

# En undersökning av arbetstyngden vid användning av motorsågar i skogen

*A study of the heaviness of work in using power saws  
in timber cutting*

av

NILS LUNDGREN, ULF SUNDBERG

och

ASTRID LINDHOLM

MEDDELANDEN FRÅN  
STATENS SKOGSFORSKNINGSINSTITUT  
BAND 45 · NR 10



## Förord

Arbetsfysiologiska undersökningar över skogsarbete ha i Sverige utförts vid flera tillfällen, senast av den under 1940-talet verksamma s. k. »Arbetsfysiologiska Undersökningen». Det har av flera skäl ansetts angeläget att sådana undersökningar skulle återupptagas, varvid avdelningen för arbetslära vid Statens skogsforskningsinstitut ansetts ligga närmast till för verksamheten.

Det har lyckats att, genom förvärv av med. dr NILS P. V. LUNDGREN, till denna undersökningsverksamhet knyta en framstående forskare och expert i arbetsfysiologiska och arbetshygieniska spörsmål, som dessutom genom tidigare arbeten har rik erfarenhet av skogsarbete. Genom utomordentligt tillmötesgående från föreståndaren för Kungl. Gymnastiska Centralinstitutet — samtidigt chef för dess Fysiologiska Institution — professor E. HOHWÜ CHRISTENSEN ha de där befintliga resurserna i utrustning och personal ställts till förfogande. Härför samt för professor CHRISTENSENS städse visade intresse för den arbetsfysiologiska forskningen i skogsbruket står arbetsläraavdelningen vid Skogsforskningsinstitutet i stor tacksamhetskuld.

Ett preliminärt program för längre tidsperiod för den skogliga arbetsfysiologiska forskningen har utarbetats. Som första avslutade undersökning redovisas i det följande en studie över arbetstyngden vid användning av motorsågar. Studien har i sina arbetsfysiologiska delar genomförts av med. dr LUNDGREN med biträde av ingenjören ASTRID LINDHOLM, varjämte arbetsläraavdelningen medarbetat i de mera arbetstekniska aspekterna i studien.

Till styrelsen för Fonden för Skoglig Forskning, som genom anslag möjliggjort den här redovisade undersökningens utförande, riktas ett särskilt tack.

Det är även för författarna angeläget att framföra ett tack till professor E. HOHWÜ CHRISTENSEN för värdefulla råd vid undersökningens planläggning. Vidare tacka vi skogschefen K. G. ZIMMERMAN och andra tjänstemän vid Hellefors Bruks Aktiebolag, personal vid Föreningen Skogsarbetens och Kungl. Domänstyrelsens Arbetsstudieavdelning samt skogsvaktare J. E. HANSSON och herr H. PETERS för deras medverkan vid undersökningens genomförande.

Stockholm i april 1955.

ULF SUNDBERG

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
Inledning .....	5
I. Metodik .....	5
1) Gång med och utan bärning av motorsåg .....	9
2) Sågning av »fällhugg» .....	10
3) Fällsågning .....	11
4) Kapsågning .....	11
II. Resultat .....	12
1) Gång utan börda i olika terräng och väglag .....	12
2) Bärning av motorsågar .....	15
3) Sågning .....	28
4) Pulsfrekvensens och andningens samband med syreupptagningen vid variationer i lokal muskelansträngning .....	32
III. Diskussion .....	35
IV. Sammanfattning .....	39
Litteraturhänvisningar .....	39
Resumé .....	40

## Inledning.

Då man skall ta ställning till nyttan av motorsågar vid skogsavverkning, gäller det inte bara att studera tidsåtgång, ekonomisk lönsamhet och olycksfallsrisker utan man frågar sig också, hur ansträngningen för arbetaren förhåller sig i jämförelse med vanlig sågning. Vidare är det av vikt att kontrollera, om några speciella yrkesrisker är förknippade med den maskinella arbetsmetoden, sammanhängande med vibrationer i handtagen, buller, inhalation av avgaser etc.

En beskrivning skall här lämnas över en undersökning av arbetstygden, vilken gjorts dels under fältförhållanden i Hellefors Bruks Aktiebolags skogar i Västmanland och Dalarna och dels i Gymnastiska Centralinstitutets fysiologiska laboratorium i Stockholm. Undersökningen utfördes under tiden november 1954—januari 1955. Frågor rörande vibrationer, koloxidrisker etc. kommer att behandlas i senare rapporter.

