

# Rapport

# R8:1970

## Ergonomi vid byggnadsarbete

Inst. för Byggnadssstatik

## Ergonomics in the building industry

Jan-Erik Hansson

Byggforskningen

# Ergonomi vid byggnadsarbete

## Jan-Erik Hansson

# Byggforskningen

## Sammanfattningar

### R8:1970

Fysiologiska undersökningar vid byggnadsarbete utförda av bl.a. Arbetsmedicinska institutet har visat att den fysiska belastningen på individen är relativt hög. Det är därför nödvändigt att man börjar tillämpa ergonomisk kunskap. Denna är en förutsättning för att man på snabbaste sätt fortgående skall kunna höja produktiviteten och samtidigt ta hänsyn till en tolerabel fysisk och psykisk belastning av individen.

Sedan flera år har den utomordentligt betydelsefulla arbetsforskingen inom produktionsskedet bedrivits med starkt stöd från Byggforskningsrådet. I arbetsforskingen ingår som en integrerande del den humanfysiologiska och metodfysiologiska forskningen som bedrivits vid Arbetsmedicinska institutet. Föreliggande rapport är en sammanfattning av ett antal uppsatser om ergonomi vid byggnadsarbete, som tidigare publicerats i olika facktidskrifter och andra publikationer med begränsad spridning.

Målsättningen för denna verksamhet är

1. att fastställa toleransgränser. (Vad kan man göra utan risk för yrkesskada och med rimlig ansträngning?)
2. att utforska vad människan är bra på. (Inom vilka områden kan hon t.ex. konkurrera med maskiner?)
3. att undersöka hur arbetet skall utformas för att anpassas till människans fysiska och psykiska förutsättningar och begränsningar.
4. att undersöka hur arbetet—metoden, redskapsvalet och maskinutformningen påverkar prestationen.

Tekniska och fysiologiska mätmetoder har kommit till användning vid undersökningarna.

● I Byggforskningens rapport R8:1970 behandlas resultat från fyra skilda områden. I första avsnittet behandlas en *systemergonomisk studie av armeringsarbete*, där målet för undersökningen var att finna en optimal fördelning av uppgifter mellan människa och maskin, att integrera arbetet på armeringsplatsen med arbetet ute på byggplatsen samt att detaljutforma maskiner och redskap med hänsyn till människan.

Undersökningen utfördes i två steg. Först utfördes en "laboratoriemässig" studie som i huvudsak behandlade klippning, bockning, hantering och transport av armeringsjärn. Resultaten härifrån omsattes i möjligaste mån i en "tillämpad" del, vilket innebar konstruktion av en transportabel armeringsstation.

Den laboratoriemässiga delen gav bl.a. anvisning om för vilka dimensioner och stålqualiteter maskinbockmaskiner och maskinklippar var att föredra framför manuella samt hur hanteringen av järnet kan underlättas. Utifrån de synpunkter på utformningen av en armeringsstation, som framkommit vid detaljstudierna, konstruerades en monteringsbar och transportabel armeringsstation. Jämförande studier av arbete i en traditionell armeringsstation och den nykonstruerade visade att prestationen i den senare var klart högre samtidigt som den fysiska belastningen av individen minskat.



FIG. 1. Vid den modifierade armeringsstationen sker klippning och bockning av järn i samma arbetshöjd. Klippning och bockning kan också bekvämt utföras samtidigt. Bänkarna lutar i järnets transportriktning och rullarna har kullager.

Vid Arbetsmedicinska institutet har man under ett flertal år utfört metodfysiologiska undersökningar av byggnadsarbete. Målsättningen för denna verksamhet är

- att fastställa toleransgränser,
- att utforska vad människan är bra på,
- att undersöka hur arbetet skall utformas för att anpassas till människans fysiska förutsättningar och begränsningar,
- att undersöka hur arbetet—metoden, redskapsvalet och maskinutformningen påverkar prestationen.

Studierna omfattar armeringsarbete, spikning, murning och kärrning. Undersökningsresultaten visar vilken stor inverkan redskaps- och maskinval samt arbetsplatsutformning har på arbetsbelastning och arbetsprestation. Kunskaper om detta gör det möjligt att underlätta och effektivisera arbetet genom val av rätt redskapsmaskin till rätt uppgift och genom förbättring av befintliga arbetsplatser, maskiner och redskap.

UDK 331.04:69

Sammanfattning av:

Hansson, J-E, 1970, Ergonomi vid byggnadsarbete — Ergonomics in the building industry (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R8:1970, 84 s., ill. 15 kr.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm. 08-24 28 60

Abonnemangsgrupp: (p) produktion

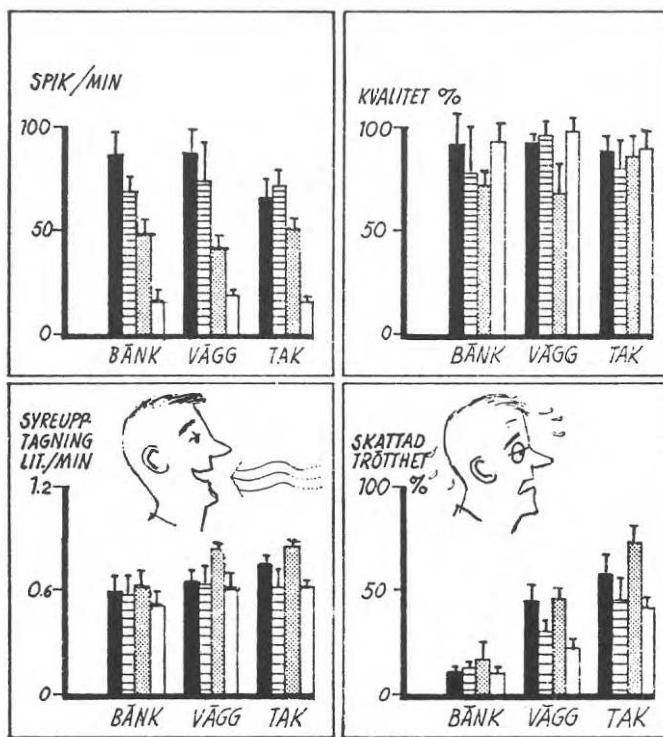


FIG. 2. Jämförelser av slaghammare, spikmaskin, häftapparat och hammare vid spikning av papp.

● Bland de manuella arbeten som fortfarande spelar en roll i byggnads- och anläggningsbranschen liksom inom viss träindustri m.m. intar spikningen en viktig plats. För närvarande sker en snabb teknisk utveckling av olika spikningsredskap och spikningsmetoder. Gemensamt för dessa är emellertid att de fortfarande fordrar en större eller mindre insats av fysisk kraft, uthållighet och precision från arbetaren och att sålunda arbetsresultatet påverkas av fysiologiska och tekniska karakteristiska hos människa—maskin.

Studierna har i väsentlig grad inriktats på två problemkomplex, nämligen sådana som hänger samman med:

1. Redskapsval, spikdimension och spikningsunderlag.
2. Människan (arbetsförmåga, arbetsställning och teknik).

Studierna visade att redskapsvalet, spikdimensionen och spikningsunderlaget hade en stor inverkan på arbetsprestationen och arbetsbelastningen av individen. Vid spikning av papp med "slaghammare" var t.ex. prestationen ca fyra gånger så stor som vid spikning med hammare. Ansträngningsgraden var i båda fallen ungefär jämförbar. Vidare framkom att den fysiska prestandaförmågan (syreupptagning och möjlighet att utveckla kraft i hammarslag) är klart lägre vid spikning ovan axelhöjd jämfört med spik-

ning under axelhöjd. Vid spikning av 3" spik och större vid längre spikningsperioder var för flertalet personer den fysiska prestandaförmågan avgörande för prestationen.

Numera har man vid byggandet möjligheten att välja mellan en rad olika typer av material som bl.a. arbetsmässigt innebär olika belastningar av individen. Man har dessutom stora tekniska möjligheter att till en rimlig kostnad arrangera arbetsplatsen på olika sätt.

● Den tredje delen av rapporten behandlar hur den fysiologiska belastningen av människan och arbetsprestationen påverkas av olika arbetsplatsutformning, dimension och vikt på råmaterial vid murningsarbete. Undersökningen omfattade murning av grundsten, ytongstav- och fasadtegel. Undersökningen utfördes dels i Norge, dels i Sverige.

Bland resultaten kan nämnas att bruksbaljans placering i höjdled hade stor inverkan på arbetsbelastning och arbets hastighet. En höjning av bruksbaljan på 30–40 cm ovan marknivå innehåller en höjning av arbetskapaciteten på 5–15 % samtidigt som arbetsställningen blir mera upprätt och därmed bekvämare och energiförbrukningen och hjärtfrekvens sjunker med 5–15 %.

Med utgångspunkt från de studier av lyft med hänsyn till ryggbelastning,

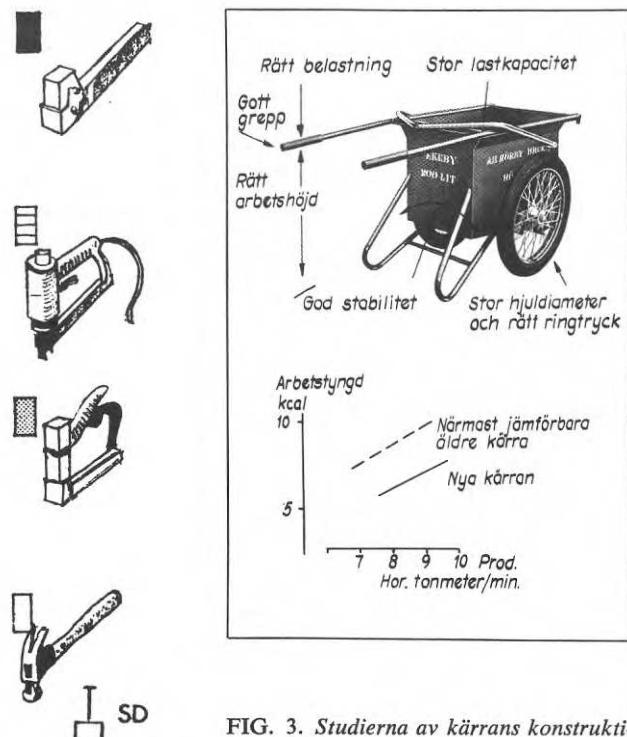


FIG. 3. Studierna av kärrans konstruktiva utformning och kapacitet i skilda detaljer gav anvisning på hur en "arbetsriktig" kärra skulle se ut. Resultatet blev en försökskärra som ger en ca 40 % större prestation vid oförändrad arbetsyngd, jämfört med närmaste jämförbara tvåhjuliga kärrtyper.

som utförts av Asmussen, Poulsen & Rasmussen (Quantitative evaluation of the back muscles in lifting. Com. Dan. Nat. Ass. for Infant. Paral. nr 21, 1965), och de rörelsestudier av murningsarbete med olika stenvikter som här har utförts, torde en övre tillåten viktgräns på murblock vara 25–30 kg.

● Kartläggande studier av arbetsyngden vid byggnadsarbete visade att manuella transporter med kärror är ett av de tyngsta arbeten som förekommer inom branschen. I det sista avsnittet av rapporten sammanfattas en principiell studie av kärror och kärrningsarbete. Målsättningen för undersökningen var att ta fram grunddata av teknisk och fysiologisk natur som påverkar arbetsyngd och prestation, och som därfor är av värde att känna till för tillverkare och köpare av kärror. Vid ett arbete av denna typ är det viktigt att man kan arbeta med en så hög verkningsgrad som möjligt utan att man begränsar antalet mänskor som orkar med arbetet.

I avsnittet redogörs för hur laststölek, kärrningsunderlag, kärrans stabilitet, hjuldimension och ringtryck samt lastens fördelning mellan armar och hjul påverkar arbetsbelastning och arbetsprestation. Dessutom lämnas exempel på hur några arbeten effektiviseras och underlättats genom användandet av en ändamålsenligt utformad kärra.

# Ergonomics in the building industry

Jan-Erik Hansson

## National Swedish Building Research Summaries

R8:1970

Physiological tests on building labour carried out by, inter alia, the National Institute of Occupational Health, have shown that the physical load on the individual worker is relatively high. The results point to the necessity of applying the science of ergonomics, with the object of increasing productivity within the limits of what can be regarded as a tolerable physical and psychological load on the individual.

Important research in ergonomics with particular emphasis on the production stage has been conducted for several years with the aid of grants from the Council for Building Research. The physiological and methods studies done by the National Institute of Occupational Health have comprised an integral part of these investigations. The present report is a summary of papers on ergonomics as applied to building work previously published in scientific journals or other publications with limited editions.

The objects of ergonomic research are

1. to establish the tolerance limits of what can be accomplished without risking occupational injury and with reasonable exertion;

2. to investigate what man is proficient in; for example, in which areas human labour is competitive with machines;
3. to investigate how the work should be organized so as to accommodate man's physical and psychological capabilities and limitations;

4. to study how the work and methods used, the choice of tools and the design of machines affect performance.

To these ends both technical and phy-

siological test methods have been employed.

- The present report (National Swedish Institute for Building Research R8:1970) summarizes the results from four different types of work. The first sector deals with an *ergonomic study of concrete reinforcement work system*, where the aim has been to find an optimum balance of tasks between man and machine, to integrate the work at the reinforcement site with that on the building site, and to develop detailed designs for machines and tools adapted to man.

The investigation was carried out in two stages. The first was a laboratory study concerned chiefly with the shearing, bending, handling, and transport of reinforcing steel rods. The results of these tests were applied as far as possible to an "implementation" stage which involved the design of a portable reinforcement station.

The laboratory tests gave indications as to the dimensions and steel grades that are better suited to bending and shearing machines than to manual methods, and as to how the handling of the steel rods could be facilitated. On the basis of the results obtained by the detailed tests, a portable reinforcement station was laid out. Comparable work studies at a conventional station and at the new one revealed that the performance at the latter was significantly higher, while at the same time the physical load on the individual was reduced.

- Nailing is still very important in the manual work done in building and construction, as well as in the joinery indus-

For several years ergonomic studies on building work have been carried out by the National Institute of Occupational Health. The objects have been

- to establish tolerance limits,
- to investigate the areas where man is more efficient than machines,
- to investigate how to organize the work so as to accommodate it to the physiological capabilities and limitations of humans,
- to study how the work and the methods used, choice of tools and design of machines affect performance.

The studies include reinforcement work, nailing, bricklaying, and barrowing. The results reveal the great importance played by the choice of tools and machines on the work load and performance. Consideration of these aspects enables management to reduce fatigue and raise output by choosing the proper mechanized tools for the work to be done, and by improving the working sites, machines and hand tools.



FIG. 1. At the modified reinforcement station, the work of shearing and bending the rods is done at the same height. The two operations can also be done at the same time. The work bench slopes in the direction of the steel transport, and the rollers have ball bearings.

UDC 331.04:69

Summary of:

Hansson, J-E, 1970, Ergonomi vid byggnadsarbete — Ergonomics in the building industry (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R8:1970, 84 p. ill., 15 Sw. kr.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, S-111 84 Stockholm, Sweden.

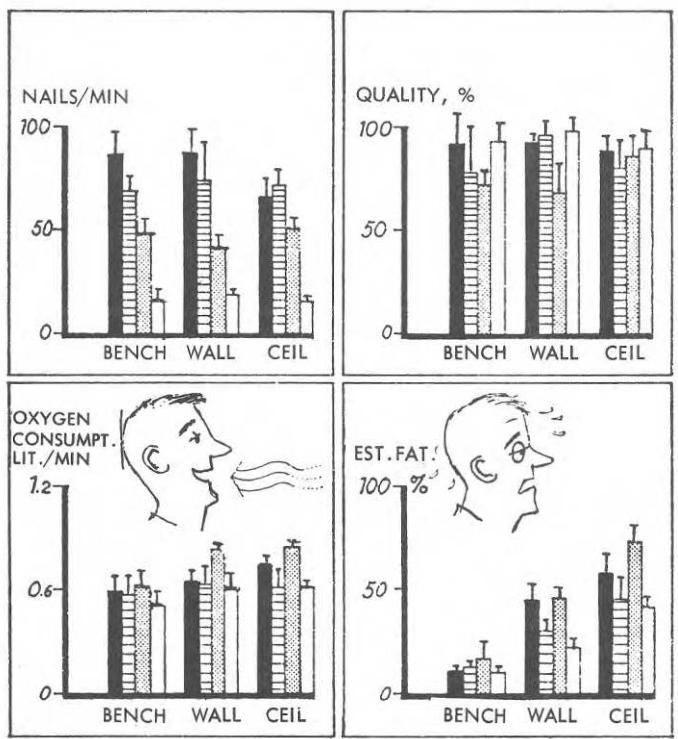


FIG. 2. Comparison of impact hammer, nailing machine stapler and hammer when nailing felt.

try. At the present, a great deal of work is being devoted to the development of various nailing devices and nailing methods. A common feature of them all is that they still demand a degree of physical effort, endurance and precision on the part of the worker, and that the results are affected by the physiological and technical characteristics of the combination man-machine.

The nailing studies have been concentrated mainly on two problem complexes, viz., those related to

1. Choice of tool, size of nail and nailing support.
2. Man, his working ability, working position, and technique.

Studies revealed that the choice of tool, size of nail and nailing support had a major effect on the performance and work load of the individual worker. For example, when nailing felt with a percussion hammer, the performance was four times as high as when a conventional hammer was used. The degree of exertion was in both cases approximately the same. It was also found that the physical performance (oxygen consumption and ability to exert power in the hammer blows) is significantly lower when nailing above shoulder height than below. When nailing 3" and bigger nails

for protracted periods, physical capacity was of decisive importance for the performance of the majority of the individuals tested.

In present-day building, it is possible to choose from a large variety of materials that expose the worker to different loads. It is also possible to arrange the place of work in different ways at acceptable cost.

● The third part of the report deals with bricklaying and the physiological load and how the bricklayer's performance is affected by different layouts of the place of work and the dimensions and weight of the materials used. The investigation included studies of foundation masonry, precast concrete elements, and facing brick, and were carried out in Norway as well as in Sweden.

Among the results may be mentioned that the level at which the mortar trough is placed has a significant effect both on the work load and the rate of work. Raising the trough 30–40 cm above the floor increased the working capacity by 5–15 per cent and gave also a better working position. The more comfortable working position reduced the energy consumption and heart rate by 5 to 10 per cent.

On the basis of the studies on back

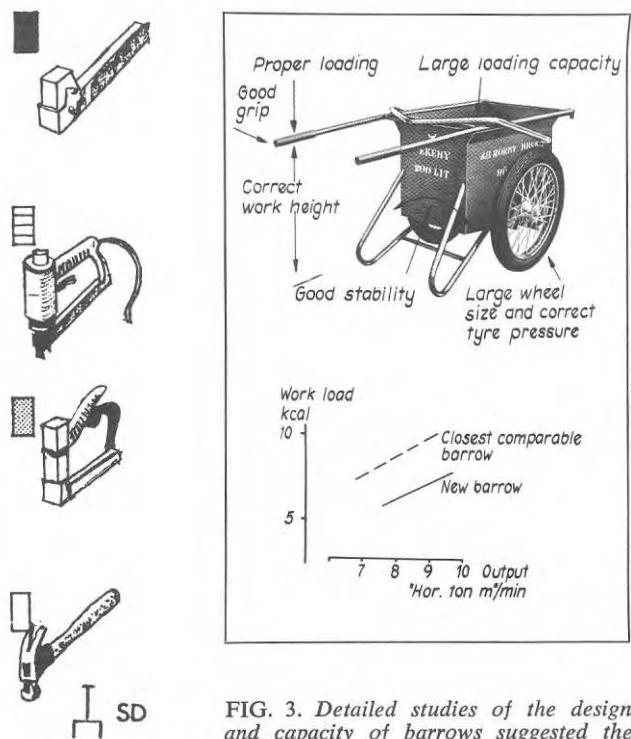


FIG. 3. Detailed studies of the design and capacity of barrows suggested the ideas for the development of a barrow better suited to the work. The result is a prototype of a wheeled barrow which gives a 40 per cent better performance than existing two-wheeled types of the same weight.

loads in lifting done by Asmussen, Poulsen & Rasmussen (Quantitative evaluation of the back muscles in lifting, *Com. Dan. Nat. Ass. for Infant. Paral.* No. 21, 1965) and the motion studies made of bricklaying with different weights of stone referred to above, the conclusion has been drawn that the maximum weight of masonry blocks must not exceed 25–30 kg.

● Work load studies show that manual transport using barrows is about the heaviest work in the building industry. The last section of the report summarizes a study of barrows and barrow work. The purpose of the investigation was to obtain basic data of a technical and physiological nature that affect work loads and performance and hence are of interest to manufacturers and buyers of barrows. In work of this type it is important to maintain the best possible efficiency without reducing the number of men capable of doing the work.

This section of the report discusses how the size of the barrow, its stability, wheel diameter and tyre pressure, the distribution of the load between handles and wheels affect work load and performance. Some examples are also given of how efficiency has been improved by a properly designed barrow.

ERGONOMI VID BYGGNADSARBETE

ERGONOMICS IN THE BUILDING INDUSTRY

Jan-Erik Hansson

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm  
KL Beckmans Tryckerier AB, Stockholm 1970

## INNEHÅLL

INLEDNING . . . . .	6
Tidigare undersökningar . . . . .	6
Problemställningar och innehåll . . . . .	8
1 ARMERINGSARBETE . . . . .	12
Inledning . . . . .	12
Bockning på olika sätt . . . . .	12
Klippling . . . . .	14
Hur hanteringen kan underlättas . . . . .	14
Konstruktion av monteringsfärdig armeringsstation . . .	16
Jämförande prov . . . . .	16
Frambärning . . . . .	18
Klippling . . . . .	18
Bockning m.m. . . . .	18
Uppföljning av undersökningsresultaten . . . . .	18
Permanent station på järnlager . . . . .	20
Vidareutveckling . . . . .	20
Figurer . . . . .	22
2 SPIKNINGSARBETE . . . . .	28
Inledning . . . . .	28
Resultat . . . . .	30
Spikning med hammare . . . . .	30
Spikning av papp . . . . .	30
Spikning av råspont . . . . .	32
Vad begränsar prestationen vid spikning? . . . . .	34
Försöksserie 1 . . . . .	36
Försöksserie 2 . . . . .	36
Försöksserie 3 . . . . .	38
Diskussion av resultaten . . . . .	38
Maximal kraftutveckling i hammarslag . . . . .	38
Metodik . . . . .	38
Försökspersoner . . . . .	40
Resultat . . . . .	40
Figurer . . . . .	42

## CONTENTS

INTRODUCTION . . . . .	7
Previous investigations . . . . .	7
The problems dealt with in the report . . . . .	9
1 REINFORCEMENT WORK . . . . .	13
Introduction . . . . .	13
Different bending methods . . . . .	13
Cutting . . . . .	15
How can handling be made easier? . . . . .	15
Design of a ready-to-erect reinforcing station . . . . .	17
Comparative tests . . . . .	17
Carrying . . . . .	19
Cutting . . . . .	19
Bending etc. . . . .	19
Following up the results of the investigation . . . . .	19
Permanent reinforcing station at a steel prefabricator's . . . . .	21
Further development . . . . .	21
Figures . . . . .	22
2 NAILING . . . . .	29
Introduction . . . . .	29
Results . . . . .	31
Nailing with a hammer . . . . .	31
Nailing felt . . . . .	31
Nailing of rough matchboard . . . . .	33
What limits performance in nailing? . . . . .	35
Test Series No. 1 . . . . .	37
Test Series No. 2 . . . . .	37
Test Series No. 3 . . . . .	39
Discussion of results . . . . .	39
Maximum force developed in the hammer blow . . . . .	39
Method . . . . .	39
Test subjects . . . . .	41
Results . . . . .	41
Figures . . . . .	42

<b>3 MURNINGSARBETE . . . . .</b>	<b>50</b>
Inledning . . . . .	50
Arbetsställning . . . . .	50
Påfyllning av baljan . . . . .	54
Stenviktens inverkan på arbetshastighet, arbetsställning och fysiologisk belastning . . . . .	54
Ryggbelastning vid murning av grundsten . . . . .	58
Slutord . . . . .	58
Figurer . . . . .	60
<b>4 KÄRRNINGSARBETE . . . . .</b>	<b>62</b>
Inledning . . . . .	62
Resultat . . . . .	62
Arbetskonomi vid kärrning med några vanligt förekommande kärror . . . . .	62
Människan - arbetsförmåga, kroppsmått och teknik .	62
Hjuldimension och ringtryck . . . . .	64
Lastens fördelning mellan armar och hjul . . . . .	64
Kärrans stabilitet . . . . .	64
Underlaget . . . . .	66
Laststorlek . . . . .	66
Uppföljning av resultaten . . . . .	66
Specialkärror för fogning av bjälklagsplattor . .	68
Fogning av lättbetongelement . . . . .	68
Fogning av betongkassetter . . . . .	70
Resultat . . . . .	70
Figurer . . . . .	72
<b>LITTERATUR . . . . .</b>	<b>79</b>

3	BRICKLAYING . . . . .	51
	Introduction . . . . .	51
	The working position is affected by the position of the bricks and the mortar trough . . . . .	51
	Filling the trough . . . . .	55
	The weight of bricks and blocks affects rate of work, working position and physiological load . . . . .	55
	Loading on the back when laying foundation blocks . . .	59
	Conclusion . . . . .	59
	Figures . . . . .	60
4	WORK WITH WHEELBARROWS . . . . .	63
	Introduction . . . . .	63
	Results . . . . .	63
	Working economy using some common types of wheel- barrows . . . . .	63
	Man - working capacity, body measurements and technique . . . . .	63
	Wheel dimension and tyre pressure . . . . .	65
	Division of load between the arms and the wheel . .	65
	Stability of the wheelbarrow . . . . .	65
	The barrow run . . . . .	67
	Size of load . . . . .	67
	Follow-up of the results . . . . .	67
	Special wheelbarrows for jointing flooring slabs . .	69
	Jointing of lightweight concrete elements . . . . .	69
	Jointing of concrete bays . . . . .	71
	Results . . . . .	71
	Figures . . . . .	72
	REFERENCES . . . . .	79

## INLEDNING

### Tidigare undersökningar

Produktiviteten inom svensk byggnadsindustri har kraftigt ökat år från år främst genom mekanisering, bättre arbetsmaterial, arbetsmetoder och organisation. Mekaniseringensprocessen är inte slutförd, men många skäl talar för att den i fortsättningen kommer att ge allt mindre produktivitetsvinster. Arbetskraftssituationen i landet kommer - åtminstone på lång sikt - att bli svårare. Ett vidmakthållande eller en ytterligare expansion av byggproduktionen förutsätter att man ytterligare utvecklar arbetskraftsbesparande planerings-, projekterings- och produktionsmetoder. Sedan flera år har därför den utomordentligt betydelsefulla arbetsforskningen inom produktionsskedet bedrivits med starkt stöd från Byggforskningsrådet. I arbetsforskningen ingår som en integrerande del den humanfysiologiska och metodfysiologiska forskning som bedrivs vid Arbetsmedicinska institutet. Föreliggande rapport är en sammanfattning av ett antal uppsatser om ergonomi vid byggnadsarbete som tidigare publicerats i olika facktidskrifter och andra publikationer med begränsad spridning.

