



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

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



## Ergonomi vid arbete i ledningsgravar

**Roland Andersson**  
**Mikael Hellsten**  
**Börje Westerdahl**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-1116
Plac	Ser

7/95

R68:1980

ERGONOMI VID ARBETE I LEDNINGSGRAVAR

Utprovning av erforderligt arbetsutrymme,  
ledningsbäddmaterial och arbetsanpassad  
utrustning

Roland Andersson  
Mikael Hellsten  
Börje Westerdahl

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791055-9  
Från Statens råd för byggnadsforskning till Byggergonomi-  
laboratoriet, KTH, Stockholm.

I Bygghörsningsrådet's rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R68:1980

ISBN 91-540-3270-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 053231



## SAMMANFATTNING

Arbete i ledningsgravar har alltid varit hårt, tungt och präglad av svåra arbetsskador. Arbetet har utförts i trånga schakt med ofta enkla hjälpmedel som ordinär skyffel och spett. Fyllnadsmaterialet har inte heller det valts för att underlätta arbetet.

Laboratoriet har i föreliggande projekt utprovat ergonomiskt erforderligt arbetsutrymme för arbete i ledningsgravar, undersökt olika ledningsbäddmaterials inverkan på arbetsbelastningen samt provat utrustning. Slutligen har vi också tagit fram en prototyp till ett allsidigt handverktyg för rörlägningsarbete.

Vi har funnit att arbetsutrymmet väsentligt påverkar såväl hjärtfrekvensen, tidsåtgången som arbetsupplevelsen vid arbetet. Ett minsta fritt utrymme på 45 cm på var sida om ledningen måste finnas vid släntlutning 5:1 för att tillgodose rimliga ergonomiska arbetskrav. Förarbetet i ledningsgraven kräver minst en 90 cm bred grav. Manövrering av markvibrationer har här inte beaktats.

Beträffande bäddmaterialet har vi funnit att en mjuk kornstruktur och en allsidig kornfördelning ger minskad arbetsbelastning. Materialet bör ur ergonomisk synpunkt ha en så lång finhetsmodul som möjligt. Detta innebär att man i första hand bör välja ett naturmaterial och inte ett krossmaterial, vilket i allmänhet har en mycket hög inre friktion och således kräver större arbetsinsats och tar längre tid att arbeta med.

Försöken har också visat på behovet att skapa en för arbetet speciellt anpassad utrustning. Såväl transportutrustning som utrustningar för riktningsjustering, hopskjutning av rör, nivåjustering och lyfthjälpmedel kan förbättras och arbetsanpassas.

Under försöken har laboratoriet inledningsvis tagit fram en prototyp till handverktyg, som kan underlätta flera av de tyngsta momenten i arbetet.

Laboratoriet har för avsikt att i form av ett nytt projekt tränga djupare i utvecklingen av arbetsanpassad utrustning och bli utvecklare och föra ut det nya verktyget på marknaden. Dessutom avser vi föra ut information och rekommendationer om nya och befintliga utrustningar och arbetsmetoder.

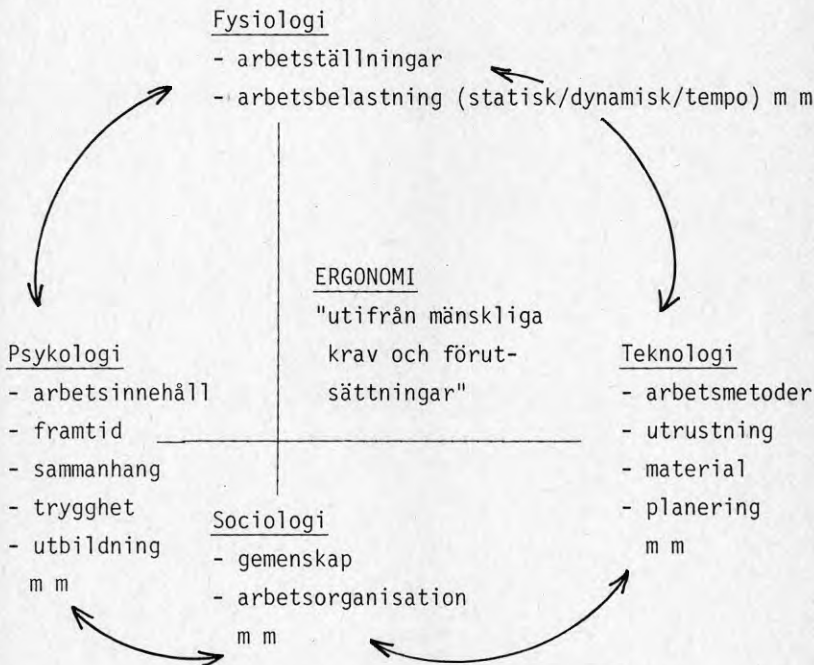
BYGGERGONOMILABORATORIET i februari 1980

## INNEHÅLL

1	ERGONOMI . . . . .	1
2	BAKGRUND, FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNING . . . . .	3
2.1	Bakgrund . . . . .	3
2.2	Problemställning . . . . .	3
2.3	Mål . . . . .	3
2.4	Avgränsning . . . . .	4
2.5	Resultatets användning . . . . .	4
3	UPPLÄGGNING . . . . .	5
3.1	Projektorganisation . . . . .	5
3.2	Indelning . . . . .	5
4	GENOMFÖRANDE . . . . .	6
4.1	Utrymmes- och arbetsmetodsexperiment . . . . .	6
4.1.1	Allmänt . . . . .	6
4.1.2	Uppläggning . . . . .	7
4.1.3	Förutsättningar . . . . .	8
4.1.4	Metodik . . . . .	12
4.1.5	Resultat . . . . .	12
4.1.6	Rörläggarens upplevelse av arbetsutrymmet . . . . .	23
4.2	Grävning av fyllningsmaterial . . . . .	27
4.2.1	Material . . . . .	27
4.2.2	Metodik . . . . .	30
4.2.3	Undersökningsgrupp . . . . .	31
4.2.4	Resultat och analyser . . . . .	32
4.3	Yrkesanpassad utrustning . . . . .	34
4.3.1	Allmänt . . . . .	34
4.3.2	Förutsättningar . . . . .	34
4.3.3	Metodik . . . . .	34
4.3.4	Resultat . . . . .	35
5	ANALYS OCH SLUTSATSER . . . . .	37
5.1	Utrymme och arbetsmetoder . . . . .	37
5.2	Fyllnadsmaterial . . . . .	37
5.3	Yrkesanpassad utrustning . . . . .	38
APPENDIX	Laboration i arbetsvetenskap: MÄTNING OCH UPPELVELSE AV FYSISKA BELASTNINGAR . . . . .	39

Ergonomi behandlar arbetsutformning utifrån mänskliga krav och förutsättningar. Arbetsituationen är sammansatt av ett flertal element, som mer eller mindre påverkar arbetstagarens "totala" situation. Flera kunskapsområden måste därför studeras och beaktas för att en optimal förbättring skall kunna åstadkommas. Ett ergonomiskt angreppssätt på arbetsituationen är således tvärvetenskapligt och innehåller kunskapsområden som fysiologi, teknologi, sociologi och psykologi.

"ERGONOMISKA SAMSPELET"



Denna definition av ergonomi stämmer väl överens med vad som står i Arbetsmiljölagen.

Traditionellt har hälsa uppfattats som frånvaro av sjukdom. Nu har ambitionsnivån för denna definition av hälsa höjts och samtidigt har området breddats för de betingelser – fysiska, psykiska och sociala – som beaktats i förbindelse med hälsa.

Genom olika slag av tekniska anordningar och genom riktig utformning av arbetsmetoder, arbetsredskap, förpackningar etc minskar belastningen på organismen vid kroppsarbete. Mekaniseringsprocessen har medfört både fördelar och nackdelar från arbetsmiljösynpunkt. Ett visst mått av fysisk ansträngning i lämplig form är ju en positiv faktor för hälsan. Men det är viktigt att man vid arbetsutformningen hindrar plötsliga kraftansträngningar, kraftiga arbetsmoment, vibrerande arbetsmoment, statisk belastning och ensidiga arbetsrörelser och arbetsställningar. Kombinationer av tungt arbete med arbetshygieniska eller psykosociala belastning-

ar måste också uppmärksammas vid arbetsplaneringen. Försök har visat att man inte helt kan förlita sig på att undvika arbetsskador genom att rätt lyftteknik används även om denna lyftteknik blivit utlärd. Man måste i stället systematiskt skapa en sådan arbetsutformning, genom t ex hjälpverktyg, materialutformning, arbetsutrymmen etc att olämplig belastning på kroppen inte uppstår.

## 2 BAKGRUND, FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNING

### 2.1 Bakgrund

Under 1978 och 1979 har på Skånska Cementgjuteriets initiativ en undersökning avseende transport och läggning av betongrör genomförts. Undersökningen omfattade 1 m långa oarmerade betongrör med diametrar från 100 till 400 mm. Inriktningen av undersökningen mot ett begränsat röromfång hade sin upprinnelse i att dessa i stor utsträckning hanteras manuellt.

Undersökningen, som genomfördes med stöd av Statens råd för byggnadsforskning (BFR), utfördes av Skånska Cementgjuteriet i nära samarbete med Byggergonomilaboratoriet (BEL) vid Tekniska Högskolan, KTH. Syftet med undersökningen var att förbättra arbetsmetoder för mottagning, lagring, transport samt läggning av rören. Byggergonomilaboratoriet utarbetade inom ramen för projektet förslag till olika förbättringar utifrån ergonomiska synpunkter.

Inom ramen för denna undersökning har förslagen och dess effekter kunnat studeras mera ingående.

Undersökningen har utförts av Byggergonomilaboratoriet vid Tekniska Högskolan, KTH, med stöd av Statens råd för byggnadsforskning (BFR).

### 2.2 Problemställning

Byggergonomilaboratoriet har tidigare konstaterat att bristfälliga arbetsutrymmen i samband med arbete i ledningsgravar kan ge upphov till försvårade arbetsförhållanden. Med anledning av detta har olika typsektioner (bl a Mark-AMA) för utförande av ledningsgravar studerats. Av analysen har framgått att en utveckling av typsektionerna från ergonomisk synpunkt torde kunna medverka till en förbättring av *arbetsutrymmet* och därmed möjliggöra bättre arbetsförhållanden.

I samband med rörläggning har också konstaterats att val av *material* till ledningsbädden påverkar arbetsbelastningen, framför allt vid utjämningsarbeten, men även vid andra arbetsmoment som stoppning och hopskjutning. Även en utveckling av *yrkesanpassad utrustning* torde medverka till att underlätta arbetet.

Byggergonomilaboratoriet har (med hjälp av arbetsvetenskaplig teori) undersökt huruvida en förändring av de tre skilda variablerna (problemområdena) – utrymme, material och verktyg – var för sig kan bidra till att förbättra rörläggarens arbetssituation. Dessutom har produktionstekniska effekter som arbetstid studerats.

### 2.3 Mål

Projektet syftar till att ta fram underlag för en förbättring av arbetsmiljön vid rörläggning. Underlaget skall vara så beskaffat att det kan leda till konkreta förändringar av rådande förhållanden. Av denna anledning avser Byggergonomilaboratoriet

- att* med utgångspunkt från i dag gällande riktlinjer för utförande av ledningsgravar utprova erforderliga arbetsutrymmen
- att* undersöka hur val av olika fyllningsmaterial för ledningsbädd påverkar arbetsbelastningen
- att* även prova olika arbetsmetoders inverkan på arbetsbelastningen
- att* med utgångspunkt från rörlägningsarbetets förutsättningar utveckla yrkesanpassad utrustning
- att* medverka till att forskningsresultaten i erforderlig utsträckning beaktas vid t ex framtida normarbeten och vid val av utrustning.

#### 2.4 Avgränsning

Undersökningen har i likhet med tidigare undersökning avgränsats till rördimensioner mellan 100 och 400 mm. Såväl oarmerade betongrör som plaströr ingår i undersökningen.

#### 2.5 Resultatets användning

Laboratoriets undersökningar av *arbetsutrymmen* bör kunna användas vid en bearbetning av i dag gällande riktlinjer för utförande av ledningsgravar (t ex Mark-AMA och SBN) samt vid planering av olika objekt.

Vid val av *fyllningsmaterial* för ledningsbädd bör tekniska krav och normer beaktas för att minimera arbetsbelastning och arbetstid vid förarbetet för rörläggningen. Även justering och understopning kan underlättas genom rätt val av fyllnadsmaterial.

De arbetsanpassade verktygen skall leda till påtagligt bättre arbetsförhållanden för rörläggarna.



### 3 UPPLÄGGNING

#### 3.1 Projektorganisation

En *arbetsgrupp* bestående av tre forskningsingenjörer vid Byggergonomilaboratoriet, Roland Andersson, Mikael Hellsten och Börje Westerdahl, har genomfört projektet. Vid vissa tillfällen har även Leif Eriksson, rörläggare vid Stockholms Vatten- och Avloppsverk, knutits till gruppen.

I projektet har också en *referensgrupp* med speciell kompetens inom projektets ram deltagit. Denna grupp har haft till uppgift att ge råd och anvisning *dels* vid själva genomförandet, *dels* om hur projektets resultat lämpligen kan förankras och distribueras.

Referensgruppen har bestått av:

- Börje Berglund, Stockholms Vatten- och Avloppsverk
- Leif Eriksson, " " " "
- Gunnar Gustavsson, Svenska Kommunförbundet
- Rolf Leth, Svensk Byggtjänst
- Göran Lundström, Skånska Cementgjuteriet
- Owe Lärkfält, " "
- Magnus Almgren, Arbetarskyddsstyrelsen
- Bie Hendered, " "
- Bertil Mattsson, "
- Rickard Sandberg, Gustavsberg-Lubonyl
- Olov Söderholm, " "

Vid utveckling av arbetsanpassade verktyg har även Jan Rehnman, Rehnmans Smide, medverkat såväl vid konstruktion som vid framtagning av olika prototyper.

#### 3.2 Indelning

Projektet har med ledning av sin målsättning genomförts i tre olika delatapper:

- Utrymmes- och arbetsmetodsexperiment.
- Grävning av fyllningsmaterial.
- Utveckling av yrkesanpassade verktyg.

## 4 GENOMFÖRANDE

### 4.1 Utrymmes- och arbetsmetodsexperiment

#### 4.1.1 Allmänt

Experimenten har i huvudsak bedrivits i Byggergonomilaboratoriets fullskalelaboratorium under medverkan av rörläggare från Stockholms Vatten- och Avloppsverk.

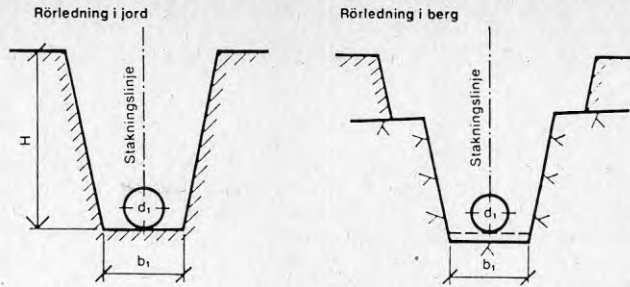
För ändamålet har laboratoriet uppfört en fullskalemodell av en ledningsgrav. Därmed har okontrollerbara variabler såsom väder, vind och omkringliggande arbeten kunnat hållas konstanta under hela experimentserien. Lådan som uppfördes var 8 m lång, 2 m bred och försedd med 3 m höga flyttbara väggar med varierbar lutning.

I modellen, som fyllts med sand, har rörläggning enligt fem i förväg planerade arbetsmetoder genomförts. Försöken har utgått från Mark-AMAs typsektioner för ledningsgravar.



Figur 4.1. Fullskalemodell av ledningsgrav, med betongrörledning och rörläggare.