## I. Metodik.

En tjugusjuårig van skogsarbetare tjänstgjorde som försöksperson. Hans kroppslängd var 185 cm och kroppsvikten med arbetskläder varierade mellan 80,1 och 81,6 kg. Han var sedan några år ägare av en motorsåg. Tiden närmast innan hade han deltagit i en tids- och metodstudie av motorsågning anordnad av Föreningen Skogsarbetens och Domänstyrelsens Arbetsstudieavdelning, och han var därigenom väl förtrogen med de studerade motorsågarna. Inga försök gjordes att studera försökspersonen under basala förhållanden (fasteförsök i utvilat tillstånd), men man undvek att göra några prov omedelbart efter måltider.

Tre sågar kom till användning i försöken. De hade utvalts så att de representerade en lätt, en medeltung och en tung typ av enmanssåg.

Samtliga tre sågar arbetade enligt svärd-kedjeprincipen och var försedda med s. k. mothåll (»barkstöd»). Konstruktionsdetaljer framgår av fig. 1, som visar bärning av sågarna, och fig. 2, som visar sågarna i arbete. Alla tre sågarna var utrustade med en encylindrig tvåtaktsmotor driven av oljeblandad bensin. Följande tekniska data kan vara av intresse:

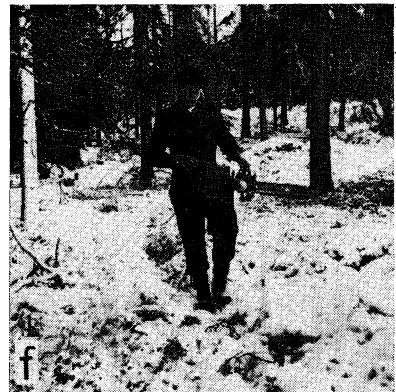
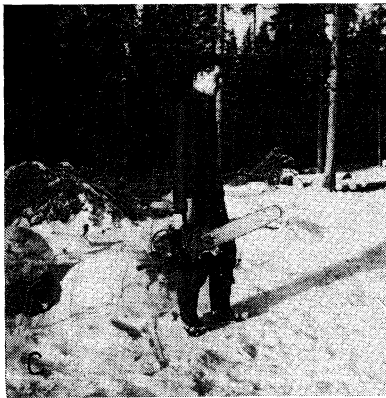
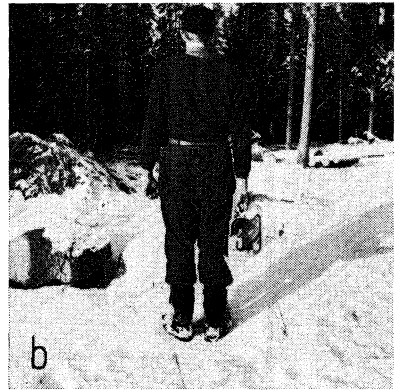
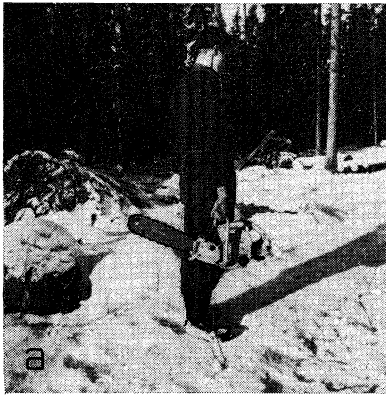


Fig. 1. Bärning av de provade motorsågarna.

a) och b) 11,0 kg sågen; c) och d) 15,8 kg sågen; e) och f) 19,5 kg sågen.

The carrying of the power saws, used in the experiments.

a) and b) the 11.0 kilogrammes power saw; c) and d) the 15.8 kilogrammes power saw; e) and f) the 19.5 kilogrammes power saw.

