisseras ett förslag till en metod för planering av byggplatsens interna transporter.

Metoden bygger på det i tidigare kapitel redovisade materialet om transportplaneringsmetoder inom stationära industrin. Härvid har R Muthers idéer enligt uppgiftens målsättning varit vägledande.

I FIG. 39 visas transportplaneringsmetoden i schemaform. Schemat är uppbyggt så, att det utgångsmaterial som är behövt vid planeringsarbetet enligt metoden återfinns i figurens vänstra del. Material under arbete finns i mitten och resultat i figurens högra del.

Som framgår av figuren utgör produktionstidplanen ①, materialspecifikationen ② och arbetsplatsens fysiska förutsättningar enligt olika översiktsplaner ⑦ metodens utgångspunkt (se FIG. 39).

Planeringsnivån bör vara fixerad till att omfatta visst bestämt skede. I figuren anges schematiskt produktionstidplan för inrednings- och utrustningsskedet vid ett småhusbygge.

För att utföra en aktivitet fordras ett antal material. Materialtyp och mängd ③ förutsättes fixerade genom materialspecifikationen. Tidpunkten för materialets användande återfinnes i produktionstidplanen. Beroende på vilken typ av bebyggelse planeringsuppdraget gäller samt vald produktionsmetod kan materialkonsumtionskurvan ④ få olika utseenden. Kurvans tidsaxel bör vara koordinerad till produktionstidplanens.

Efter att ha klargjort aktivitetens materialförbrukning, genom konsumtionskurvor för de till aktiviteten erforderliga materialen, gäller det att som nästa steg upprätta en materialleveransplan ⑤, där väsentligen tre ting bör klaras ut, nämligen

leveranstidpunkter  
levererade mängder per gång  
godsenheternas utformning

Som framgick av texten i det inledande kapitlet råder två motstridiga krav på materialleveransen. Leverantören vill utnyttja sina transportfordon och sin distributionsorganisation optimalt, varför han önskar leverera stora kvantiteter per gång på en tidpunkt som passar bra in i det övriga distributionsarbetet. Konsumenten, byggaren, vill däremot ha materialet levererat i mindre kvantiteter, lastade på visst sätt och levererade vid tidpunkt som han fixerat. Det ligger utanför denna forskningsuppgift att värdera vilken leveranssammansättning som är optimal med avseende på funktionerna, utan förutsätter att leveranssammansättningen på något sätt kan bestämmas.