Ledningsdimension $d_1$ (mm)	Bottenbredd $b_1$ (m)
$\leq 100$	0,6
150	0,6
200, 225	0,7
250	0,7
300	0,8
400	0,9
500	1,2
600	1,3
800	1,6
1 000	1,8
1 200	2,1
1 400	2,3
1 600	2,5

För mellanliggande dimensioner interpoleras bredder rätlinjigt och avrundas uppåt till närmaste 0,1 m.

Figur 4.2. Typsektioner enligt Mark-AMA.

#### 4.1.2 Uppläggning

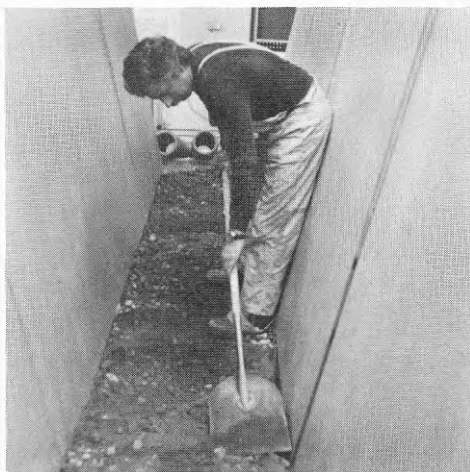
De arbetsmetoder som provats är de vanligast förekommande enligt den undersökning som laboratoriet gjort tillsammans med Skånska Cementgjuteriet på anslag från BFR.

Betongrören har hanterats och lagts med tre olika arbetsmetoder. Plaströren har lagts med två olika metoder: en metod för PVC-rör och en metod för DSA-rör. Metoden för PVC-rörläggning sammanfaller i huvudsak med metod 1 för betongrörläggning.

#### 4.1.3 Förutsättningar

Rörledningsbädden är avjämnad och klar vid rörläggningens början, varför endast nivåjusterings- och understoppningsmomenten utförts.

*Metod 1, betongrör (ø 150-225 mm).* - Metoden går till så att sju stycken rör står uppställda i rörgraven på mellan 7 och 8 m avstånd från startpunkten för rörledningen, som börjar stumt. Rörläggaren och hans medhjälpare bär ut rören ett och ett, lägger ner dem, monterar gummiringen och trycker ihop. Medhjälparen lyfter in spetsänden i föregående rör med en stropp och rörläggaren trycker in påföljande rör med ett spett. Därefter sker nivåjusterings- och understoppningsmomenten.



Figur 4.3. Utgångsläge för rör, metod 1, betongrör ø 225 mm.

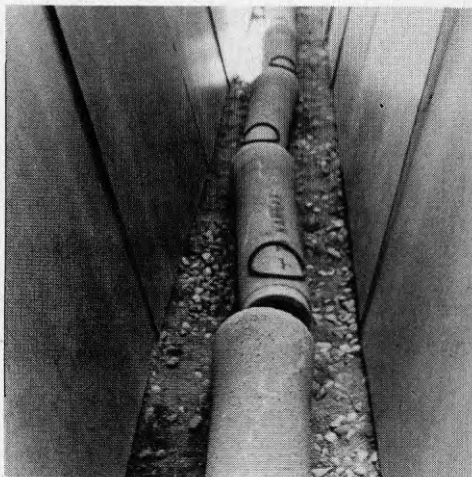


Figur 4.4. Utbärning av rör, metod 1, betongrör ø 225 mm.



Figur 4.5. Hoptryckning  
av rör, metod 1, betong-  
rör  $\varnothing$  300 mm.

*Metod 2, betongrör ( $\varnothing$  150-300 mm).* - Vid metod 2 ligger rören (7 stycken) rätt utlagda i rörgraven någon decimeter från varandra. Rören reses efter hand, gummiringen monteras, röret nedlägges och medhjälparen passar in spetsänden med hjälp av en stropp. Rörläggaren skjuter ihop rören med sitt spett. Sedan följer nivåjustering och understoppning, varefter ledningen är färdig.



Figur 4.6. Utgångsläge,  
metod 2, betongrör  $\varnothing$  225 mm.



Figur 4.7. Rörläggning, metod 2, lyft med stropp av betongrör  $\varnothing$  300 mm.

*Metod 3, betongrör ( $\varnothing$  150–400 mm).* - Metod 3 innebär "ensamarbete". Rörläggaren befinner sig i ledningsgraven och tar emot rören, som lyfts ner till honom med hjälp av en grävmaskin eller lastbils-kran. I försöken har emellertid travers använts. Rören lyfts hängande på en speciell krok, lyftgalge eller sling. När röret hänger i lagom höjd över lägningsstället stoppas rörelsen och gummiringen sätts på. Röret firas ner i exakt läge, spetsänden läggs in och rören trycks ihop med spett.



Figur 4.8. Rör  $\varnothing$  300 mm hängande i lyftgalge under påsättning av gummiring.



Figur 4.9. Inpassning av rör  $\varnothing$  150 mm lyftgalgen kvar i röret.



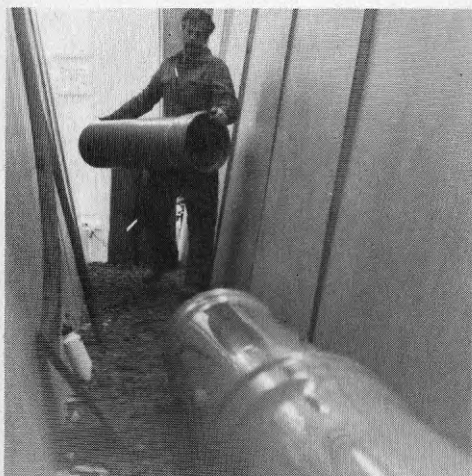


Figur 4.10. Lyftgalge med säkerhets-spärr, fjäderbelastat lyft och manöverhandtag. Rehmans Smide, Södertälje.



Figur 4.11. Hoptryckning av  $\varnothing$  400 mm, bredd 90 cm. Röret hängande i sling.

*Metod PVC-rör (1 och 2 m längd).* - Rören ligger i likhet med metod 1 upplagda 7-8 m från den punkt där ledningen skall börja. Rörläggaren bär ut rören ensam (eller med hjälp av en medarbetare, verklig rörlängd är ofta ca 6 m). Gummiringen läggs in i muffen, muff och spetsände smörjs in med fett. Spetsändan läggs in och rören trycks ihop med spett. Efteråt följer sedvanlig riktningsjustering och understoppning.

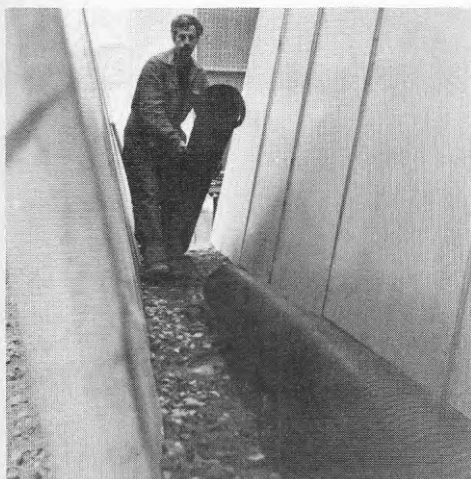


Figur 4.12. Utbärning av plaströr, LUBONYL-PVC  $\varnothing$  300 mm, längd 1 m.



Figur 4.13. Hoptryckning av plaströr LUBONYL-PVC  $\varnothing$  300 mm, längd 1 m.

*Metod DSA-rör (3 m längd).* - Rören bärs ut av rörläggaren i likhet med föregående. Gummipackningen och det speciella hopfogningsbandet monteras, varvid ledningen är klar för riktningsjustering och understoppning.



Figur 4.14. Utbärning av DSA-rör  
ø 200 mm, längd 3 m.



Figur 4.15. Hopkoppling av DSA-rör,  
ø 200 mm, längd 3 m.

#### 4.1.4 Metodik

Rörläggning är ett dynamiskt arbete, vilket innebär att hjärtfrekvens är en relevant utgångspunkt för bedömning av arbetsbelastningen. Vidare har rörläggarens upplevelse av arbetet vid olika arbetsutrymme noterats.

Hjärtfrekvensen har tagits med hjälp av s k telemetrisk utrustning, dvs frekvensen har trådlöst överförts till en skrivare.

Vid genomförandet av undersökningen har dessutom samtliga försök videobandats, varför rekonstruktioner och närmare detaljstudier av försöken kunnat utföras i efterhand.

#### 4.1.5 Resultat

*Läggning av ø 150 mm betongrör.* - Försöken med läggning av ø 150 mm betongrör har upprepats många gånger och visar säkra tendenser.

*Metoderna.* - Metod 3, som innebär ensamläggning med röret maskinellt lyft, ger genomgående de lägsta hjärtfrekvenserna. Anledningen är att arbetet är tidsödande på grund av att laboratorieförhållandena medfört onormal väntan på nästa rör. Läggnings tiden är av storleksordningen tre gånger längre än med övriga metoder.

Metod 2 ger kortaste läggningstid och lägsta hjärtfrekvens hos rörläggaren. Här har lyfthjälpmiddel använts innan själva läggningen. Läggnings tiden sjunker i likhet med övriga metoder vid ökad

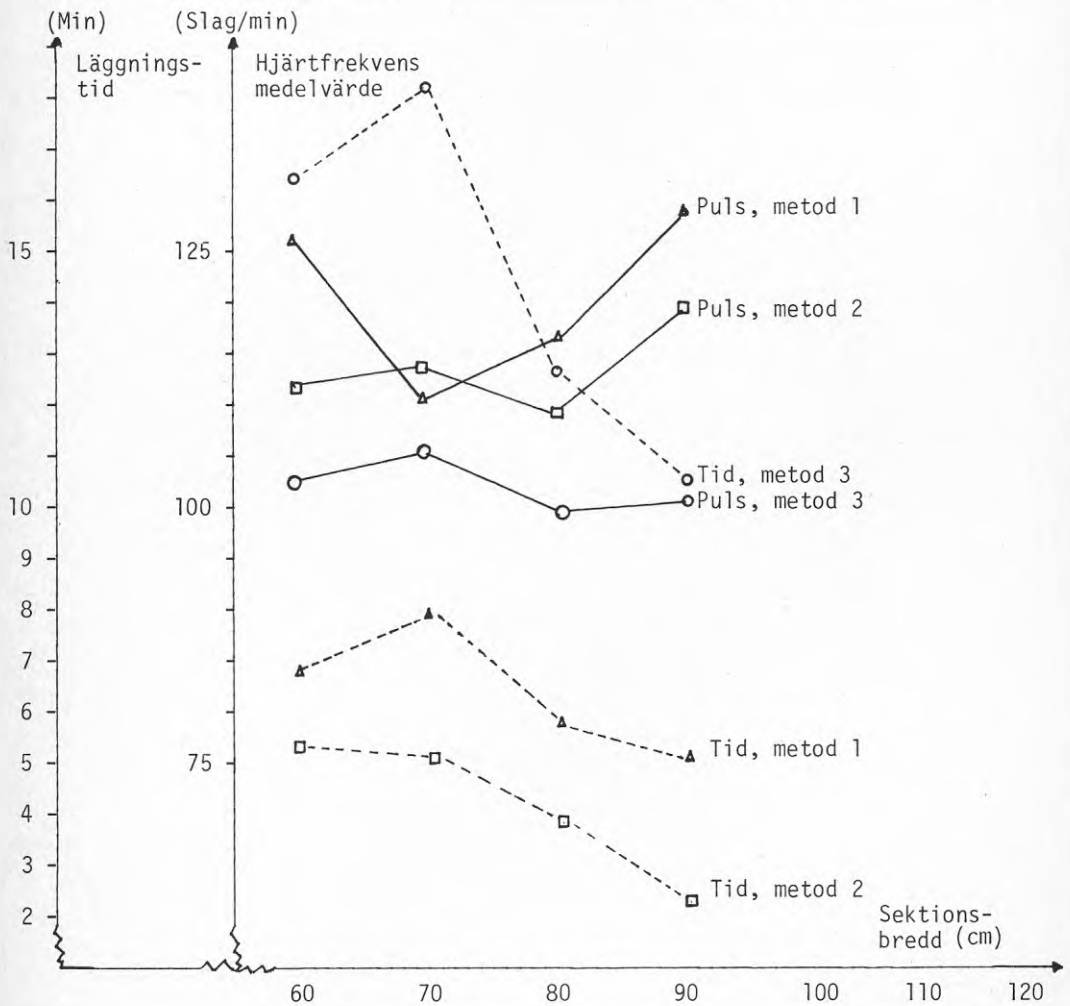
sektionsbredd, medan hjärtfrekvensen följer en för försöken karaktéristisk U-formad bana.

Metod 1, som innebär en utbärning av rören före läggning, visar något högre hjärtfrekvens och längre läggningstid, men liknar väsentligen metod 2.

*Utrymmet.* - Generellt pekar alla kurvor mot kortare läggningstider vid ökat arbetsutrymme. I vissa fall förkortas läggningstiden med mer än hälften. Den största tidsvinsten i minuter får man naturligtvis vid metod 3, som har längsta läggningstid. Annars verkar det vara själva läggningmomentet som påverkas mest av ett ökat arbetsutrymme, jfr metod 2 och 3. Hjärtfrekvensen påverkas inte lika entydigt av ett ökat arbetsutrymme. Hjärtfrekvensen tenderar att sjunka, då arbetsutrymmet ökas från minimimåttet enligt Mark-AMA, men sedan börjar den att öka mot begynnelsevärdet vid ytterligare breddning av sektionen. Eventuellt kan detta vara följderna av att sektionen blir så bred att den tillåter effektivare arbete. Hjärtfrekvensen blir dock aldrig högre än i utgångsläget trots att tiden halveras, vilket måste betraktas som en vinst.