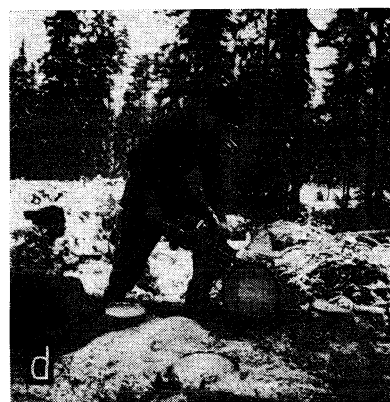
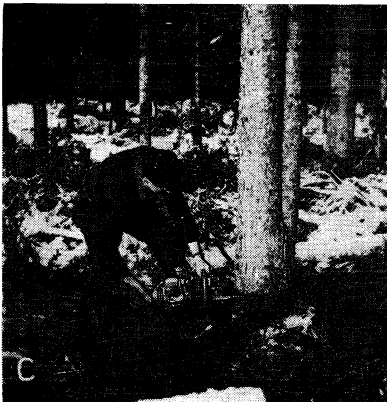
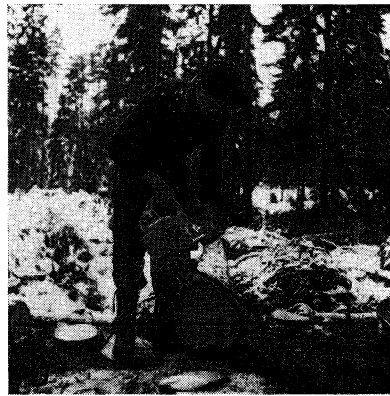


Fig. 2. Motorsågarna i fällnings- och kapningsarbete.  
a) och b) 11,0 kg sågen; c) och d) 15,8 kg sågen; e) och f) 19,5 kg sågen.  
The power saws in felling and cross-cutting.  
a) and b) the 11.0 kilogrammes power saw; c) and d) the 15.8 kilogrammes power saw; e) and f) the 19.5 kilogrammes power saw.

	Motorsåg A	Motorsåg B	Motorsåg C
Viktsklass . . . . .	Tung	Medeltung	Lätt
Vikt (komplett med bränsle), kg. . . . .	19,5	15,8	11,0
Motorstyrka, hk. . . . .	Uppgift saknas	3,5	2,0
Cylindervolym, ccm . . . . .	125	100	60
Koppling . . . . .	Manuellt kontrollerad torrlamell- koppling med »död mans grepp».	Automatisk centrifugal- koppling.	Automatisk centrifugal- koppling.
Svärd: längd, cm. . . . .	46	48	41
max. bredd . . . . .	6	9	11

Av särskilt intresse för dessa försök var handtagens placering, sågens tyngdpunkt samt sågens bredd och form vid det handtag, som användes under bärningen av sågen i en hand. Bärhandtaget var på alla sågarna tvärställt mot sågens längdaxel och beläget framför sågens tyngdpunkt. Ju större detta avstånd var, desto mera vägde sågen upp, när den lyftes i handtaget. Ju mera sågen vid bärning väger upp från sitt normala horisontella läge, desto obehagligare blir bärningen. Det i horisontalplanet projicerade avståndet mellan sågens tyngdpunkt och bärhandtaget, när sågen är nedställd på marken, utgör alltså ett mått på bärhandtagets lämpliga placering. Ju mindre detta avstånd är desto bekvämare är bärningen. — När sågen bäres måste handen fatta bärhandtaget i det lodplan, där sågens tyngdpunkt är belägen. Ju närmare detta lodplan kan komma kroppen vid bärningen desto bekvämare blir denna. Det är alltså önskvärt, att de konstruktionsdetaljer på sågen, som vid bärningen vetter mot kroppen (låren), skjuter ut så litet som möjligt från tyngdpunktens lodplan. Dessa detaljers utformning på de provade sågarna anges i nedanstående tabell.