Undersökningar av Åstrand, Gardell, Paulsson & Frisk (1966) m.fl. har visat att den fysiologiska belastningen av individen är relativt hög. Det är därför nödvändigt att man börjar tillämpa ergonomisk kunskap. Denna är en förutsättning för att man på snabbaste sätt fortgående skall kunna höja produktiviteten och samtidigt ta hänsyn till en tolerabel fysisk och psykisk belastning av individen.

Med ergonomi avses aktiviteter, som främst syftar till att anpassa arbetet till människans fysiska och psykiska förutsättningar och begränsningar. I vissa fall söker man anpassa människan till arbetet genom arbetsplacering, teknikträning etc. Ergonomins väsentligaste vetenskapliga innehåll är biologiskt och utgörs av anatomi, fysiologi och experimentalpsykologi. Numera räknas också vissa delar av yrkeshygienen, cybernetik och andra delar av psykologin samt systemteori in i ergonomin (Hansson, Lundgren & Åstrand, 1969). Ergonomins tillämpning brukar däremot i huvudsak bedömas ligga på den tekniska sidan.

I mitten av 1950-talet påbörjades vid Arbetsfysiologiska institutet, numera en avdelning på Arbetsmedicinska institutet, under ledning av professor Nils P.V. Lundgren, en rad undersökningar med målsättningen att kartlägga och angripa de arbetsfysiologiska och arbetsmedicinska problemen inom byggnadsindustrin. Verksamheten stöddes ekonomiskt genom bidrag från Svenska Byggnadsindustriförbundet och Svenska Väg- och Vattenbyggarnas Arbetsgivareförbund. Resultaten från dessa undersökningar finns redovisade i en rad olika forskningsrapporter och uppsatser (se litteraturförteckningen).

## INTRODUCTION

### Previous investigations

Productivity within the Swedish construction industry has been increasing rapidly year by year, mostly as a result of mechanisation, better working materials, working methods and organisation. The process of mechanisation is not yet complete, but there are many pointers which indicate that gains in productivity due to this will steadily decrease as time goes on. The labour situation in this country - at least if a long-term view is taken - will become more difficult. In order to maintain or further increase building production, further planning, design and production methods, which lead to a saving in labour, must be developed. For this reason therefore, exceptionally important industrial research into the production stage has been carried out over the past few years with the support of the Council for Building Research. The physiological and methods research conducted by the National Institute of Occupational Health form an integral part of this industrial research. This report is a summary of a number of papers on ergonomics in construction work which have been previously published in different technical journals and other publications with a limited circulation.

Investigations carried out by Åstrand, Gardell, Paulsson & Frisk (1966) showed that the physiological load on the individual is relatively high. It is important therefore that ergonomic methods should begin to be applied. This is of primary importance in order that one should be able to continue to increase productivity in the quickest possible way and at the same time ensure that the physical and psychological load on the individual is tolerable.

Ergonomics is concerned with activities whose primary aim is adaptation of work to the physical and psychological capabilities and limitations of man. In certain instances, attempts are made to adapt man to work, by placing him in suitable jobs, by technical training and so on. The fundamental scientific content of ergonomics is biological and is made up of anatomy, physiology and experimental psychology. Certain aspects of industrial hygiene, cybernetics and other areas of psychology, as well as systems theory nowadays are also included in the concept of ergonomics (Hansson, Lundgren & Åstrand, 1969). On the other hand, however, it is generally considered that the main field of application for ergonomics is on the technical side.

A series of investigations was initiated in the middle of the 1950s, under the direction of Professor Nils P.V. Lundgren, at the Institute of Work Physiology, nowadays a department of the National Institute of Occupational Health, with the aim of charting and tackling physiological and medical problems in the building industry. The work was financially supported by grants from the Federation of Swedish Building Employers and the National Association of Swedish Civil Engineers. The results of these investigations are shown in a number of different research reports and articles (see List of references).

The results of the preliminary investigations indicated that certain types of work ought to be subjected to special methods studies, using methods mainly from the fields of physiology, engineering and works study. An ini-

arbetsstudiemässiga metoder. På initiativ av professor Lundgren och direktör Sten Jacobsson startades en första undersökning år 1959. Undersökningen berörde kärror och kärrningsarbete och utfördes av ingenjör Jan-Erik Hansson.

De inledande studierna utfördes med begränsade personella och ekonomiska resurser. Sedermera har, genom att forskningsanslag erhållits från Statens Råd för Byggnadsforskning, insatserna och därmed också möjligheterna att genomföra större undersökningar gradvis ökat.

Sedan år 1965, då Byggnadsindustrins Arbetsforskningsstiftelse bildades, har byggforskningsanslagen erhållits via denna stiftelse.

### Problemställningar och innehåll

Under senare år har en väsentlig förändring av byggandet inträffat och därmed också förändring av byggnadsarbetarens uppgifter. Från att arbetet tidigare i huvudsak varit manuellt med mycket liten styrning, har arbetarna nu tillgång till en rad nya tekniska redskap och maskiner, och arbetsuppgifterna är nu noga inplanerade i ett större system. I takt med ökade krav på att arbeta inte skall leda till ohälsa eller yrkesskada och större krav på effektivitet i arbetet, ökar också betydelsen av att olika redskap, maskiner och metoder är anpassade till människans fysiska förutsättningar och begränsningar.

För att på bästa sätt kunna ta tillvara den snabba tekniska utvecklingen krävs en ökande forskning rörande en ändamålsenlig fördelning av funktioner mellan människa-maskin och människa-maskinsystem samt forskning avseende detaljutformning av maskiner och redskap.

I den föreliggande rapporten behandlas resultat från fyra skilda områden. I det första exemplet behandlas en systemergonomisk studie av armeringsarbete, där målet för undersökningen var att finna en optimal fördelning av uppgifter mellan människa och maskin, att integrera arbetet på armeringsplatsen med arbetet ute på byggplatsen samt att detaljutforma maskiner och redskap med hänsyn till människan.

Den andra delen av rapporten behandlar fysiologiska och tekniska faktorer som begränsar den praktiska arbetsprestationen vid spikning med användande av olika tekniska hjälpmedel i varierande yttre miljöer. Från ergonomisk synpunkt har man vid arbeten av denna typ att beakta och motverka den trötthet och prestationsbegränsning som sammanhänger med arbetets energikrav och den lokala muskelbelastningen. Den senare faktorn hänger främst samman med arbetsställningen och redskapets resp. maskinens utformning, vikt och tyngdpunkt.

Numera har man vid byggandet möjligheten att välja mellan en rad olika typer av material som bl.a. arbetsmässigt innebär olika belastningar för individen. Man har dessutom stora tekniska möjligheter att till en rimlig kostnad arrangera arbetsplatsen på olika sätt.

tial investigation was undertaken in 1959 on the initiative of Professor Lundgren and Director Sten Jacobsson. It dealt with wheelbarrows and work with wheelbarrows and was conducted by Jan-Erik Hansson.

The preliminary studies were carried out with limited staff and financial resources, but the commitment and thereby the possibility of undertaking larger investigations gradually increased after a research grant had been received from the Council for Building Research.

Since 1965, when the Industrial Research Foundation of the Building Industry was formed, the research grants have been received through this foundation.

#### The problems dealt with in the report

In recent years, there has been an important change in the building industry and therefore also in the tasks that the building operative has to carry out. In contrast to earlier conditions when the work was mainly manual with very little direction, workers now have access to a number of new mechanical tools and machinery, and the tasks form part of a carefully planned overall system. Along with increased demands that work should not lead to ill health or industrial injury and that it should be efficient, it is also increasingly important that tools, machinery and methods are adapted to the physical capabilities and limitations of the worker.

In order to utilize the rapid technical development in the best possible way, we need increased research on proper division of functions between man and machine and within the man-machine system, as well as research on detail design of machinery and tools in relation to man.

This report deals with the results of work in four different fields. The first example describes the ergonomic study of reinforcement steel work systems, where the aim of the investigation was to find the optimum division of work between man and machine, to integrate work at the reinforcement site with that on the building site and to design machinery and tools with man in mind.

The second part of the report deals with the physiological and technical factors that limit the practical work output when nailing using various technical aids in varying external environments. From the ergonomic point of view, it is the tiredness and limitation of output connected with the energy required for the work and the local muscular load that must be observed and counteracted in work of this type. The latter factor is primarily a function of the working position and the design, weight and position of the centre of gravity of the tool or machine.

In modern building it is possible to choose between a number of different materials which from the point of view of the work required, to name only one aspect, entail different loads on the individual. There is in addition considerable technical scope for arranging the workplace in different ways at reasonable cost.

The third part of the report deals with the way in which the physiological load on man and the performance are affected by different workplace layouts and by the dimensions and weight of the raw materials in bricklaying. Bricklaying differs from nailing work in that in the former large mechanical loads are handled every day and the body therefore employs large groups of muscles.

Den tredje delen av rapporten behandlar hur den fysiologiska belastningen av människan och arbetsprestationen påverkas av olika arbetsplatsutformning, dimension och vikt på råmaterial vid murningsarbete. Murningsarbetet skiljer sig från spikningsarbetet så till vida att stora mekaniska vikter hanteras per dag och att kroppen därvid engagerar stora muskelgrupper.

Transporter svarar för en avsevärd del av totala byggnadskostnaden i Sverige. I vissa sammanhang har framförts att 1/4 - 1/3 av investeringarna inom hus- och anläggningssektorerna är transport- och hanteringskostnader. Av denna kostnad utgör manuella transporter en icke blygsam andel. Vid en serie kartläggande studier av arbetstyngden vid byggnadsarbete framkom att manuella transporter med kärror är ett av de tyngsta arbetena som förekommer inom branschen (Lindholm, Lundgren, Saltin & Åberg, 1963). - I det sista avsnittet av rapporten sammanfattas en principiell studie av kärror och kärrningsarbete. Vid ett arbete av denna typ är det viktigt att man kan arbeta med en så hög verkningsgrad som möjligt utan att man begränsar antalet män som orkar med arbetet. Avsnittet behandlar faktorer som är viktiga att beakta när man konstruerar en kärra. Dessutom lämnas exempel på hur några arbeten effektiviseras och underlättats genom användandet av en ändamålsenligt utformad kärra.

Transport of materials is responsible for a considerable proportion of the total construction costs in Sweden. It has been claimed that one quarter to one third of the investment in buildings and civil engineering works goes on transport and materials handling, and here manual transport constitutes a not inconsiderable proportion of this expenditure. In the course of a series of studies on work loads in the building industry, it was found that manual transportation using wheelbarrows is one of the heaviest jobs to be found in the trade (Lindholm, Lundgren, Saltin & Åberg, 1963). The last section of the report summarise a basic study of wheelbarrows and work with wheelbarrows. In work of this nature, it is important that it should be possible to work at the highest possible level of efficiency without limiting the number of people who are capable of doing this work. The section deals with the factors which are important and which should be borne in mind when designing a wheelbarrow. There are in addition some examples of how some jobs have been made more efficient and easier to do by the use of a wheelbarrow specifically designed for its purpose.

## 1 ARMERINGSARBETE

### Inledning

Bockning, klippning och transport av armeringsjärn är arbetsmoment som på många byggplatser kräver en omfattande insats av tid och personal. En systematisk metodfysiologisk undersökning för att öka kunskapen om de faktorer som påverkar arbetstyngd och kapacitet vid klipp- och bockmaskiner skulle kunna ge ett värdefullt resultat att läggas till grund för rationaliseringssatser. Med denna bakgrund startades den undersökning som här skall redovisas (Hansson, 1967; Hansson, Guharay & Nilsson, 1967).

Syftet var således att få veta mera om hur sådana faktorer som järndimension, stålkvalitet, arbetsmetoder och arbetsplatsens utformning inverkar på arbetstyngden. Det framstod som ganska naturligt att de två sistnämnda faktorerna skulle studeras så, att en generellt tillämpbar lösning kunde presenteras. Den armeringsstation som utformats i samband med undersökningen får ses som ett försök till en lösning som är allmänt användbar inom byggnadsindustrin.

Undersökningen har utförts i två steg. Först utfördes en "laboratoriemässig" studie som i huvudsak behandlade klippning, bockning, hantering och transport av armeringsjärn. Resultaten häri från omsattes i möjligaste mån i en "tillämpad" del, vilket innebar konstruktion av en transportabel armeringsstation.

Huvuddelen av de mätningar som kommit till användning under studierna har utgjort en kombination av arbetsstudier och arbetsfysiologiska mätningar (hjärtfrekvens och energibehov).

Bestämningen av kroppens syreupptagning i arbetet har utförts på följande sätt: Personens utandningsluft under arbete uppsamlades i en säck efter en förarbetsperiod av 3,5 - 4 minuter. Luftmängden har därefter mätts. Med kännedom om luftvolym och tiden för uppsamling av denna har omsatt volym per tidsenhet beräknats. Därefter har utandningsluftens syrehalt analyserats (atmosfär-luftens syrehalt är konstant). Den av försökspersonen förbrukade syremängden har erhållits genom att man har mätt upp skillnaden i syremängd i inandningsluft och personens utandningsluft.

### Bockning på olika sätt

De studier av bockning av armeringsjärn som utfördes inom ramen för den laboratoriemässiga delen kan sammanfattas ifråga om resultaten i några enkla punkter.

- Någon skillnad i arbetstyngd och kapacitet vid arbete med jämförda manuella bockmaskiner har inte erhållits.
- Arbetshöjden 90-110 cm är den minst energikrävande.

## 1 REINFORCEMENT WORK

### Introduction

Bending, cutting and transport of reinforcing steel are elements of work which on many sites require extensive time and personnel resources. A systematic physiological investigation aimed at increasing our knowledge of the factors which influence the work load and capacity when work is carried out with cutters and benders should yield valuable results for use as a basis for rationalisation measures. The investigation described below was undertaken with this in mind (Hansson, 1967; Hansson, Guharay & Nilsson, 1967).

The aim was therefore to find out more about the way in which factors such as steel dimensions, grade of steel, working methods and the layout of the workplace influence the work load. It was quite natural that the last two of these factors should be studied in such a way that a solution that was generally applicable could be presented. The reinforcing station designed in conjunction with the investigation may be regarded as an attempt to find a solution that is generally applicable within the building industry.

The investigation was carried out in two stages, the first stage consisting of laboratory study which dealt mainly with the cutting, bending, handling and transport of reinforcing steel. The results of this were as far as possible used in an applied study which entailed the design of a mobile reinforcing station.

Most of the measurements used in the studies were a combination of work study methods and physiological measurements (heart rate and energy requirement).

Determination of the oxygen consumption of the body while working was effected as follows: the air exhaled by a workman during work was collected in a bag after a pre-work period of 3.5-4 minutes, the quantity of air being measured. On the basis of the volume of air and the time taken to collect it, the volume per unit time was then calculated and the oxygen content of the expired air was analysed (the oxygen content of atmospheric air is constant). The quantity of air consumed by the test subject was obtained by measuring the difference in the oxygen content in the air inhaled and exhaled respectively.

### Different bending methods

The studies of the bending of reinforcing bars carried out within the framework of the laboratory section can be summed up, as far as the results are concerned, in a few simple points.

- No difference in work load or capacity was found in work carried out on the manual bar bending machines examined.
- A working height of 90-110 cm requires the least energy.

- Järndiametern, stålkvaliteten och bocktypen har stor inverkan på arbetstyngd och kapacitet. Jämförelserna i energiåtgång redovisas i FIG. 1.
- Handbockmaskiner kan rekommenderas till järn med diametrar upp till 12 mm. För grövre järn är maskinbockning att rekommendera.
- En handbockmaskin har konstruerats med vilken det går att bocka både åt höger och vänster, FIG. 2. Dels behöver man då inte vända järn som skall bockas i båda ändar, dels blir muskarbetet mindre ensidigt.

### Klippning

Resultaten av de studier som gjorts på klippning av armeringsjärn kan likaså sammanfattas i tre punkter:

- Arbetstyngden vid manuell klippning är stor. Maskinell klippning kan därför rekommenderas vid större arbeten och är nödvändig då järnets diameter är 16 mm eller större.
- Valet av sax påverkar arbetstyngd och kapacitet vid manuell klippning.
- En maskinklipp har utvecklats utifrån en befintlig maskin, FIG. 3. Den skiljer sig från den gamla typen framför allt genom att den horisontella transporten av järet gjorts lättare med hjälp av mer ändamålsenlig placering av skären.

### Hur hanteringen kan underlättas

Studierna av armeringsjärnens hantering och transport gav bl.a. besked om lämpliga arbetshöjder, lämpligaste underlag och transportmedel.

- Vid uppläggning av 11 m järn påverkas kapaciteten och energiförbrukningen inte nämnvärt av arbetshöjden FIG. 4. De arbetshöjder som studerats är 20, 70 och 100 cm. Däremot noteras minskad kapacitet och ökad energiåtgång med ökande arbetshöjd när det är fråga om 3 m järn vilket kan förklaras av att olika lyftmetoder tillämpades.
- Vid nedplockning av järn ökar kapaciteten med lägre arbetshöjd. Ökningen är liten för 11 m järn och stor för 3 m järn.
- Underlagets beskaffenhet (trä, järn, fasta eller rörliga rullar) har en avgörande inverkan på arbetstyngden vid släpning av kamjärn, FIG. 5.
- Släpning av kamjärn har visat sig mindre energikrävande än bärning.

- Bar diameter, grade of steel and type of bend have a great influence on work load and capacity. Comparisons of energy requirement are shown in FIG. 1.
- Manual bar benders can be recommended for bars up to 12 mm in diameter, while for larger diameters mechanical bending machines are to be recommended.
- A manual bar bender which can be used for bending to both right and left has been designed. See FIG. 2. This means that steel to be bent at both ends does not have to be turned over and that muscular work will be less one-sided.

### Cutting

Similarly, the results of the studies made of the cutting of reinforcing steel can be summarized as follows.

- The work load on manual cutting is high. Mechanical cutting is therefore to be recommended for bigger jobs, and is essential when the bar diameter is 16 mm or greater.
- The choice of shears affects the work load and the capacity in manual cutting.
- A cutting machine was developed from an existing machine. See FIG. 3. The main difference between this machine and the older type is that the new machine facilitates horizontal movement of the steel through better placing of the cutter blades.

### How can handling be made easier?

The studies of handling and transport of reinforcing steel yielded information on suitable working heights, the most suitable material to have underneath the steel, and means of transport.

- In storing steel in 11 metre lengths, capacity and energy requirement are not appreciably affected by the working height, see FIG. 4. The working heights studied were 20, 70 and 100 cm. It was noted, on the other hand, that capacity decreased and energy increased on increasing the working height when working with 3 metre lengths, the explanation being that different methods of lifting were used.
- When removing steel from the pile, capacity increases when working height is lower. The increase is small for 11 metre lengths and large for 3 metre lengths.
- The nature of the material underneath the steel (timber, steel, fixed or movable rollers) has a decisive influence on the work load when dragging deformed bars, FIG. 5.
- It has been found that dragging deformed bars requires less energy than carrying them.

- En kärra för närlagring av armeringsjärn har konstruerats, FIG. 6. Redan på transportavstånd på ner till 10 m har det visat sig fördelaktigt att använda kärran i stället för att släpa järnen, FIG. 7.

### Konstruktion av monteringsfärdig armeringsstation

Utifrån de synpunkter på utformningen av en armeringsstation som framkommit vid detaljstudierna under laboratoriemässiga förhållanden har en monteringsfärdig station konstruerats och prövats på en av Skånska Cementgjuteriets arbetsplatser. Den nya armeringsstationen har provats parallellt med den befintliga.

Stationen består i princip av ett antal enheter som snabbt skall kunna monteras och demonstreras på arbetsplatsen. I det slutgiltiga utförandet är den dessutom lätt att transportera och förvara i förråd. Genom att klippning och bockning sker i samma arbetshöjd har man kunnat bygga ihop dessa arbetsställen och minska utrymmet i förhållande till konventionella armeringsstationer, FIG. 8.

Som framgår av illustration har råjärnlagret lagts direkt på reglar på mark. Järnet bärts för hand eller lyfts med kran fram till förlager vid klippbänken.

Rullbanan är endast avsedd för transport av järn och har därför kunnat göras smal. Den lutar något mot klippsaxen, dock inte så mycket att järnet rullar av sig självt (1/100). Mellan bänkarna samt mellan bänk och sax finns en 100 cm bred öppning för att underlätta armerarens förflyttningar, bl.a. vid framtagning av järn.

Ett förlager av klippta järn för byglar kan direkt läggas på den tvärställda bänken intill bygelbockmaskinen. Lager av klippta järn som skall bockas placeras på bänken bredvid bockmaskinen. Järn som endast klipps, lyfts eller kanas ner från rullbanan på reglar, bockar, i vagn eller korgar, beroende på hur vidaretransporten sker. Bockat järn läggs på vagn, bockar eller mark bredvid armeringsbänken.

För att undvika att snö och regn försvårar arbetena har ett skydds-tak av plast monterats över bockbänkarna. I takkonstruktionen kan inläggas lysrör och strålkaminer.

### Jämförande prov

För att få en direkt jämförelse beträffande arbetstyngd och kapacitet mellan arbete på den befintliga armeringsstationen och den modifierade har ett antal parvisa jämförelser gjorts. FIG. 9 visar den befintliga stationen och FIG. 10 den nya. Flödet genom nya och gamla armeringsstationen illustreras i FIG. 11.

De två stationerna har jämförts i två olika försöksserier. I den ena serien har frambärning av järn till klippbänk resp. förlager jämförts och i den andra klippning av järn (i längder om 3,9 och 5,5 m).

- A cart has been designed for short-haul transport of reinforcing steel. See FIG. 6. Even at a distance as little as 10 m, it was found advantageous to use the cart instead of dragging the steel. See FIG. 7.

#### Design of a ready-to-erect reinforcing station

On the basis of the viewpoint as regards layout of a reinforcing station which arose in the course of detailed studies under laboratory conditions, a ready-to-erect reinforcing station was constructed and tested on one of the sites belonging to Skånska Cementgjuteriet. The new reinforcing station was tested parallel to an existing one.

The station consists basically of a number of units which can be erected quickly and demonstrated on the site. In its final version, it is also easy to move and to store. By virtue of the fact that cutting and bending are carried out at the same working height, these work positions can be situated side by side and in this way the space required is less than in conventional reinforcing stations. See FIG. 8.

As may be seen in the illustration, the pile of uncut steel has been laid directly on the ground on supports. Steel is carried by hand or is lifted with a crane to the forward store near the cutting bench.

The roller track is intended only for transportation of steel and could therefore be made narrow. It slopes a little towards the cutter blades but not so much as to cause the steel to move under its own weight (1/100). Between the benches and between bench and cutter there is a 100 cm wide opening in order to facilitate the movements of the bar bender, e.g. when he is moving steel.

A forward store of cut steel for stirrups can be laid directly on the transverse bench next to the stirrup bending machine. Stores of cut steel that are to be bent are placed on the bench alongside the bending machine, while steel which is only to be cut is lifted or slid off the roller track on to framing, trestles, into carts or baskets, depending on how they are to be transported to the place of fixing. Bent steel is placed in carts, on trestles or on the ground alongside the workbench.

In order to prevent interference with the work due to rain or snow, a protective plastic roof has been erected above the bending benches. Fluorescent tubes and radiant heaters can be fitted in the roof structure.

#### Comparative tests

In order to obtain a direct comparison as regards work load and capacity between work in the existing reinforcing station and the modified one, a number of comparative tests were carried out. FIG. 9 shows the existing station and FIG. 10 the new one. The flow through the new and old reinforcing stations respectively is shown in FIG. 11.

The two stations were compared in two different series of tests. In one series it was carrying of the steel to the cutter bench and forward store respectively which was compared, while in the second, the comparison was concerned with cutting of the steel (into lengths of 3.9 m and 5.5 m).

### Frambärning

Några skillnader i arbetsbelastning vid frambärning av järn till nya (järnet lades i förlager i armbågshöjd) och gamla stationen (järnet lades på mark bredvid rullbana) erhölls inte, vilket beror på att järnen i båda alternativen måste lyftas upp till midjehöjd under bärarbetet. Resultaten överensstämmer med vad som framkom vid laboratorieproven. I båda alternativen visade mätningarna att frambärandet av järnet är ett energetiskt synnerligen krävande arbete som dessutom ställer mycket stora krav på rygg och leder, FIG. 12.

Det finns därför all anledning att anskaffa mekaniska hjälpmedel för att utföra dessa arbeten. På den studerade arbetsplatsen visade det sig gå bra att utnyttja kranen för detta arbete, FIG. 13. Verktiden vid framflyftning med kran utgjorde ca två minuter/ton. Vid bärning för hand var tidsåtgången per ton ungefär den femdubbla trots att inte hänsyn tagits till det avsevärt större vilobehovet vid manuell hantering. Ett annat arbete där kranen med stor fördel kan användas är vid lossning av järn från lastbil.

### Klippning

Transport av järn på rullbänk, klippning och bortläggning av järn i upplaga har studerats i en särskild försöksserie. Vid proven klipptes Ø 10 i 5,5 m längder. Resultaten från jämförelser av arbete efter traditionell metod och modifierad modell har givit följande resultat:

	Kapacitet, kg/min	Syreförbrukning, l/min
Traditionell station	50	1,85
Modifierad station	73	1,35

I procent är således prestationsökningen i exemplet ca 45 proc. under det syreupptagningen (ansträngningen) minskat ca 25 proc.