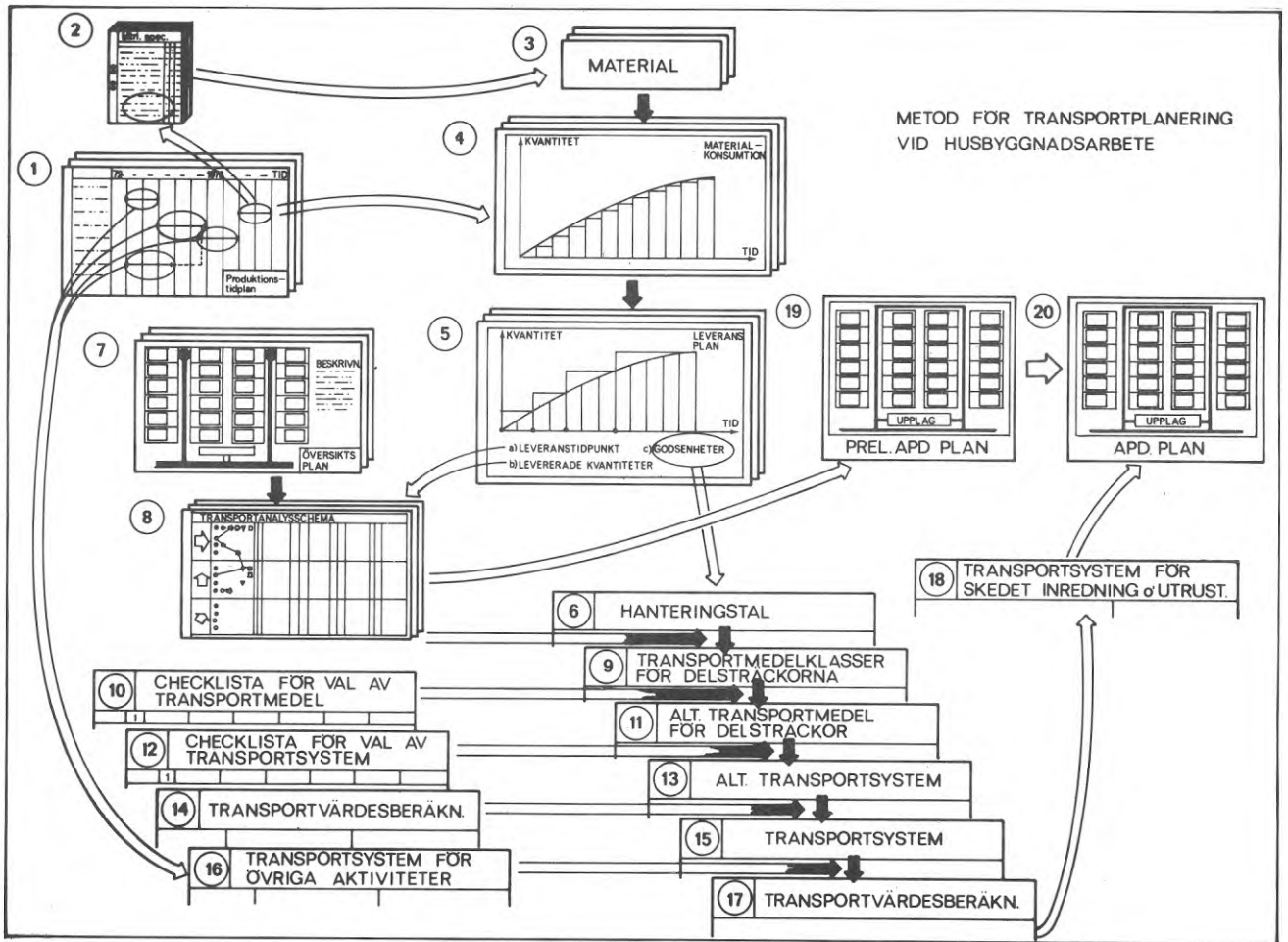


Fig. 39. Metod för transportplanering vid husbyggnadsarbete.



Vid upprättandet av leveransplan fixeras godsensheternas egenskaper med avseende på för hanteringstalet erforderliga ingångsdata

vikt  
volym  
form  
gripbarhet  
skadebenägenhet

För de olika materialgrupperna kan således respektive hanteringstal beräknas ⑥ .

För att man skall få uppgifter om möjliga transportvägars beskaffenhet, upplagsplatser och lossningsplatser användes översiktsplaner ⑦ av olika typer. Dessa kan utgöras av situationsplaner över byggnadsområdet, modeller och skisser över speciella från transportsynpunkt komplicerade avsnitt.

På översiktsplanerna skisseras lossningsplatser för externa transportfordon, upplagsplatser samt interna transportvägar. I förekommande fall anges även mellanlagringsplatser, operationsplatser samt platser för andra från transportsynpunkt väsentliga aktiviteter.

Med hjälp av skisserna kan materialförflyttningens natur skisseras. Man bör härvid särskilja

horisontella transporter  
vertikala transporter  
kombinerade horisontella och vertikala transporter

Härvid avses transporter som i huvudsak sker horisontellt eller vertikalt. Med kombinerade horisontella och vertikala transporter avses sådana transporter där förflyttningen samtidigt kan ske i vertikal och horisontell riktning. Exempel på transportmedel för kombinerade vertikala och horisontella transporter utgör olika typer av kranar.

I transportanalysschemat ⑧ anges den följd av arbetsmoment, som materialet genomlöper under sin väg från lossningen av externa transportfordonen fram till dess montering på i byggnaden avsedd plats, samt förflyttningens natur.