	Motorsåg A Tung	Motorsåg B Medeltung	Motorsåg C Lätt
Avståndet i längdled mellan sågens tyngdpunkt och handtaget, mm. . . . .	103	60	15
Avståndet mellan tyngdpunktens lodplan och den längst utskjutande motordetaljen på den sida, som vid bärning vetter mot kroppen . . . . .	210	175	58

Den energimässiga arbetstyngden vid sågning och vid bärning av motorsågarna studerades dels genom bestämning av syreupptagningen med DOUGLAS'



säckmetod, varvid gasanalys å utandningsluften utfördes med HALDANES metod i ENGHOFFS modifikation (1946), och dels också genom mätning av puls-frekvensen under arbete. I det senare fallet uppskattades energiomsättnings-intensiteten med hjälp av försökspersonens puls-syreupptagningsdiagram erhållet från försök, i vilka puls-frekvens och syreupptagning mättes parallellt. Beträffande närmare detaljer i denna metod hänvisas till BERGGREN och CHRISTENSEN (1945, 1950) samt LUNDGREN (1946).

Undersökningen omfattade dels fältförsök under varierande terräng- och snöförhållanden och dels också en serie laboratorieförsök avsedda att belysa ansträngningen vid bäring av motorsågarna under mera standardiserade förhållanden än som kunde uppnås i skogen.

Följande arbeten studerades:

### 1. Gång med och utan bäring av motorsåg.

Fältförsöken utfördes vid följande fyra olika markförhållanden:

- a) Horisontell landsväg med plogat och tillkört samt något isigt snötäcke.
- b) Slät, horisontell ängsmark täckt med 5—10 cm djup, otrampad torr nysnö.
- c) Horisontell skogsmark (frusen myr) med ett snötäcke, som i olika försöksserier varierade mellan 32 och 42 cm. Snökonsistensen var kornig och ytan var täckt med ett icke bärande skarskikt. Snöns volymvikt varierade mellan 0,268 och 0,298.
- d) Jämnt stigande motlut i öppen skogsmark (lutning 16 %) med ett snötäcke, som i genomsnitt var 42 cm tjockt. Snökonsistensen var ungefär som ovan beskrivits under c), och snöns volymvikt varierade mellan 0,247 och 0,280.

Laboratorieförsöken gjordes på ett motordrivet, horisontellt »löpande band». Lufttemperaturen varierade mellan några grader under och över fryspunkten i olika serier av utomhusförsök. Inomhusförsöken i laboratoriet skedde i en rumstemperatur på 17—18° C.

I de försök utomhus, i vilka enbart puls-frekvensen bestämdes (grupp b ovan), gick försökspersonen i minst 5½ minuter, varvid han höll en självvald låg, måttlig eller hög hastighet. Tidtagning gjordes i varje försök över olika delar av gångbanan för kontroll av att hastigheten hölls konstant. Pulsen räknades manuellt vid handloven under femtonsekundersperioder börjande varje jämn minut under hela arbetstiden. De försök, i vilka även syreupptagningen bestämdes (grupp a, c och d), utfördes på enahanda sätt, varvid uppsamlingen av utandningsluften påbörjades, då försökspersonen gått i fyra minuter, och fortsattes under oavbruten gång i 2—4 minuter. Under provtagningstiden räknades andnings-frekvensen under en eller flera trettiosekundersperioder. Fig. 3 visar en situationsbild från ett pågående försök.



Fig. 3. Situationsbild från försöken.  
A picture from the experiments.

I laboratorieförsöken på det löpande bandet varierades hastigheten i olika försök mellan 4 och 7 km i timmen. Förutom pulsräkning uppsamlades i dessa försök utandningsluften i DOUGLAS-säckar under två konsekutiva tidsperioder om vardera ca två minuter, den första startande fem minuter efter arbetets början. Vid beskrivning av resultaten av löpande bandsförsöken användes medelvärden för varje sådan dubbelbestämning. Överensstämmelsen mellan resultaten från de båda säckarna var vanligen mycket god, vilket visar att försökspersonen nått steady state ifråga om syreupptagning.

I inomhusförsöken gick försökspersonen i lågskor, medan han i fältförsöken bar ett par tämligen slitna gummistövlar, där ej annorlunda anges.

Det kan slutligen anmärkas om gångförsöken, att antalet mätningar i vissa av fältförsöksserierna är i minsta laget. Detta sammanhänger bl. a. med att man ibland på grund av ändringar i vädret hade mycket kort tid till förfogande för upprepande av försök under oförändrade betingelser.