### Bockning m.m.

Några direkta mätningar har inte gjorts av den vinst det innebär att förflyttningsavståndet (vertikalt och horisontellt) mellan klipp- och bockbänk är kortare på den "nya" stationen och att två man kan klippa och bocka samtidigt. Dessutom bör skyddstaket innehålla en vinst: man besväras mindre av regnväder och behöver inte skotta så mycket snö.

Andra fördelar är t.ex. att bockbänken redan är färdigbyggd (mindre tids- och virkesåtgång) samt att klippbänkarna i vissa situationer kan användas för exempelvis vissa najningsarbeten.

### Uppföljning av undersökningsresultaten

Den transportabla armeringsstationen har tagits i bruk på några byggplatser, och det kan vara dags att ställa frågan: hur fungerar den? Utan vidare kan sägas att den får mycket gott betyg. Vid en av Siabs arbetsplatser har den satts upp för att betjäna

### Carrying

No differences were found in work load in carrying steel to the new station (the steel being laid in the forward store at elbow height) and the old one respectively (steel laid on the ground alongside the roller track), which is due to the fact that in both cases the steel had to be lifted up and kept at waist height while being carried. The results are in agreement with the findings of the laboratory tests. Measurements for both alternatives showed that carrying of steel is work that requires particularly high energy consumption and in addition places a very heavy load on the back and joints. See FIG. 12.

There is therefore every reason for installing mechanical aids for this work. On the site studied, it was found that the crane could be used most satisfactorily for this job, see FIG. 13. The time taken for moving the steel by crane was about two minutes/ton, while for manual transport, the time taken per ton was about five times as long, despite the fact that no account has been taken of the considerably longer rest periods necessary on manual handling. Another type of work in which the crane can be used to great advantage is unloading of steel from lorries.

### Cutting

Moving the steel on a roller track, cutting and stacking of the steel were studied in a separate series of tests. 10 mm diameter steel was cut into 5.5 m lengths in the test. The results of comparisons between work by the traditional method and the modified one are as follows:

	Capacity, kg/min	Oxygen consumption, Litre/min
Traditional station	50	1.85
Modified station	73	1.35

The increase in performance is therefore 45 % in this instance, while oxygen consumption (effort) is reduced by 25 %.

### Bending etc.

No direct measurements were made of the gain due to the transfer distance (both horizontally and vertically) between the cutter bench and bending bench being shorter in the new station, and to the fact the two men can cut and bend at the same time. The protective roof should also result in a gain; there is less nuisance due to rain and less need to shovel away snow.

Other advantages are e.g. that the bending bench is ready to use (less time and timber required) and that the cutting benches can in certain circumstances be used for some fixing jobs.

### Following up the results of the investigation

The mobile reinforcing station has been taken into use on a few building sites, and it is time to ask how it performs in practice. It can be said without any hesitation that it has been very favourably received. It has

anläggningsarbete med en trafikplats. Man färdigställer här armeringen för fem broar och nio tunnlar. Där uppstår naturligtvis bekymret att kran sällan finns tillgänglig, varför förlager och buffertlager blivit ett. Närmare 500 ton armeringsjärn har här tagit om hand.

Man har modifierat planlösningen något genom att ställa bockningsmaskinen utanför skärmaket. Det hänger samman med att man för detta arbete haft vinkelarmar av upp till 6 m längd, och för att kunna svänga dem fritt vid bockningen har maskinen flyttats utanför det av takstolparna begränsade svängrummet.

En BPA (Byggproduktion AB)-arbetsplats hörde till de första där det uppfördes en transportabel armeringsstation av AI-modell. Man kunde snabbt konstatera att den hade många fördelar och blev uppskattad av armeraren.

#### Permanent station på järnlager

För permanent bruk har en armeringsstation av AI-modell uppförts på Ahlsell & Ågrens järnlagerområde i Västerås. Vid denna anläggning beräknar man att klippa och bocka ca 1 200 ton armeringsjärn om året. Stationen uppfördes under mars 1969 och betjänas i allmänhet av två man, ibland tre. Vid stationen klipper och bockar man inläggningsfärdigt järn som paketeras och levereras till byggplatserna i buntar om 75 kg. Stationen står centralt placerad på lagerområdet och matas från "förrådssidan" med 12 m längder.

#### Vidareutveckling

Den här undersökningen av armeringsarbetet markerar inget slutsede i det arbetet. Ytterligare förbättringar kan säkerligen göras och nya hjälpmedel skapas. Säkerligen har många sådana också tillkommit ute på arbetsplatserna, men tyvärr blir de sällan kända utåt. Man önskar att varje förbättring vidarebefordrades till tillverkaren, så att den kan komma till allmän användning. Det gäller inte bara de verkligt genomgripande idéerna utan i minst lika hög grad de små detaljförbättringarna, som har sitt stora värde i att de kanske inte kostar något att utföra men ger stora vinster ändå.

been erected on one of the sites belonging to Siab to serve the needs of construction work on a traffic interchange. Reinforcement for five bridges and nine underpasses is being prepared here. There is naturally the difficulty that there is very seldom a crane available, and for this reason the forward store and the buffer store have been merged. Nearly 500 tons of reinforcing steel are handled here.

The layout has been modified somewhat by placing the bending machine outside the area sheltered by the roof. The reason for this is that the bent portion of the steel is up to 6 m long, and the machine therefore had to be moved outside the limited area inside the roof supports in order to have enough room to handle the steel.

One of the sites belonging to BPA (Byggproduktion AB) was one of the first where a Model AI mobile reinforcing station was erected. It was soon established that the station has many advantages and it is very greatly favoured by the steel fixers.

#### Permanent reinforcing station at a steel prefabricator's

A Model AI reinforcing station has been erected for permanent use at Ahlsell & Ågren's yard in Västerås. It is estimated that the quantity of reinforcing steel cut and bent at this yard is about 1200 tons per year. The station was erected in March 1969 and is worked mostly by two men, sometimes three. Steel is cut and bent and packaged at this yard and is delivered ready for use in bundles of 75 kg to various sites. The station has a central position in the yard and is fed on the entry side with 12 metre lengths of steel.

#### Further development

This investigation of reinforcing work does not signify that work in this field has been completed. It is certain that further improvements can be achieved and new aids developed. It is very probable that many of these have been developed on the sites, but unfortunately they are very seldom known to outsiders. It would be best if manufacturers were notified of every improvement so that it could be put to general use. It is not only the really far-reaching ideas that are of interest. Small improvements of details are at least as important, their value lying in the fact that they may not cost anything to carry out but nonetheless result in great saving.

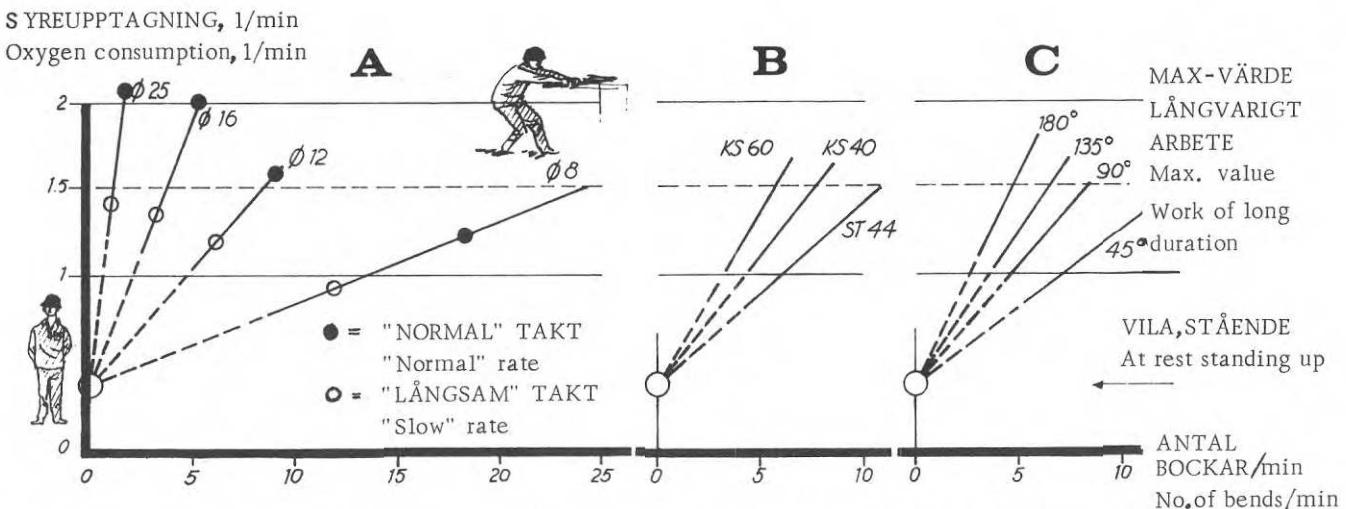


FIG. 1. A: Exempel på järngrovlakens inverkan på energiåtgång (syreupptagning) och kapacitet vid bockning ( $90^\circ$  bock). En syreupptagning på ungefär  $1 \frac{1}{2}$  l/min (7,5 kcal/min) motsvarar övre gränsen för utålligt arbete av här förekommande typ.

B: Exempel på stålkvalitetens inverkan på energiåtgång (syreupptagning) och kapacitet vid bockning.

C: Energiåtgång (syreupptagning) och kapacitet vid olika stora bockningsvinklar.

A: Examples of the effect of the size of reinforcement rods of energy consumption (oxygen absorption) and bending capacity ( $90^\circ$ ). An oxygen absorption of about  $1 \frac{1}{2}$  litres per min. (7.5 kcal/min) sets the upper limit for protracted work of this nature.

B: Examples of the effect of the grade of steel on the energy consumption (oxygen absorption) and bending capacity.

C: Energy consumption (oxygen absorption) and bending capacity, at different angles.

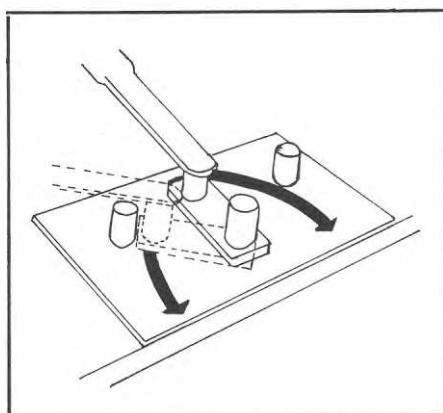


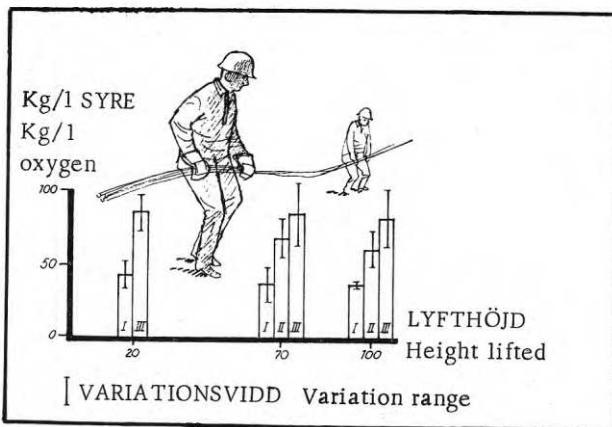
FIG. 2. Förslag till handbockmaskin med vilken det är möjligt att bocka åt både höger och vänster utan att järnen vänts.

Proposed manual bending machine enabling rods to be bent to the right and left without turning the rods.



FIG. 3. Modifierad klippmaskin (prototyp), där bl.a. horisontell transport och iläggning av järn underlättats samt reglagen fått en bekvämare placering i förhållande till den ursprungliga. Maskinen har konstruerats av AB Westman och Lundmark.

Modified shearing machine (prototype) to facilitate horizontal transport and positioning of the rods. The controls have been placed more conveniently than in existing machines. The prototype has been designed by AB Westman & Lundmark.



JÄRN	Piece of steel	ANTAL No	VIKT/BÖRDA Weight/load
I	Ø 10	3	21,4 kg
II	Ø 16	2	32,1 kg
III	Ø 25	1	39,2 kg

FIG. 4. Kapacitet vid olika lyfthöjd vid uppläggning av 11-meters järn. Arbete i självväld "normal" takt.

Capacity at different lifting heights when placing 11-metre rods. Work performed at "normal" rate.

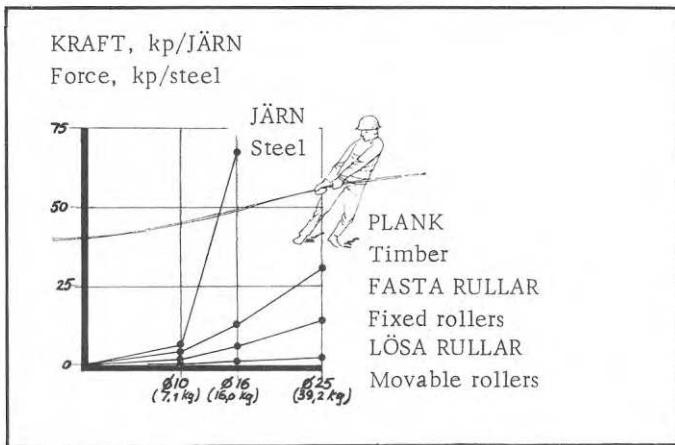


FIG. 5. Erforderlig kraft för igångsättning av rörelse av horisontellt liggande 11-meters kamjärn på några olika underlag.

Power required to start dragging 11-metre ridged steel rods on different beds.

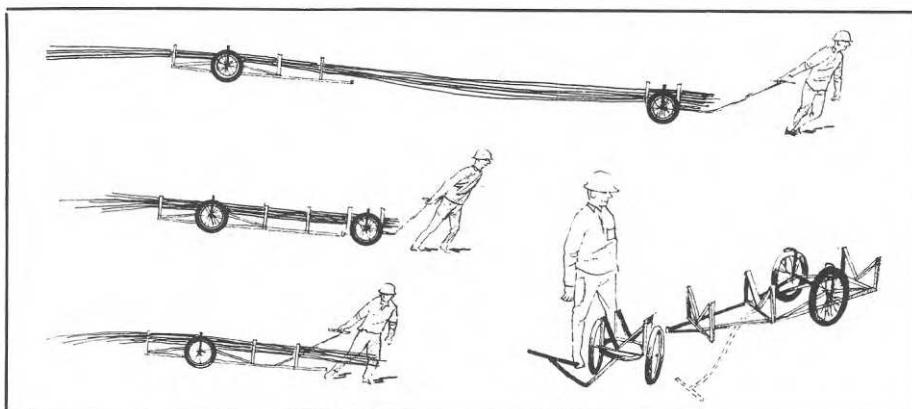


FIG. 6. Förslag till kärra avsedd för närltransport av armeringsjärn.

Proposed dolly for site transport of reinforcement rods.

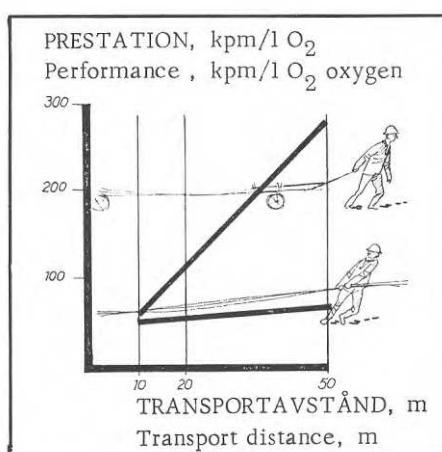


FIG. 7. Jämförelse av prestation vid släpning av järn med transport av järn på kärra.

Comparison between performance when dragging steel and transporting it on a dolly.



FIG. 8. Vid den modifierade armeringsstationen sker klippning och bockning av järn i samma arbets höjd. Klippning och bockning kan också bekvämt utföras samtidigt. Bänkarna lutar i järnets transportriktning och rullarna har kullager.

At the modified reinforcement station, the work of shearing and bending the rods is done at the same height. The two operations can also be done at the same time. The work bench slopes in the direction of the steel transport, and the rollers have ball bearings.



FIG. 9. Befintlig armeringsstation som jämförts med i FIG. 8 och 10 visad armeringsstation.

An existing reinforcement station, used as comparison with the new one shown in FIGS. 8 and 10.



FIG. 10. Studerad modifierad armeringsstation.

The modified reinforcement station as used in the study.

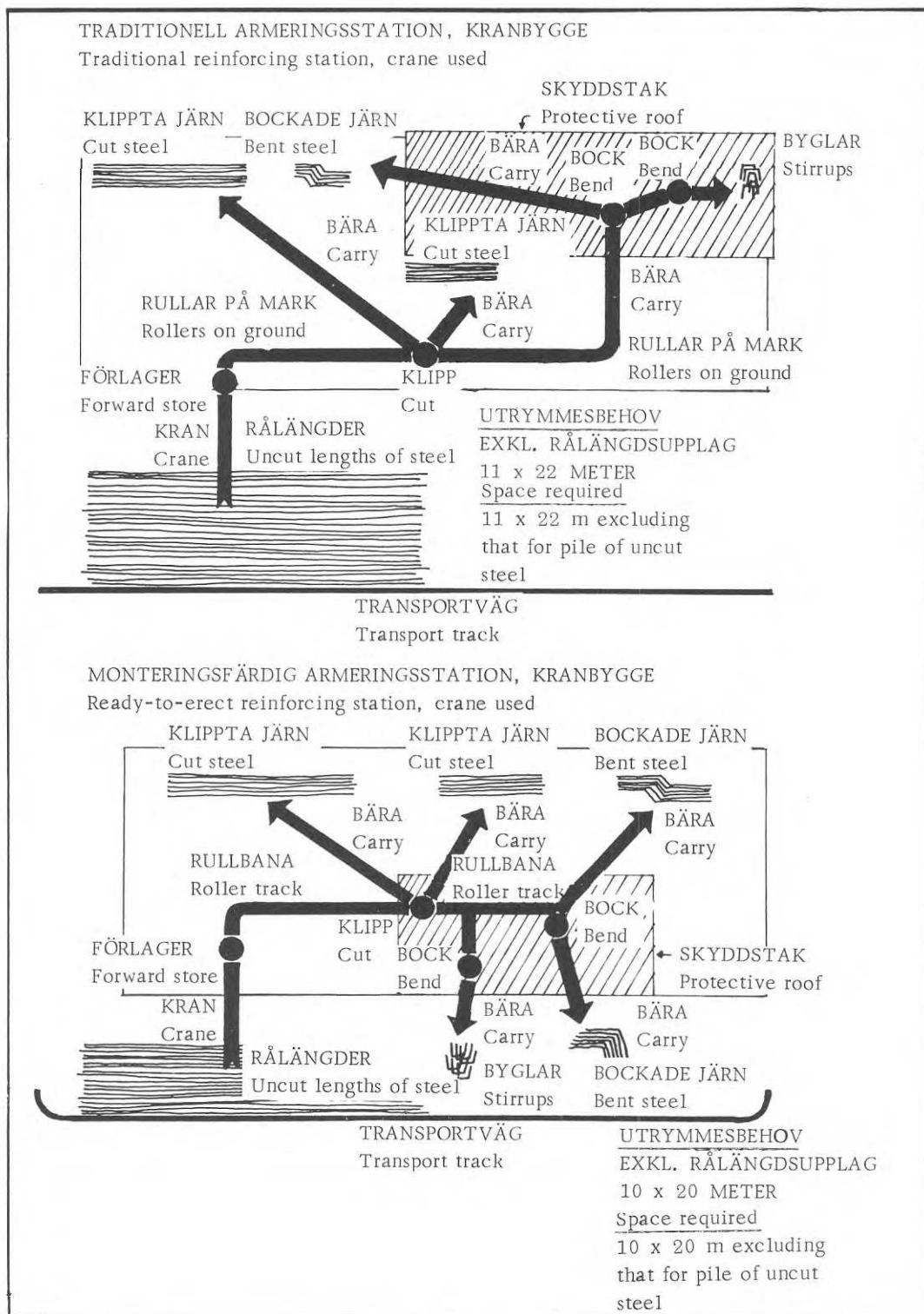


FIG. 11. Materialflödet vid traditionell och monteringsfärdig station.

The material flow in a conventional and a prefab station.



FIG. 12. Frambärning och upplyftning av järn är ett tungt arbete som ställer stora krav på rygg och leder. Det är fördelaktigt att forsla fram knipporna hela ända till rullbanan för att undvika att järnen kommer i oordning. Vid manuellt arbete bör därför knippornas vikt inte överstiga 100 kg. Om möjligt bör detta arbete utföras med mekaniskt hjälpmittel, t.ex. lyftkran.

FIG. 12. Carrying and lifting reinforcement rods is heavy work that strains the back and joints. It is preferable to bring the bundles of rods intact to the roller conveyor to avoid getting them out of order. When done manually, the bundles should not weigh more than 100 kg. If possible, this work should be mechanized, for example by means of a crane.

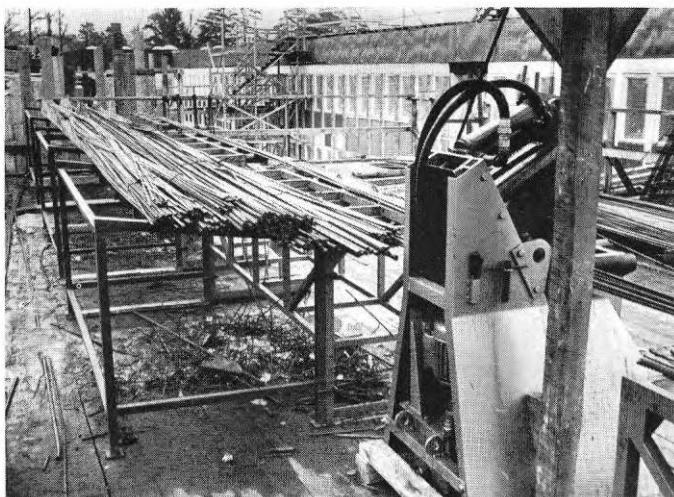


FIG. 13. En speciell bänk har konstruerats, på vilken ett förlager av järn kan placeras med hjälp av lyftkran. Förlagret utgör en buffert, som kan fyllas på under tider som inte kolliderar med annan beläggning av kranen.

A special bench has been designed where a buffer stock of reinforcement rods is always available. The stock should be replenished by means of a crane at times when the crane is not being used for other work.

## 2 SPIKNINGSARBETE

### Inledning

Bland de manuella arbeten som fortfarande spelar en roll i byggnads- och anläggningsbranschen liksom inom viss träindustri m.m., intar spikningen en viktig plats. F.n. sker en snabb teknisk utveckling av olika spikningsredskap och -metoder. Gemensamt för dessa är emellertid att de fortfarande fordrar en större eller mindre insats av fysisk kraft, uthållighet och precision från arbetaren och att sålunda arbetsresultatet påverkas av fysiologiska och tekniska karakteristika hos människa-maskin.

Av dessa skäl var det naturligt att organisera den föreliggande undersökningen som en kombinerad teknisk-ergonomisk metodstudie med tonvikt på de energetiska och kraftmässiga faktorernas betydelse för kapaciteten vid spikning (Hansson, 1966; Åstrand, 1967). Eftersom den möjliga energi- och kraftinsatsen vid spikningsarbeten i hög grad är beroende av den arbetande muskelmassans storlek samt av arbetsställning och rörelsegeometri, kunde studierna samtidigt läggas upp som en mera allmän utredning om de sistnämnda faktorernas inflytande på människans energetiska kapacitet.

Studierna har i väsentlig grad inriktats på två problemkomplex, nämligen sådana som hänger samman med:

1. Redskapsval, spikdimension och spikningsunderlag.
2. Människan (arbetsställning, arbetsförmåga och teknik).

Spikning under laboratoriemässiga och normala arbetsförhållanden studerades. Fysiologiska och tekniska mätningar utfördes och omfattade mätning av hjärtfrekvens, energiomsättning, blodmjölk-syra (trötthetsämnen i blodet), spikningshastighet, slag/spik, maximal kraft i hammarslag samt filmning för analys av rörelse och kraftförlopp. Vid laboratorieproven uppskattade försökspersonerna dessutom graden av ansträngning. Vidare bedömdes arbetskvaliteten. Följande arbetslägen studerades i laboratoriet:

1. Spikning på bänk, FIG. 14. Höjd ca 75 cm. Se s. 42.
2. Spikning på vägg, FIG. 15. Höjd ca 15 cm ovan huvudhöjd.
3. Spikning i tak, FIG. 16. Höjd ca 15 cm ovan huvudhöjd.

Arbetsproven hade som regel en varaktighet av 8 minuter. I en försöksserie utfördes arbetsprov som hade en varaktighet av 30 minuter. De studerade personerna hade vid dessa prov fått instruktion att arbeta i maximal hastighet (maximal prestation). I en annan försöksserie hade arbetsproven en längd av 100 minuter, varvid försökspersonerna fått instruktion att hålla en självvald normal arbetshastighet.

## 2 NAILING

### Introduction

Among the types of manual work that still occur in building and civil engineering works, and also in some timber industries etc, nailing occupies an important place. Rapid technical development of various nailing tools and methods is taking place at present, but it is a common feature of these that they still require a greater or lesser amount of physical strength, endurance and accuracy on the part of the worker. Thus work results are affected by the physiological and technical characteristics of the man-machine complex.

It was therefore natural that this study should be organized as a combined methods study covering both technology and ergonomics with the emphasis on the importance, as regards capacity when nailing, of factors connected with energy and force (Hansson, 1966; Åstrand, 1967). Since the possible input of energy and force in nailing depends to a great extent on the size of the muscular mass engaged in the work and on working position and geometry of motion, the studies could at the same time be formulated as a more general investigation of the influence of the last-named factors on the energy capacity of man.

The studies have been largely concentrated on two problem complexes, those connected with

1. Choice of tools, nail dimension and nailing support.
2. Man (working position, working capacity and technique).

Nailing operations were studied under laboratory conditions and normal working conditions respectively. Physiological and technical measurements were taken, e.g. heart rate, energy requirement, quantity of lactic acid in the blood (a measure of fatigue), nailing rate, blows per nail, maximum force of hammer blow, and movements and the force used were filmed for purposes of analysis. In addition, the test subjects estimated the degree of effort in the course of laboratory tests. Quality of work was also classified. The following working positions were studied in the laboratory:

1. Nailing on the bench, FIG. 14. Height about 75 cm.
2. Nailing on the wall, FIG. 15. Height about 15 cm above head level.
3. Nailing in the ceiling, FIG. 16. Height about 15 cm above head level.