Transportanalysschemat samt beräknade hanteringstal för godsensheterna ger en begränsning av antalet möjliga transportmedel för transporten eller delar därav ⑨ . Genom att förflyttningens natur har beskrivits för delsträckorna elimineras utrustning som är till för förflyttning av annan natur än vad som är för handen.

Hanteringstalet ger ett mått på ett godsslags relativa svårighet att transportera. Genom att man kombinerar godsets hanteringstal och förflyttningens natur erhålles en väsentlig begränsning av antalet för den aktuella transporten möjliga transportmedel.

FIG. 40, 41 och 42 visar principiellt hur man med hjälp av hanteringstalets storlek och förflyttningens natur finner den eller de transportmedelsklasser inom vilka transportmedel bör väljas för en aktuell transport. Det bör vara en strävan att försöka göra klassindelningen av transportmedel sådan att den till stor del stämmer överens med redan existerande indelningar.


							
UTRUSTNING FÖR HORIZONTELL TRANSPORT							
INTERNA TRANSPORTER VID HUSBYGGNADSARB.							
UTRUSTNING	HANTERINGSTAL					C:A KOSTN.	ANM.
	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>		
<u>1 MANUELL</u>							
1 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
2 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
3 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
<u>2 MAN+ENKEL UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
2 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
3 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
<u>3 ENKEL MASK UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
2 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
3 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
<u>4 MASKINELL UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
2 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
3 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
<u>5 TYNGRE MASKINELL UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
2 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -
3 - - - - -	-----					- - - - -	- - - - -

Fig. 40. Utrustning för horisontell transport.

UTRUSTNING FÖR VERTIKAL TRANSPORT					↑		
INTERNA TRANSPORTER VID HUSBYGGNADSRARB							
UTRUSTNING	HANTERINGSTAL					C:A KOSTN.	ANM.
	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>		
<u>1 MANUELL</u>							
1 - - - - -	┌───┐					- - - - -	- - - - -
2 - - - - -	┌───┐					- - - - -	- - - - -
3 - - - - -	┌───┐					- - - - -	- - - - -
<u>2 MAN+ENKEL UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -		┌───┐				- - - - -	- - - - -
2 - - - - -		┌───┐				- - - - -	- - - - -
3 - - - - -		┌───┐				- - - - -	- - - - -
<u>3 ENKEL MASK UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -			┌───┐			- - - - -	- - - - -
2 - - - - -			┌───┐			- - - - -	- - - - -
3 - - - - -			┌───┐			- - - - -	- - - - -
<u>4 MASKINELL UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -				┌───┐		- - - - -	- - - - -
2 - - - - -				┌───┐		- - - - -	- - - - -
3 - - - - -				┌───┐		- - - - -	- - - - -
<u>5 TYNGRE MASKINELL UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -					┌───┐	- - - - -	- - - - -
2 - - - - -					┌───┐	- - - - -	- - - - -
3 - - - - -					┌───┐	- - - - -	- - - - -

Fig.41. Utrustning för vertikal transport.


							
UTRUSTNING FÖR KOMB. HOR. OCH VERT. TRASP.							
INTERNA TRANSPORTER VID HUSBYGGNADSARB.							
UTRUSTNING	HANTERINGSTAL					C:A KOSTN.	ANM.
	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>		
<u>1 MANUELL</u>							
1 - - - - -	┌───┐					---	---
2 - - - - -	┌───┐					---	---
3 - - - - -	┌───┐					---	---
<u>2 MAN.+ENKEL UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -		┌───┐				---	---
2 - - - - -		┌───┐				---	---
3 - - - - -		┌───┐				---	---
<u>3 ENKEL MASK UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -			┌───┐			---	---
2 - - - - -			┌───┐			---	---
3 - - - - -			┌───┐			---	---
<u>4 MASKINELL UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -				┌───┐		---	---
2 - - - - -				┌───┐		---	---
3 - - - - -				┌───┐		---	---
<u>5 TYNGRE MASKINELL UTRUSTNING</u>							
1 - - - - -					┌───┐	---	---
2 - - - - -					┌───┐	---	---
3 - - - - -					┌───┐	---	---

Fig. 42. Utrustning för kombinerad horisontell och vertikal transport.