## 2. Sågning av »fällhugg».

Fällhugget utföres ofta med motorsågen istället för med yxa. Härvid utsågas ett kilformigt stycke av trädstammen medelst ett nedre, horisontellt skär

och ett övre, snett nedåtlutande skär, som möter det nedre skäret på ett största horisontellt djup av ungefär 1—1½ dm.

Detta arbete är normalt mycket kortvarigt och studerades därför endast medelst pulsräkning. För att tidsåtgången under försöksarbetet skulle bli ungefär densamma som vid normalt arbete, arrangerades försöken på följande sätt: försökspersonen vilade i stående ställning i några minuter och överräcktes därpå en igångsatt motorsåg, med vilken han utförde »fällhuggssågning» under exakt 0,55 minuter, varefter han räckte ifrån sig sågen och stod stilla. Pulsen räknades dels under den andra femtonsekundersperioden av arbetstiden och dels efter arbetets slut under de 15 första vilosekunderna, under den tredje kvartsminuten och under den tredje halvminuten efter arbetets avbrytande.

### 3. Fällsågning.

I försöken över fällsågning arbetade försökspersonen varje gång i minst 5½ minuter (i några försök stannade sågen tidigare, varför försöket fick göras i motsvarande grad kortare), varvid han sågade av tunna trissor från stubben efter en nyss fälld tall. En ny stubbe användes i varje försök så att arbetshöjden i de olika försöken skulle bli någorlunda jämförbar. Den genomsnittliga snittdiametern inom bark varierade mellan 28 och 44 cm, och försökspersonen hann med 3—14 skär i de olika försöken. Flyttningen av sågen vid påbörjandet av varje nytt skär tog endast några sekunder varje gång, och nästan hela försökstiden upptogs därför av sågning. Den ursprungliga stubbhöjden i varje försök avpassades så att arbetets slutskede skedde i en kroppsställning, som någorlunda motsvarade den normalt förekommande. Allt arbete utfördes med sågsvärdets buksida, varvid sågkedjan drar sågens motordel mot stammen så att mothållet får fäste i denna. Försökspersonens syreupptagning bestämdes på samma sätt som i gångförsöken, och pulsen under arbetet räknades under femtonsekundersperioder varje minut, eller oftare.

### 4. Kapsågning.

Försöken vid kapsågning utfördes i princip på samma sätt som vid fällning, varvid försökspersonen sågade av tunna trissor från en på plan mark liggande tallstam, vilken låg så att det inte uppkom någon knipning om sågsvärdet. Arbetet utfördes som s. k. överkapning, vilken sker med sågsvärdets buksida och följaktligen dragande sågkedja. Trädstammens medeldiameter inom bark varierade i olika försök från 30 till 33,5 cm, och försökspersonen hann med mellan 5 och 19 sågskär under varje försök.

I samtliga sågningsförsök var lufttemperaturen i närheten av fryspunkten. Snön runt trädstammarna var tilltrampad.