Datablad 1. Läggnig av  $\varnothing$  150 mm betongrör

Metod (cm) Sektion	Medelhjärtfrekvens 95 % konfidensintervall			Arbetstid (7 rör)			Medelpuls stoppning 0,8 min
	1	2	3	1	2	3	
60	126,1 ± 4,4	111,9 ± 4,3	102,2 ± 4,3	6,82	5,41	17,34	
70	111,6 ± 2,9	112,8 ± 5,8	105,3 ± 2,8	7,81	4,96	18,32	
80	115,2 ± 4,2	108,2 ± 4,6	98,3 ± 2,9	5,64	3,60	12,44	122
90	127,7 ± 5,0	118,6 ± 4,6	101,9 ± 2,8	4,92	2,28	10,48	138
120							





### Läggning av $\varnothing$ 225 mm betongrör

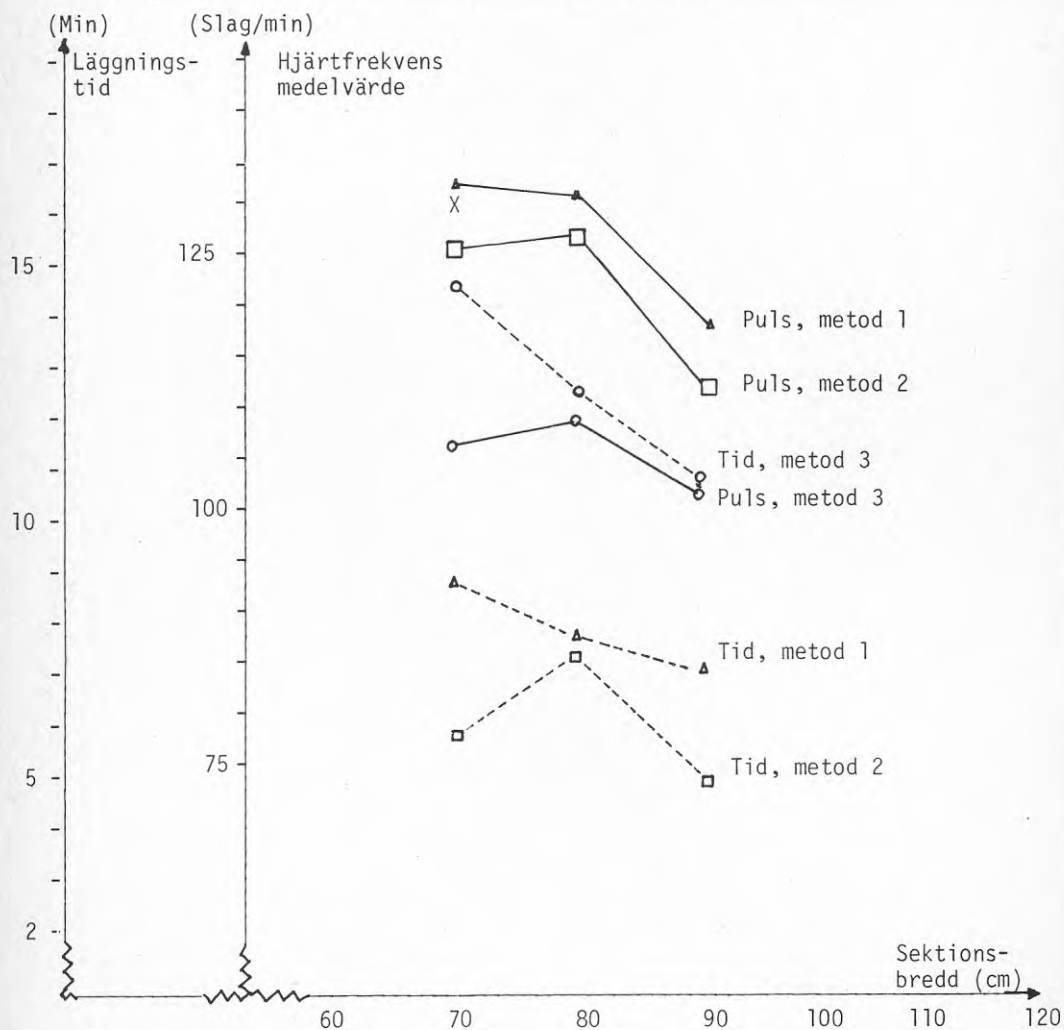
*Metoderna.* - Den inbördes ordningen mellan metoderna är här oförändrad såväl i puls som i tidshänseende. De tyngre rören ( $\varnothing$  225 mm) ger signifikant längre läggningstider, medan metod 3 påverkas i mindre utsträckning.

Hjärtfrekvensen är vid metod 3 något högre än vid arbete med mindre rör. Metoderna 1 och 2 visar däremot en annorlunda karakteristik än vid arbetet med  $\varnothing$  150 mm. Om hänsyn tas till att de grövre rören fordrar större sektionsbredd och således  $\varnothing$  150 mm vid sektion 60 cm jämförs med  $\varnothing$  225 mm vid sektion 70 cm, blir kurvorna mer lika. Hjärtfrekvensen är emellertid högre vid alla metoderna vid läggning av  $\varnothing$  225 mm jämfört med  $\varnothing$  150 mm.

*Utrymmet.* - Läggningstiderna sjunker generellt vid ökat arbetsutrymme vid samtliga metoder. I metod 2 finns emellertid en topp vid 80 cm sektion, men denna har med säkerhet att göra med komplikationer vid det aktuella läggningstillfället. Hjärtfrekvensen sjunker också vid ökat arbetsutrymme vid alla arbetsmetoder men förändras minst vid metod 3.

Datablad 2. Läggnig av  $\varnothing$  225 mm betongrör

Metod Sektion (cm)	Medelhjärtfrekvens (slag/min) 95 % konfidensintervall			Arbetstid (min) läggning av 7 rör			Medelpuls stoppning 0,8 min
	1	2	3	1	2	3	
60							
70	113,6 ± 4,7	125,6 ± 4,9	105,6 ± 4,2	8,32	5,36	14,30	130
80	132,0 ± 5,0	216,6 ± 5,4	108,5 ± 4,1	7,24	6,92	12,40	
90	118,6 ± 3,2	107,8 ± 4,6	102,7 ± 3,5	6,80	4,00	10,84	106
120							



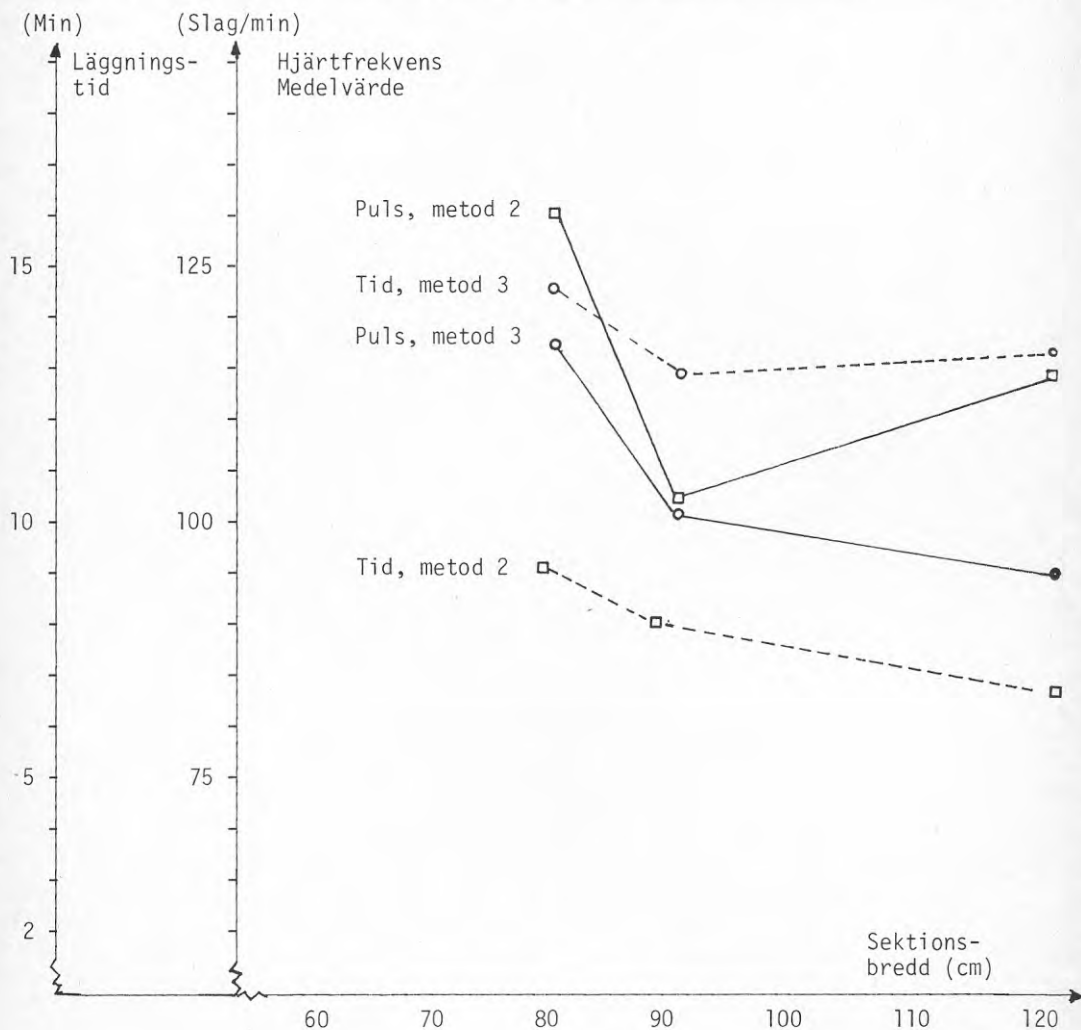
### Läggning av $\varnothing$ 300 mm betongrör

*Metoderna.* - Metod 3 är liksom tidigare den mest tidsödande arbetsmetoden men med tyngre rör krymper det procentuella tidsavståndet mellan metoderna. Metod 3 tar ungefär samma tid och är relativt oberoende av rörtyngden. Jämfört med  $\varnothing$  225 mm är hjärtfrekvensen här av samma storleksordning vid jämförelse vid konstant förhållande, sektionsbredd/rördimension.

*Utrymmet.* - Arbetsutrymmet påverkas i mindre utsträckning av sektionsbredden vid ökad rörtyngd. Den vid  $\varnothing$  150 mm noterade U-formen på hjärtfrekvenskurvorna finns nu vid metod 2. Eventuellt kan uppgången i puls vid största sektionsbredd hänföras till komplikationer vid läggningen.

Datablad 3. Laggning av  $\varnothing$  300 mm betongrör

Metod Sektion (cm)	Medelhjärtfrekvens (slag/min) 95 % konfidensintervall			Arbetstid (7 rör)			Medelpuls stoppling 0,8 min
	1	2	3	1	2	3	
60							
70							
80		129,8 ± 5,3	118,5 ± 4,3		9,12	14,44	147
90		102,8 ± 4,3	102,1 ± 4,1		7,48	12,96	
120		115,2 ± 4,6	95,3 ± 3,2		6,68	13,14	109



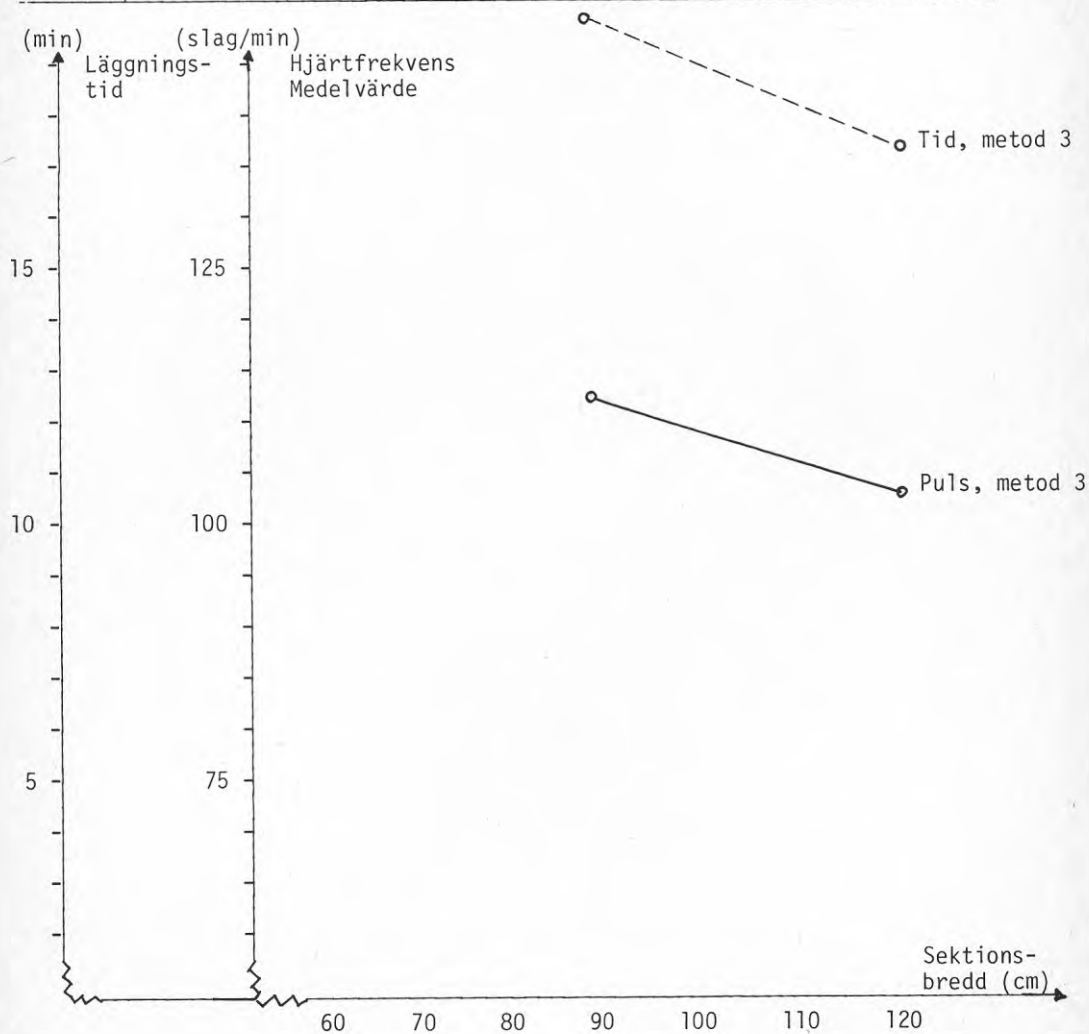
Läggning av  $\emptyset$  400 mm betongrör

*Metoderna.* - Såväl hjärtfrekvens som puls visar liknande karakteristik som tidigare, men kurvorna är ganska markant förskjutna mot högre värden beroende på ökad rörtyngd.

*Utrymmet.* - Både tid och hjärtfrekvens minskar vid ökat arbetsutrymme.

Datablad 4. Läggning av  $\varnothing$  400 mm betongrör

Metod	Medelhjärtfrekvens (slag/min) 95 % konfidensintervall			Arbetstid (min) läggning av 7 rör			Medelpuls stoppning 0,8 min
	1	2	3	1	2	3	
60							
70							
80							
90			110,4 $\pm$ 5,4			21,30	128
120			102,6 $\pm$ 4,1			17,32	122



## Läggning av plaströr, $\varnothing$ 200 mm DSA och $\varnothing$ 300 mm PVC

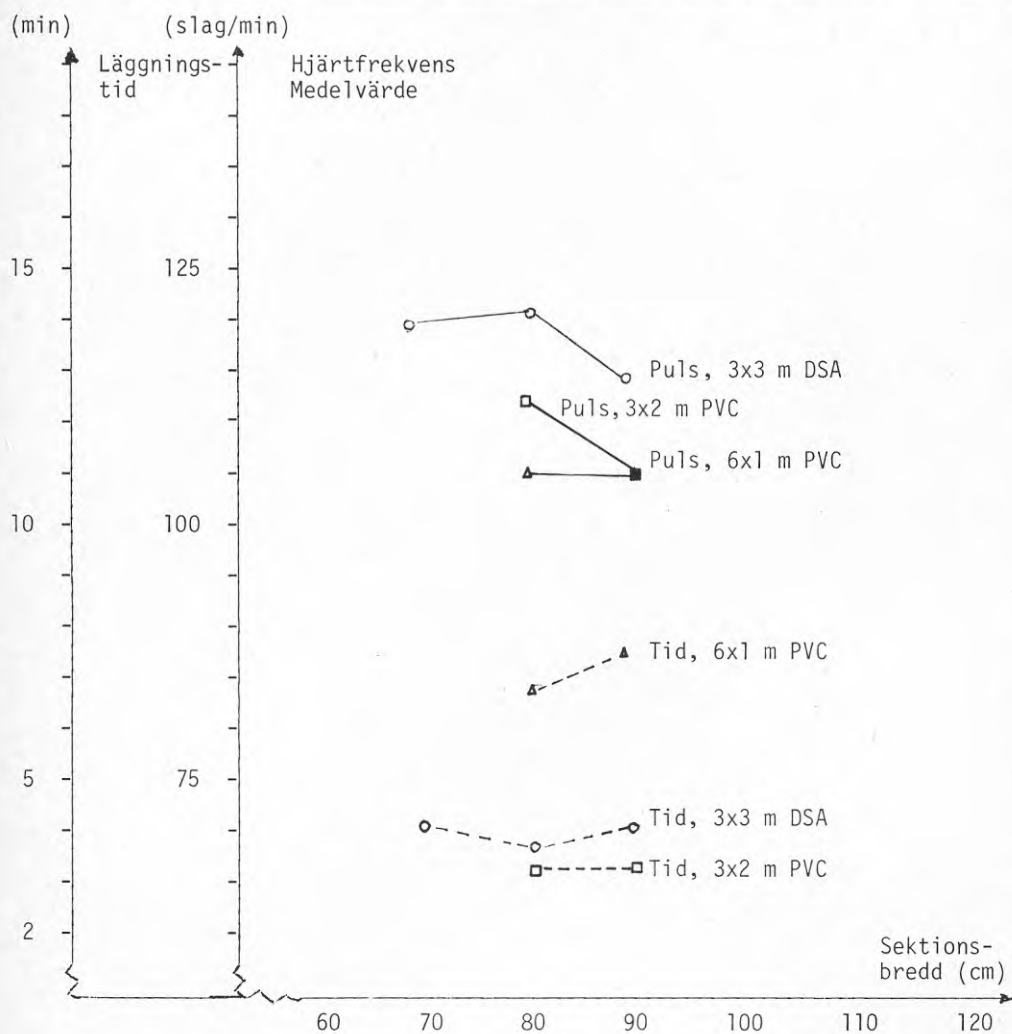
*Metoderna.* - Läggning av  $\varnothing$  200 mm DSA ger nästan lika hög puls som läggning av  $\varnothing$  225 mm betongrör med metod 1 eller 2. Läggningen av PVC-rören ger lägre puls, men skiljer lite mellan 1 och 2 meters rör. DSA-rören går däremot mycket snabbt att lägga. Läggningstiden är den lägsta per meter rör av alla dimensioner. Även PVC-rören går snabbt att lägga. Här visar sig dock rörlängden vara avgörande. 2 meters rör läggs avsevärt snabbare än 1 meters rör. Jämfört med  $\varnothing$  300 mm betongrör går det fortare att lägga plaströr i synnerhet om rörlängden ökas över 1 m. Tilläggas kan i sammanhanget att den vid laboratorieförsöken aktive rörläggaren har många års erfarenhet av betongrör, men knappast någon erfarenhet från plaströrläggning.