Work tests lasted as a rule 8 minutes, but work tests lasting 30 minutes were carried out in one series of tests. In these tests, the persons being studied were instructed to work at maximum rate (maximum performance). In another series, work tests lasted 100 minutes, and in these the people tested were instructed to work at a normal working rate of their own choice.

Nailing was studied under normal conditions in order to provide a basis for comparison with laboratory tests.

Man studerade spikning under normala förhållanden för att kunna göra jämförelser med laboratorieproven.

I speciella försöksserier studerades maximal kraftutveckling i hammarslag samt maximal syreupptagningsförmåga vid arbete med olika stora muskelgrupper.

### Resultat

#### Spikning med hammare

Tre vana yrkesarbetare spikade i självvald "normal" takt med 3/4" spik (papp på råspont), 1" (masonit på råspont), 3" (råspont på reglar) och 5" (råspont på dubbla reglar) på bänk, vägg och i tak. Framtagning av spik ur ficka, vändning av felvända spikar samt spikning ingick i provet.

Resultaten har sammanställts i FIG. 17. Varje punkt utgör i regel medeltal för nio arbetsprov. Varje prov räckte ca 8 minuter. Såväl spikdimension som arbetsläge inverkade genomsprängande på prestation och fysiologisk belastning. Undantag utgör tid/slag där endast arbetsläget inverkat. Förklaringen till detta är att slagets längd varit kortare vid spikning i tak, vilket också kan förklara det större antal slag/spik som förekommit vid spikning i tak. En bidragande orsak till skillnaderna mellan arbetslägen ifråga om tid/spik är att vissa nödvändiga mikropausor ingår i tiden vid spikning i tak och ibland på vägg.

Av direkt praktiskt intresse är självfallet i vad mån den redovisade prestationen, mätt i tid/spik, är relevant även för arbetsperioder av längre varaktighet än som här studerats. Vid spikning av 3/4" och 1" spik på bänk och vägg samt spikning av 3" spik på bänk framkom att de prestationsbegränsande faktorerna närmast ligger på arbetstekniksidan, t.ex. framtagning av spik från ficka samt vändning av felvända spikar. I FIG. 18 illustreras hur upplockning av spik ur ficka, vändning av felvända spikar samt hållande av spik under fästslaget tar längre tid än islagningen för korta spikar. Temperaturen kan i detta fall ha en avgörande inverkan på prestationen dels genom att händerna blir avkylda och fingerfärdigheten minskar vid arbete i kyla, dels genom användning av handskar eller vantar, som hindrar arbetet. En speciell försöksserie vid spikning med hammare med användning av vantar visade en kraftig minskning av kapaciteten vid korta spikar, där framlockningen av spik upptar en stor procent av totaltiden. Däremot var kapacitetsnedsättningen mycket liten vid spikning med längre spik.

#### Spikning av papp

Följande fyra verktyg jämfördes vid spikning av papp på vägg, bänk och i tak:

- Slaghammare (beteckning HT 550) vid spikning av 6 mm dubbelspik.

Maximum force developed in a hammer blow and maximum oxygen consumption capacity during work using muscle groups of different size were studied in special test series.

### Results

#### Nailing with a hammer

Three experienced tradesmen carried out nailing operations, at a "normal" rate of their own choice, using 3/4" nails (felt to rough matchboard), 1" nails (masonite to rough matchboard), 3" nails (rough matchboard to framing) and 5" nails (rough matchboard onto double framing), on the bench, on the wall and in the ceiling. Taking the nail out of the pocket, turning the nail when it was pointing in the wrong direction and the nailing operation itself formed part of the tests.

The results are shown in FIG. 17, each marking being as a rule the mean of nine work tests. Each test lasted about 8 minutes. Both the nail dimensions and working position had a consistent influence both on the performance and the physiological load. Time taken per blow constituted an exception in that this was only affected by the working position. The explanation for this is that the length of blow was shorter when nailing into the ceiling, and this will also explain the greater number of blows per nail when nailing into the ceiling. One of the reasons that contribute to the differences in the time taken per nail between the various working positions is that certain necessary micro-pauses are included in the time when nailing into the ceiling and sometimes also when nailing into the wall.

It is naturally of direct practical significance to find out in what way the performance values shown, measured in terms of the time taken per nail, are relevant to working periods of a duration longer than the ones studied. It was found that the factors limiting performance, in nailing with 3/4" and 1" nails into the wall and on the bench and in nailing 3" nails on the bench, were mostly related to technique, e.g. removing the nail from one's pocket and turning a nail pointing in the wrong direction. FIG. 18 illustrates how removal of the nail from the pocket, turning of a nail that points in the wrong direction and holding a nail at the start of the operation, take longer than the actual hammering, as far as short nails are concerned. In this context, temperature may have a decisive influence on performance, both as a result of the fact that hands become chilled, finger sensitivity when working in cold weather is reduced and the use of gloves or mittens hinders work. A special series of tests on nailing with a hammer while wearing mittens showed great reduction in capacity when using short nails; here getting the nail into position takes up a large proportion of the total time. The reduction in capacity was on the other hand very small when using longer nails.

#### Nailing felt

The following four tools were compared in nailing felt on the wall, on the bench and in the ceiling:

- Percussion stapler (Mark HT 550) in nailing 6 mm double-headed nails.

- Tryckluftsdriven spikmaskin (beteckning BeA 95/14) vid spikning av 14 mm dubbelspik.
- Häftapparat (typ Arrow T 50) vid spikning av 7,5 mm dubbel-spik.
- Hammare (vikt 610 - 700 g) vid spikning av 18 mm pappspik.

Tre yrkesvana personer studerades. Varje stapel utgör som regel medeltal för nio "8 minuters" prov. Tidsåtgång för slangdragning, förflyttning av kompressorer etc. vid användning av spikmaskin ingår inte.

Av FIG. 19 framgår att skillnaderna i kapacitet (spikar/min) var stora mellan olika maskiner. Kapaciteten är t.ex. ca fyra gånger så stor vid spikning med slaghammare som med vanlig hammare. Arbetsläget har som synes inte haft lika avgörande inverkan på kapaciteten som demonstrerades i FIG. 18. Kapaciteten vid spikning i tak ligger dock lägre än vid spikning på bänk och vägg.

Kvaliteten på arbetet var sämst när man använde häftapparaten på vägg och bänk. En förklaring härtill vid spikning på vägg kan vara svårigheter att utveckla tillräcklig muskelkraft (arbetet sker ovan huvudhöjd). I övrigt har inga större skillnader i arbetskvalitet förelegat mellan olika verktyg.

Syreförbrukningen var klart högst vid användning av häftapparaten och höll sig där mellan 0,7 och 0,85 liter/min. Lägsta värde erhölls vid arbete med den tryckluftsdrivna maskinen. I övrigt förelåg inga större skillnader mellan de olika verktygen.

Vid spikning ovan huvudhöjd adderas till själva spikningen ett visst arbete att hålla armarna ovan huvudhöjd. Ansträngningen till följd av detta statiska merarbete ger endast till viss del utslag i en ökad syreförbrukning, vilket förklarat att skillnaderna i den subjektivt uppskattade tröttheten var mycket större mellan arbetslägena än beträffande syreupptagningen. Som framgår var den upplevda tröttheten lägst vid arbete på bänk och högst vid arbete i tak. Häftapparaten bedömes i samtliga fall som mest ansträngande.

### Spikning av råspont

Vid spikning av råspont jämfördes spikmaskin och hammare:

- Tryckluftsmaskin (beteckning BeA 14/50) vid spikning av 50 mm dubbelspik.
- Hammare (medelvikt ca 800 g) vid spikning av 75 mm räfflad trådspik.

Två vana yrkesarbetare studerades. Arbetslägen, antal prov per person samt provens utförande och längd var identiska med de två föregående exemplen.

- Pneumatic nailing machine (Mark BeA 95/14) in nailing 14 mm double-headed nails.
- Stapling machine (Type Arrow T 50) in nailing 7.5 mm double-headed nails.
- Hammer (weight 610-700 grammes) in nailing 18 mm panel pins.

Three skilled workers were studied. Each bar in the diagram is as a rule the mean for nine "8-minute" tests. The time taken in moving hoses and compressors when using nailing machines is not counted.

FIG. 19 shows that the differences in capacity (nails/min) were large between different machines. The capacity is e.g. about four times as high in nailing with a percussion stapler as with a conventional hammer. The working position, as may be seen, has not had such a decisive effect on capacity as shown in FIG. 18. The capacity when nailing into the ceiling is, however, lower than in nailing on a bench or into a wall.

The quality of the work was poorest when the stapling machine was used on the wall and bench. An explanation for this, when nailing into the wall, may be the difficulty in exerting sufficient muscular power (the work is above head level). In other respects, there is no great difference in quality of work between different tools.

Oxygen consumption was obviously highest when using a stapling machine and was between 0.7 and 0.85 litres/minute. The lowest value was obtained in work with the pneumatic machine. There was otherwise no great difference between the different tools.

When nailing takes place above head level, a certain amount of effort in keeping the arms above head level is added to the actual nailing effort. The exertion as a result of this additional static work is manifested only to a certain extent in increased oxygen consumption, which is explained by the fact that the differences as between working positions were much greater in the subjectively estimated degree of fatigue than in oxygen consumption. As may be seen, the fatigue experienced was lowest in working on the bench and highest in working on the ceiling. The stapling machine is judged in all cases to be the most tiring.

#### Nailing of rough matchboard

When nailing rough matchboard, nailing machines and hammer were compared.

- Pneumatic nailing machine (Mark BeA 14/50) used to nail 50 mm double-headed nails.
- Hammer (medium weight, about 800 grammes) used to nail 75 mm fluted wire nails.

Two experienced skilled workers were studied. The working positions, number of tests per person as well as the form and duration of the tests were identical to the two previous examples.

The capacity (nails/min) (FIG. 20) was about three to seven times as high when nailing with a machine as when using a hammer. When a machine was

Kapaciteten (spikar/min) (FIG. 20) var ca tre till sju gånger så stor vid spikning med maskin som vid spikning med hammare. När man använde maskin inverkade arbetsläget inte nämnvärt på kapaciteten. Däremot var detta fallet vid spikning med hammare. Spikningskvaliteten var något sämre med maskin.

Syreförbrukningen var betydligt lägre vid spikning med maskin än med hammare.

Någon större skillnad i uppskattad trötthet mellan de två alternativen förelåg inte. Om dock arbetsslägena jämförs framgår att spikning i vägg och i tak bedömts vara klart tyngre än spikning på bänk.

#### Vad begränsar prestationen vid spikning?

Som framgått av tidigare redovisade resultat har syreupptagning, hjärtfrekvens och av försökspersonerna uppskattad trötthet varierat med spikdimension och arbetsläge. Orsakerna till att lägre värden erhållits vid spikning av små spikar i jämförelse med stora vid användning av spikmaskiner torde vara att lättare maskiner använts för dessa spikar. Orsaken till de lägre värdena för små spikar vid manuell spikning är sannolikt:

1. Mindre energiutveckling i slaget beroende på t.ex. risk att slå sig på fingrar, skada underlag och att slå spiken krokig.
2. Framtagning av spik från ficka samt vändning av felvända spikar, vilket utförts samtidigt med själva spikningen, är mera tidskrävande än islagningen av spiken. Visserligen kan framflockningen av spik ur ficka om den sker i mycket hög takt leda till fingertrötthet. Någon sådan trötthet var emellertid ej aktuell vid arbete i spontan hastighet.

Vid spikning av längre spikar bedömde försökspersonerna arbetet som ansträngande trots att syreupptagningen i många fall var relativt liten i jämförelse med vad man kan finna vid vissa andra byggnadsarbeten (se t.ex. Lindholm et. al., 1963;). Från undersökningar där arbete på cykelergometer studerats (stora muskelgrupper engagerade) vet man att högst ca 50% av syreupptagningsförmågan kan utnyttjas vid arbete över en hel dag, eftersom man då ser en tendens till pulsökning i slutet av dagen (Åstrand, 1960; Strydom, Wyndham, von Rahden & Williams, 1962). Som framgått av tidigare redovisade resultat och andra undersökningar (se t.ex. Åstrand, 1967) är det klart att ett 50% utnyttjande av den maximala syreupptagningsförmågan vid cykling inte är möjlig vid spikning och att syreupptagningsförmågan står i relation till bl.a. engagerad muskelmassa.

Aviskten med nedan redovisade försöksserier var att bestämma syreupptagningsförmågan vid några olika typer av arbeten som engagerat olika stora muskelgrupper samt att därvid också belysa sambandet mellan å ena sidan syreupptagning, hjärtfrekvens och av försökspersonen uppskattad trötthet och å andra sidan presterad effekt. I en av försöksserierna var arbetstiden 30 minuter och i övriga fall 8 minuter. Arbetshastigheten varierade i olika arbetsprov.

used, the working position did not appreciably affect capacity, while the opposite was the case in nailing with a hammer. The quality of nailing was somewhat lower when machines were used.

The oxygen consumption was appreciably lower in nailing with a machine than when using a hammer.

The two alternatives exhibited no great difference in estimated fatigue. If, however, the working positions are compared, we see that nailing in the wall and in the ceiling are clearly more difficult than nailing on the bench.

#### What limits performance in nailing?

As will have been seen from the results, oxygen consumption, heart rate and the degree of fatigue estimated by the test subjects varied with nail dimension and working position. The reason why lower values were obtained in nailing with small nails as against larger ones when using nailing machines, is probably that the machines used for these nails were lighter. The reasons for the lower values for small nails in manual nailing are probably:

1. The development of smaller amounts of energy in the blow, due e.g. to the risk of hitting one's finger, damaging the material one is nailing into and bending the nail.
2. Taking a nail out of the pocket and turning it if it is pointing in the wrong direction, operations which take place at the same time as the actual nailing, require more time than the driving in of the nail. Getting the nails out of the pocket, if this is done at a very high speed, will certainly cause fatigue in the fingers. Such fatigue did not occur, however, when work proceeded at normal speed.

When nailing longer nails, the test subjects classified the work as tiring, despite the fact that oxygen consumption was in many cases comparatively low when compared to that applicable to certain other types of building work (see e.g. Lindholm and others, 1963). It is known from tests where work on a bicycle ergometer was studied (large groups of muscle used) that no more than about 50 % of the oxygen consumption capacity can be utilized in work lasting the whole day, since there is then a tendency for the pulse rate to increase towards the end of the day (Åstrand, 1960; Strydom, Wyndham, von Rahden & Williams, 1962). As will be evident from results discussed earlier and from other investigations (see e.g. Åstrand, 1967), utilization of the maximum oxygen consumption capacity when cycling is not possible when nailing, and the oxygen consumption capacity is related to the muscular mass used, among other factors.

The purpose of the test series discussed below was to determine the oxygen consumption capacity in a number of different types of work using muscle groups of different size, and also to elucidate the relationship between oxygen consumption, heart rate and the degree of fatigue estimated by the test subjects on the one hand, and the performance on the other. The working period was 30 minutes in one series of tests and 8 minutes in the others. Working rate varied from test to test.

### Försöksserie 1

Vid såväl arbete på armergometer (två armar), cyklergometer som spikning av 75 x 2,8 mm spik utfördes submaximala arbetsprov. Provens längd var 8 minuter. Resultat redovisas i FIG. 21.

Av figuren framgår att försökspersonen vid hjärtfrekvensen 180 slag/min kom upp till en syreupptagning av 3,5 l/min vid benarbete på cyklergometer. Vid armarbete på ergometer kom denne upp till ca 2,7 l/min vid ungefär samma hjärtfrekvens. Vid spikning i samtliga tre studerade arbetsställningar kom försökspersonen upp till en syreupptagning på 1,3-1,5 liter, vilket är ca 40% av maximala syreupptagningsförmågan vid benarbete på ergometer. Högsta uppmätta hjärtfrekvensvärde vid spikning i tak var 160 slag/min (8 minuters prov). Vid spikning på vägg och bänk var motsvarande värden ca 140 respektive 130 slag/min. Blodmjölksyrehalten (trötthetsämnen i blodet) var ca 100, 75 och 30 mg% vid respektive benarbete på ergometer, armarbete på ergometer och spikning. Orsaken till den lägre mjölksyrehalten vid spikning var säkert icke att ansträngningsgraden varit lägre utan att mindre muskelgrupper varit engagerade (Åstrand, 1967).

### Försöksserie 2

För att påvisa vilken inverkan muskelmassa och arbetsställning har på presterad effekt utfördes en speciell försöksserie där följande typer av dynamiskt arbete på ergometer studerats:

- Benarbete (cykling).
- Arbete med två armar stående. Krängningsrörelse med bålen.
- Arbete med två armar stående. Krängningsrörelse med bålen ej möjlig.
- Arbete med två armar sittande på stol försedd med hjul. Krängningsrörelse möjlig.
- Arbete med höger arm, stående. Krängningsrörelse möjlig.
- Arbete med höger arm, sittande på stol utan hjul. Krängningsrörelse möjlig, FIG. 22.

TVÅ personer studerades. Lufttemperaturen var när proven genomfördes ca 20°C. Hjärtfrekvens och syreupptagning registrerades under proven. Efter varje prov mättes dessutom blodmjölksyrehalten i blodet. Försökspersonerna fick i slutet på varje arbetsbelastning uppskatta graden av trötthet.

Resultaten har sammanställts i figur 23 och figur 24. Linjernas översta ände representerar värden från arbetsprov i maximal eller i nära maximal takt. Av figurerna framgår att största presterade kapacitet erhållits vid benarbete. Nast största effekten har presenterats vid arbete med två armar, stående. Lägsta presterade effekt, för båda personerna ca 33% av den vid benarbete, har erhållits vid arbete med höger arm när personen satt på stol utan hjul.

### Test Series No. 1

Whether work was carried out with an arm ergometer (two arms), bicycle ergometer or in nailing 75 x 2.8 mm nails, the work tests performed were sub-maximal. The test lasted 8 minutes and the results are shown in FIG. 21.

It will be seen from the figure that the test subjects, at a heart rate of 180 per minute, reached an oxygen consumption of 3.5 litres/minute in leg work on the bicycle ergometer. In arm work on the ergometer, the corresponding figure was about 2.7 litres/minute at approximately the same heart rate. In nailing in all three working positions studied, the test subjects reached an oxygen consumption of 1.3 - 1.5 litres, which is about 40% of the maximum oxygen consumption capacity in leg work on the ergometer. The highest heart rate measured in nailing into the ceiling was 160/min (8-minute test). When nailing into the wall and on the bench, the corresponding values were about 140 and 130 per minute respectively. The quantities of lactic acid in the blood (the measure of fatigue) were about 100, 75 and 30 mg % respectively in leg work on the ergometer, arm work on the ergometer and in nailing. The reason why the quantity of lactic acid in nailing was lower is not that the degree of exertion was less but that the groups of muscle employed were smaller (Åstrand, 1967).

### Test Series No. 2

In order to determine what effect the muscular mass and working position have on performance, a special test series was carried out in which the following types of dynamic work were studied on ergometers:

- Leg work (cycling).
- Work with both arms, standing. Body movements.
- Work with both arms, standing. Body movements not possible.
- Work with both arms, sitting on a chair fitted with wheels. Body movements possible.
- Work with right arm, standing. Body movements possible.
- Work with right arm, sitting on a chair without wheels. Body movements possible. See FIG. 22.

Two people were studied. Air temperature when the tests were performed was 20°C. Heart rate and oxygen consumption were recorded during the tests, and in addition the quantity of lactic acid in the blood was measured after every test. The test subjects were required to estimate the degree of fatigue at the end of each work load.

The results are shown in FIGS 23 and 24. The top ends of the lines represent values from work tests at maximum or near-maximum rates. It is seen from the figures that the highest capacity is obtained on leg work, whilst the next highest output is achieved on work with two arms while standing. The lowest output, for both persons about 35 % of that on leg work, was obtained in work with the right arm when the person was seated on a chair without wheels.

Test series 1 and 2 illustrate therefore that muscular mass and working position have a decisive influence on performance.

Försöksserie 1 och 2 illustrerar således att muskelmassan och arbetsställningen har en avgörande inverkan på presterad effekt.

### Försöksserie 3

I en försöksserie, som omfattade spikning i olika arbetslägen med hammare och spikmaskin, hade personerna instruktionen att arbeta med maximal intensitet under en halvtimme. Resultaten visade att de under dessa arbetsperioder endast kunde utnyttja 20 - 35% av sin maximala syreupptagningsförmåga vid det ovan diskuterade benarbetet på cykelergometer. Procenttalet var något högre vid arbete med hammare än med spikmaskin, vilket kan bero på att arbetet i det senare fallet är mera statiskt. För en person med en maximal syreupptagningsförmåga av ca 3 l syre/min på cykelergometer innebär detta att endast 0,6-1,05 l syre/min dvs 20 respektive 35% maximalt kan utnyttjas under en halvtimmes spikning.

Jämförelser av kapaciteten vid spikning med maskin och hammare under 8 minuter i självväld normal takt och med spikning i maximal intensitet under 30 minuter visade att kapaciteten vid 8 minuters proven i huvudsak motsvarade maximal kapacitet vid 30 minuters proven. En av fyra studerade personer hade dock kapacitetsvärdet, som i 30 minuters proven låg 10 - 40% lägre än normaltakten vid 8 minuters proven.

### Diskussion av resultaten

De utförda försöksserierna antyder att ett samband råder mellan å ena sidan försökspersonernas subjektiva upplevelse av arbets tyngden, engagerad muskelmassa och å andra sidan presterat mekaniskt arbete på ergometer. Eftersom försökspersonerna vid spikning under en halvtimme i maximal takt endast kom upp till en maximal syreupptagning av 20 - 35% av den vid cykling, är de normer som brukar tillämpas för bedömning av arbetsstyngden vid arbete med stora muskelgrupper ej tillämpbara här. Något försök att fastställa sådana normer gjordes ej, men klart är att de bör stå i någon relation till den maximala syreupptagningen i den aktuella arbetssituationen och därmed till engagerad muskelmassa.

### Maximal kraftutveckling i hammarslag

#### Metodik

Ett prov utfördes där försökspersonernas förmåga till maximal kraftutveckling i hammarslag registrerades (Hansson, 1961). Slaget utfördes med en specialkonstruerad kulhammare, FIG. 25. På hammaren var en 20 mm stålkula placerad. Hammarens vikt med skaft var 0,81 kg. Slaget utfördes mot speciella provbitar av järn med tvärsnittsmåtten 6x100 mm. På järnbitarna markerades en träffpunkt med två vinkelrätt korsade linjer. Järnbitarna var under provets utförande fastspända med två gummitränen på en 37 kg tung cylindrisk järnkärna, vilken var omsluten med tätt åtsittande plywood.

### Test Series No. 3

In a series of tests on nailing in different working positions using a hammer and nailing machines, the test subjects were instructed to work at maximum rate for half an hour. The results showed that during these periods they could only utilize 20-33 % of their maximum oxygen consumption capacity as in the leg work on the bicycle ergometer discussed above. The percentage was somewhat higher when working with a hammer than when using a nailing machine, which may be due to the fact that work in the latter case is more static. For a person with a maximum oxygen consumption capacity of about 3 litres of oxygen per minute when on the bicycle ergometer, this means that only 0.6 - 1.05 litres of oxygen per minute, i.e. 20 to 35 % at the most, can be utilized in half an hour of nailing.

Comparisons of capacity in nailing with a machine and with a hammer for 8 minutes at a normal rate of one's own choosing, and in nailing at maximum rate for 30 minutes, showed that the capacity in the 8-minute tests was largely the same as the maximum capacity in the 30-minute tests. One of the four people studied, however, showed capacity values that in the 30-minute tests were 10-40 % lower than the normal rate in the 8-minute tests.

### Discussion of results

The series of tests performed indicate that there is a correlation between the subjective estimation of the work load by the test subjects and the muscular mass employed on the one hand, and the mechanical work performed on the ergometer on the other. Since the test subjects in nailing for half an hour at maximum rate had a maximum oxygen consumption that was 20-35 % of that when they were cycling, the standards normally used in determining work load in work using large groups of muscles are not applicable in this case. No attempt was made to establish such standards, but it is clear that they should have some relationship to the maximum oxygen consumption in the work in question and thereby also to the muscular mass employed.

### Maximum force developed in the hammer blow

#### Method

A test was carried out in which the ability of the test subjects to develop maximum force in hammer blow was recorded (Hansson, 1961). The blow was delivered by a specially designed ball hammer, FIG. 25. There was a 20-mm steel ball placed on the hammer. The weight, together with the shaft, was 0.81 kg. Blows were delivered on special test specimens of iron with a cross section of 6 x 100 mm. A target was marked out on the pieces of iron in the form of two lines intersecting at right angles. During the tests, the pieces of iron were fixed by means of two rubber bands on a 37-kg cylindrical iron core which was surrounded by tightly-fitting plywood.

When striking in the bench position, the target was situated 75 cm above ground level. When striking on the wall and in the ceiling, the target was placed about 15 cm above head level.

Vid slag i bänkläge var träffpunkten placerad 75 cm ovan mark. Vid slag på vägg och i tak var träffpunkten placerad ca 15 cm ovan huvudhöjd.

Enligt instruktionen skulle försökspersonen slå med maximal kraft med riktning mot träffpunkten. Diametern på varje uppkommen grop mättes dels parallellt med järnets längsida, dels parallellt med dess kortssida med en mätlupp, som medgav avläsning i tiondels mm. Varje person utförde tre slag i respektive arbetsläge.

Varje provbit testades med kulprov enligt Brinell. Därvid användes en 10 mm stålkula och belastningen 3 000 kp (29 430 N). På varje provbit gjordes tre nedtryck. Variationen i intryckets diameter var ringa mellan provbitar och testtillfällen. Presterat arbete beräknades med hjälp av redovisad kalibreringskurva, FIG. 26.

#### Försökspersoner

Vid spikning under normala förhållanden studerades 16 timmarmän. Av dessa hade mer än 14 fem års yrkeserfarenhet. Två var lärlingar med två års erfarenhet av arbeten där spikning utgjorde en väsentlig del. Vid de laboratoriemässiga undersökningarna studerades personerna HN och LJ.