Några undersökningar i syfte att klargöra gränserna för hanteringstalets storlek i de olika transportmedelsklasserna har inte kunnat göras i denna forskningsuppgift utan bör bli föremål för en separat undersökning. Härvid bör även preciseras de i klasserna ingående transportmedlen.

Genom att gå vägen via hanteringstal och transportmedelsklasser undviker man att välja transportmedel som är mindre lämpliga på grund av för dåliga prestanda, och transportmedel som har för bra prestanda, vilket för den aktuella transporten skulle medföra onödigt höga kostnader.

I detta skede återstår emellertid ett antal möjliga transportmedel. Nästa steg är att med hjälp av checklista ⑩ eliminera de transportmedel som för den speciella transporten av en eller annan anledning är mindre lämpliga från praktisk synpunkt. Ingen arbetsplats är lik en annan. Detta medför att de faktorer som påverkar valet av transportmedel varierar, så att en faktor vid en arbetsplats kan vara primär, medan den vid en annan kan vara sekundär.

De transportmedel som återstår ⑪ efter elimineringen i föregående skede utgör sedan komponenter till det transportsystem som skall sammanställas för transportens delsträckor.

Vid komponerandet av transportsystem användes checklista ⑫ för att eliminera system som från någon synpunkt är olämpliga för den aktuella transporten. När man sedan har ett fåtal återstående alternativa transportsystem ⑬ för de olika transportsträckorna gäller det att väga för- och nackdelar för dessa med hjälp av deras ekonomiska data. Härvid kan en transportvärdesberäkning ⑭ som tar hänsyn till ställkostnader enligt föregående kapitel användas.

Genom att ta in ekonomin först i detta skede, vinner man den stora fördelen att återstående transportsystem har väl lämpade data från funktionell synpunkt. Detta är inte fallet då man börjar med att eliminera transportmedel med hjälp av ekonomiska data.

Det transportsystem ⑮ som man får fram i detta skede är optimalt för transport av material till den aktivitet i produktions-tidplanen vi utgick från. För de andra aktiviteterna i produktions-tidplanen görs en motsvarande analys, varvid man kommer fram till transportsystem som är optimala för dessa ⑯. Det är dock möjligt att dessa transportsystem består av andra komponenter än de som ingår i ett transportsystem för en annan aktivitet. Nästa steg blir således att medelst en transportvärdesberäkning ⑰ komma fram till det för hela inredningsskedet optimala transportsystemet ⑱. Detta system behöver emellertid inte vara optimalt på en högre nivå, där man tar in andra skeden. För att få fram ett optimalt transportsystem för hela bygget, skulle man således kunna göra en ny transportvärdesberäkning på denna nivå.

Redan vid upprättandet av leveransplan för materialen erhålles vissa synpunkter på dispositionen av arbetsplatsen ⑲. Efter att ha analyserat transportererna i transportanalysschemat ⑧ kan preliminära överväganden göras beträffande arbetsplatsens disposition. Efter att ha valt transportsystem ⑱, kan man så modifiera dessa överväganden och en plan baserad på transporttekniska synpunkter kan upprättas.

Om vi förutsätter att vi avgränsar problemet till inrednings-skedet, så har vi ändå en bit kvar innan vi har hittat ett optimalt transportsystem för detta skede. Ingångsdata till olika delar i metodarbetet kan modifieras. Man kan bl a variera gods-enhetens utformning, resulterande i olika storlek på hanterings-talet, vilket i sin tur kan medföra att en annan transportmedels-klass visar sig lämpligare. Man kan även variera upplagens pla-cering, förekomst av mellanlagring samt förflyttningens natur genom att pröva andra metoder att ta in materialet.

I vissa fall torde det vara möjligt att redan när det gäller materialval, produktutformning och produktionsmetoder göra för-ändringar som medför att transportererna kan utföras till lägre kostnad. Man får härvid se upp för risken att göra sådana för-ändringar som medför en större kostnad totalt. Detta kan bli fal-let om man i alltför hög grad intresserar sig för att hålla nere transportkostnaderna. Andra kostnader kan därvid skjuta i höjden, varvid det totala resultatet kan bli en kostnadsökning.