*Utrymmet.* - Ökat arbetsutrymme sänker hjärtfrekvensen något. Mest markant är detta vid läggning av 2 meters PVC-rör. Tiden påverkas inte av arbetsutrymmet. Däremot påverkar tyngden och hanterbarheten hos rören kraven på arbetsutrymme alternativt läggningstiden. En ökning av tiden kan emellertid noteras med ökande sektionsbredd vid läggning av 1 meters PVC-rör. Detta måste bero på problemen vid det aktuella försöket och/eller ovana hos rörläggaren.



Datablad 5. Läggnings av  $\varnothing$  300 mm PVC och  $\varnothing$  200 mm DSA

Metod	Medelhjärtfrekvens (slag/min) 95 % konfidensintervall			Arbetstid (min)			Medelpuls stoppning 0,8 min
	6x1 m PVC-rör	3x2 m PVC-rör	3x3m DSA-rör	6x1 m PVC-rör	3x2 m PVC-rör	3x3 m DSA-rör	
60							
70			119,8 ± 3,3			4,16	
80	105,6 ± 3,6	112,8 ± 3,7	121,0 ± 4,5	6,90	3,44	3,72	
90	105,7 ± 3,6	105,7 ± 4,3	114,0 ± 3,7	7,52	3,44	4,20	
120							





#### 4.1.6 Rörläggarens upplevelse av arbetsutrymmet

Mark-AMAs typsektioner upplevs av rörläggaren som alldeles för trånga. De ger inte tillfredsställande arbetsutrymme i något fall. Tre arbetsmoment är intressanta ur utrymmessynpunkt: rörläggning, förarbete rörgrav (utjämning av bäddmaterialet) och understoppning.

Förarbete rörgrav börjar gå bra först vid bottenbredder över 90 cm, då släntlutningen är maximalt 5:1. Vid mindre gravar slår man emot slänterna med såväl verktygen som med kroppen under arbetet.

Rörläggning fordrar ett minsta fritt utrymme på 45 cm på varje sida om ledningen för att kunna utföras utan att man slår emot slänterna vid maximal släntlutning 5:1. Problemen att grensla stora rör försvinner emellertid inte med enbart en ökning av rörgravsbredden. Grensling av rörledningen kan vara aktuell även i de bredaste rörgravar, medan man i trånga gravar är tvungen att alltid grensla rörledningen av utrymmesskäl.

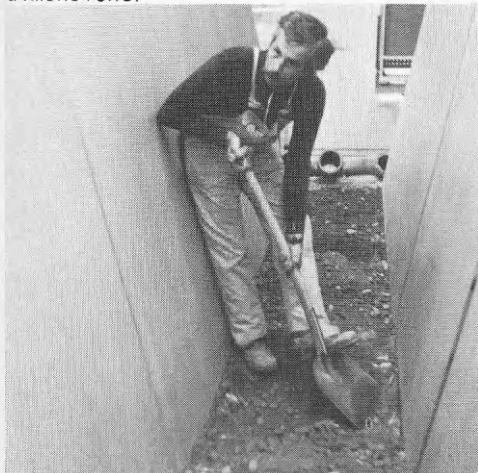
Understoppning av rörledningen kräver med normala verktyg alltid minst 45 cm fritt utrymme mellan röret och slänten. Även med detta utrymme kan det uppstå problem att utföra ett bra arbete. Andra verktyg och dåliga visuella förhållanden kan bidra till att ytterligare öka utrymmesbehovet.

Upplevelserna av arbetsutrymmet vid laboratorieförsöken har indikerat att det främst är utrymmet mellan slänt och rörledning som är avgörande för arbetsupplevelsen. Detta avstånd bör enligt undersökningen inte understiga 45 cm på var sida om ledningen vid en släntlutning på 5:1. Vid förarbete rörgrav erfordras minst 90 cm gravbredd vid samma släntlutning. Plaströrens mindre vägg tjocklek och/eller avsaknad av muff medför att dessa kan läggas i något mindre sektionsbredder. Av de subjektiva omdömena framgår också att plaströren är betydligt lättare att arbeta med än motsvarande betongrör i samma rörgrav.

Ovanstående slutsats styrks av mätresultaten, som i det redovisade materialet visar en total förbättring av arbetstid – hjärtfrekvens med ökat arbetsutrymme, eller med övergång från betongrör till plaströr.

Utrymmesproblemen har laboratoriet sökt illustrera med nedanstående bildserie från laboratorieförsöken.

Illustrationer av arbete i ledningsgravar med olika utrymme och ledningsdimensioner



Figur 4.16. Förarbete rörgrav,  $b = 60$ . Graven är mycket trång och svårarbetad. Ofta stöter man emot slänten. Är det blött blir man genast våt, när man kommit i kontakt med slänten.



Figur 4.17. Förarbete rörgrav,  $b = 60$ . Graven är så trång att man måste inta en onaturligt rak arbetsställning vid skyffling, vilket ger stora statiska belastningar. Ständigt slår man också emot slänten.



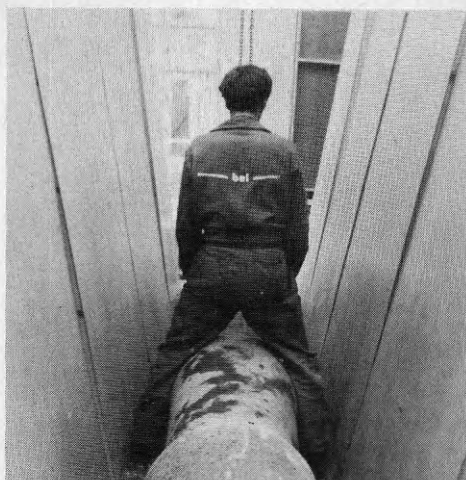
Figur 4.18. Förarbete rörgrav,  $b = 60$ . Denna rörgrav med släntning 5:1 ger inte ens möjlighet att vända en normal skyffel i arbetshöjd.



Figur 4.19. Förarbete rörgrav,  $b = 60$ . Fotutrymme med 150 mm betongrörledning i grav enligt Mark-AMA. Endå möjligheten att förflytta sig i graven är att gå grensle över rörledningen.



Figur 4.20. Läggnig av  $\phi = 150$  mm, betong i 60 cm sektion. Rörret på lyftgalgen går inte att vända i normal arbetshöjd.



Figur 4.21. Läggnig av  $\phi = 400$  mm, betong i 90 cm sektion. Utrymmet mellan rör och slänt är nästan obefintligt. Man måste stå grensle vid inpassning av röret. Arbetsställningen är oförsvarbar ur ergonomisk synpunkt.



Figur 4.22. Läggnig av  $\phi = 300$  mm i 80 cm sektion. Stora problem att hantera verktyg och hjälpmedel i en grav som knappast medger egen förflyttning.



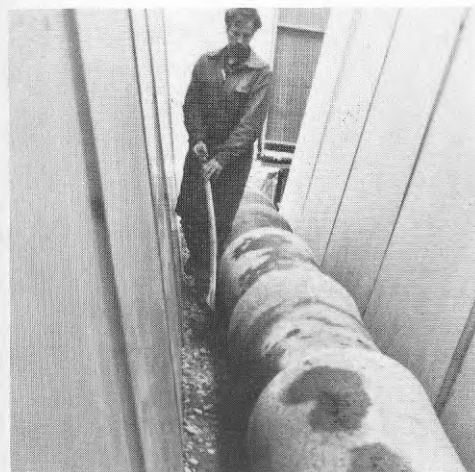
Figur 4.23. Läggnig av  $\phi = 225$  mm i 70 cm sektion. Typsektionerna ökar inte för arbete som kräver två man. Det kan alltså bli mycket trångt och besvärligt att arbeta fast man är två.



Figur 4.24. Riktningjustering,  $b = 70$  cm och  $\varnothing 150$  mm betong. Svårt att komma intill och få tag med spettet. Man måste luta sig mot slänten för att se vad man gör.



Figur 4.25. Understoppning,  $b = 70$  cm,  $\varnothing 150$  mm betong. Dåligt utrymme som inte möjliggör en effektiv understoppning. Slår emot slänten med armar och ben.



Figur 4.26. Understoppning,  $b = 80$  cm,  $\varnothing 300$  mm betong. Arbetsutrymmet är sämre vid stora än vid små rör för man kan inte se vad man gör. Det är svårt att få plats för skyffeln, den fastnar lätt och är inte lämplig som verktyg i dessa trånga utrymmen.



Figur 4.27. Understoppning,  $b = 80$  cm,  $\varnothing 300$  mm betong. Ideligen måste rörläggaren kliva över röret från den ena sidan till den andra. På båda sidor finns det knappt plats att stå på och ännu plats för att utföra ett gott arbete, hur dålig arbetsställning man än intar.



## 4.2 Grävning av fyllningsmaterial

### 4.2.1 Material

Fyra olika fyllningsmaterial har använts. Dessa har valts med hänsyn till att de skall ligga inom de tekniska normerna för val av fyllningsmaterial för ledningsbädd.

Enligt Mark-AMA (C2.21 ledningsbädd för rörledning) skall sådan bädd utföras med välgraderat, i huvudsak stenfritt material ur grupp 2 eller 3A. Största stenstorlek får uppgå till högst 50 mm. För rörledning av plast utförs bädden av stenfritt material ur grupp 2.

I grupp 2 ingår grus, sand, grusig eller sandig morän, krossmaterial med motsvarande kornfördelning.

I grupp 3A ingår grusig, sandig eller normalmorän, krossmaterial med motsvarande kornfördelning.

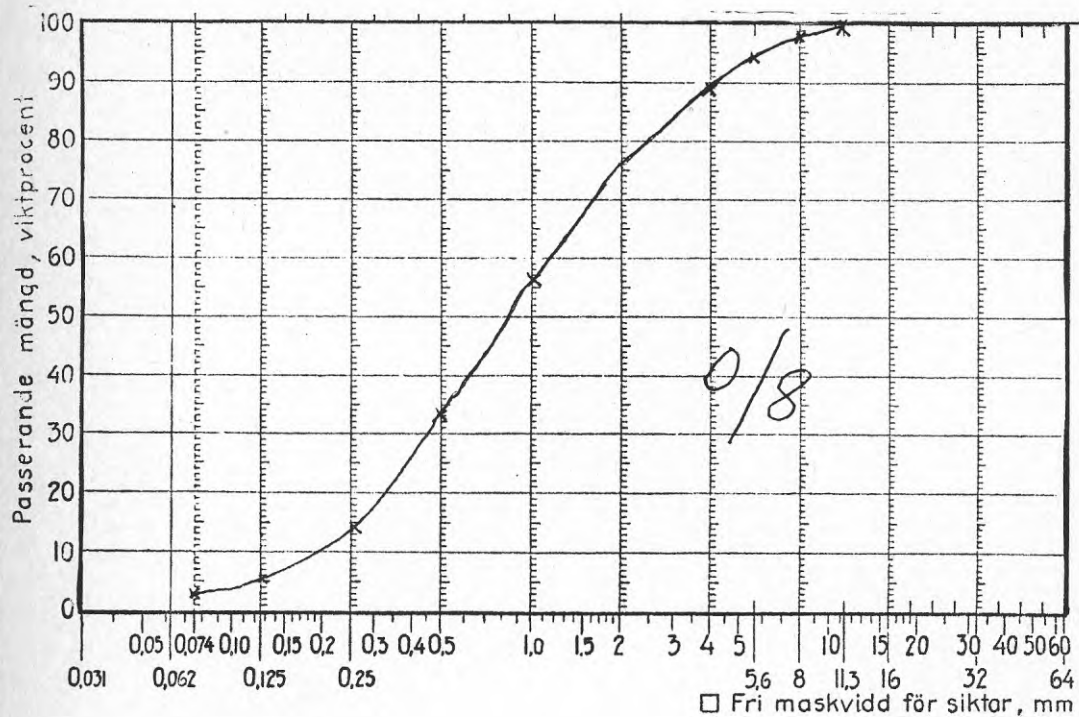
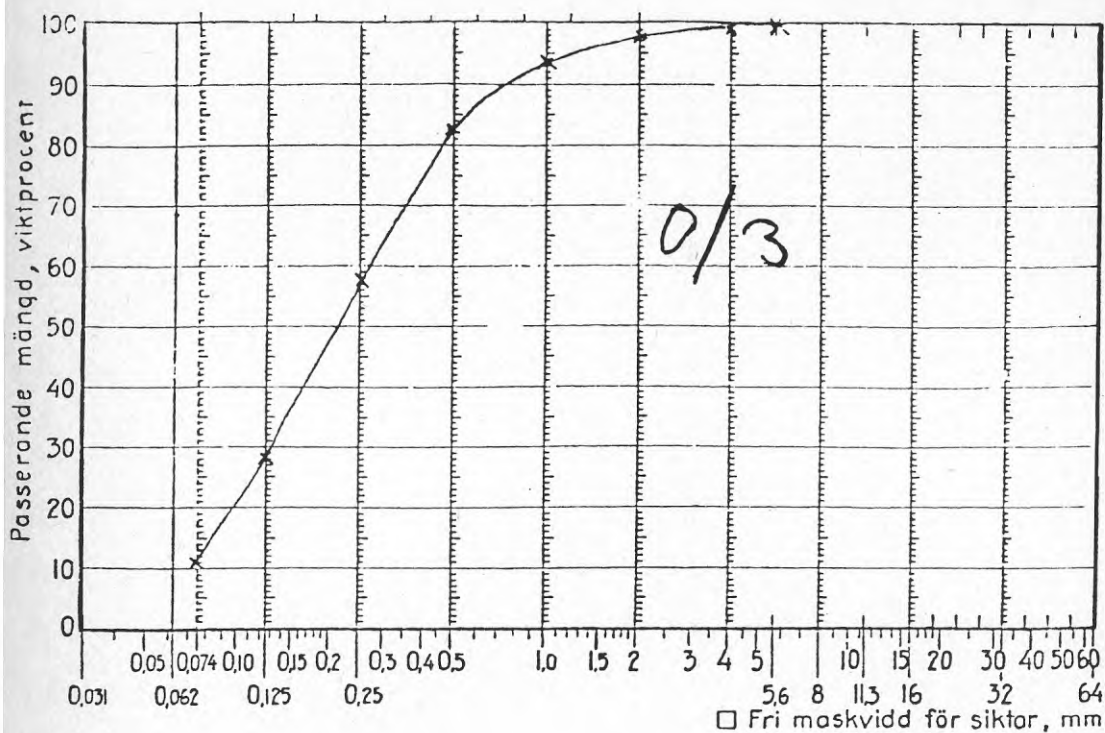
Vid val av material har så stor "spännvidd" avseende kornfördelning och skrymdensitet (vikt) som möjligt eftersträvat. De material som valts samt dessas skrymdensitet ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) framgår av nedanstående tabell. Materialbeteckningen hänför sig till vilken korngradering materialet innehåller. Med t ex 0-3 förstås på detta sätt ett material som innehåller kornfraktioner mellan 0 och 3 mm.