Syreupptagning, L/min.  
 Oxygen consumption,  
 Litres per minute

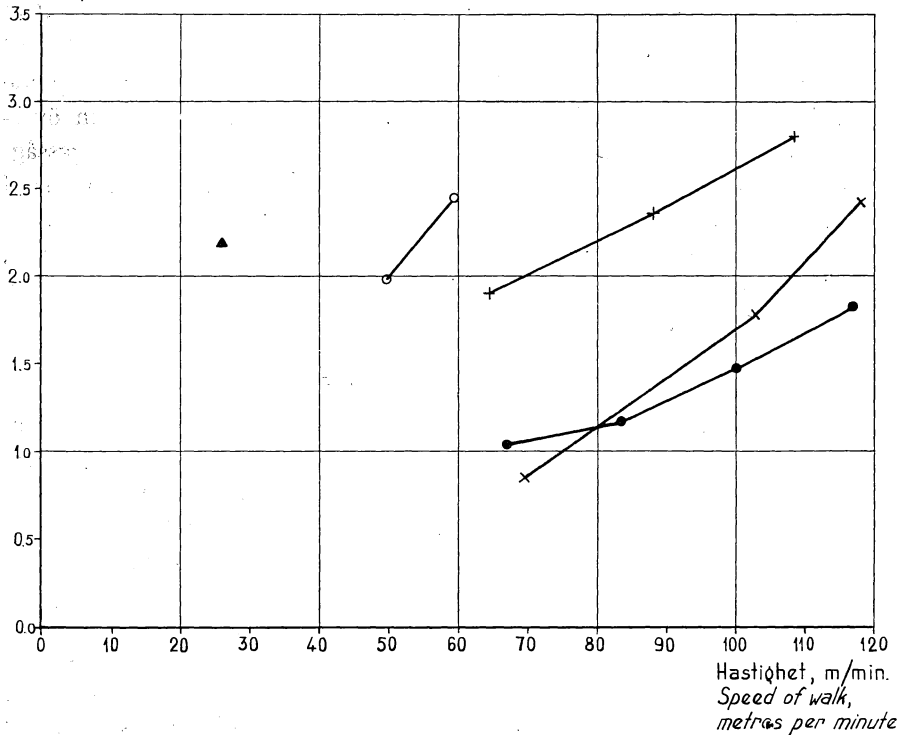


Fig. 4. Samband mellan syreupptagning och gånghastighet vid gång utan börda i olika terräng och väglag.

● löpande band, × tillkörd, något isig landsväg, + ängsmark, 5-10 cm snödjup, ○ frusen myr, 32-42 cm snödjup, ▲ 16 % motlut, 42 cm snödjup.

The relationship between oxygen consumption and speed of walk, in walking without load in different terrain and ground conditions.

● tread mill, × packed, slightly icy road, + pasture, 5-10 centimetres snowdepth, ○ frozen swamp, 32-42 centimetres snowdepth, ▲ 16 % uphill grade, 42 centimetres snowdepth.

## II. Resultat.

### I. Gång utan börda i olika terräng och väglag.

Fig. 4 sammanfattar resultaten över sambandet mellan syreupptagning och gånghastighet vid gång utan börda dels i fältförsöken i olika terräng och snödjup och dels på det löpande bandet i laboratoriet. Det kan anmärkas, att syreupptagningen i de försök, som gjordes på ängsmark med 5-10 cm snödjup, beräknats med hjälp av pulsfrekvensen under arbetet (medelvärde av pulsfrekvensen efter 4 och 5 minuters gång) och försökspersonens puls-syreförbrukningsdiagram erhållet i bestämningarna på löpande bandet.

Detta diagram visas nedan i fig. 18. I alla andra försök mättes däremot syreupptagningen direkt.

Det framgår av fig. 4, att syreupptagningen vid motsvarande hastigheter varierar betydligt med terräng och snöförhållanden. För erhållande av en viss siffermässig jämförelse kan man t. ex. ange vilka hastigheter, som i de olika fallen uppnås vid en syreförbrukning av 2,2 liter i minuten, d. v. s. vid en energiomsättning på ungefär 11 kcal./min. En sådan jämförelse blir naturligtvis approximativ speciellt ifråga om försöken på löpande bandet, enär i detta fall en viss extrapolation är nödvändig. Värdet 2,2 liter  $\text{O}_2$ /min. har emellertid valts emedan det enda tillgängliga resultatet för gång i motlut nära ansluter sig till denna siffra. Det kan vidare påpekas, att värdet representerar en syreupptagningsnivå, som ofta förekommer vid gång liksom vid andra arbeten i skogen. Med en viss reservation för den angivna osäkerheten erhålles följande hastigheter vid en syreupptagning på 2,2 liter per minut:

Löpande band.....	130—135 m/min.	100 %
Tillkörd, något isig landsväg.....	113 »	85 %
Ängsmark, 5—10 cm snötäcke.....	80 »	60 %
Frusen myr, 32—42 cm snötäcke.....	54 »	41 %
16 % motlut, 42 cm snötäcke.....	26 »	20 %