Utgångspunkt för den redovisade metodens uppbyggande har varit att bygga den kring ett system för klassificering av byggmaterial från transporterbarhetssynpunkt, där hänsyn tas till materialens transportsvårighetsgrad. Arbetsplatsens fysiska förutsättningar, produktionstidplaner och i produktionen ingående material utgör metodens ingångsdata. En mindre arbetsplatsstudie har genomförts inom ramen för denna forskningsuppgift närmast för att verifiera tillämpbarheten i metodens grundläggande delar.

Planeringsmetoden bör ses som ett förslag till metod för syste-matisk planering av byggplatsens interna transporter. För att ge metoden praktisk tillämpbarhet måste ingående moment ytterligare preciseras. Vidare bör ett antal studier utföras på olika bygg-arbetsplatser för att ytterligare testa och kvantifiera i metoden ingående parametrar.

## REFERENSER

- Apple, J M*, 1963. Plant Layout and Materials Handling. New York.
- AB Armerad Betong*, 1972. Samordning transport-byggprocess. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm
- Bengtsson, B P-A*, 1971. Studie av planeringsfunktionen vid byggande av radartorn, Vissefjärda. Institutionen för transportteknik, LTH. Lund.
- Bjerminger, S*, 1970. Ekonomiska aspekter. Institutionen för transportteknik, LTH. Lund.
- Bjerminger, S*, 1970. Transportteknisk utveckling. Allmänna grundsatser och riktlinjer. Institutionen för transportteknik, LTH. Lund.
- Bjerminger, S*, 1971. Transportteknisk kurs för V. Institutionen för transportteknik, LTH. Lund.
- Bolz, H A, Hagemann, G E*, 1958. Materials Handling Handbook. The Ronald Press Co. New York.
- Byggeförbundet*, 1971. Byggarbetsmarknad i förvandling. Stockholm.
- Byggeförbundet*, 1971. Planering och beredning. Stockholm
- Byggeförbundet*, 1972. Produktionsdata. Stockholm.
- Datagruppen i Göteborg*, 1969. Rationellare byggnadsproduktion 1. System för produktionsdata. Byggeforskningsrapport 8:1969. Stockholm.
- Datagruppen i Göteborg*, 1969. Rationellare byggnadsproduktion 2. Arbetsplatskoefficienter, påverkande faktorer och samband. Byggeforskningsrapport 9:1969. Stockholm.
- Datagruppen i Göteborg*, 1970. Rationellare byggnadsproduktion 3. Systematisk arbetsberedning för byggplatsen. Byggeforskningsrapport 46:1970. Stockholm.
- Datagruppen i Göteborg*, 1972. Rationellare byggnadsproduktion 4. Byggandedata till projekteringen. Ej slutgranskat koncept till Byggeforskningsrapport. Stockholm.
- Dyverman, J, Hollander, J-E*, 1971. Mottagnings- och transportutrymmen på byggarbetsplatser. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm.
- Eriksson, D*, 1971. Materialadministration. Hermods. Malmö.
- Holm, P*, 1960. Distributionsvägar och distributionskostnader för byggnadsmaterial - en metodstudie med exempel från VVS-branschen. Statens nämnd för byggnadsforskning. Rapport 65. Stockholm.

*Larsson, E*, 1972. Systemtänkande för internttransport. Transport Teknik (1972). nr 2. S. 78 - 80. Stockholm.

*Larsson, E*, 1972. Kostnadsfaktorer vid internttransport. Transport Teknik (1972). nr 3. S 146 - 149. Stockholm.

*Larsson, E, Magnusson, L*, 1971. Beslutsmodell för val av transportsystem. Delrapport. Institutionen för transportteknik, LTH. Lund.

*Morris, W*, 1962. Analysis for Materials Handling Management. Richard D. Irwin, INC. Homewood, Illinois.

*Muther, R, Haganäs, K*, 1969. Systematic Handling Analysis. Management and industrial research publications. USA.

*Muther, R*, 1961. Systematic Layout Planning. USA.