Tabell 4.1. Använda fyllningsmaterial.

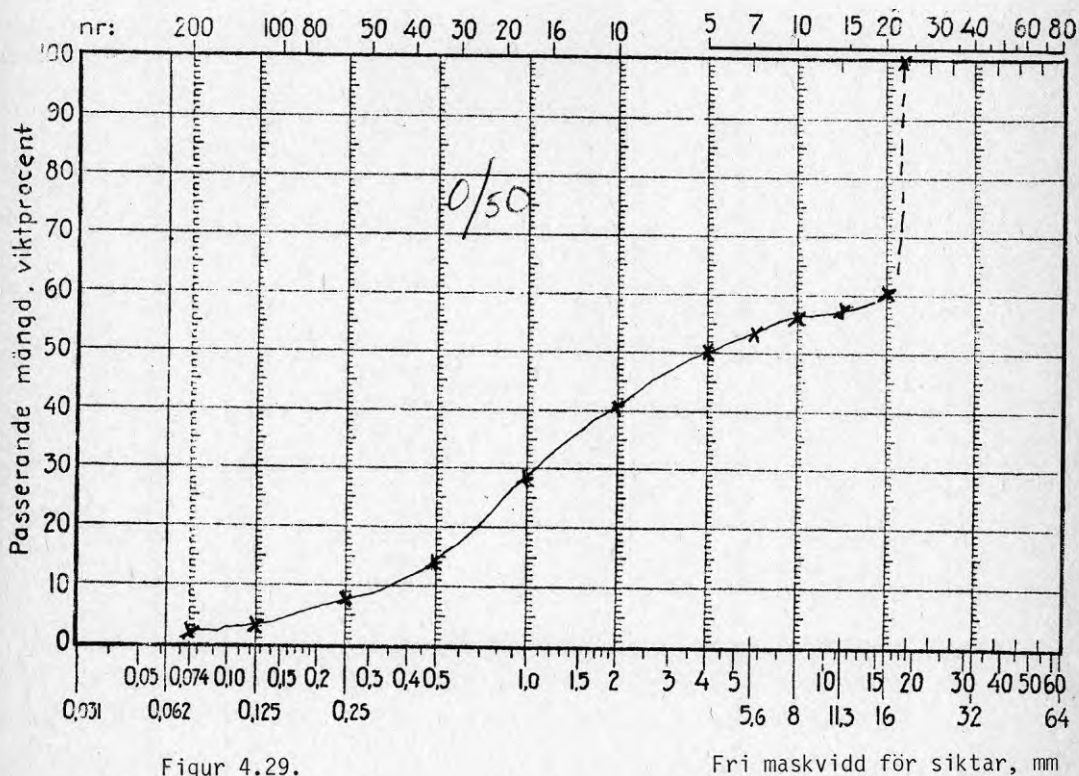
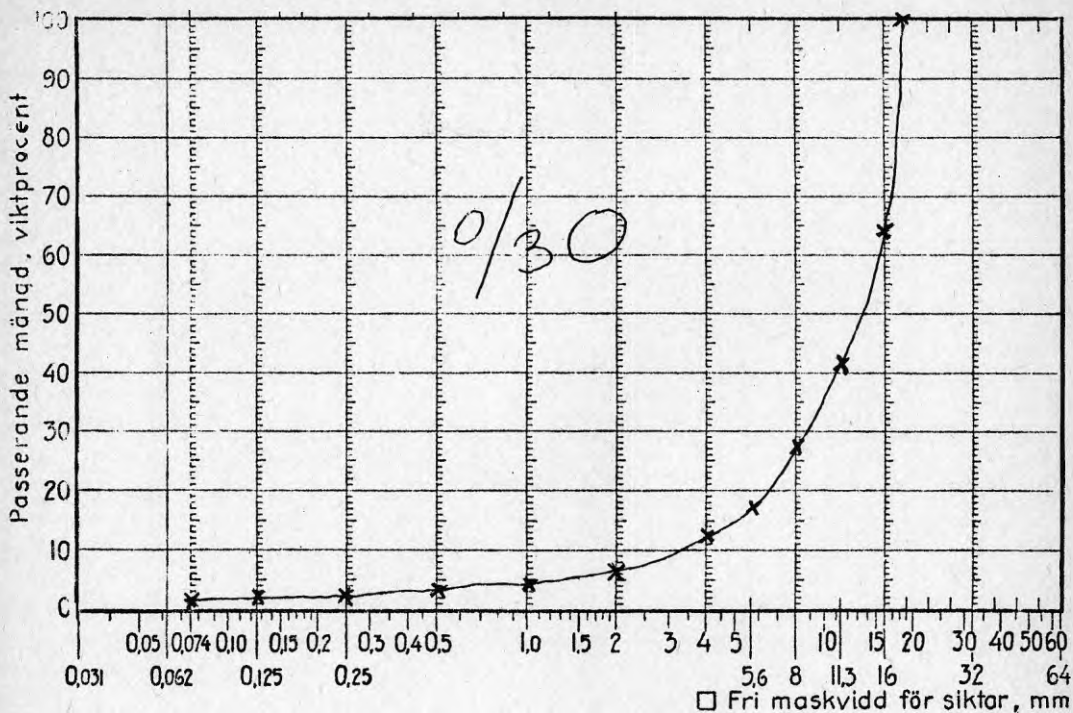
Material	0-3	0-8	0-30	0-50
Skrymdensitet	1,46	1,35	1,47	1,90
Finhetsmodul	1,07	2,82	6,30	4,92

Volymen har hållits konstant, medan total skottad vikt varierat.

De olika materialens kornfördelning framgår av följande diagram.



Figur 4.28.



Figur 4.29.

Fri maskvidd för siktar, mm

#### 4.2.2 Metodik

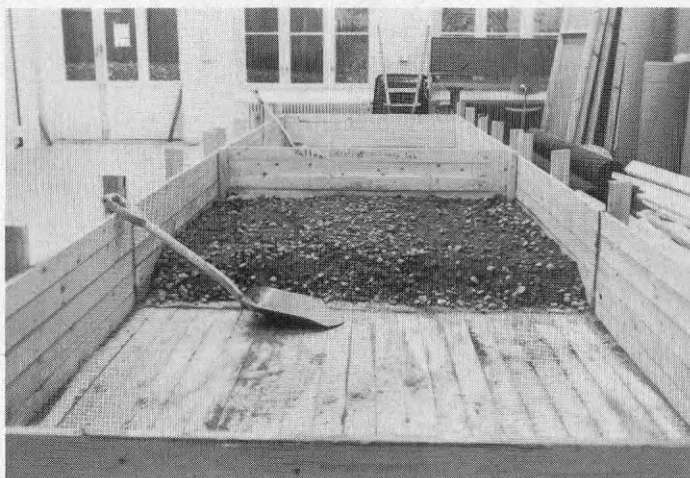
Undersökningen har genomförts i laboratoriets fullskalelaboratorium. För ändamålet har den från föregående etapp använda lådan byggts om. Väggarna revs och lådan indelades i två sektioner på 4 x 2 m med hjälp av en mellanliggande vägg. De på detta sätt erhållna sektionerna har, genom ett målat streck, ytterligare indelats i mindre sektioner om 2 x 2 m.



Figur 4.30. Upplagt för grävprov.

De två låddelarna har sedan försetts med  $500 \text{ dm}^3$  fyllningsmaterial vardera. Försökspersonen har sedan skottat materialet från ett givet läge i lådan över det streck som halverade lådsektionen till samma läge på andra sidan lådan. Förutom skottning har provet även inkluderat avjämning, i syfte att få materialet jämnt fördelat över ytan och därmed i så stor utsträckning som möjligt efterlikna verkliga förhållanden. Vid samtliga grävprov har skyffel av samma typ använts.





Figur 4.31. Använt verktyg.

Undersökningen har för varje försöksperson genomförts i två oberoende delar omfattande:

- submaximalt arbetsprov på ergometercykel
- grävprov.

Det *submaximala* provet har genomförts på s k ergometercykel under manuell tagning av individens hjärtfrekvens. Med hjälp av hjärtfrekvensen har maximal syreupptagningsförmåga beräknats.

Vid *grävproven* har hjärtfrekvensen registrerats med telemetrisk utrustning, där sändare applicerats på försökspersonen och hjärtfrekvensen överförs trådlöst till mottagarenheten. Genomsnittlig hjärtfrekvens under grävprovet, ställd mot maximal syreupptagningsförmåga, har givit grävprovets syreförbrukning. Genom att därefter "ställa" resultatet från grävprovet i relation till den maximala syreupptagningsförmågan har vi fått en relativ arbets-tyngd som möjliggjort en jämförelse mellan olika individer och därmed olika fyllningsmaterial.

#### 4.2.3 Undersökningsgrupp

Undersökningen har genomförts som laboration inom ämnet i arbetsvetenskap vid institutionen för industriell ekonomi och organisation, KTH. Under ledning av Byggergonomilaboratoriet har på detta sätt 240 teknologer kommit att delta i försöken. Av dessa har 48 stycken utfört grävprov, resterande varit "mätpersonal" och utfört registreringar och beräkningar. Försökspersonerna har fördelats på de olika materialen, med syfte att vid varje tillfälle få lika många försök på respektive material. Laborationerna har genomförts i två omgångar: 35 försökspersoner i första omgången och 13 i den andra. Fördelningen på respektive material blev ojämn genom att materialen i båda sektionerna byttes samtidigt. De 48 teknologerna är samtliga manliga med en medelålder på drygt 20 år. Av tabell 4.2 framgår hur gruppen kommit att fördelas med avseende på maximal syreupptagningsförmåga och fyllningsmaterial.

Tabell 4.2. Populationen totalt samt fördelad på material och syreupptagningsförmåga.

Max l/min	0/3	0/8	0/30	0/50	Totalt
1,5-2,0	-	2	-	-	2
2,0-2,5	2	1	2	6	11
2,5-3,0	3	2	9	9	23
3,0-3,5	-	2	7	1	10
3,5-4,0	-	1	-	-	1
4,0-4,5	-	-	1	-	1
TOTALT	5	8	19	16	48

Som framgår av ovan redovisade material har antalet försök inom de olika materialen blivit något snedfördelade, vilket hänger samman med att försöken genomförts i två olika omgångar, med olika antal individer i varje. Dessutom framkommer att i vissa material har fler "tränade" än "otränade" grävt.

I kontrollsyfte har vi utfört samma prov med rörläggare som grävt samtliga material utom ett. Han hade en maximal syreupptagningsförmåga på 2,1 l/min och var 37 år gammal.

#### 4.2.4 Resultat och analyser

Av tabell 4.3 framgår *den relativa arbetstyngden* uppdelad på olika material och storlek på maximal syreupptagningsförmåga.

Tabell 4.3. Relativ arbetstyngd ( $\bar{x}$ ) och antalet försök (n).

Max l/min	0/3		0/8		0/30		0/50	
	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n
1,5-2,0	-	-	73,9	2	-	-	-	-
2,0-2,5	61,5	2	67,5	1	89,45	2	87,4	6
2,5-3,0	68,5	3	63,25	2	81,0	9	77,2	9
3,0-3,5	-	-	61,45	2	69,65	7	66,3	1
3,5-4,0	-	-	51,3	1	-	-	-	-
4,0-4,5	-	-	-	-	54,1	1	-	-

Av tabellen framgår att 0/30 genomgående medfört högre arbetstyngd än övriga material. Därefter kommer 0/50 och slutligen 0/8 och 0/3.

Vid de olika försöken noterades också den *arbetstid* försökspersonen använde för att utföra arbetsprovet. Av tabell 4.4 framgår

erforderlig tid i medeltal uppdelad på material och syreupptagningsförmåga.

Tabell 4.4. Arbetstid ( $\bar{x}$ ) och antalet försök (n).

Max l/min	0/3		0/8		0/30		0/50	
	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n
1,5-2,0	-	-	7,9	2	-	-	-	-
2,0-2,5	7,55	2	9,0	1	9,2	2	8,75	6
2,5-3,0	7,10	3	8,3	2	10,2	9	8,70	9
3,0-3,5	-	-	8,3	2	9,2	7	8,2	1
3,5-4,0	-	-	7,9	1	-	-	-	-
4,0-4,5	-	-	-	-	7,1	1	-	-

Av tabellen kan utläsas att arbetstiden genomgående är längst vid grävning av 0/30-materialet och genomgående kortast vid grävning av 0/3-materialet.

En klassövergripande analys måste, som tidigare framgått, begränsas till klasserna 2,0-2,5 l/min och 2,5-3,0 l/min där fullständigt material finns.

För att undvika snedfördelningarna i populationen har i samband med denna analys använts en standardpopulation. Den består av totala antalet försök i båda klasserna sammanslaget, relativt antalet försök i respektive klass, dvs  $\omega_{2,0-2,5} = \frac{11}{34}$  och  $\omega_{2,5-3,0} = \frac{23}{34}$ .

I tabell 4.5 har förutom det standardiserade medelvärdet även inlagts standardiserad arbetstid samt materialvikt.

Tabell 4.5. Sammanställning av standardiserat mätresultat.

Variabel	0/3	0/8	0/30	0/50
Arbetsstyngd	64,8	65,4	83,4	80,5
Arbetstid	7,24	8,52	9,87	8,72
Materialvikt	1,46	1,35	1,47	1,90
Finhetsmodul	1,07	2,82	6,30	4,92

Av tabellen kan utläsas att 0/30 är arbetsmässigt tyngre att gräva än 0/50 som i sin tur är tyngre än, i storleksordning, 0/8 och 0/3. Mellan arbetstid och arbetsstyngd förekommer också ett samband - ju högre arbetsstyngd desto längre arbetstid.

Däremot verkar inte materialets vikt ha något samband med varken arbetstid eller arbetstyngd. En viktigare parameter är materialets finhetsmodul: ju högre finhetsmodul, desto högre arbetstyngd. Skillnaden i arbete och tid beror sålunda inte på det grävda materialets vikt utan på materialets kornfördelning och kornstruktur.

I syfte att kontrollera tillförlitligheten i det framräknade materialet utfördes även grävprov med erfaren rörläggare. Resultatet redovisas i tabell 4.6 nedan.

Tabell 4.6. Grävprov med rörläggare.

Variabel	0/3	0/8	0/30	0/50
Arbetstyngd	-	57,1	66,7	59,5
Arbetstid	-	6,40	7,50	7,05
Materialvikt	1,46	1,35	1,47	1,90
Finhetsmodul	1,07	2,82	6,30	4,92

Tabellen verifierar rangordningen och sambanden mellan de olika variablerna. Vi får således konstatera att ett påtagligt samband mellan framför allt fyllningsmaterialets finhetsmodul och arbetstyngd och -tid föreligger.

### 4.3 Yrkesanpassad utrustning

#### 4.3.1 Allmänt

Föreliggande undersökning i likhet med Skånska Cementgjuteriets BFR-rapport visar att yrkesanpassad utrustning för rörlägningsarbete nästan helt saknas. Den utrustning som förekommer är allmän utrustning för anläggningsarbete och i viss mån "hemmagjorda" hjälpmedel. Speciella hopdragningsverktyg och lyftverktyg finns på marknaden, men särskilt de förra används sällan i verkligheten.