#### Resultat

I FIG. 27 och 28 redovisas maximal kraftutveckling vid slag med hammare. Som framgår av figurerna var maximal kraftutveckling vid slag uppåt (takläge) ca 40% av den vid slag nedåt. Mellan vägg och bänkläge var skillnaden betydligt mindre. Motsvarande värde var här ca 75%. De här redovisade relationerna motsvarar ungefär de tidsrelationer för spikning som erhållits vid laboratorieproven (jämf. FIG. 20).

Av figurerna framgår vidare att god överensstämmelse förelåg mellan personer som studerats under standardiserade förhållanden och gruppen timmarmän som studerats vid arbete under normala förhållanden.

The test subjects were instructed to strike with maximum force at the target. The diameter of every indentation, both parallel to the long side of the iron and parallel to its short side, was measured using a measuring instrument that read in tenths of mm. Each person delivered three blows in each working position.

Each test specimen was tested for hardness by the Brinell test, the diameter of the steel ball used being 10 mm and the load 3 000 kp. Three indentations were made on each specimen. The variation in indentation diameter was slight between test specimens and individual test. The work performed was calculated with the aid of the calibration curve shown in FIG. 26.

#### Test subjects

16 carpenters were studied in nailing operations under normal circumstances. Of these, more than 14 had five years' trade experience. Two were apprentices with two years' experience of work of which nailing formed a considerable proportion. Subjects HN and LJ were studied in the laboratory investigations.

#### Results

The maximum force developed in blows with a hammer is shown in FIGS 27 and 28. As will be seen, maximum force developed when striking upwards (into the ceiling) was about 40 % of that when striking downwards. The difference between the bench and wall positions was appreciably less, the corresponding value being approximately 75 %. The relationships shown are approximately the same as the time ratios in nailing obtained in the laboratory tests (see FIG. 20).

The figures also show good agreement between the results obtained from persons studied under standardized conditions and the group of carpenters who were studied at work in normal conditions.



FIG. 14. Spikning på bänk. Höjd ca 75 cm.  
Nailing at a bench, height ca. 75 cm.



FIG. 15. Spikning på vägg. Höjd ca 15 cm  
ovan huvudhöjd.  
Nailing on wall, height ca. 15 cm  
above head.

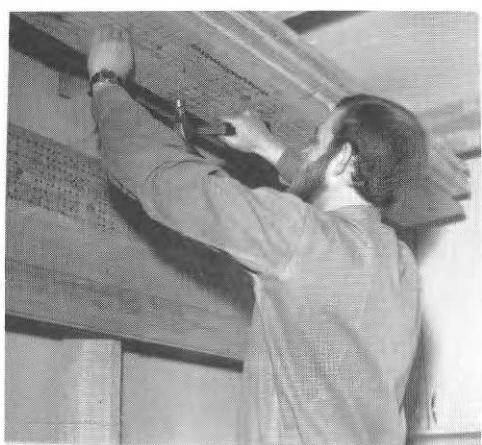


FIG. 16. Spikning i tak. Höjd ca 15 cm  
ovan huvudhöjd.  
Nailing in ceiling, height ca 15 cm  
above head.

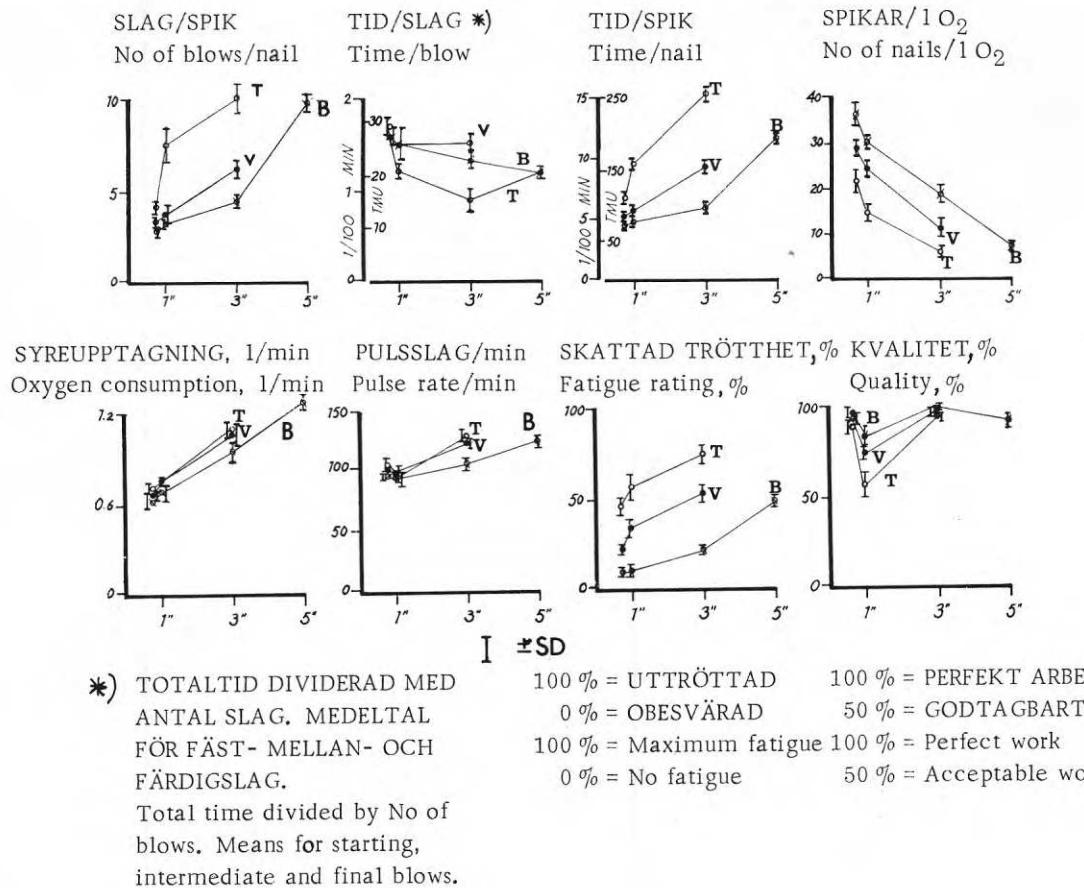


FIG. 17. Spikdimensionens inverkan på kapaciteten vid spikning med hammare. Medeltal för personerna HN, WM och BD vid spikning med fyra olika spikdimensioner. T = i tak, V på vägg och B på bänk.

The effect of the size of nail on capacity when nailing with a hammer. Means for persons HN, WM and BD when nailing with four sizes of nails. T = in ceiling, V = wall, B = at bench.

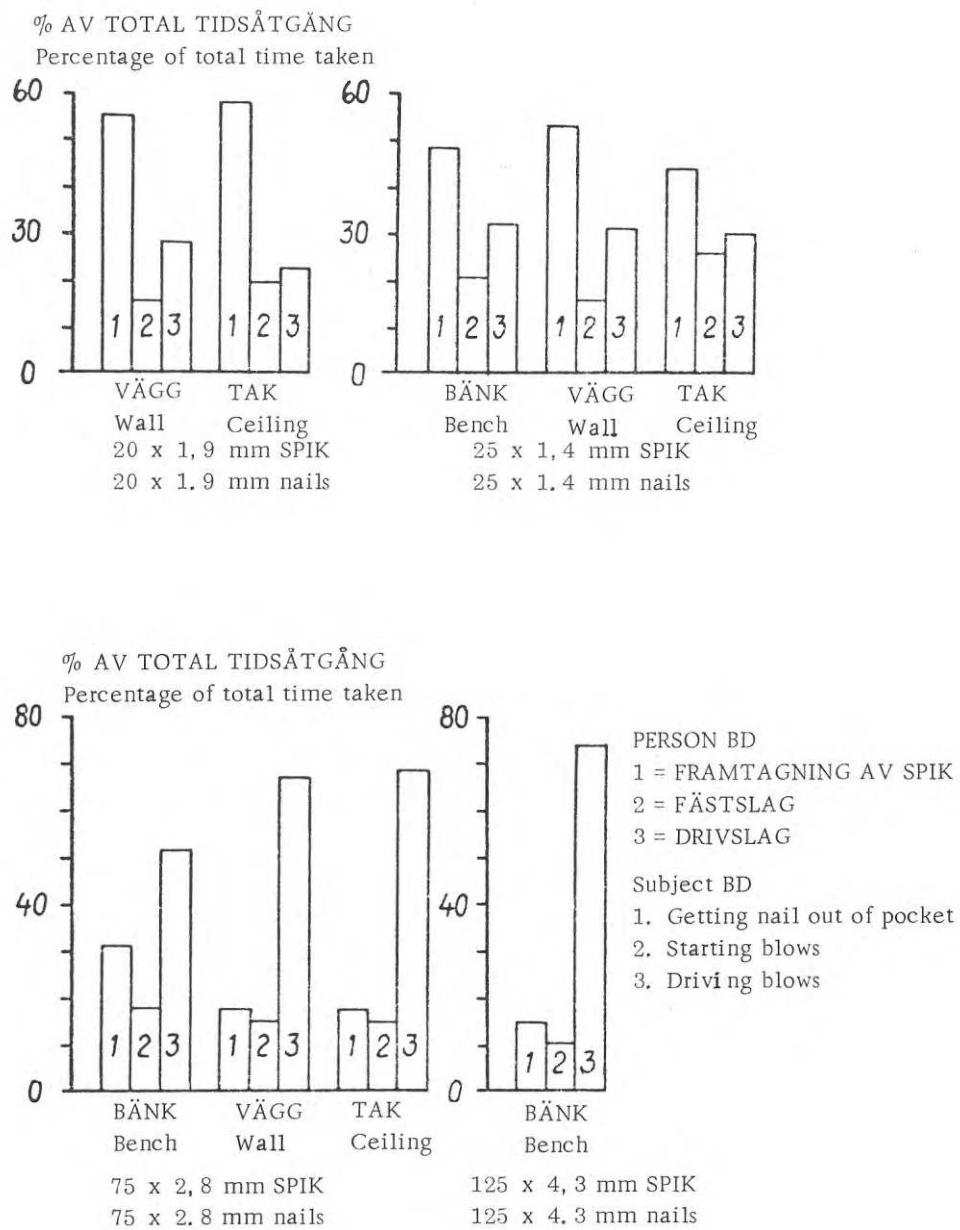


FIG. 18. Tidsfördelning mellan olika arbetsmoment vid spikning med hammare enligt filmanalyser.

Time breakdowns when nailing with hammer as determined by the analysis.

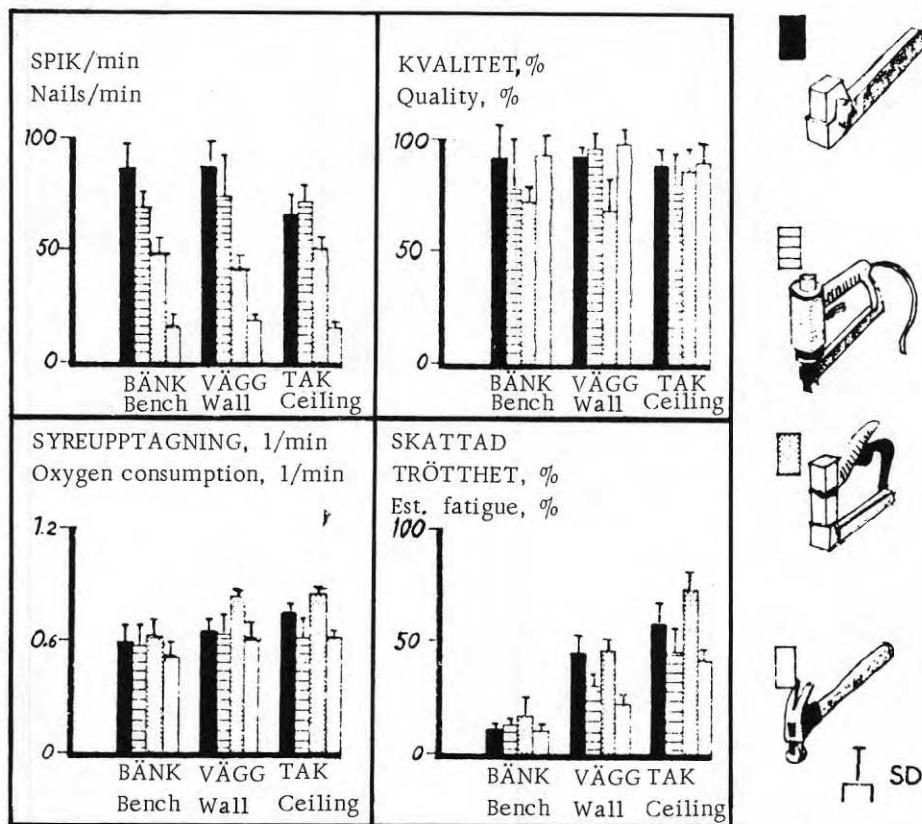


FIG. 19. Jämförelser av slaghammare, spikmaskin, häftapparat och hammare vid spikning av papp.

Comparison of impact hammer, nailing machine and hammer when nailing pasteboard.

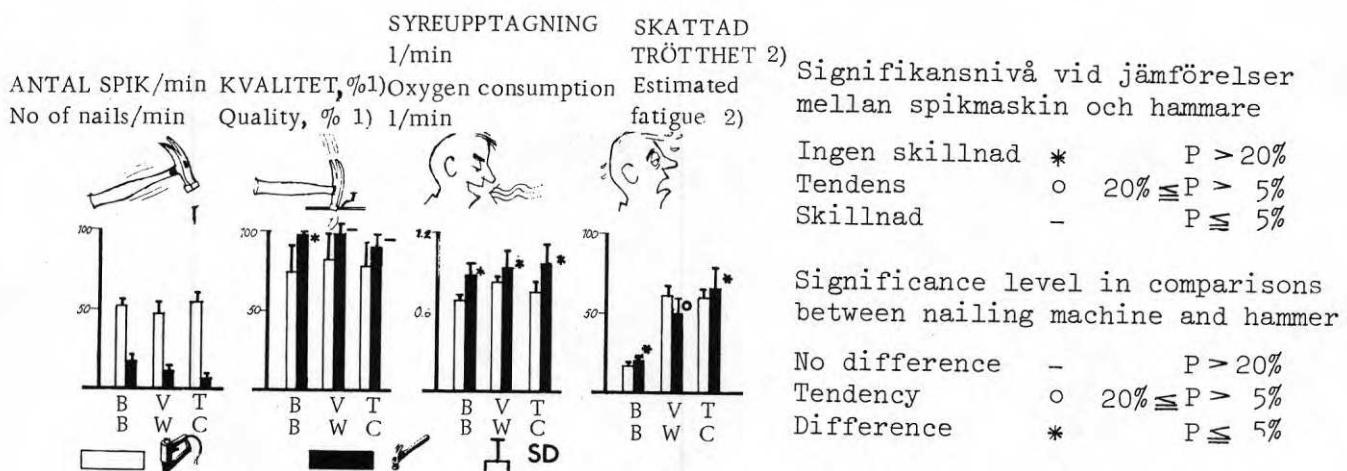


FIG. 20. Jämförelser av spikmaskin och hammare vid spikning av råspont på regel.

1) 100 % = perfekt arbete, 2) 100 % = utträttad,  
50 % = godtagbart arbete. 0 % = obesvärad.

Comparisons of nailing machine and hammer in nailing rough matchboard to framing.

1) 100 % = perfect work 2) 100 % = maximum fatigue  
50 % = acceptable work 0 % = no fatigue

Signifikansnivå vid jämförelser mellan spikmaskin och hammare

Ingen skillnad \* P > 20%  
Tendens ○ 20% ≤ P > 5%  
Skillnad - P ≤ 5%

Significance level in comparisons between nailing machine and hammer

No difference - P > 20%  
Tendency ○ 20% ≤ P > 5%  
Difference \* P ≤ 5%

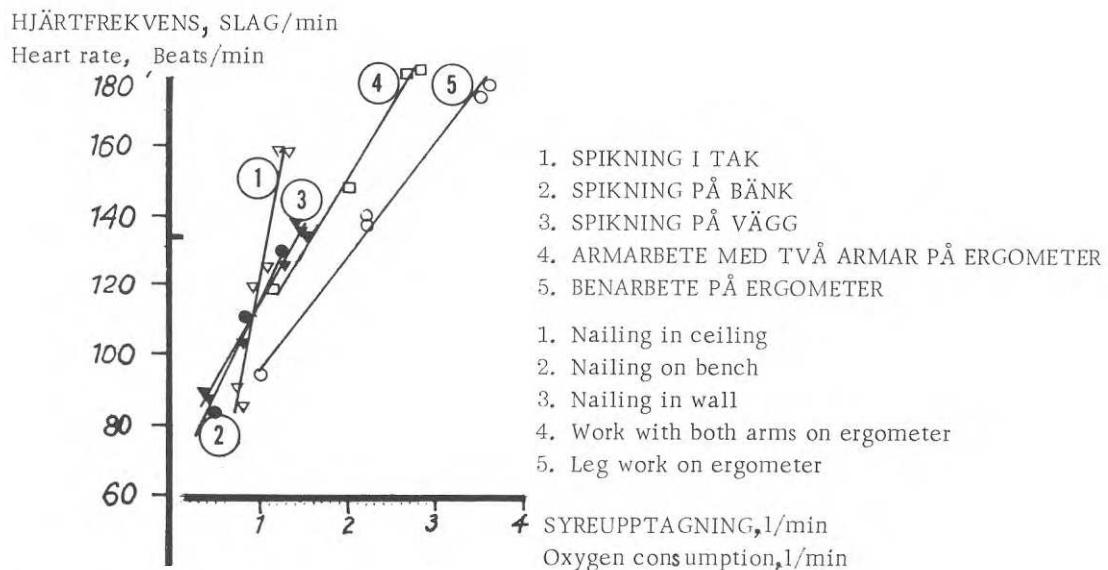


FIG. 21. Förhållande puls-syre vid några olika arbeten. Åtta minutars arbetsprov med olika takt utfördes. Linjernas översta ände representerar värden från arbetsprov i maximal takt (puls-syre värdena avser medeltal för 4 - 8 minuter).

Relation pulse-oxygen for different work. Eight-minute tests of work performed at different rates. Upper ends of curve represent tests of work done at maximum rate. (Pulse-oxygen values are means of 4 - 8 minutes.)

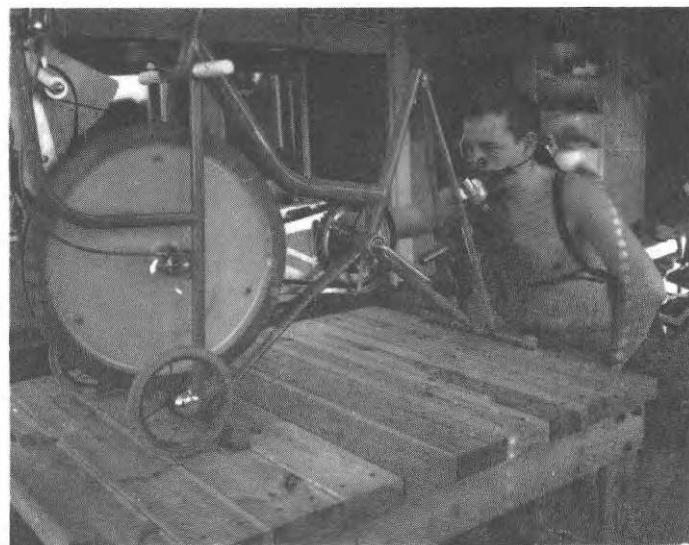


FIG. 22. Arbetsställning vid arbete med en arm på ergometer.

Working position with one arm on the ergometer.

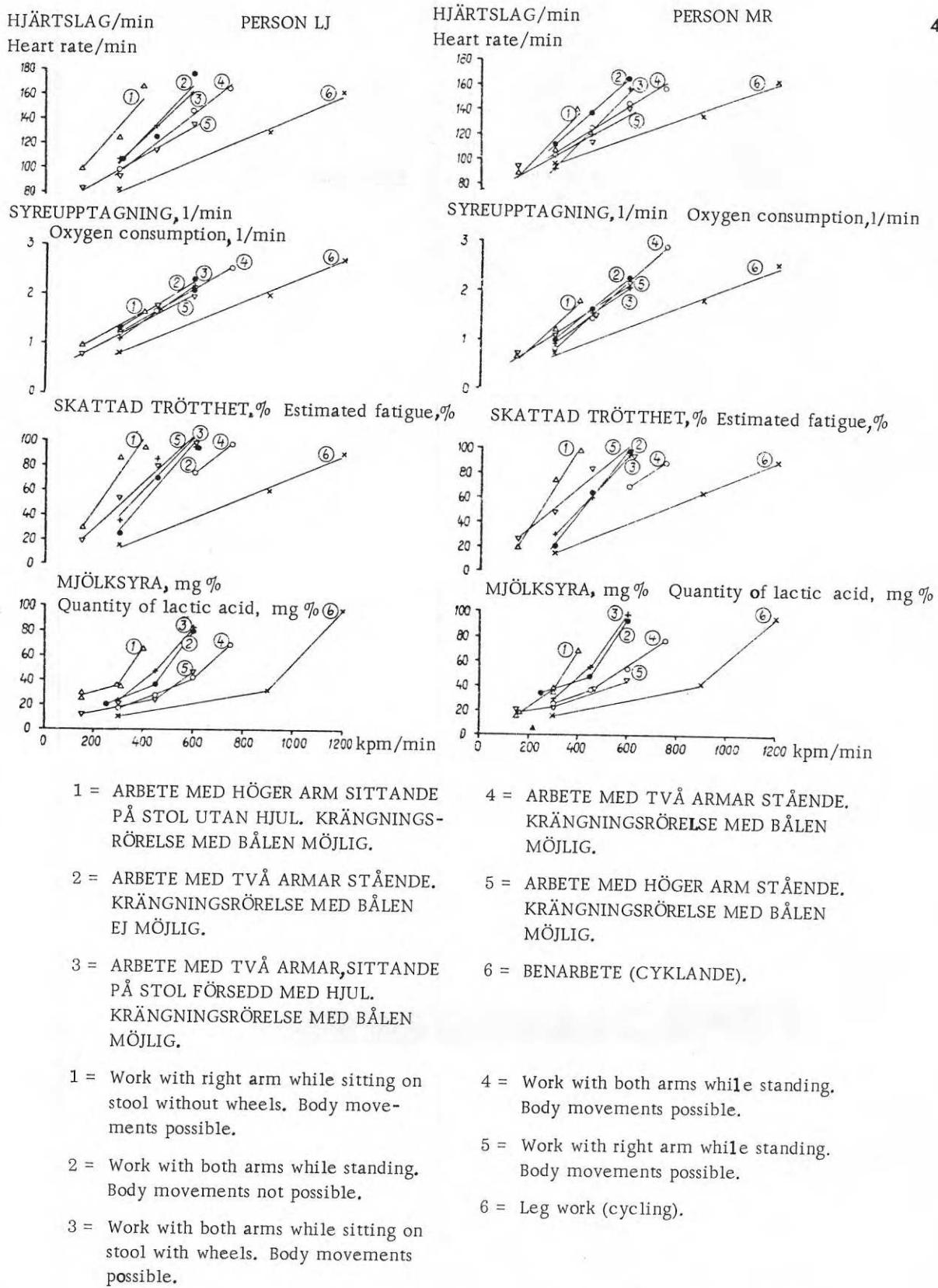


FIG. 23 och 24. Fysiologisk belastning och presterad effekt vid några arbeten, som engagerar olika stora muskelgrupper. Linjernas översta ände representerar värden från arbetsprov i maximal intensitet. Puls och syrevärden utgör medeltal för 4:e - 5:e minuten.

Physiological load and performance when doing work engaging muscle groups of varying size. Upper ends of curves represent tests of work done at maximum intensity. Pulse rates and oxygen values are means for the 4th and 5th minutes.



FIG. 25. Hammare använd vid testning av förmåga till maximal energiutveckling i hammarslag.

Hammer used for testing ability to release maximum energy in a hammer blow.

PRESTERAT ARBETE, kpm  
Work done, kpm

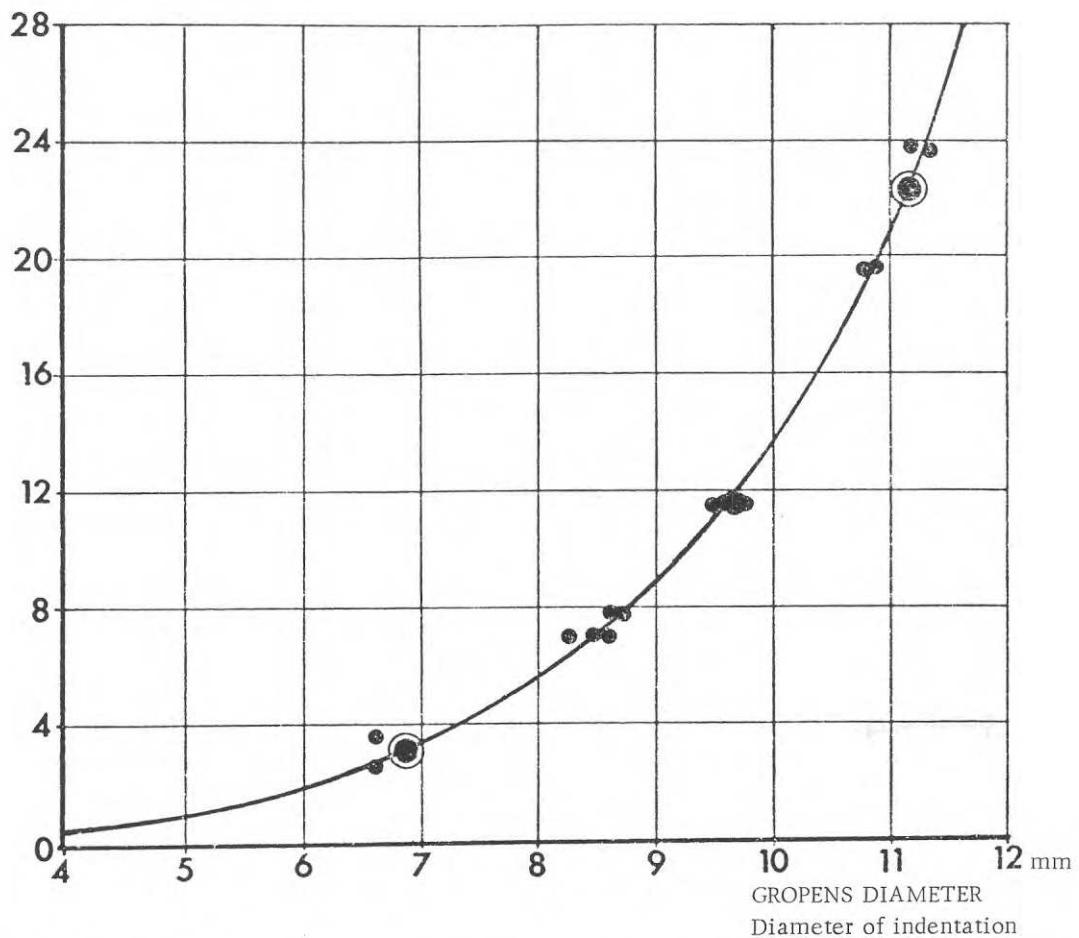


FIG. 26. Kalibreringskurva använd för beräkning av energiutveckling i hammarslag.