*Osterman, W*, 1972. Metod för transportplanering. Hanteringstal. Institutionen för transportteknik, LTH. Lund.

*SBEF:s produktionsråd*, 1965. Arbetsplanering av bostadsbyggen. Stockholm.

*Statens råd för byggnadsforskning*, 1967. Transport av byggmaterial problem och forskningsbehov. Stockholm.

*Sörås, A, Wede, L*, 1971. Samband mellan byggelements transporterbarhet och transportmedels egenskaper och ekonomi. Delrapport till Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm.

*Wendelborg, O*, 1971. MTM inom byggnadsindustrin. Byggnadsindustrins Arbetsforskningsstiftelse. Rapport 19. Malmö.



## CAPTIONS (ENGELSKA FIGURTEXTER)

- FIG. 1. The research field of building transport.
- FIG. 2. Different types of movements in industry.
- FIG. 3. The operations contact, handling, movement and storage. Unit costs for different quantities.
- FIG. 4. Unit costs for different operations when the quantity distributed varies.
- FIG. 5. Consumption regarding the material type "cupboard joinery"
- FIG. 6. Consumption curve for cupboard joinery - principle.
- FIG. 7. Analysis of hard-to-determine costs.
- FIG. 8. Assessment of valuation factors.
- FIG. 9. Tabulation of costs drawn up in view of valuation factors.
- FIG. 10. The four phases in Systematic Handling Analysis.
- FIG. 11. Key information relating to Systematic Handling Analysis.
- FIG. 12. General structure of the systematic transport analysis in Systematic Handling Analysis.
- FIG. 13. Basic elements in layout planning according to Systematic Handling Analysis.
- FIG. 14. Product - Quantity curve for choice of the method of analysis.
- FIG. 15. Example of Intensity - Distance diagram.
- FIG. 16. Example of flow diagram.
- FIG. 17. Symbols relating to transport analysis, according to R. Muther and K. Haganäs.
- FIG. 18. Systems based on different principles for moving materials between different places.
- FIG. 19. The cost per unit moved as a function of distance for handling and moving equipment.
- FIG. 20. Annual cost as a function of the flow intensity for simple and complex equipment.
- FIG. 21. Flow intensity as a function of distance for simple and complex handling and moving equipment.
- FIG. 22. Example of the use of a valuation chart.
- FIG. 23. The basic value or Mag factor as a function of the volume of a material.

- FIG. 24. Factors for modification of the basic value for calculation of the Mag factor of a good.
- FIG. 25. The basic value as a function of the weight (1-100 kg).
- FIG. 26. Relations between the parameters for modification of the handling factor and the breakdown of these.
- FIG. 27. The basic value as a function of the weight (1-10,000 kg).
- FIG. 28. Mag transformed into kg for wooden blocks of a density of 0.6.
- FIG. 29. Diagram for calculation of the handling factor
- FIG. 30. Classification of handling equipment on the basis of the handling factor
- FIG. 31. Example of transport chart for material flow from the supplier to the final position in the building.
- FIG. 32. Transport analysis chart.
- FIG. 33. Relation chart.
- FIG. 34. Symbols used in transport analysis etc.
- FIG. 35. Relation diagram.
- FIG. 36. The growth of wages and material and machinery costs over the period 1955-1970.
- FIG. 37. Example of transport value for different material groups.
- FIG. 38. Gradual decrease in total transport value in transport value analysis for alternative transport systems.
- FIG. 39. Diagrammatic presentation of a method of transport planning.
- FIG. 40. Equipment for horizontal transport.
- FIG. 41. Equipment for vertical transport.
- FIG. 42. Equipment for combined horizontal and vertical transport.
- TABLE 1. The magnitude of the handling factor for some volume goods (VG).
- TABLE 2. The magnitude of the handling factor for some long goods (LG).
- TABLE 3. The magnitude of the handling factor for some sheet goods (YG).
- TABLE 4. The magnitude of the handling factor for some materials used for fitting and equipment.

**R:37 1973**

**Denna rapport avser anslag E 589 från Statens råd för byggnadsforskning till institutionen för transportteknik vid Lunds tekniska högskola. 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: 20 kronor**