#### 4.3.2 Förutsättningar

I samband med utprovningen av ledningsbäddmaterial och arbetsutrymme har laboratoriet haft möjlighet att studera rörhanteringen i detalj. Framför allt har hopskjutningsmomentet och lyftredskapen kunnat studeras. Nivåjustering och transport i rörgraven eller dess närhet har inte närmare undersökts i denna studie.

#### 4.3.3 Metodik

Utrustningarna har analyserats med hjälp av rörläggarens egna uttalanden och observation av arbetet. "Mätvärden" förekommer endast i form av tid och hjärtfrekvens vid arbete med olika metoder, jfr avsnittet om arbetsmetoder och utrymme ovan.



#### 4.3.4 Resultat

Laboratorieförsöken har i likhet med SCG-studien visat nödvändigheten av att skapa yrkesanpassade verktyg för rörlägningsarbetet med betongrör. Det är av största vikt att ta fram i viss mån skilda utrustningar för stora och små arbetsplatser. För stora arbeten, typ nyanläggningar o d, bör vid betongrörläggning en maskinell utrustning tas fram och arbete i schaktsläde studeras särskilt. För den mindre arbetsplatsen och i viss mån även de större bör arbetsanpassade handverktyg konstrueras.

Transportutrustning, förflyttning av rören i rörgraven sker oftast medelst bärning, ibland träs spettet in i röret för att underlätta bärningen.

Riktningjusteringsutrustningen består ibland av laser, ibland av lösflukt och ibland av vattenpass. Justeringen utförs genom att röret lyfts eller skakas med handen eller lyfts med hjälp av spettet, som sticks in i röret. Den senare varianten fungerar inte när laser används, för då har en riktningsskiva placerats i röret.

Hopskjutningen av rören görs nästan undantagslöst med spett. Ibland används s k hopdragare. Detta är ett stort verktyg specialgjort till varje rördimension och rörfabrikat. Hopdragaren är ofta tung och klumpig och används därför inte så ofta som den borde. Man arbetar i stället med spett som ofta slinter, får dåligt tag i marken eller skadar röret.

Lyfthjälpmedlen består huvudsakligen av kran eller grävskopa med stropp, lyftsax eller lyftgalge. Ibland saknas hjälpmedel och rören måste forslas ner manuellt. Stropp används sällan vid läggning och är inget bra alternativ. Lyftsaxar är ofta mycket tunga och förekommer sparsamt. Lyftgalgen eller "gaffeln" är det mest använda hjälpmedlet. Den finns både som "hemsnickrad" och färdigtillverkad. De modeller som finns skulle emellertid behöva en viss modifiering för att bli ergonomiskt anpassade.

För understoppningen används endast spade. *Med nuvarande typsektioner enligt Mark-AMA är det emellertid inte möjligt att åstadkomma en godtagbar understoppning med spade.* Åtkomligheten är alltför dålig och skaftet tar i slänterna hela tiden.

Inom projektets begränsade ramar har laboratoriet valt att ta fram ett verktyg som inte ökar mängden erforderlig utrustning och som kan ge de flesta fördelarna för den lilla, lågt mekaniserade arbetsplatsen. Det nya verktyget är ett ergonomiskt och för rörläggning anpassat spett.

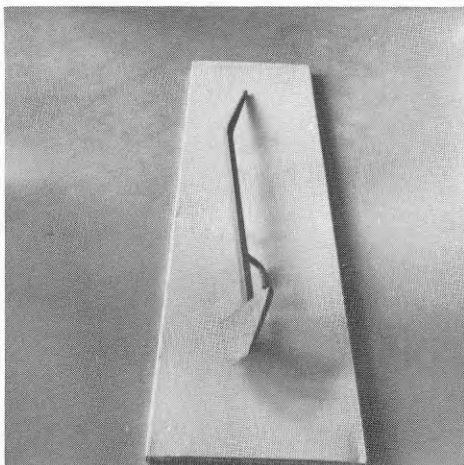
Det har utformats för att *underlätta bärning* med hjälp av spett genom att ge förutsättning för en bättre arbetsställning och minskade risker att tappa röret.

Det har utformats för att *underlätta riktningjustering* både med och utan laser genom att gripa tag i muffen och ge en ergonomiskt riktig arbetsställning och låg belastning.

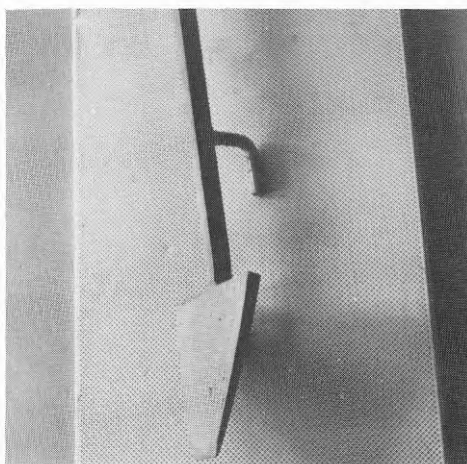
Det har utformats för att *underlätta hopdragnings* genom att det inte slinter så lätt i bäddmaterialet, har stor tryckstyrka mot röret för att inte skada detta. Dessutom ger det förutsättning för

en anatomiskt riktig arbetsställning, vare sig man "trycker" eller "drar" ihop rören.

Utformningen medger också *understoppning* i trånga sektioner, där spaden inte kommer åt.



Figur 4.32. Prototypen till det nya verktyget.



Figur 4.33. Prototypen till det nya verktyget.



## 5 ANALYS OCH SLUTSATSER

### 5.1 Utrymme och arbetsmetoder

- Hjärtfrekvensen minskar från metod 1 via metod 2 för att alltid vara lägst vid metod 3. Största skillnaden finns mellan metod 2 och 3.
- Arbetstiden är kortast i metod 2, något längre vid metod 1, men är alltid ojämförligt längst i metod 3 beroende på laboratorieförhållandena vid denna metod.
- Såväl hjärtfrekvens som arbetstid är lägre vid läggning av plaströr än av betongrör av motsvarande dimension. Tidsvinsten ökar snabbt med ökad rörlängd hos plaströren. Hjärtfrekvensen motsvarar i stort sett den som gäller läggning av betongrör av motsvarande dimension med metod 3.
- En jämförelse av samtliga betongrörs dimensioner i 90 cm sektion med metod 3 visar att arbetspulsen är relativt opåverkad av rördimensionen medan däremot tidsåtgången ökar till drygt den dubbla, när rördimensionen ökar från 150 till 400 mm.
- Arbetstiden sjunker oavsett metod när rördimensionen minskar.
- *Ökad sektionsbredd sänker alltid tidsåtgången* och mestadels också *hjärtfrekvensen* upp till de största sektioner som omfattats av försöken. En ökning av sektionsbredderna till minst 45 cm fritt utrymme på vardera sidan mellan rör och slänt rekommenderas.

### 5.2 Fyllnadsmaterial

Av tidigare resonemang kan sägas att *krossmaterial* är tyngre att gräva än *naturmaterial*. I krossmaterialet finns i högre grad en kantigare konstruktion och en mera ensidig kornfördelning, vilket ger materialet en hög inre friktion, som försvårar grävandet. I det naturliga materialet finns en mera allsidig kornfördelning och mjukare struktur, vilket leder till mindre hålrum och därmed högre vikt. Vikten kompenseras dock av att den inre friktionen ej blir så hög som krossmaterialets, vilket totalt reducerar ansträngningen. Det finns så att säga "kullager" inbyggda i ett naturmaterial.

Det ovan sagda framgår av tidigare redovisade kornfördelningsdiagram. O/30-materialet har en kurva med väldigt kraftig stigning, vilket tyder på ett ensidigt stort material. Däremot har O/50 en mjukare, jämnare stigning, vilket innebär att det innehåller en stor mängd mindre fraktioner, som samspelar med de större och ger den "kullagereffekt" som tycks reducera såväl ansträngning som arbetstid. I likartade material torde dock volymvikten vara avgörande.

Vid t ex val av material till ledningsbädd, där mycket manuell grävning kan påräknas, bör alltså ett material med en mjuk kornstruktur och en allsidig kornfördelning väljas. *Materialet bör ha en så låg finhetsmodul som möjligt.*

Av de fyllnadsmaterial som ingår i de tekniska normerna i Mark-AMA bör ur arbetssynpunkt naturmaterialen väljas i första hand.

Ur arbetssynpunkt torde även krossmaterialen behöva ges en allsidigare kornfördelning eller också blandas ut med naturmaterial.

### 5.3 Yrkesanpassad utrustning.

Laboratoriet har funnit ett stort behov av arbetsanpassad utrustning för arbete i ledningsgravar. Samtliga arbetsmoment i ledningsgravar skulle kunna anpassas ergonomiskt och produktionstekniskt till de för arbetet speciella förhållandena.

Laboratoriet föreslår därför att i första hand det speciella "rörläggarspettet" utvecklas, utprovas och förs ut på marknaden. Även övriga under avsnitt 4.3.4 omnämnda utrustningar bör utvecklas och anpassas till arbetet. Slutligen bör också en genomgång av de större utrustningarna för speciellt nyanläggningar göras. Här kan schaktslädar och rörläggningmaskiner granskas och förslag till förbättringar föras ut på marknaden.

## LABORATION I ARBETSVETENSKAP

Mätning och upplevelse  
av fysiska belastningar

INNEHÅLL

I Laborationens syfte	41
II Undersökningar	41
III Utrustningen	42
Bild, ergometercykel	43
IV Andningsfrekvensmätning	44
V Grävarbetet	44
VI Pulstagning	44
VII Belastningen	46
VIII Beräkning av maximal syreupptagningsförmåga	46
IX Subjektiv bedömning	46
X Laborationsplan	47
XI Genomförande	47
XII Resultat	48
Bild, hjärtfrekvens före och under en storslalomtävling	49
Bild, sambandet mellan syreupptagning och arbetsbelastning	50
Bild, Christensens schema för arbetsgradering	51
Bild, mätmetoder för arbetstyngd	52
Bild, tabell 1 och tabell 2	53
Bild, nomogram	54
Bild, tabell för beräkning av maximal syreupptagning ml/kg	55
Bilagor 1 - 6	57

I Laborationens syfte är att låta deltagaren:

- 1) Lära känna enkla metoder för arbetsmätning.
- 2) Lära känna några av de begrepp och storheter som är förknippade med arbetsmätning.

Laborationen beräknas ta 2 timmar och 30 minuter.

Resultatet av undersökningen skall presenteras vid kursens slut.

Personer som nyligen varit sjuka, lider av hjärtfel eller har andra skäl att förmoda att testen kan äventyra hälsan skall icke delta i själva arbetsmomentet men skall närvara vid laborationen och komma då att behandla data.

### Förhållningsregler

För att mätningen skall ge ett så riktigt resultat som möjligt bör man iakttaga följande:

1. Rök inte sista timmen före laborationen.
2. Ät inte ett stadigt mål mat 2-3 timmar före laborationen.
3. Ägna Dig inte åt ansträngande fysisk aktivitet tidigare under dagen.

II Undersökningar som skall göras:

- 1) Försökspersonens (Fp:s) maximala syreupptagningsnivå.
- 2) Fp:s syreupptagningsnivå vid grävningsarbete i olika material.
- 3) Fp:s subjektiva uppfattning om de olika arbetsbelastningarna. (Borgs skattningsskala).
- 4) Fp:s andningsfrekvens vid cykling respektive grävarbete.

### III Utrustning och dess handhavande.

Följande behövs för laborationen:

- 1) Ergometercykel
- 2) Metronom
- 3) Tidtagarur för långtidsmätning
- 4) Tidtagarur för pulsmätning och andningsfrekvensmätning
- 5) Stetoskop för pulsmätning
- 6) Telemetrisk utrustning för mätning av hjärtfrekvens
- 7) Låda med grus och skyffel

#### 1. Ergometercykeln (fig 1):

Ett fullständigt tramptag flyttar en punkt på fälgen 6 meter. Om belastningen är 1 kp blir det uträttade arbetet 6 kpm. Belastning sker genom att bromsa bandet med en bandbroms. Genom att variera spänningen på bandet varierar man friktionen mellan band och fälg och därigenom också belastningen. Bandet är fäst i en vridbar trumma. På den är en pendel (A) fixerad. Anordningen fungerar som en pendelvåg vilken mäter skillnaden i dragkraft på bandets båda ändar.

Bandet spänns med hävarmen (B) som regleras med ratten. Pendelns utslag avläses på skalan (D), som är graderad i kp. För att kunna beräkna utfört arbete krävs att man känner vägsträcka och belastning.

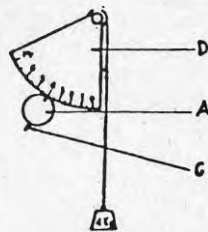
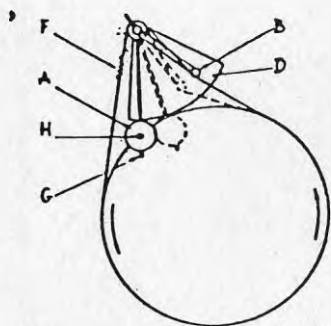
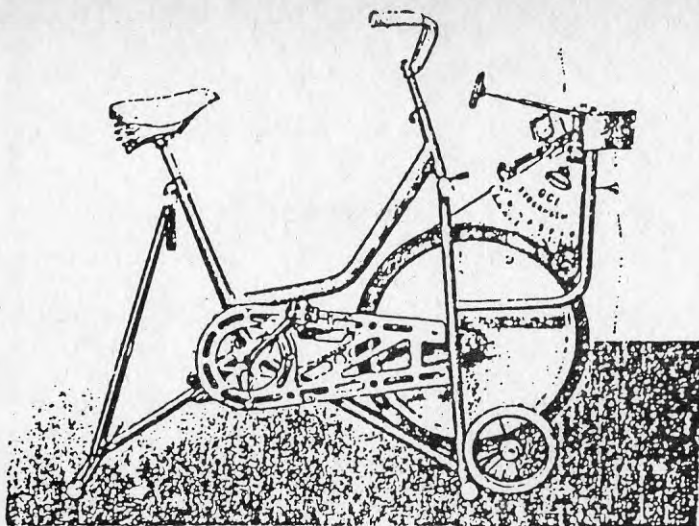
Ex. 50 tramptag ger en vägsträcka på 50 x 6 m.  
Om belastningen är inställd på 2 kp blir arbetet  
 $50 \times 6 \cdot 2 = 600$  kpm.  
Om detta arbete utförs under 1 minut blir effekten  
600 kpm/min (100 kpm/min = 16,35 W).

Inställningen av belastningen sker på följande sätt:

1. Nollställning, dvs pendelvikten skall sammanfalla med skalan D:s nollstreck, sker med fp på cykeln utan att han vidrör tramporna. Inställningen är viktig.
2. Då cyklingen börjar skall bandet vara slakt men ställs sedan in direkt på önskad belastning med hjälp av ratten. Man bör vara uppmärksam på att belastningen kan ändras då hjulet blir varmt varvid viss efterjustering kan vara nödvändig.

Cyklingen sker i takt med metronomen på så sätt att 100 slag på metronomen motsvarar 50 hela tramptag.





Figur 1.

2. Metronomen inställes av lab.ledaren.
3. Tidtagarur för långtidsmätning. Vi har bara ett ur och försökspersonerna får anpassa sig efter det. Uret kommer att vara igång hela tiden vilket innebär att man bör skriva upp starttiden för varje arbetsmoment.
4. Tidtagarur för pulsmätning, se pulstagning!
5. Stetoskop för pulsräkning desinficieras före och efter användning.
6. Labledaren ger instruktion om användningen av telemetriutrustningen.

#### IV Andningsfrekvensmätning:

Andningsfrekvensen uppskattas genom att mot slutet av varje minut tiden för 10 andetag mäts. Mätningen kan ske antingen genom att lyssna till andningen eller genom att en papperslapp tejpas på Fp:s näsa, varvid andetagen blir lätta att observera.