Calibration curve used for calculating energy of hammer blow.

FIG. 27

KRAFT I HAMMARSLAG , kpm  
Force in hammer blow , kpm

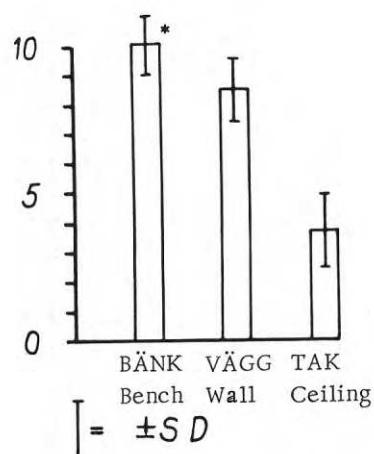
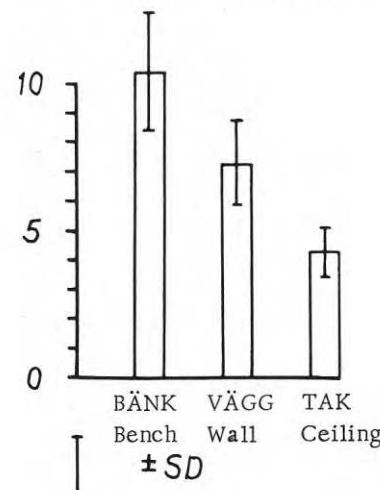


FIG. 28

KRAFT I HAMMARSLAG, kpm  
Force in hammer blow, kpm



\* SKILLNAD MELLAN BÄNK OCH VÄGG ÄR SIGNIFIKANT PÅ 1 % NIVÅN.  
Difference between wall and bench significant at 1 % level.

FIG. 27. Maximal kraftutveckling vid slag med hammare, laboratorieprov.

Maximum power of hammer blow, laboratory tests.

FIG. 28. Maximal kraftutveckling vid slag med hammare. Medeltal för 16 timmermän.

Maximum power of hammer blow. Mean values for 16 carpenters.

### 3 MURNINGSARBETE

#### Inledning

Murningsarbetet har under senare år varit föremål för en serie tekniska och fysiologiska studier (Hansson & Hermansen 1968, 1969; Hansson, Hermansen & Rehn, 1969). Studierna har omfattat murning av grundsten, lättbetongsten och fasadtegel. Mätningarna har i huvudsak utförts under standardiserade förhållanden. Syftet med försöksserierna har varit att studera hur olika layout av arbetsplatsen samt stendimensioner och stenvikter påverkar arbetshastighet och arbetsbelastning. Försöken vid murning av grundsten har utförts i samarbete med Stockholms stads byggnadsskola och monteringen av ytongstav tillsammans med Ytonbolagen i Kumla. Den del av undersökningen som omfattar murning av fasadtegel har utförts i Norge i samarbete med doktor Lars Hermansen, Arbeidsfysiologisk Institutt och yrkeslärare K. Rummelhof-Hansen, Statens Teknologisk Institut i Oslo. De metoder som kommit till användning har omfattat registrering av hjärtfrekvens, syreupptagning (energibehov), arbetshastighet och rörelseteknik (filming).

#### Arbetsställning

Arbetsställningen vid murning beror till väsentlig del på teglets och bruksbaljans placering i förhållande till muren samt höjden på arbetsplattformen som personen står på. Det är väl känt att det är mycket obekvämt att arbeta i en framåtböjd kroppsställning. Orsaken därtill är närmast de ogynnsamma hävstångsförhållandena som råder. Vid tunga lyft i en framåtböjd ställning är risken stor för en överbelastning av kotkroppar och broskdiskar. Syftet med de nedan redovisade försöksserierna var främst att undersöka hur högre placering av bruksbaljan skulle inverka på arbetsställningen samt vilka eventuella konsekvenser det skulle ha på arbetshastighet och fysiologisk belastning för muraren. Studierna har omfattat försöksserier vid murning av:

- 11 kg tunga lecablock med dimensionerna 17 x 25 x 40 cm.
- 2,7 kg tunga fasadtegelstenar med dimensionerna 6,5 x 11 x 23 cm.

I ena alternativet har studierna utförts när bruksbaljan var placerad på golv och i andra alternativet när bruksbaljan var upphöjd 40 cm över golvnivå, FIG. 29 och 30.

Av studierna framgick att en höjning av bruksbaljan med ca 40 cm ökade arbetshastigheten både vid arbete med lecablock och fasadtegel med i medeltal 5-15% vid murning av en hel vägg. Trots den ökade murningshastigheten har energiåtgång och hjärtfrekvens sjunkit med ca 5 - 10%.

### 3 BRICKLAYING

#### Introduction

Bricklaying has been the subject of a series of engineering and physiological studies (Hansson & Hermansen 1968, 1969; Hansson, Hermansen & Rehn, 1969) in the last few years. The studies comprised foundation masonry, lightweight concrete blocks and facing bricks. The measurements were mainly carried out under standardized conditions and the object of the test series was to study how different site layouts and the dimensions and weights of the bricks affect the rate of work and the work load. Tests on foundation masonry were carried out in collaboration with Stockholm City Building Trade School and the on erection of prefabricated lightweight concrete planks with Ytongbolagen in Kumla. The part of the investigation which deals with facing bricks was carried out in Norway in consultation with Dr. Lars Hermansen of the Institute of Industrial Physiology and Mr. K. Rummelhoff-Hansen, trade teacher, Oslo Institute of Technology. The methods used included recording of the heart rate, oxygen consumption (energy requirement), time and motion studies.

#### The working position is affected by the position of the bricks and the mortar trough

The working position in bricklaying depends to a large extent on the position of the bricks and the mortar trough in relation to the wall, and on the height of the wall above the working platform on which the bricklayer stands. It is well known that it is extremely uncomfortable to work in a stooping position, the main reason for this being that leverage conditions are unfavourable. When heavy loads are lifted in a stooping position, there is great danger that vertebrae and intervertebral discs will be overloaded. The primary purpose of the test series outlined below was to investigate how placing the mortar trough higher up would affect working position and also what possible consequences this would have on the rate of work and the physiological load on the bricklayer. The studies comprised series of tests when laying the following:

- Lightweight concrete blocks weighing 11 kg, with the dimensions 17 x 25 x 40 cm
- Facing bricks weighing 2.7 kg, with the dimensions 6.5 x 11 x 23 cm

In one alternative, the studies were carried out with the trough placed on the floor and in the other with it raised 40 cm above floor level. See FIGS 29 and 30.

It was evident from the studies that raising the trough by about 40 cm increased the rate of work in laying both lightweight concrete blocks and facing bricks by an average of 5-15 % in laying a whole wall. The energy requirement and the heart rate decreased by about 5-10 % despite the higher rate of work.

Filmstudierna visade att en hög baljplacering innebär att personen intar en mera upprätt och därmed mindre ansträngande ställning, framför allt för ryggen. Resultatet från en sådan filmanalys av murning av lecablok redovisas i TAB. 1 och 2.

TAB. 1. Exempel på baljhöjdens inverkan på bålens framåtfällning vid murning av 11 kg tunga lecablok. Jämförelse 1 och 2 har utförts vid pallhöjden 51 cm och jämförelse 3 vid pallhöjden 34 cm. Horisontell förflyttning av stenen ca 106-125 cm. Beträffande definition av arbetsmoment se TAB. 2.

Jäm-förelse	Baljpla-cering	Mur-höjd cm	Bålens framåtfällning i grader								
			Procentuell andel av tiden för olika arbetsmoment								
			Mom. 1 < 30 30-60 > 60			Mom. 2 < 30 30-60 > 60			Mom. 3-6 < 30 30-60 > 60		
1.	På golv Uppallad 40 cm	27 27	70 77	20 23	10 0	23 35	36 40	41 25	15 26	48 40	37 34
2.	På golv Uppallad 40 cm	81 81	68 85	16 15	16 0	72 81	12 19	16 0	60 64	40 36	0 0
3.	På golv Uppallad 40 cm	81 81	68 85	16 15	16 0	79 85	8 15	13 0	58 57	27 34	15 9

TAB. 2. Beräknad ungefärlig procentuell tidsåtgång för olika arbetsmoment utifrån filmanalyser vid murning av 11 kg lecablok.

Arbetsmoment	1	2	3	4-5	6	1-6
Procent	8	56	9	14	13	100

- Moment 1: Flytta slev från mur till balja  
 2: Flytta bruk från balja till mur (2 till 3 ggr).  
 Lägga bort slev (i vissa fall)  
 3: Flytta händer från mur i läge för att gripa  
 sten på pall  
 4: Gripa och flytta sten i läge för att lyfta  
 5: Lyfta sten till mur  
 6: Justera sten i läge på mur samt i vissa fall  
 gripa slev och skrapa bort överskottsbruk.

Film studies showed that placing the trough higher up resulted in the workman assuming a more erect and thereby less tiring position for the back in particular. The results of such a film analysis of the laying of light-weight blocks are shown in TABS 1 and 2.

TAB. 1. Example of the influence of the position of the trough on the forward movements of the body in laying blocks weighing 11 kg each. Comparisons 1 and 2 were carried out with the blocks at a height of 51 cm and comparison 3 with the blocks at a height of 34 cm. Horizontal distance through which blocks were moved varied between 106 and 125 cm. See TAB. 2 for definitions of work elements.

Compar- ison	Trough position	Wall height cm	Forward movement of body in degrees								
			Percentage of time spent on different work elements								
			Element 1			Element 2			Elements 3-6		
			< 30	30-60	> 60	< 30	30-60	> 60	< 30	30-60	> 60
1.	On floor	27	70	20	10	23	36	41	15	48	37
	Raised 40 cm	27	77	23	0	35	40	25	26	40	34
2.	On floor	81	68	16	16	72	12	16	60	40	0
	Raised 40 cm	81	85	15	0	81	19	0	64	36	0
3.	On floor	81	68	16	16	79	8	13	58	27	15
	Raised 40 cm	81	85	15	0	85	15	0	57	34	9

TAB. 2. Calculated approximate percentages for time taken on different work elements when laying blocks weighing 11 kg each, based on film analyses.

Work element	1	2	3	4-5	6	1-6
Percentage	8	56	9	14	13	100

- Work element 1: Move trowel from wall to trough  
 2: Move mortar from trough to wall (2-3 times).  
 Put away trowel (in some cases)  
 3: Move hands from wall into position to grip block on staging  
 4: Grip and move block into position for lifting  
 5: Lift block to wall  
 6: Fit block into position on wall and in some cases grip trowel and scrape away excess mortar.

Utifrån dessa analyser har en sammanställning av bålens framåtfällning i förhållande till vertikalplanet utförts. Som framgår har murhöjderna 27 och 81 cm jämförts dels när baljan var placerad på golv, dels när baljan var uppallad 40 cm. Kroppens framåtfällning har uppdelats i tre klasser, nämligen  $< 30^\circ$ ,  $30-60^\circ$ ,  $> 60^\circ$ , FIG. 31. Den horisontella förflyttningen av steinen har vid de tre utförda jämförelserna varit densamma. Som framgår av tabellen har kroppsställningen varit mera upprätt vid moment 1 och 2 hög balja i jämförelser med låg. Arbetsmomentet 1 och 2 har i medeltal tagit 8 resp. 50% av den totala arbets tiden. En högre placering av bruksbaljan skulle således innebära att arbetet kan utföras i en mera upprätt och därmed mindre ansträngande kroppsställning.

#### Påfyllning av baljan

Vid diskussionen av eventuell vinst ifråga om arbetshastighet och arbetsbelastning genom en höjning av bruksbaljan måste givetvis också påfyllning av bruk i balja tas med i beräkningen. Några speciella studier av detta arbete har ej utförts. Det torde emellertid vara klart att om detta sker med en vanlig typ av skottkärra kan den endast tippas vid en höjd av ca 40 cm. Den balja som kom till användning vid murning av grundsten hade en höjd (37 cm) som torde utgöra övre gränsen av vad som kan klaras.

Det finns givetvis andra möjligheter att klara detta problem. En speciell kärra med högt placerad korg kan tillverkas, eller själva baljan kan förses med hjul, vilket dock kan bedömas bli dyrare. En lösning som skulle ha många positiva effekter vore att murningsställningen hade två nivåer, nämligen en där personen stod och murade, och en som låg något högre och där bruksbaljan och teglet placerades.

I de fall själva transporterterna av bruk och tegel sker med kran bortfaller givetvis alla svårigheter med att kunna lyfta materialet till en lämplig nivå.

Utan att man här har studerat alternativa lösningar för påfyllning av bruk vid högt placerad balja torde det vara klart att problemen kan lösas om hänsyn tas till detta på ett tidigt stadium i planeringen.

#### Stenviktens inverkan på arbetshastighet, arbetsställning och fysiologisk belastning

Tre olika försöksserier har utförts vid murning under standardiserade förhållanden:

- Murning av grundsten med vikterna 11, 30 och 35 kg. Stendimensionen var 17 x 25 x 40 cm. Fyra personer har studerats.
- Montering av ytongstav med vikterna 11, 15 och 20 kg. Stendimension 20 x 20 x 60 cm. Två personer har studerats.
- Murning av fasadtegel med vikterna 2,9 och 3,4 kg. Två personer har studerats.

On the basis of these analyses, the movements of the body in the forward direction have been tabulated in relation to the vertical plane. As will be seen, wall heights of 27 cm and 81 cm have been compared with the trough placed on the floor and with it raised to a height of 40 cm respectively. The forward movement of the body has been divided into three classes, i.e.  $< 30^\circ$ ,  $30^\circ-60^\circ$  and  $> 60^\circ$ , as in FIG. 31. The horizontal distance through which the bricks were lifted was the same in all cases. As will be seen in the tables, the body was more upright during work elements 1 and 2 when the trough was at a higher level than when it was low down. Work elements 1 and 2 took on the average 8 and 50 % respectively of the total working time. Higher placing of the trough should therefore result in the work being performed in a more upright and therefore less tiring body position.

#### Filling the trough

When discussing possible gains as regards work rate and work load as a result of the mortar trough being raised, filling of the mortar into the trough must naturally also be considered. No special studies of this work were carried out. It is evident, however, that if this is done by an ordinary wheelbarrow, then the mortar can only be tipped at a height of about 40 cm. The trough used when laying foundation stones had a height (37 cm) which is probably the upper limit for filling.

There are naturally other ways of dealing with this problem. A special high wheelbarrow can be made, or the trough itself can be fitted with wheels, though this would be more expensive. One solution with many advantages would be to make the staging have two levels, one on which the bricklayer would stand and another somewhat higher which would carry the trough and bricks.

In cases where bricks and mortar are moved by crane, all difficulty in lifting the materials to a suitable height is naturally eliminated.

Even though no alternative solutions of filling the trough when this is placed high have been studied, it is clear that this problem can be solved if it is considered at an early stage in the planning process.

#### The weight of bricks and blocks affects rate of work, working position and physiological load

Three different series of tests were carried out when laying bricks and blocks under standardized conditions:

- Laying of foundation stones with weights of 11, 30 and 35 kg. Dimensions were 17 x 25 x 40 cm. Four people were studied.
- Laying of lightweight concrete planks weighing 11, 15 and 20 kg. Plank dimensions were 20 x 20 x 60 cm. Two people were studied.
- Laying of facing bricks weighing 2.9 and 3.4 kg. Two people were studied.

Studierna av murning med grundsten visade att arbetet gick ca 10% snabbare med de 11 kg tunga stenarna än med de som vägde 30 och 35 kg. Den större tidsåtgången för de tyngre stenarna berodde främst på att man måste gripa och flytta sten i läge för lyftning. Trots den högre arbetshastigheten var syreupptagningen ca 20% lägre vid murning med 11 kg stenarna i jämförelse med de två tyngre stenarna.

Vid montering av ytongstav erhölls större skillnader mellan stenvikterna. För 20 kg block var således arbetshastigheten endast ca 75% av den vid montering av 11 kg block, TAB. 3. Trots den lägre hastigheten vid montering av de tyngre blocken var syreupptagningen ca 20% högre. "Verkningsgraden" (stenar/l syre) vid montering av de tyngre blocken var ca 65% av den vid montering av de lättare.

Även vid murning av fasadtegel påverkades arbetshastigheten och arbetsbelastningen av stenvikterna trots att skillnaderna i stenvikt här endast var 0,5 kg, TAB. 4. Av tabellen framgår att skillnaderna är signifikanta endast för en av de två studerade personerna.

TAB. 3. Arbetshastighet och arbetsbelastning vid montering av ytongstav av olika vikt.

Försöksperson	Stenvikt	Stenar/min	Syreupptagning, l/min		Hjärtslag/min	Stenar/l syre
			M $\pm$ SD	M $\pm$ SD		
OP	11	4,18 $\pm$ 0,38	1,27 $\pm$ 0,09	117 $\pm$ 10	3,32 $\pm$ 0,38	
OP	15	4,04 $\pm$ 0,13	1,43 $\pm$ 0,12	121 $\pm$ 8	2,84 $\pm$ 0,33	
OP	20	3,12 <sup>x</sup> $\pm$ 0,32	1,53 <sup>x</sup> $\pm$ 0,11	126 <sup>o</sup> $\pm$ 11	2,06 <sup>x</sup> $\pm$ 0,31	
YA	11	3,70 $\pm$ 0,45	1,14 $\pm$ 0,09	107 $\pm$ 13	3,26 $\pm$ 0,53	
YA	15	3,67 $\pm$ 0,51	1,25 $\pm$ 0	116 $\pm$ 7	2,93 $\pm$ 0,41	
YA	20	2,80 <sup>x</sup> $\pm$ 0,28	1,36 <sup>x</sup> $\pm$ 0,07	116 <sup>o</sup> $\pm$ 6	2,13 <sup>x</sup> $\pm$ 0,26	

Signifikansnivå vid jämförelse mellan 20 kgs och 11 kgs stenvikter

Tendens  $\circ$  20 %  $\geq$  P > 5 %

Skillnad <sup>x</sup> P  $\leq$  5 %

TAB. 4. Jämförelse av två stenvikter vid murning av fasadtegel.

Person	Stenvikt	Stenar/min	Syreupptagning, l/min		Hjärtslag/min	Stenar/l syre
			M $\pm$ SD	M $\pm$ SD		
LK	2,9	6,57 $\pm$ 0,09	1,03 $\pm$ 0,04	104 $\pm$ 1	6,40 $\pm$ 0,17	
LK	3,4	5,79 $\pm$ 0,45	1,03 $\pm$ 0,07	106 $\pm$ 6	5,66 $\pm$ 0,56	
Skillnad i %		- 12 % <sup>x</sup>	0 % -		- 2 % -	- 12 % <sup>x</sup>
NAJ	2,9	5,91 $\pm$ 0,23	0,99 $\pm$ 0,05	92 $\pm$ 4	5,95 $\pm$ 0,13	
NAJ	3,4	5,80 $\pm$ 0,16	1,02 $\pm$ 0,04	88 $\pm$ 2	5,69 $\pm$ 0,08	
Skillnad i %		- 2 % -	+ 3 % -		- 4 % <sup>o</sup>	- 4 % <sup>x</sup>

Signifikansnivå: Ingen skillnad  $\circ$  P > 20 %

Tendens  $\circ$  20 %  $\geq$  P > 5 %

Skillnad <sup>x</sup> P  $\leq$  5 %

Studies of laying foundation blocks showed that work proceeded about 10 % faster with the blocks weighing 11 kg than with the ones that were 30 and 35 kg. The longer time taken on the heavier blocks was mainly due to the fact that the blocks must be gripped and moved into position for lifting. Despite the higher rate of work, oxygen consumption was about 20 % lower when laying 11-kg blocks than when laying the two heavier classes.

When lightweight concrete planks were laid, the differences as between weights were greater. Rate of work for the 20-kg planks was thus only about 75 % of that for the 11-kg ones. See TAB. 3. Despite the lower rate in laying the heavier planks, the oxygen consumption was about 20 % higher. The level of efficiency (planks/litre of oxygen) in laying heavier planks was about 65 % of that when laying lighter planks.

The rate of work and work load were affected by the weight of the bricks even in laying facing bricks, although the difference in this case was only 0.5 kg. See TAB. 4. The table shows that the difference is significant only for one of the two people studied.

TAB. 3. Rate of work and work load on laying light-weight concrete planks of different weights.

Test subject	Weight of plank kg	Planks/min		Oxygen con- sumption l/min		Heart rate/min		Planks per litre oxygen	
		M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD
OP	11	4.18 $\pm$ 0.38	1.27 $\pm$ 0.09	117 $\pm$ 10		3.32 $\pm$ 0.38			
OP	15	4.04 $\pm$ 0.13	1.43 $\pm$ 0.12	121 $\pm$ 8		2.84 $\pm$ 0.33			
OP	20	3.12 <sup>x</sup> $\pm$ 0.32	1.53 <sup>x</sup> $\pm$ 0.11	126 <sup>o</sup> $\pm$ 11		2.06 $\pm$ 0.31			
YA	11	3.70 $\pm$ 0.45	1.14 $\pm$ 0.09	107 $\pm$ 13		3.26 $\pm$ 0.53			
YA	15	3.67 $\pm$ 0.51	1.25 $\pm$ 0	116 $\pm$ 7		2.93 $\pm$ 0.41			
YA	20	2.80 <sup>x</sup> $\pm$ 0.28	1.36 <sup>x</sup> $\pm$ 0.07	116 <sup>o</sup> $\pm$ 6		2.13 <sup>x</sup> $\pm$ 0.26			

Significance levels in comparing blocks weighing 20 and 11 kg respectively

Tendency <sup>o</sup> 20 %  $\geq$  P > 5 %

Difference <sup>x</sup> P  $\leq$  5 %

TAB. 4. Comparison of two brick weights when laying facing bricks.

Person	Brick weight kg	Bricks per minute		Oxygen con- sumption l/min		Heart rate/min		Bricks per litre oxygen	
		M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD
LK	2.9	6.57 $\pm$ 0.09	1.03 $\pm$ 0.04	104 $\pm$ 1		6.40 $\pm$ 0.17			
LK	3.4	5.79 $\pm$ 0.45	1.03 $\pm$ 0.07	106 $\pm$ 6		5.66 $\pm$ 0.56			
Difference %		- 12 % <sup>x</sup>		0 % -		- 2 % -		- 12 % <sup>x</sup>	
NAJ	2.9	5.91 $\pm$ 0.23	0.99 $\pm$ 0.05	92 $\pm$ 4		5.95 $\pm$ 0.13			
NAJ	3.4	5.80 $\pm$ 0.16	1.02 $\pm$ 0.04	88 $\pm$ 2		5.69 $\pm$ 0.08			
Difference %		- 2 % -		+ 3 % -		- 4 % <sup>o</sup>		- 4 % <sup>x</sup>	

Significance levels: no difference <sup>-</sup> P > 20 %

tendency <sup>o</sup> 20 %  $\geq$  P > 5 %

difference <sup>x</sup> P  $\leq$  5 %

### Ryggbelastning vid murning av grundsten

Asmussen, Poulsen & Rasmussen (1965) har studerat belastningen på ryggen med hänsyn till risken för ryggskador. De har därvid kommit fram till vissa rekommendationer beträffande övre vikter på bördor med hänsyn till risken för ryggskador vid praktiska arbeten när bålen hålls i en normal ställning. Det senare har de definierat som att bålen ej skall vara framåtfälld mer än  $45^\circ$ . För en normallång manlig yngre person rekommenderas följande vikter som övre värden: enstaka lyft 63 kg, upprepade lyft 36 - 50 kg, hålla vikt i 1 minut 27 - 32 kg. De har reserverat sig för att i vissa situationer andra muskelgrupper, t.ex. i händer, armar och ben, givetvis kan vara begränsande.

De här utförda studierna har påvisat att de vid murningsarbeten förekommande ofta upprepade lyften i relativt hög procent utförs i en ställning där bålens framåtfällning överstiger  $45^\circ$  i höftleden. I samband med horisontell förflyttning och inpassning av stenen måste dessutom personen i vissa situationer hålla stenen under någon eller några sekunder. Med hänsyn till ovanstående riktvärden och till att arbetet även skall kunna utföras av t.ex. yngre och äldre personer kan det diskuteras om murning med stenar med vikter överstigande 25 till 30 kg bör utföras som enmansarbete på grund av risken för ryggskada.

### Slutord

Studierna har som tidigare påpekats utförts under standardisera-  
de förhållanden, där som regel endast en faktor åt gången varie-  
rats. Detta möjliggör en direkt jämförelse av stenvikt, baljpla-  
cering etc. under de förhållanden som rått vid studien. Genom  
att samtidigt utföra tidsstudier och fysiologiska mätningar och  
studera skickliga yrkesarbetare kan man med ett relativt litet  
studiematerial erhålla klara relationer mellan olika studera-  
de alternativ.

Mätningarna utfördes under gynnsamma ytterförutsättningar där t.ex. störningar i möjligaste mån elimineras, vilket givetvis medför att undersökningsresultaten är olämpliga att användas som direkt ackordsunderlag.

I artikeln har endast vissa värden från de utförda undersökningarna tagits med. I en speciell forskningsrapport redovisas undersökningen i sin helhet.

### Loading on the back when laying foundation blocks

Asmussen, Poulsen & Rasmussen (1965) studied the load on the back with regard to the danger of back injuries, and produced certain recommendations concerning upper limits of loading in connection with the danger of back injury in practical work when the body is held in a normal position. This was defined as meaning that the body should not be bent forward more than  $45^{\circ}$ . The following upper weight limits were recommended for a young male of normal height: isolated instances of lifting 63 kg, repeated lifting 36-50 kg, holding the load for one minute, 27-32 kg. They made the reservation that in certain situations other groups of muscle, e.g. in the hands, arms and legs, can naturally impose a limitation.

The studies carried out in this series showed that the repeated lifting operation which is part of bricklaying is performed in a relatively high proportion of cases in a position where the body is bent forward at the hip joint at an angle of more than  $45^{\circ}$ , in addition to which the bricklayer has to hold the block for a few seconds in some instances in connection with moving it horizontally and fitting it into position. In view of the values recommended above and the fact that younger and older people should also be capable of performing this work, it is open to discussion whether laying of blocks weighing more than 25-30 kg should be carried out by one man in view of the danger of back injury.

### Conclusion

The studies, as pointed out earlier, were carried out under standardized conditions where as a rule only one factor was varied at any one time. This makes it possible to make direct comparisons of weights of blocks and bricks, position of trough etc. under the conditions that prevailed at the time of the studies. By performing time studies and taking physiological measurements at one and the same time and studying skilled tradesmen, it will be possible with a relatively small amount of study material to establish clear relationships between the various alternatives studied.

The measurements were taken under favourable external circumstances where, for example, interference was eliminated to the greatest possible extent. This means of course that the results of the investigation cannot be used directly as a basis for piecework agreements.

This section includes only certain values from the investigation that was carried out. The investigation as a whole is described in a special research report.



FIG. 29. Bruksbaljan placerad på golv.

Mortar tub placed on floor.



FIG. 30. Bruksbaljan upphöjd 40 cm över golvnivån.

Mortar tub raised 40 cm from floor.

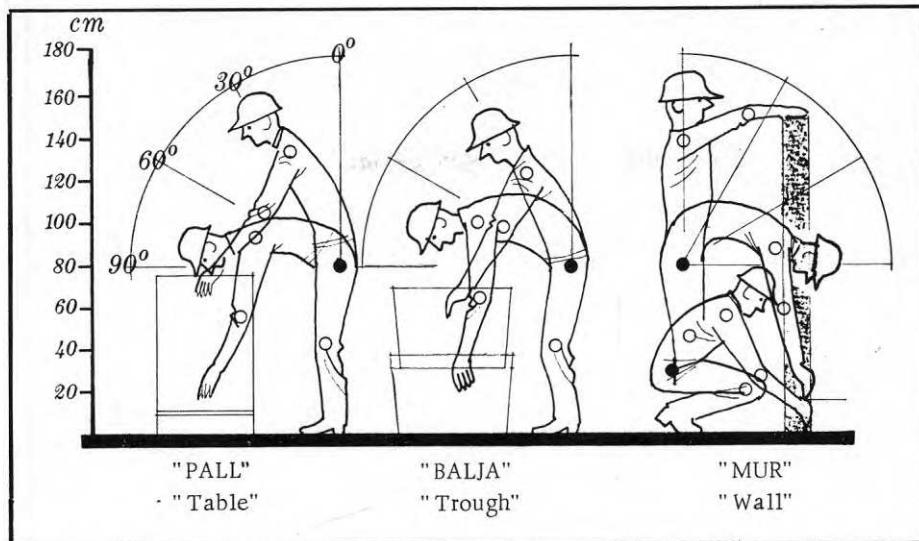


FIG. 31. Bålens framåtfällning vid murning påverkas av murhöjd, murbruks och teglets placering. Exempel på vanligt förekommande arbetsställningar vid varierande arbetshöjder. Utifrån filmanalyserna har en granskning av bålens framåtfällning i tre klasser utförts, nämligen  $< 30^\circ$ ,  $30^\circ - 60^\circ$ , och  $> 60^\circ$ .

Bending when laying brick is affected by height of wall, and the placing of the mortar and the brick. The figure shows common positions at varying heights. Three positions, as determined by film analysis, have been studied, viz.,  $< 30^\circ$ ,  $30^\circ - 60^\circ$ , and  $> 60^\circ$ .

## 4 KÄRRNINGSSARBETE

### Inledning

Syftet med undersökningen var att ta fram grunddata av teknisk och fysiologisk natur, som påverkar arbetstyngd och arbetspresentation, och som därför kan vara av värde att känna till för fabrikanter och köpare av kärror (Hansson, 1962, 1963, 1964; Hansson & Nilsson, 1963, 1965).

Innan studier av den här typen påbörjas utförs normalt orienterande mätningar där vanligen förekommande typmodeller jämförs. Om man därvid erhåller väsentliga skillnader i funktionsduglighet fortsätts studierna med analys av orsaken till skillnaderna. Därvid studeras vanligen en faktor åt gången. I detta fall omfattade detaljstudierna personfaktorer (fysisk arbetsförmåga, laststorlek, fysiologisk verkningsgrad vid olika utnyttjande av kroppens maximala syreupptagningsförmåga och vissa antropometriska mått med hänsyn till kärrans konstruktion), kärrningsunderlagets inverkan på arbetsbelastningen samt detaljstudier av kärrors konstruktion.

### Resultat

#### Arbetskonomi vid kärrning med några vanligt förekommande kärror

Ett antal kärror studerades under standardiserade förhållanden. Det visade sig därvid, som framgår av FIG. 32, att det förelåg en stor skillnad i fysiologisk arbetskonomi (transporterade hor. Mpm/l syre) vid användning av olika kärror beroende på en mängd olika faktorer som t.ex. hjulstorlek, stabilitet och laststorlek.

#### Människan - arbetsförmåga, kroppsmått och teknik

Arbetsförmågan och kroppsmåtten hos den grupp personer (i det här fallet byggnadsgrovarbetare) som skall använda redskapet bör självfallet ligga till grund för dimensioneringen. Av denna anledning har ett 120-tal byggnadsgrovarbetare testats beträffande syreupptagningsförmåga och muskelstyrka, FIG. 33 och 34. De ras arbetskapacitet har sedan legat till grund för en diskussion av lämplig laststorlek.

Mätningar av kroppsmått och intervjuer av ovannämnda grupp har givit anvisningar om vissa detaljer i kärrornas konstruktion, som t.ex. lämplig handtagshöjd, handtagsgrovlek och avstånd mellan skalmar m.m.

Forskningsrapporten innehåller också en speciell diskussion av arbetstekniken främst med tanke på förslitnings- och olycksfallsrisker.

## 4 WORK WITH WHEELBARROWS

### Introduction

The object of the investigation was to establish basic data of a technical and physiological nature which influence the work load and the performance and which may therefore be useful to manufacturers and purchasers of wheelbarrows (Hansson, 1962, 1963, 1964; Hansson & Nilsson, 1963, 1965).

Before studies of this type are undertaken, introductory measurements are normally carried out in which the usual types of appliance are compared. If in the course of these investigations essential differences as regards usability are found, the studies are continued to analyse the reason for these differences. One factor at a time is usually studied. In this case, the detailed studies comprised personal factors (physical working ability, size of load, physiological efficiency at various degrees of utilization of the body's maximum oxygen consumption capacity and certain anthropometric measurements as regards the design of the wheelbarrow), the effect of the barrow run on the work load and detailed studies of the design of the wheelbarrows.

### Results

#### Working economy using some common types of wheelbarrows

A number of wheelbarrows were studied under standardized conditions. As shown in FIG. 32, it was found that there was a great difference in efficiency (horizontal Mpm moved/l oxygen) when using different wheelbarrows, depending on a larger number of different factors such as wheel size, stability and size of load.

#### Man - working capacity, body measurements and technique

The working capacity and body measurements of the group of people (in this case building labourers) who are to use the barrow should naturally form the basis for the design work. About 120 building labourers were therefore tested as to oxygen consumption, capacity and muscular strength. See FIGS. 33 and 34. Their output was then used as the basis for the discussion of the suitable size of load.

The measurements of bodily dimensions and interviews with the above group gave indications of certain details to be borne in mind when designing wheelbarrows, such as suitable handle height, thickness of handles and distance between the shafts etc.

The research report also contains a special discussion on work techniques, mainly with regard to the risk of wear and tear and of accidents.

### Hjuldimension och ringtryck

En förändring av hjulstorleken påverkar rullningsmotstånd och förmågan att klara hinder. Dimensionen bör självfallet anpassas till underlagets beskaffenhet och den belastning hjulet utsätts för. De gjorda studierna har visat att arbetstyngden kan minskas genom att man använder större hjul än vad som hittills varit vanligt inom byggnadsindustrin. Dessutom ökar förmågan att klara hinder. FIG. 35 visar exempel på hjulstorlekens inverkan på arbetstyngden.

Genom sänkning eller höjning av ringtrycket förändras däckets kontaktyta med underlaget och därmed också rullningsmotstånd och förmågan att klara hinder. I praktiken är ett litet rullningsmotstånd att föredra framför stor förmåga att klara hinder. Det kan här som exempel nämnas, att en höjning av ringtrycket från 2,2 till 4,0 kp/cm<sup>2</sup> (0,2 till 0,4 N/mm<sup>2</sup>), medförs en minskning i arbetstyngd i relation 100/85, FIG. 36.

### Lastens fördelning mellan armar och hjul

Om hjulradien är mindre än vertikalt avstånd mellan handtag och mark vid skjutning av kärran blir den skjutande kraften delvis nedåtriktad, vilket skapar ett vridande moment som vill lyfta skalmarna. Eftersom rullningsmotstånd och lutningsmotstånd varierar kommer också den uppåtriktade kraften att variera. För att motverka lyftningen av skalmarna brukar vanligen kärror vara så konstruerade, att en viss del av lasten belastar handtagen.

I FIG. 37 visas hur en alltför stor positiv vertikal belastning av handtagen, liksom också en negativ belastning, försämrar verkningsgraden vid kärrning. En orsak till att en vertikal belastning omkring noll är så ogynnsam, kan vara att belastningen där ständigt växlar mellan positiv och negativ, beroende på att handtagen för varje steg förflyttar sig vertikalt. Detta kan i sin tur medföra att flera muskelgrupper än normalt belastas. En vertikal belastning av den som skjuter kärran innebär också större möjligheter till maximal kraftutveckling i horisontell riktning utan halkning.

### Kärrans stabilitet

Vid transport med en enhjulig kärra måste man balansera kärra och last helt med hjälp av armarna, medan detta arbete minskas när man använder tvåhjuliga kärror. Att belastningen kan vara en begränsande faktor framgår av att det inom byggnadsindustrin är mindre vanligt med laststorer på över 300 kg vid användning av enhjuliga kärror, medan dubbla laststorer förekommer vid användning av tvåhjuliga kärror.

I undersökningen har en- och tvåhjuliga kärror jämförts. Beträffande tvåhjuliga kärror har spårvärd, lastens läge och avstånd till kontaktytan studerats. Undersökningen har visat, att där tvåhjuliga kärror av praktiska skäl går att använda är de att föredra under förutsättning att vissa minimimått beträffande spårvärd och tyngdpunktsläge uppfylls.

### Wheel dimension and tyre pressure

Alteration of wheel size affects the rolling resistance and the capacity to surmount obstacles. The dimension should naturally be adapted to the nature of the barrow run and the loading to which the wheel is subjected. The studies performed showed that the work load can be reduced by using larger wheels than has up to now been usual in the building trade. The capacity to surmount obstacles is also increased. FIG. 35 shows examples of the effect of wheel size on work load.

Reducing or increasing the tyre pressure changes the contact surface between the tyre and the underlying material and therefore the rolling resistance and the capacity to surmount obstacles. In practice, small rolling resistance is to be preferred to high capacity to surmount obstacles. It may be mentioned in this connection that raising the tyre pressure from 2.2 to 4.0 kp/cm<sup>2</sup> (0.2 to 0.4 N/mm<sup>2</sup>), causes the work load to decrease in the ratio 100/85. See FIG. 36.

### Division of load between the arms and the wheel

If the wheel radius is smaller than the vertical distance between the handles and the ground, the force when the barrow is being pushed forward will be partially directed downwards, giving rise to a torque which will tend to lift the shafts. Since the rolling resistance and the resistance due to slope of the ground vary, the upward force will also vary. In order to counteract the lifting of the shafts, barrows are usually designed in such a way that part of the load falls on the handles.

FIG. 37 shows how excessive downward loading of the handles and also upward loading of these reduce the efficiency on pushing a wheelbarrow. One of the reasons why vertical loading very nearly equal to nought is so unfavourable may be that loading here continually changes from downward to upward as a result of the shafts moving vertically at every step. This may in turn lead to loading of a greater number of muscle groups than usual. Vertical loading of the person pushing the wheelbarrow will also result in increased chances of developing maximum force in the horizontal direction without slipping.

### Stability of the wheelbarrow

When working with a single-wheeled wheelbarrow, the barrow and load must be balanced entirely by the arms, while this work is reduced when two-wheeled barrows are used. The fact that the load may be a limiting factor is shown by the circumstance that loads in excess of 300 kg are not very usual in the building industry as far as single-wheeled barrows are concerned, while double this load is to be met with when two-wheeled barrows are used.

Single-wheeled and two-wheeled barrows were compared in the investigation, track width, position of the load and distance to the contact surface being studied in connection with two-wheeled barrows. The survey shows that where two-wheeled barrows can be used, they are preferable provided that certain dimensions concerning track width and position of centre of gravity are satisfied.

### Underlaget

Lutningsförhållandena har en avgörande inverkan på arbetsbelastningen och därmed på prestationen vid kärrning. Som exempel kan nämnas att arbetstyngden vid kärrning med en 220 kg tung kärra var dubbelt så stor vid 4 procent motlut som på plan mark. När man skall ta ställning till om en transport skall ske med manuell kärrning eller mekaniska hjälpmedel bör man sålunda ha klart för sig lutningens avgörande inverkan på arbetstyngden och därmed också på prestationen.

Underlagets jämnhet och beskaffenhet påverkar dels rullningsmotstånd, dels kärrarens egen förflyttning med tanke på energiåtgång och möjligheter till maximal kraftutveckling. Arbetstyngden var vid kärrning på torra plan endast 65 procent av motsvarande värden vid kärrning på grusunderlag.

### Laststörlek

Vid energetiskt tunga arbeten föreligger önskemål att arbetet utförs med en optimal fysiologisk verkningsgrad och att den fysiologiska belastningen skall ligga under "toleransgränsen". För att fastställa den förmånligaste - optimala - arbetsintensiteten ur verkningsgradssynpunkt har vissa prov på cykelergometer utförts. Detta arbetsprov liknar principiellt kärrningsarbete, eftersom det engagerar stora muskelgrupper i ett dynamiskt arbeta. Resultaten gav vid handen att verkningssgraden för en tränad manlig grupp förbättrades upp till 30 - 50 procent utnyttjande av den maximala arbetsförmågan.

Tolerabel belastning har i forskningsrapporten diskuterats utifrån den testade byggnadsgrovarbetagruppens arbetsförmåga och resultat från andra undersökningar.

Beträffande laststörlek skall här endast påpekas, att det är möjligt att förena kravet på en hög fysiologisk verkningsgrad med en ansträngningsnivå som inte leder till uttröttnings, under förutsättning att personer med låg arbetsförmåga kärrar mindre laster eller kompenserar laststörleken med pauser.

### Uppföljning av resultaten

Syftet med studien har först och främst varit att ta fram grunddata av teknisk och fysiologisk natur som kan vara av värde att känna till för fabrikanter och köpare av kärror.

Man har dessutom ansett det angeläget att kontrollera delresultatens giltighet genom att konstruera några kärrtyper för speciella ändamål.

Vid en första provning mättes bl.a. energiåtgången vid kärrning under standardiserade förhållanden. Det visade sig därvid att 40 procent större prestation i jämförelse med närmast jämförbara kärra kunde presteras vid oförändrad fysiologisk belastning, FIG. 38.

### The barrow run

Inclination of the run has a decisive influence on the work load and thereby performance in working with wheelbarrows. It may be mentioned as an example that the work load when pushing a 220-kg load was twice as large on a 4 % upward gradient as on level ground. When a decision is to be made therefore as to whether certain hauls should be carried out by manual barrowing or by the use of mechanical aids, the decisive influence of gradient on the work load and thereby performance should be realised.

The evenness and nature of the underlying material affect the rolling resistance and the movements of the man pushing the barrow with regard to energy required and the chances of developing maximum force. The work load on pushing a barrow on firm dry ground was only 65 % of that when the underlying material was gravel.

### Size of load

In work requiring large amounts of energy, it is desirable that the work should be carried out at optimum physiological efficiency and that the physiological load should be below the "tolerance limit". In order to establish what is the most favourable - optimum - work intensity from the point of view of efficiency, certain tests were carried out on the bicycle ergometer. These working tests are in principle similar to work with a wheelbarrow inasmuch as they employ large groups of muscle in work of a dynamic nature. The results show that the efficiency of a trained male group was improved so as to make up to 30-50 % utilization of the maximum working capacity possible.

The research report discusses tolerable loading on the basis of the working capacity of the building labourers tested and the results of other investigations.

As regards size of load, is to be noted that it is possible to satisfy the requirement regarding high physiological efficiency at a level of exertion which will not cause fatigue, provided that workmen with low working capacity push smaller loads or compensate for size of load by resting.

### Follow-up of the results

The purpose of the study was first and foremost to establish basic data of an engineering and physiological nature which may be of use to makers and purchasers of wheelbarrows.

It was also considered desirable to check the validity of the partial results by designing some barrow types for special purposes.

One of the things measured in a first test was the energy required in pushing a wheelbarrow in standardized conditions. It was found that a performance that was 40 % greater than that possible on the nearest comparable wheelbarrow could be achieved with the physiological load remaining unchanged. See FIG. 38.

### Specialkärror för fogning av bjälklagsplattor

Det är välkänt att fogning av valvelement i den form arbetet för närvärande vanligen utförs är tidskrävande och ansträngande, främst för ryggen, FIG. 39. Med utgångspunkt från de mera grundläggande studierna av kärror och kärrningsarbete som ovan diskuterats har vissa prov med användning av kärror vid fogningsarbete gjorts. Några speciella studier av arbetets organisation och lagstorklek har ej utförts.

Svenska Industribyggen AB (SIAB) har ställt arbetsplatser till förfogande. Två olika typer av kärror har konstruerats, en för fogning av lättbetongelement och en för fogning av betongkassetter. På de studerade arbetsplatserna har kärrorna jämförts med förekommande ordinarie arbetsmetoder. Den fysiologiska belastningen (kroppens syreupptagning och pulsfrekvens) och arbetshastigheten har mätts enligt Arbetsfysiologiska Institutets normer.

### Fogning av lättbetongelement

Arbetslagens sammansättning vid arbete med fogkärran (nya metoden) och vid "normalt" förfaringssätt var följande:

Ny metod: Laget bestod av fyra man, FIG. 40. En körde fogkärran, FIG. 41. Två blandade bruk i tombola, lastade bruk i skottkärra samt hissade kärra till valv (ej fullt sysselsatta). En transporterade bruk till fogkärra med skottkärra, plockade undan virke som låg i vägen samt assisterade den som körde fogkärran.

Traditionell metod: Laget bestod av tre man FIG. 42. En blandade bruk i tombola, lastade skottkärra samt hissade kärra till valv. Två fogade med hjälp av trädgårdskanna och murslev.

Resultat. - Fogningskapacitet ( $m/min$ ) vid arbete enligt nya metoden, FIG. 43, var ca 12 gånger så hög som vid fogning enligt ordinarie metod. Genom att arbetsstyrkan för iordningsställning av bruk, justeringsarbeten m.m. endast bestod av en man mer och fogningskapaciteten var betydligt större vid användning av kärran än vid användning av kanna-murslev blev biträdespersonal per fogade meter endast hälften så stor.

Av resultaten framgår att pulsfrekvensen varit obetydligt högre vid fogning med kärra i jämförelse med kanna-murslev. Även om så var fallet torde fogning med kärra få betraktas som avsevärt mindre ansträngande genom att arbetet kan utföras i en mera bekväm arbetsställning för kroppen.

I FIG. 44 redovisas beräknad energiförbrukning per meter fog vid arbete med de två alternativa metoderna. Av figuren framgår att energiförbrukningen varit ca 12 gånger så stor vid användning av skottkärra och murslev i jämförelse med fogkärra. Skillnaden i energiförbrukning motsvarar ungefär skillnaden i arbetshastighet.

Enligt de bedömningar av arbetets kvalitet som utfördes av studiepersonal och arbetsbefäl spilades mindre bruk vid sidan av fogen vid användning av fogkärra än vid användning av kanna och murslev.

## Special wheelbarrows for jointing flooring slabs

It is well known that jointing of flooring elements as it is carried out at present takes a lot of time and is tiring, mainly for the back. See FIG. 39. On the basis of the studies of a more basic type which have been discussed above, some tests were performed on the use of wheelbarrows in jointing work. No special studies were carried out as to the organization of the work or the size of the gang.

Svenska Industribyggen AB (SIAB) placed sites at the disposal of the test team. Two different types of wheelbarrows were designed, one for jointing lightweight concrete elements and another for jointing concrete bays. The wheelbarrows were compared with usual ordinary working methods on the sites studied. The physiological load (oxygen consumption of the body and pulse rate) and rate of work were measured in accordance with the standards of the National Institute of Occupational Health.

### Jointing of lightweight concrete elements

The composition of the gang in working with the jointing barrow (new method) and using "normal" working method was as follows:

New method: the gang consisted of four men, FIG. 40. One pushed the barrow, FIG. 41. Two mixed the mortar, loaded it into a wheelbarrow and hoisted this up to the roof (not occupied all the time). One moved the mortar by wheelbarrow to the jointing barrow, removed timber in the way and assisted the man pushing the jointing barrow.

Traditional method: the gang consisted of three men, FIG. 42. One mixed the mortar, loaded the wheelbarrow and hoisted it to the roof. Two carried out jointing using a watering can and trowel.

Results. - The jointing capacity ( $m/min$ ) in work according to the new method, FIG. 43, was about 12 times as high as with jointing according to the ordinary method. By virtue of the fact that the gang required for preparation of the mortar, adjustments and so on had only one additional man and that the jointing capacity when using the barrow was appreciably greater than when a can and trowel were used, the number of man hours per metre run jointed was only half as much.

The results show that the pulse rate when jointing with a barrow was insignificantly greater than when jointing was carried out using a can and trowel. Even if this is the case, however, jointing with a barrow is to be regarded as considerably less tiring since the work can be carried out in a more comfortable bodily position.

FIG. 44 shows the calculated energy requirement per metre run of joint in work by the two alternative methods. The Figure shows that energy consumption was about 12 times as great when using a wheelbarrow and trowel as when the jointing barrow was used. The difference in energy requirement is about the same as the difference in rate of work.

According to the opinion of the study team and gangers as regards quality of work, less mortar was spilled at the side of the joint when the jointing barrow was used than when a can and trowel were used.

### Fogning av betongkassetter

Studierna utfördes vid lassarettbygget i Lund vid två olika tillfällen under våren 1965. Därvid mättes fysiologisk belastning (syreupptagning, pulsfrekvens) samt tidsåtgång, vid arbete enligt två alternativa metoder. Betongplattorna hade en längd av 6,3-7,0 m. Fogens genomskärningsarea, FIG. 45, var ca  $53 \text{ cm}^2$ .

Ny metod (fogkärra, FIG. 46) - Laget bestod vid studietillfället av fyra man. En fyller bask från hydraulicka (ej fullt sysselsatt). Basken hissas upp på valv från kran. En kärrar betong med fogkärra från bask till fogställe samt fogar. En vibrerar fog (svårt att hinna med). En sopar fog (tid över, skulle också hinna med att vibrera om ännu ett vibrationsaggregat vore tillgängligt).

Traditionell metod (skyffel). - Laget bestod av fem personer med följande arbetsuppgifter: En transporterar betong i skottkärra från ficka till kran. En sköter vidaretransport av betongkärra till fogningsställen. Två öser betong med skyffel från kärra i fog samt sopar. En vibrerar fog.

Iläggning av masonit, armeringsjärn samt vattning av fog före gjutning har ej studerats av Arbetsfysiologiska institutet. De förstnämnda arbetena utfördes före fogningens början och vattningen när väntetider av en eller annan anledning uppstod.

### Resultat

I FIG. 47 redovisas energiåtgång/min. för enbart fogningsarbetet enligt de två alternativa metoderna. Som framgår är fogningskapaciteten ( $\text{m}/\text{min}$ ) vid energiförbrukningen  $7,5 \text{ kcal}/\text{min}$  ( $522 \text{ Nm}/\text{s}$ ) ca 3,5 gånger så stor vid användning av fogkärran (nya metoden) i jämförelse med skyffel (traditionella metoden).

En jämförelse av lagets medelprestation ( $\text{m}/\text{min}/\text{man}$ ) - arbetsbelastning (pulsslag/min) vid arbete enligt de två metoderna redovisas i FIG. 48 och 49. Mätningarna utfördes vid två olika tillfällen. Av FIG. 48 framgår att fogningshastigheten varit ca sex gånger högre vid arbete enligt den nya metoden trots att pulsfrekvensen var något lägre än vid arbete enligt den traditionella metoden, FIG. 49.

Om fogningskapaciteten vid studie 1 och 2 jämförs finner man att den var högre vid den senare studien vid arbete enligt båda metoderna trots att pulsfrekvensen då i medeltal var lägre än under den första studien. En trolig orsak till detta kan givetvis vara personernas större vana med arbetsmetoderna vid det senare studietillfället.

### Jointing of concrete bays

The studies were carried out at the hospital under construction at Lund on two separate occasions in the spring of 1965, physiological load (oxygen consumption, pulse rate) and time taken being measured for work performed by the two alternative methods. The concrete slabs had a length of 6.3 - 7.0 m. The average area of the joint, FIG. 54, was about 53 cm<sup>2</sup>.