#### V Grävarbetet:

Grävarbete har visat sig vara ett tungt och krävande arbete. Detta gäller även utjämning av sand, sten och grusmaterial.

I syfte att finna lämpliga bäddmaterial för ledningsschakter m fl områden skall vi undersöka vilken typ av material som är mest ergonomisk att använda.

Provet går till så att försökspersonen i viss på metronomen inställd takt skall skyffla 500 l grus från en sida i en låda till den andra och sedan jämna materialet.

#### VI Pulstagning:

Pulsen skall räknas mot slutet av varje minut. Medelvärdet mellan 5:e och 6:e betecknas som arbetspulsen vid arbetet ifråga. Är skillnaden mellan dessa pulstagningar större än 5 slag/min förlängs arbetstiden med en eller flera minuter så att en konstant nivå nås, den s k steady-state nivån. Lättast tar man pulsen över halspulsådern strax nedanför käkvinkeln. Personen som tar pulsen ställer sig då bakom fp. Tryck inte hårt. Man känner pulsen lättare om man bara lägger handen mot halsen. Om man inte känner pulsen där bör man känna den över hjärtat, som vanligtvis sitter på vänster sida. Om pulsen inte kan kännas manuellt används stetoskop.

Mätmetodik: Den mest exakta metoden är att ta tiden för 30 pulsslag och med hjälp av tabell 1 (sid 13) få fram pulsslag/min. Man räknar ner till 0 varvid man startar klockan och vid det 30:e pulsslaget stannar man klockan. Vissa av er har fått klockor där omvandlingen finns direkt på urtavlan varvid tabellen blir onödig. Det är viktigt att pulsen inte blir för hög under provet.

Regeln är: Maxpuls = 195 - fp:s ålder. Är pulsen högre avbryts provet.

Vid grävningsarbetet är det svårare att göra en manuell hjärtfrekvensmätning än vid ergometerprovet. Vid detta försök kommer hjärtfrekvensen istället att mätas elektroniskt.

Utrustningen består av en sändare med elektroder, en mottagare och en skrivare som ritat upp hjärtfrekvensen som funktion av tiden. Apparaturen är dyrbar och känslig, laborationsledaren kommer därför att ge utförliga anvisningar om handhavandet till varje grupp. Elektrodfastsättningen måste göras noggrant för att få fram signalen. Gör på följande sätt:

Lossa en häftring från häftbandet och fäst denna på en rengjord torr elektrod. (Göres med 3 st). Fyll elektrodernas mitt med elektrodkräm. (Se till att krämen nått och jämnt når upp till kanten. Med för mycket kräm, pressas denna ut över klisterytan vid fastsättningen och häftan tappar all sin fästförmåga).

Välj ut ytorna för elektrodernas placering enligt fig 2.



Om försökspersonen är hårig på bröstet måste dessa partier rakas. För att erhålla bra EKG även under kraftiga rörelser, bör man om huden är fuktig, torka av hudytorna med en kompress samt alltid rugga upp hornlagret med sandpapper eller radérgummi. (Ungefär 4 drag över ytan). Tvätta huden med bensin eller alkohol (ej aceton!).

Drag bort skyddspappret som skyddar häftan på elektroderna, och tryck fast dessa mot de preparerade hudytorna. Avlasta elektroderna genom att lägga kablarna i en slinga och fäst med tejp eller häfta enligt fig 3.

Fig. 3

VII Belastning: Man måste för att erhålla god noggrannhet få en pulstakt överstigande 125 slag/minut. En lägre pulstakt innebär att annat än arbetet kan påverka pulsen. Val av belastning sker enligt nedanstående tabell.

Vikt	låg	medel	hög	belastning
- 65 kg	1	2,5	3	
65 - 75 kg	1	3,0	3,5	
76 - 85 kg	1	3,5	3,5	
86 -	1,5	4,0	4,0	

Vid val av belastning väljes medel eller submaximal belastning. Om pulstakten inte kommer över 125 slag/minut, öka belastningen med 0,5 kp. Notera ändringen i tabellblad 1.

#### VIII Beräkning av maximal syreupptagningsförmåga

För varje liter syre som åtgår vid en förbränning frigörs ca 5 kilokalorier. En mätning av syreupptagningsförmågan under arbete ger alltså ett mått på energiomsättningens storlek. Ju större en persons kapacitet för syretransport är desto större effekt kan han utveckla.

Nomogrammet på sid 14 ger möjlighet att beräkna maximala syreupptagningsförmågan från arbetspuls vid viss belastning.

Ex. 150 i puls vid belastningen 900 kpm/min ger för en manlig individ en syreupptagningsförmåga på 3,2 l/min.

Med hjälp av sidan 15 kan, om kroppsvikten är känd, även syreupptagningsförmågan /kg beräknas.

Man måste korrigera syreupptagningsförmågan med individens ålder enligt tabell 2, sidan 13. Man multiplicerar värdet för syreupptagningsförmågan med korrektionsfaktorn för att få ett riktigare värde. Värdet man får är en uppskattning, alltså inget exakt värde på syreupptagningsförmågan.

#### IX Den subjektiva bedömningen

Efter varje arbetsmoment skall det subjektiva omdömet om andningsmotståndet göras. Ringa in Ditt omdöme på den 20-gradiga skalan (bilaga 5). Före proven skall respektive skattningsskala fyllas i vad gäller personkod, som ges på laborationen.

Frågan på skattningsskalan är:

Hur är det att andas?

## X Laborationsplan:

Laborationen genomförs i 2 grupper om vardera 6 personer. I varje grupp utses 2 försökspersoner, övriga utför mätningarna.

## GRUPP 1

Försökspersonerna utför ett submaximalt arbetsprov på ergometercykel för att uppskatta den maximala syreupptagningsförmågan. Övriga mäter fp:s puls- och andningsfrekvens i slutet av varje minut under minst 6 minuter eller tills dess att "steady-state" uppnåtts.

Efter avslutat arbetsprov används den subjektiva skattningsskalan. Erforderliga blanketter bifogas.

Efter avslutade prov skall försökspersonerna ha 30 min vila innan byte sker med grupp 2.

## GRUPP 2

Försökspersonerna utför grävarbete av olika material. 500 l skall flyttas och utjämnas med föreskriven skyffel i därför avsedd låda. (Närmare instruktion ges av lab.ledaren). Avsikten är att utröna erforderligt arbete för olika material. Puls m m sker i likhet med cykelprovet.

Efter avslutade prov skall försökspersonen ha 30 min vila innan byte sker med grupp 1.

## XI Genomförande:

- 1 a) Bekanta er med utrustningen. Provsitt t ex cykeln. Är sadeln på lagom nivå? Prova ratten för inställning av belastning. Lär er ta pulsen och andningsfrekvensen på varandra. Lär er utnyttja omvandlingstabellen. (Sidorna 13 ).
- b) Fyll i tabellblad
2. Genomför laborationen enligt planen. Glöm inte att belastningen kan ändras under cyklingens gång. Genomför pulstagningen enligt beskrivningen och för in värdena i tabellen.
3. Glöm inte att efter varje prov ringa in det subjektiva omdömet.
4. Rita upp pulsen som funktion av tiden.
5. Rita upp andningsfrekvensen som funktion av tiden.
6. Utvärdera max syreupptagningsförmåga vid ergometerprovet samt aktuell syreupptagning och belastning vid grävprovet.

OBS! Om ni känner tryck eller smärta över bröstet, smärta strålande ut i armarna och/eller käkvinklar, kraftig hållkänsla och/eller besvärande andfåddhet, avbryt provet. Avbryt provet om pulsen blir för hög.

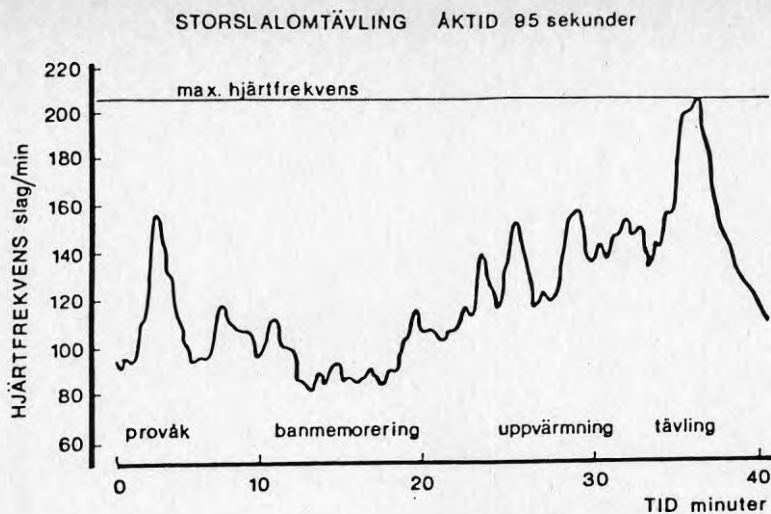
När proven är slutförda sker utvärdering och laborationsprotokoll inlämnas komplett ifyllt med namn, personnummer på samtliga gruppdeltagare.

## XII Resultat.

Tabellblad, diagram och skattningsskalor skall ifyllas och inlämnas med fullständiga namn och personnummer vid laborationens slut. Nedanstående frågor skall också besvaras.

1. Anser ni att andningsfrekvensen är ett bra mått på arbetsbelastningen?  
Varför?
2. Kan ni finna samband mellan hjärtfrekvensen och den "skattade" arbetsbelastningen? Vad kan eventuella olikheter bero på?
3. Vilken metod för arbetsmätning anser ni vara den mest tillförlitliga?  
Varför?
4. Vilka kroppsdelar anser ni blir mest belastade vid arbete med skyffel?  
Strecka områden i bilaga 6 .





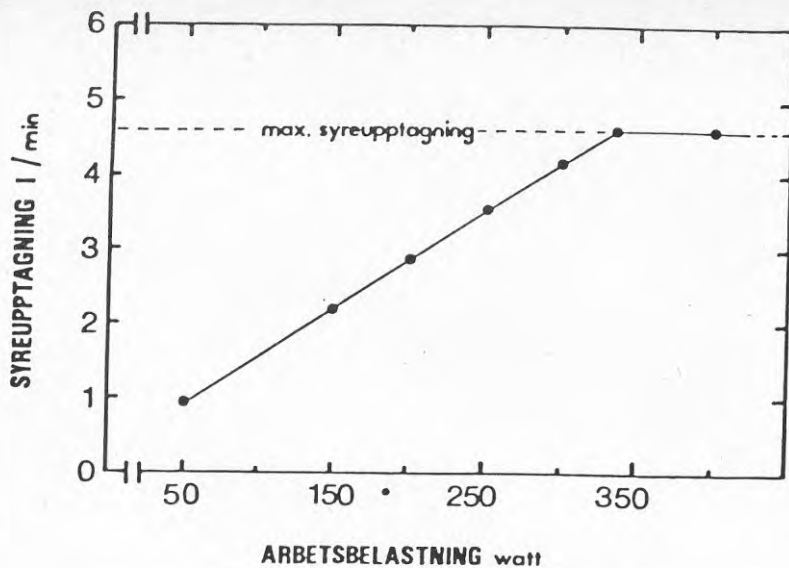
*Hjärtfrekvens före och under en storslalomtävling.*

### C. KOMMENTARER

Som tidigare utförligt behandlades samvarierar hjärtfrekvens och syreupptagning, d v s maximal syreupptagning nås ungefär samtidigt som maximal hjärtfrekvens. Eftersom hjärtfrekvensen varit maximal eller nära maximal vid tävlingar, så antyder detta att syreupptagningen varit mycket hög, vilket överensstämmer med kontrollförsöken under träningsförhållanden.

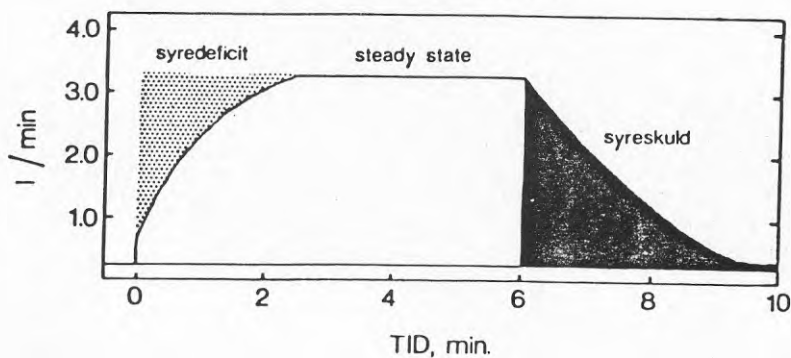
Tidigare har konstaterats, att den maximala syreupptagningen hos eliten i utförsåkning låg relativt högt i jämförelse med andra idrotters elitmän. En förklaring till detta är sannolikt relaterad till att varje tävling och träningspass ställer stora krav på de syretransporterande organen. En hög maximal syreupptagning är följaktligen en viktig faktor för utförsåkning på elitnivå. Av detta följer att konditionsträning bör vara ett väsentligt inslag i utförsåkarnas träningsprogram.

Källa: Idrottsfysiologi, nr 17. Alpin



Sambandet mellan syreupptagning och arbetsbelastning. Syreupptagningen ökar linjärt med arbetsbelastning upp till en viss nivå (maximal syreupptagning) över vilken syreupptagningen inte ökar trots en ökad arbetsbelastning.

#### SYREUPPTAGNING



Syreupptagning under och efter ett relativt hårt muskellarbete. Under de två första minuterna ökar syreupptagningen till den nivå som arbetet motsvarar. Försökspersonen har nått "steady state" eller "andra ändningen".

Källa: Idrottsfysiologi, nr 17. Alpint

### Christensens schema för arbetsgradering

MÄTMETODER	FYSIOLOGISK ARBETSBELASTNING					
	Mycket låg	Låg	Moderat	Hög	Mycket hög	Extremt hög
Syreupptagning l/min	< 0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	> 2,5
Pulsfrekvens slag/min	< 75	75-100	100-125	125-150	150-175	> 175
Kroppstempera- tur °C	< 37,5	37,5-38,0	38,0-38,5	38,5-39,0	> 39,0	
Svettning l/tim	< 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	> 0,8	

## Mätmetoder för arbetstyngd

- SVÅRT ① Kaloriförbrukning      Syreåtgång  
Praktiskt besvärligt      Födan
- LÄTT ② Pulsfrekvens  
Gott samband
- LÄTT ③ Temperatur  
Ett gott komplement. Ej bråttom.
- SVÅRT ④ Blodtryck  
Svårt att mäta
- (Svårt) ⑤ Svettningsintensitet  
Praktiska svårigheter.
- (Svårt) ⑥ Mjölksyra  
Stick i finger. Ganska besvärlig  
analys.
- (Svårt) ⑦ Andningsfrekvensen  
Psykisk påverkan.

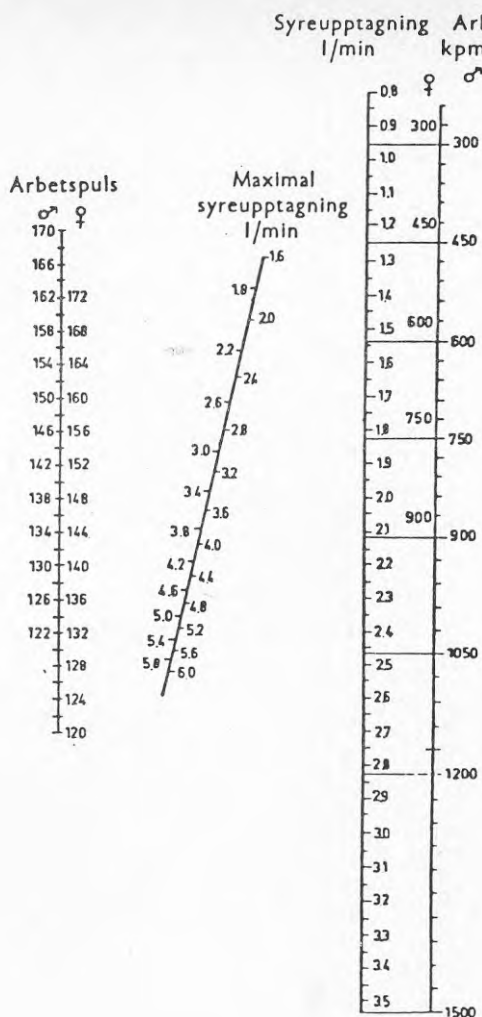
Tabell 1. Omvandling av tiden för 30 pulsslag till pulsfrekvens per minut.