New method (jointing barrow, FIG. 46): the gang consisted of four men at the time of the study. One filled the container from a hydraulic bin (not fully occupied). The container was hoisted up to the roof by a crane. One pushed concrete with the jointing barrow from the container to the site of work and did the jointing. One vibrated the joint (had difficulty in keeping up). One cleaned up the joint (had time to spare, would also have had time to vibrate the concrete if there had been another vibrator available).

Traditional method (shovelling): the gang consisted of five men, the division of work being as follows. One man moved concrete from the bin to the crane in a wheelbarrow, one was responsible for moving the concrete barrow up to the site of work, two loaded concrete with shovels from the barrow into the joint and also cleaned up, and one vibrated the joint.

The placing of the preformed joint filler and reinforcement, or wetting of the joint prior to jointing, were not studied. The first two items of work were carried out before jointing was commenced, while wetting was done when for one reason or another work was held up.

### Results

The energy requirement/minute is shown in FIG. 47 for jointing work alone according to the two alternative methods. As will be seen, jointing capacity (m/min) at an energy requirement of 7.5 kcal/min (522 Nm/s) is about 3.5 times as high when using the jointing barrow (new method) as when the shovel is used (traditional method).

The mean performance (m/min/man) and the work load (pulsebeat/min) on the gang are compared for the two alternative methods in FIGS 48 and 49. Readings were taken on two separate occasions. FIG. 48 shows that the rate of jointing using the new method was about six times as high, in spite of the fact that the pulse rate was somewhat lower than in work by the traditional method, as shown in FIG. 49.

When the jointing capacities as determined in Studies 1 and 2 are compared, the one in the second study by either of the methods is found to be higher, despite the fact that the pulse rate was then on an average lower than in the first study. A probable reason for this is that the workmen were more used to the working methods on the second occasion.

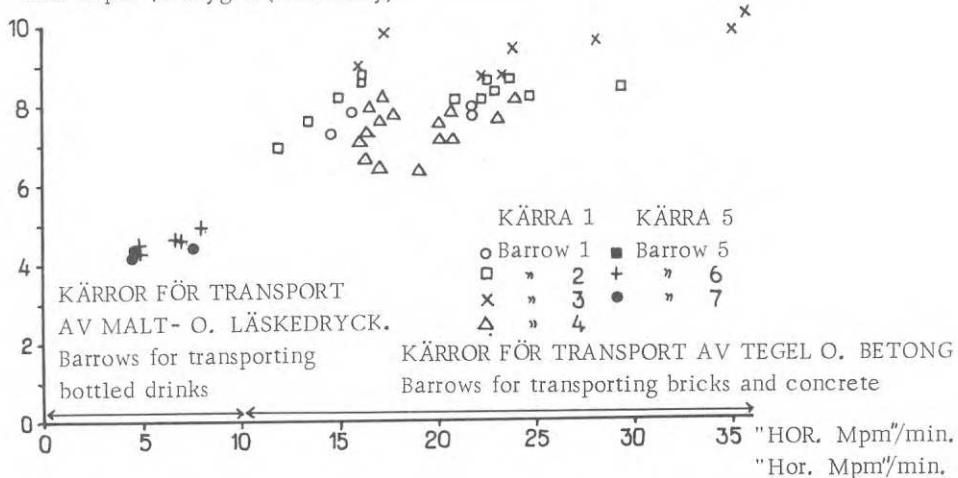


FIG. 32. "Verkningsgrad" vid olika transporthastigheter med några vanligt förekommande kärror.

Efficiency at different speeds using common types of barrows.

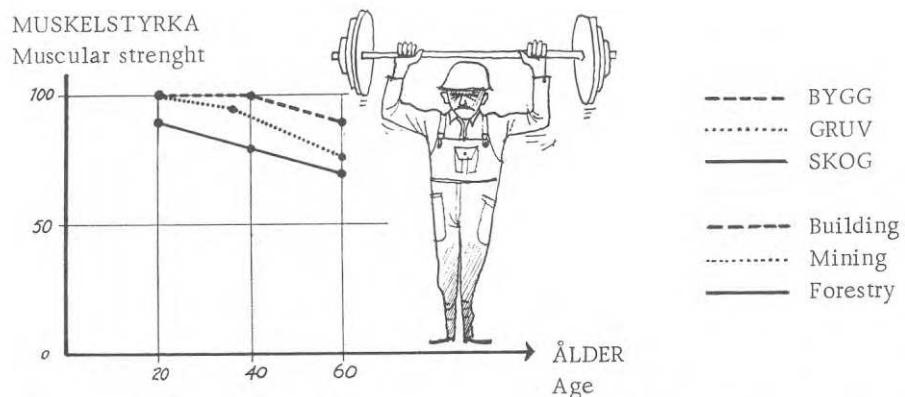


FIG. 33. Muskelstyrkan - vertikalt lyft med två händer - vid olika åldrar hos byggnadsgrovarbetare, gruvarbetare och skogsarbetare. Basvärde: muskelstyrkan hos 20-årig byggnadsgrovarbetare.

The muscle strength, as expressed in vertical lifting with both hands, of building labourers, miners and loggers of different ages. The base used is the muscle strength of a 20-year-old building labourer.

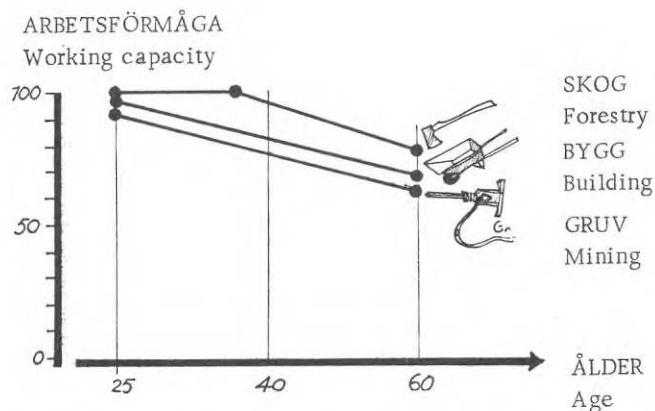


FIG. 34. Arbetsförmågan (syreupptagningsförmågan) vid olika åldrar hos skogsarbetare, byggnadsgrovarbetare och gruvarbetare. Basvärde: arbetsförmågan hos en 20-årig byggnadsgrovarbetare.

Working ability (oxygen absorption) of loggers, building labourers and miners at different ages. Base used is the working ability of a 20-year-old building labourer.

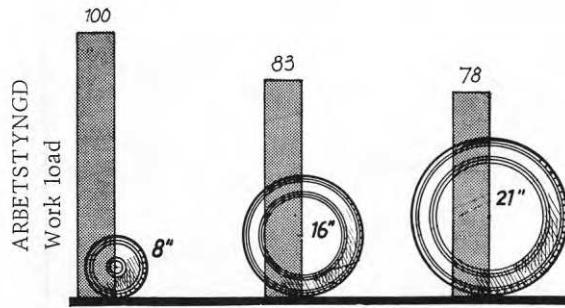


FIG. 35. Vid konstant laststorlek och transporthastighet är arbetstygden lägre hos kärror med stora hjul än hos kärror med små hjul. Värdena anger kärrning på horisontellt underlag.

With constant load and transport speed the work load is less when using barrows with large wheels than barrows with small wheels. Values apply to barrowing work on a level bed.

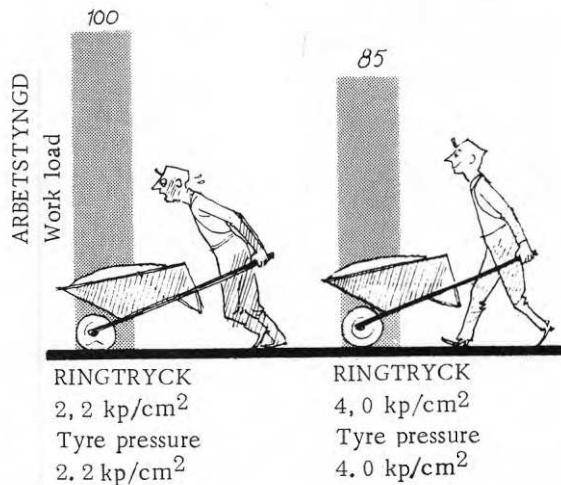


FIG. 36. Vid konstant laststorlek och transporthastighet varierar arbetstygden avsevärt med ringtrycket.

With constant load and transport speed the work load varies greatly with the tyre pressure.

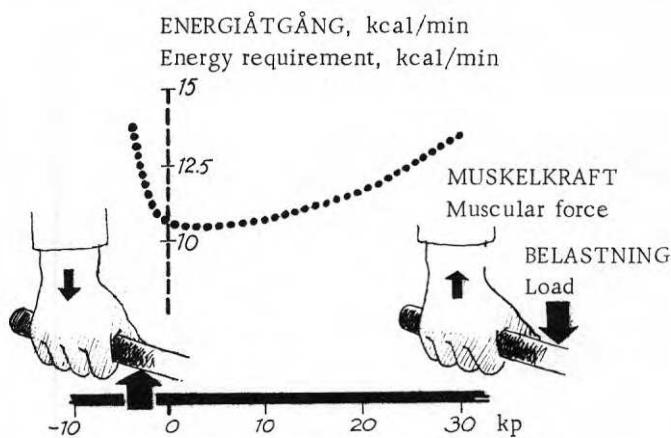


FIG. 37. Belastningen i skalmarna vid kärrning inverkar starkt på energiåtgången i arbetet.

The load on the handles has a great effect on the energy consumption in barrowing.

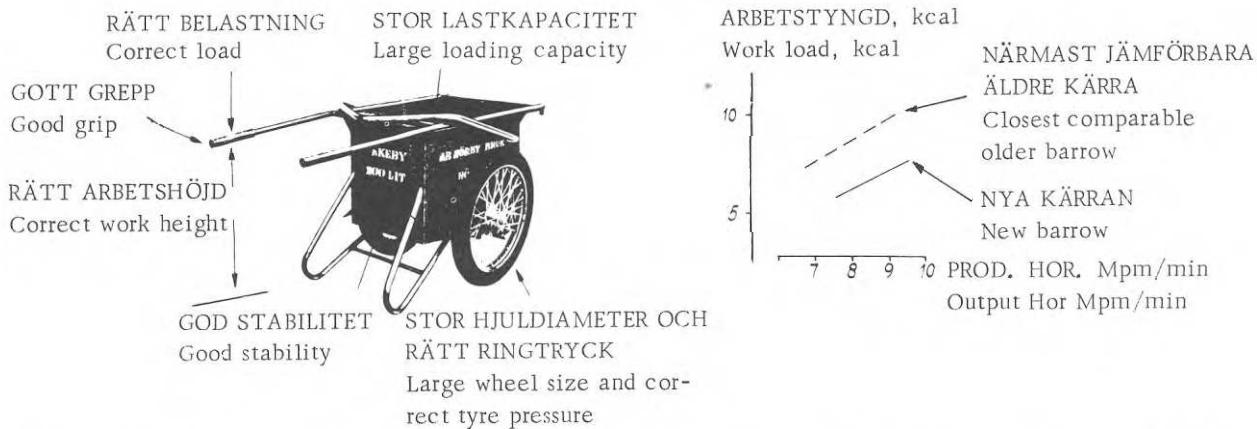


FIG. 38. Studierna av kärrans konstruktiva utformning och kapacitet i skilda detaljer gav anvisning på hur en "arbetsriktig" kärra skulle se ut. Resultatet blev en försökskärra som ger en ca 40 procent större prestation vid oförändrad arbetsstyrka, jämfört med närmaste jämförbara tvåhjuliga kärrtyp.

Detailed studies of the design and capacity of barrows suggested the ideas for the development of a barrow better suited to the work. The result is a prototype of a wheeled barrow which gives a 40 per cent better performance than existing two-wheeled types of the same weight.



FIG. 39. Fogning av lättbetongplank med hjälp av hink.  
Filling concrete slab joints using a bucket.

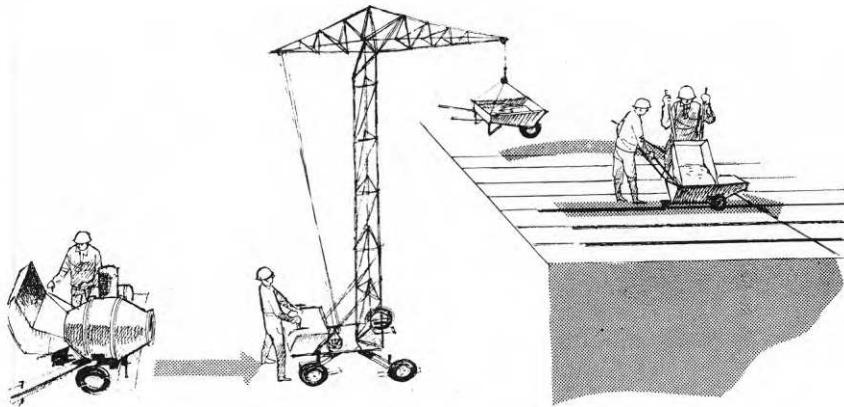


FIG. 40. Vid fogning med kärra består arbetslaget oftast av fyra man.

When filling joints using a barrow, a four-man team is normally employed.

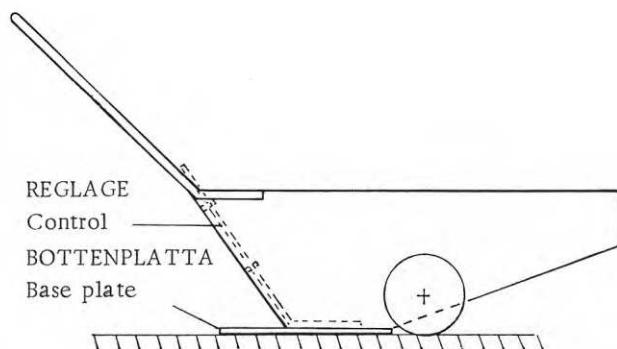


FIG. 41. Kärra för ifyllning av cementbruk i fogslitsar vid montering av bjälklagsplattor av lättbetong. - Kärran är så konstruerad att den har en bottenplatta med en rektangulär tappöppning, som reglerar tillströmningen av bruk i fogen i rätt kvantitet oberoende av förflyttningshastighet samt hindrar bruket att tränga utanför fogslitsen. Bottenplattan har en konkav urgröpning som gör att fogen blir plan sedan betongen torkat. Hjulen är så placerade att de fördelar lasten i lämplig storleksordning mellan bottenplatta och hjul.

Using a barrow for cementing joints between lightweight concrete floor slabs. The barrow is provided with a base plate having a rectangular aperture that regulates the proper flow of mortar into the joints regardless of the pushing speed, and prevents mortar from splashing beyond the joint. The base plate has a flute that insures a smooth joint after the cement mortar has set. The wheels are positioned so as to balance the load between the plate and the wheels.

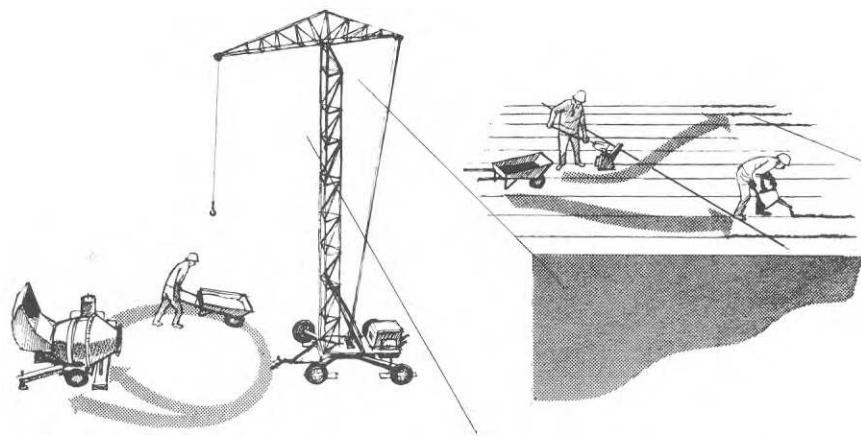


FIG. 42. Traditionell metod för fogning av takplattor av lättbetong. Arbetslaget består av tre man.

Conventional method of jointing lightweight concrete roof slabs. The team consists of three men.

FIG. 43

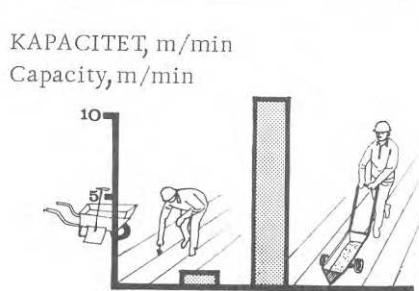


FIG. 43. Kapaciteten vid fogning av lättbetongplank enligt de två jämförda metoderna.

Capacity when jointing lightweight concrete slabs with the two methods under comparison.

FIG. 44. Beräknad energiförbrukning per meter fog vid fogning av lättbetongplank enligt de två jämförda metoderna.

Estimated energy consumption per metre of joint when jointing lightweight concrete floor slabs, using the conventional and the new method.

FIG. 44



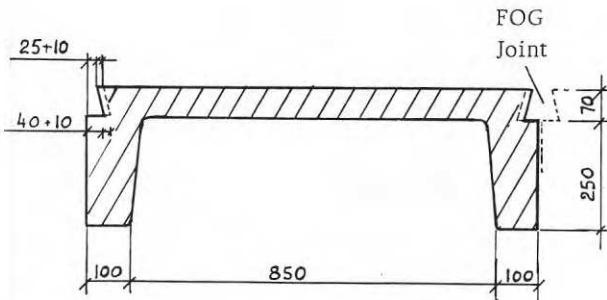


FIG. 45. Genomskärning av valvelement av betong.

Section of concrete roof slab.



FIG. 46. Kärra för ifyllning av trögflytande cementbruk i fogslitsar i bjälklagsplattor av betong. - Kärran rymmer ca 190 l och är försedd med stora hjul för att lätt kunna dras samt för att klara hinder som t.ex. fogslitsar. Betongen tappas ur kärran genom en rektangulär öppning, som helt eller delvis kan stängas med en sektorlucka. Genom att kärran är avsedd för trögflytande betong och öppningen är placerad nära intill bjälklagsplattorna rinner betongen ned i fogslitsen i den takt kärran förflyttas.

Barrow for filling viscous mortar in joints of lightweight concrete floor slabs. The barrow has a capacity of 190 litres and is provided with large wheels for easy transport and passage over obstructions such as joints. The mortar is discharged from the barrow through a rectangular aperture which can be fully or partly closed by a sectional gate. Since the barrow is intended for viscous mortar, the mortar flows into the joints at the same rate as the barrow is moved forward.

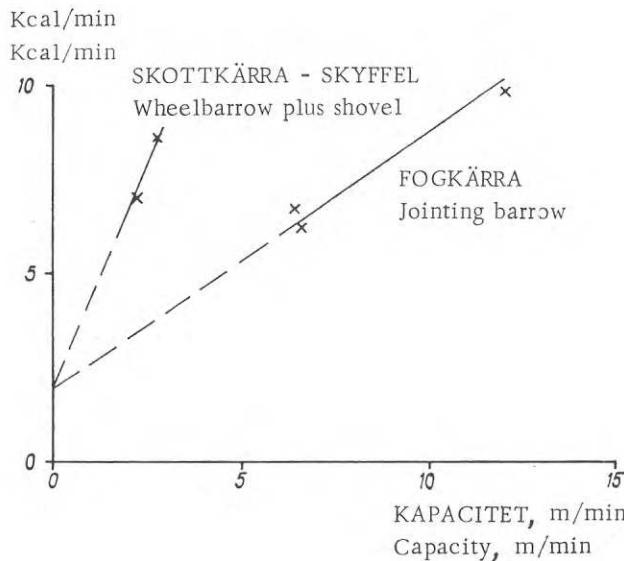


FIG. 47. Energiätgång vid olika fogningshastighet vid arbete enligt de två jämförda metoderna.

The energy consumption at varying jointing speed when work is performed using the two methods.

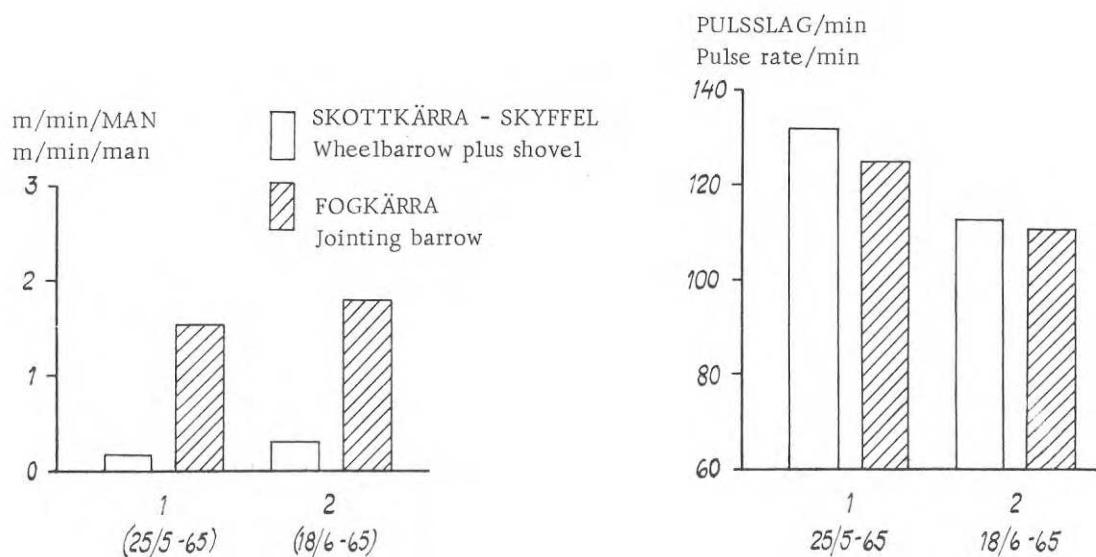


FIG. 48. Kapacitet vid fogning av betongelement enligt de två jämförda metoderna.

The capacity when concrete slabs are jointed using the two methods.

FIG. 49. Pulsfrekvens i medeltal vid fogning av betongelement enligt de två jämförda metoderna.

Mean pulse rate when jointing concrete slabs using the two methods.

## LITTERATUR / REFERENCES

Asmussen, E, Poulsen, E & Rasmussen, B, 1965, Quantitative evaluation of the back muscles in lifting. Com. Dan. Nat. Ass. for Infant. Paral. nr 21.

Hansson, J-E, 1961, Studier av inlärningsfrågor vid skogliga lärlingskurser. Meddelande från Statens skogsforskningsinstitut, 49:10.

Hansson, J-E, 1962, Tungt arbete lättare - studier av kärror och kärrningsarbete. Tidskriften Byggnadsindustrin, nr 1.

Hansson, J-E, 1963, Kärrningsarbetet kan göras lättare. Tidskriften Byggnadsindustrin, nr 20.

Hansson, J-E, 1964, En fysiologisk metodstudie av kärror och kärrningsarbete inom byggnadsindustrin. Tidskriften Affärsekonomi, nr 11.

Hansson, J-E, 1966, Spikning på olika sätt. Tidskriften Byggnadsindustrin, nr 11.

Hansson, J-E, 1967, Armeringsstation byggd på metodfysiologiska data, Tidskriften Byggnadsindustrin, nr 6.

Hansson, J-E, Guharay, A & Nilsson, H, 1967, Hantering och bearbetning av armeringsjärn. Byggnadsindustrins Forskningsrapporter och Uppsatser, nr 5.

Hansson, J-E & Hermansen, L, 1968, Lättare och snabbare murning med högre placerad bruksbalja. Tidskriften Byggnadsindustrin, nr 12.

Hansson, J-E & Hermansen, L, 1969, Lättare och snabbare murning med lägre vikt på mursten. Tidskriften Byggnadsindustrin, nr 6.

Hansson, J-E, Hermansen, L & Rehn, M, 1969, Murning - en arbetsfysiologisk och arbetsteknisk undersökning. Byggnadsindustrins Forskningsrapporter och Uppsatser, nr 13.

Hansson, J-E, Lundgren, N & Åstrand, I, 1969, Läroämnet ergonomi vid Arbetsmedicinska institutet. Arbetsmedicinska institutet, Arbetsfysiologiska avdelningen. Rapport A-118. 69.

Hansson, J-E & Nilsson, H, 1963, Fysiologisk-tekniska metodstudier av kärror och kärrningsarbete (English summary: Ergonomics of Barrows in Building Industry), Byggnadsindustrins Forskningsrapporter och Uppsatser, nr 2.

Hansson, J-E & Nilsson, H, 1965, Specialkärror för fogning av bjälklagsplattor. Tidskriften Byggnadsindustrin, nr 13.

Hansson, J-E & Nilsson, H, 1968, Kapacitetspåverkande faktorer vid spikning. Byggnadsindustrins Forskningsrapporter och Uppsatser, nr 12.

Lindholm, A, Lundgren, N, Saltin, B & Åberg, U, 1963, Fysisk ansträngning vid vissa byggnadsarbeten. Byggnadsindustrins Forskningsrapporter och Uppsatser nr 1:1963.

Lindholm, A, Åstrand, I & Kullberg, I, 1965, Fysisk arbetsbelastning vid murnings- och putsningsarbeten. Byggnadsindustrins Forskningsrapporter och Uppsatser, nr 4.

Strydom, N,B, Wyndham, C,H, Rahden, M, von & Williams, C,G, 1962, Excess lactate turn - point in relation to maximum oxygen intake. Volume II, XXII International Physiol. Congress, LEIDEN.

Transport av byggmaterial - problem och forskningsbehov, 1967, Statens råd för byggnadsforskning. Programskrift 5.

Åstrand, I, 1960, Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Actaphysiolog. scand. 49, suppl. 169.

Åstrand, I, 1967, Fysiologiska belastningen vid spikning varieras starkt vid olika arbetshöjder. Tidskriften Byggnadsindustrin, nr 20.

Åstrand, I, Gardell, B, Paulsson, G & Frisk, E, 1966, Arbetsanpassning hos byggnadsarbetare. Arbetsfysiologiska institutet och Byggnadsindustrins Arbetsforskningsstiftelse, Stockholm.

R8:1970

Denna rapport avser anslag nr E 412 A från Statens råd för byggnadsforskning till Jan-Erik Hansson, Arbetsmedicinska institutet

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm

Abonnemangsgrupp: b (byggnadsprojektering)

Pris: 15 kronor