22.0 sek.	82/min.	17.3 sek.	104/min.	12.6 sek.	143/min.
21.9	82	17.2	105	12.5	144
21.8	83	17.1	105	12.4	145
21.7	83	17.0	106	12.3	146
21.6	83	16.9	107	12.2	148
21.5	84	16.8	107	12.1	149
21.4	84	16.7	108	12.0	150
21.3	85	16.6	108	11.9	151
21.2	85	16.5	109	11.8	153
21.1	85	16.4	110	11.7	154
21.0	86	16.3	110	11.6	155
20.9	86	16.2	111	11.5	157
20.8	87	16.1	112	11.4	158
20.7	87	16.0	113	11.3	159
20.6	87	15.9	113	11.2	161
20.5	87	15.8	114	11.1	162
20.4	88	15.7	115	11.0	164
20.3	89	15.6	115	10.9	165
20.2	89	15.5	116	10.8	167
20.1	90	15.4	117	10.7	168
20.0	90	15.3	118	10.6	170
19.9	90	15.2	118	10.5	171
19.8	91	15.1	119	10.4	173
19.7	91	15.0	120	10.3	175
19.6	92	14.9	121	10.2	176
19.5	92	14.8	122	10.1	178
19.4	93	14.7	122	10.0	180
19.3	93	14.6	123	9.9	182
19.2	94	14.5	124	9.8	184
19.1	94	14.4	125	9.7	186
19.0	95	14.3	126	9.6	188
18.9	95	14.2	127	9.5	189
18.8	96	14.1	128	9.4	191
18.7	96	14.0	129	9.3	194
18.6	97	13.9	129	9.2	196
18.5	97	13.8	130	9.1	198
18.4	98	13.7	131	9.0	200
18.3	98	13.6	132	8.9	207
18.2	99	13.5	133	8.8	205
18.1	99	13.4	134	8.7	207
18.0	100	13.3	135	8.6	209
17.9	101	13.2	136	8.5	212
17.8	101	13.1	137	8.4	214
17.7	102	13.0	138	8.3	217
17.6	102	12.9	140	8.2	220
17.5	103	12.8	141	8.1	223
17.4	103	12.7	142	8.0	225

Tabell 2. Korrektionsfaktor för ålder.

Ålder	Faktor	A.aa. Puls	Fakto.
15	1,10	210	1,12
25	1,00	200	1,00
35	0,87	190	0,93
40	0,83	180	0,83
45	0,78	170	0,75
5	0,75	160	0,69
	0,71	150	0,64
	0,68		
65	0,65		





Nomogram enligt  
Astrand-Astrand för be-  
räkning av maximal syre-  
upptagningsförmåga ur  
submaximalt test.





Försöksperson

BILAGA 1

Namn : Rökare  
 Alder : Icke rökare

Längd :

Vikt :

Belastning: kp

Takt : slag/min avser endast ergometerprovet

Effekt : kpm

Maxpuls enligt instruktion: pulsslag/min

ERGOMETERPROV

GRÄVPROV

Minuter	Prov 1 puls/min	Prov 1 andnings- frekvens	Prov 2 puls/min	Prov 2 andnings- frekvens
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Uppskattning av maximal syreupptagningsförmåga: (prov 1)

1 ..... l/min

2 ..... ml/ & kg kroppsvikt

Uppskattning av arbetsbelastning och syreupptagning vid grävprov (prov 2)

1 ..... arbetsbelastning i kpm/min

2 ..... syreupptagning i l/min

BILAGA 2

Pulslog / min

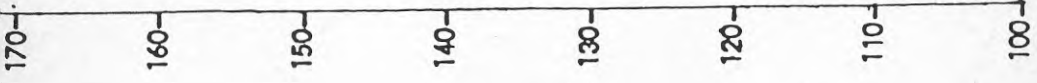
Namn: .....

Personnummer: .....

Prov 1 ○

Prov 2 ▲

Sammanbind punkterna för respektive prov



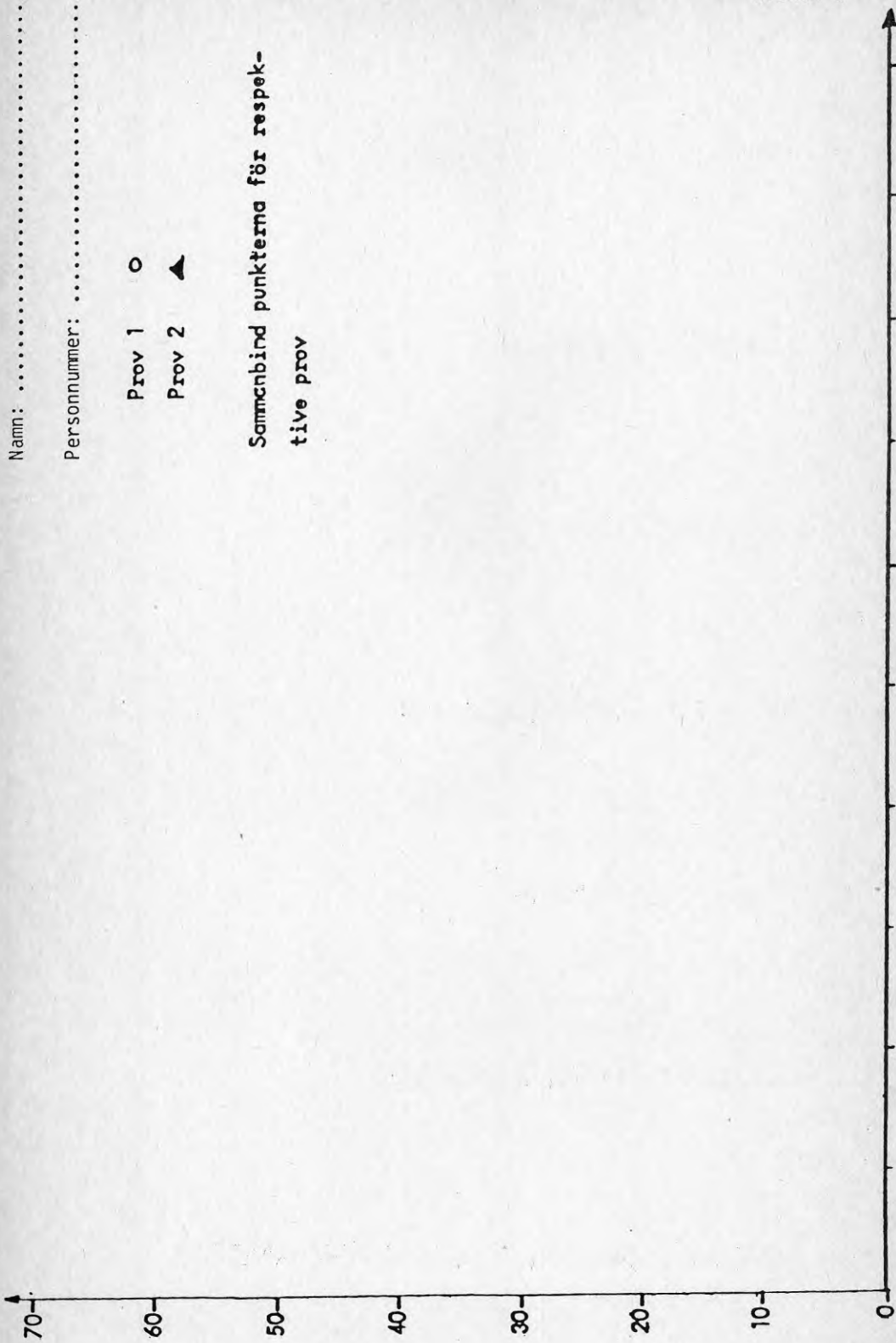
Namn: .....

Personnummer: .....

Prov 1 O

Prov 2 ▲

Sammanbind punkterna för respektive prov





## SKATTNINGSSKALA

BILAGA 4

Namn: .....

Personnummer: .....

6

7 MYCKET, MYCKET LÄTT

8

9 MYCKET LÄTT

10

11 GANSKA LÄTT

12

13 NÅGOT ANSTRÄNGANDE

14

15 ANSTRÄNGANDE

16

17 MYCKET ANSTRÄNGANDE

18

19 MYCKET, MYCKET ANSTRÄNGANDE

20

# SKATTNINGSSKALA

BILAGA 5

Namn: .....

Personnummer: .....

6

7 MYCKET, MYCKET LÄTT

8

9 MYCKET LÄTT

10

11 GANSKA LÄTT

12

13 NÅGOT ANSTRÄNGANDE

14

15 ANSTRÄNGANDE

16

17 MYCKET ANSTRÄNGANDE

18

19 MYCKET, MYCKET ANSTRÄNGANDE

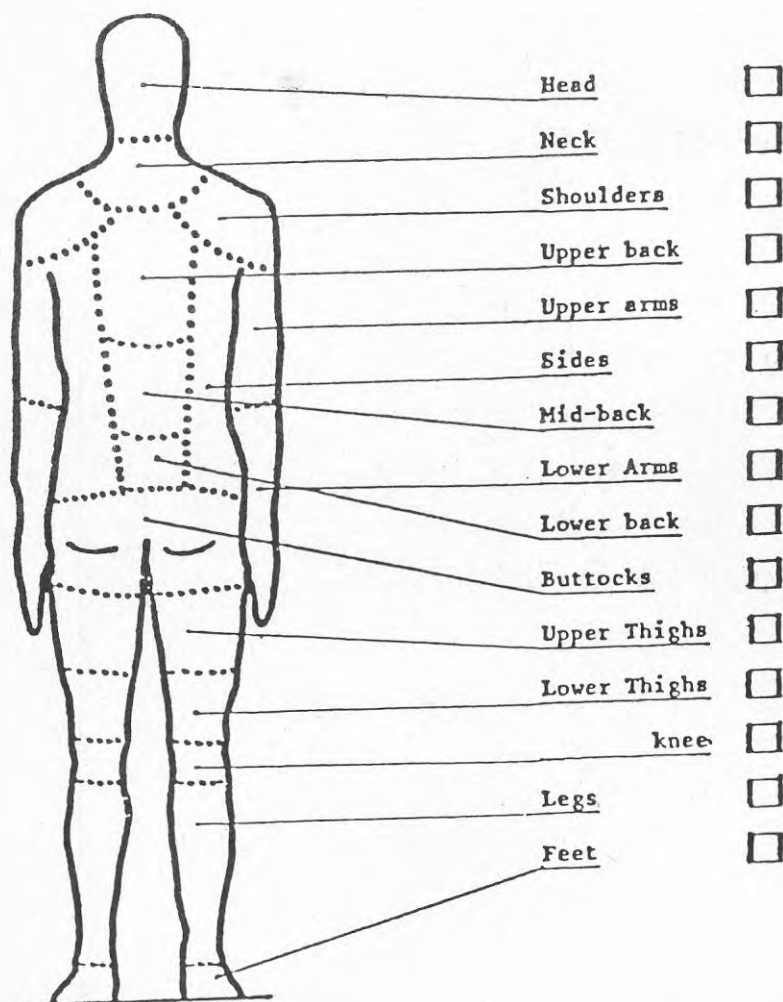
20

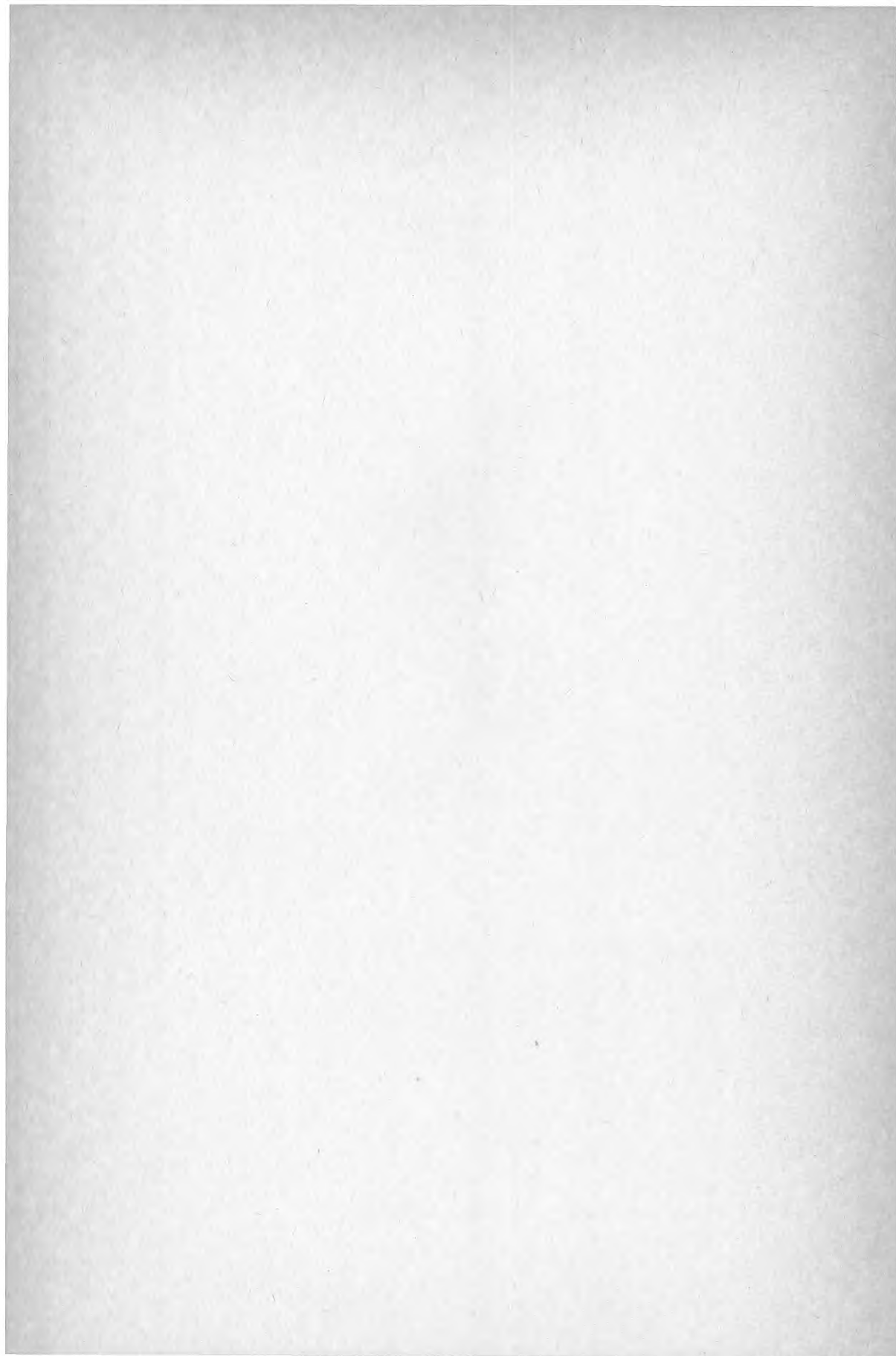
FIGURE (MAN)

EILAGA 6

Namn: .....

Personnummer: .....









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
791055-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Byggergonomilaboratoriet, KTH, Stockholm.**

**R68: 1980**

**ISBN 91-540-3270-9**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700168**

**Abonnemangsgrupp:  
S. Byggplatsens verksamhet**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 30 kr exkl moms**