I fig. 5 har åskådliggjorts, hur arbeteekonomien gestaltar sig i de i fig. 4 redovisade försöken. Som mått på arbeteekonomien har valts syreupptagningen i ml per »horisontell kpm». Antalet horisontella kilogrammeter per minut beräknades härvid som produkten av gånghastigheten i m/min. och kroppsvikten med kläder. I de försök med bärning av sågar, för vilka nedan skall redogöras, användes vid motsvarande beräkning summan av kroppsvikt och sågvikt. I försöken med användning av »hjälpredskap», såsom bärsele eller snöskor, inräknades däremot inte dessas vikt, emedan härigenom av lättförståeliga skäl resultatet ur praktisk synpunkt skulle bli alltför gynnsamt i jämförelse med arbete utan dessa hjälpredskap. Det kan slutligen anmärkas, att hastigheten vid gång i motlut omräknats från den verkliga uppmätta (relaterad till den verkliga vägen) till den motsvarande horisontella hastighetskomponenten. Detta omräknade värde användes endast vid beräkningen av antalet horisontella kpm, medan däremot den verkliga hastigheten använts i alla fall, då man grafiskt framställt relationen mellan syreupptagning och hastighet.

Det framgår av fig. 5, att syreupptagningen per horisontell kpm vid gång på löpande bandet passerar ett minimum och därmed arbeteekonomien ett maximum i närheten av en gånghastighet av 85 m/min. Detta resultat ansluter sig till tidigare resultat av gångförsök på löpande bandet (HÖGBERG, 1947). Vid gång på landsväg ligger den allmänna nivån tämligen nära den i löpande-

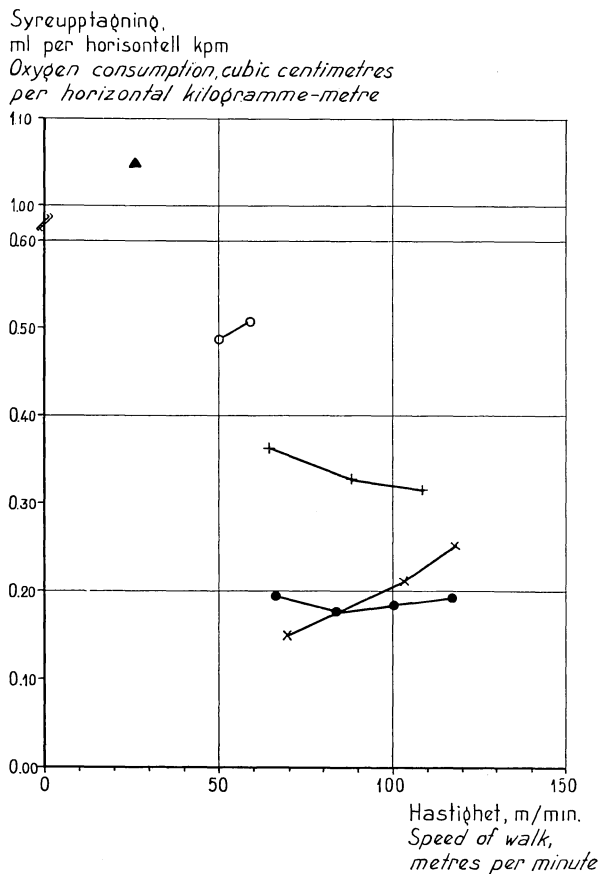


Fig. 5. Samband mellan syreupptagning per horisontell kpm och gånghastighet vid gång utan börda i olika terräng och väglag.

● löpande band, × tillkörd, något isig landsväg, + ängsmark, 5—10 cm snödjup, ○ frusen myr, 32—42 cm snödjup, ▲ 16 % motlut, 42 cm snödjup.

The relationship between oxygen consumption per horizontal kilogramme-metre and speed of walk, in walking without load in different terrain and ground conditions.

● tread mill, × packed, slightly icy road, + pasture, 5—10 centimetres snowdepth, ○ frozen swamp, 32—42 centimetres snowdepth, ▲ 16 % uphill grade, 42 centimetres snowdepth.

bandsförsöken, men däremot visar i detta fall samtliga tre värden en fortgående stegring med ökad gånghastighet. Vid gång i 5—10 cm snödjup lutar som synes kurvan åt andra hållet. Om arbetsförhållandena varit dominerande aeroba, skulle detta resultat innebära, att arbetsekonomin här fortgående förbättrades vid ökad gånghastighet. En troligare förklaring är emellertid, att arbetet blivit mera anaerobt vid ökad hastighet, en förklaring som indirekt stödes av tidigare resultat av CHRISTENSEN och HÖGBERG (1950). Den allmänna nivån för syreupptagningen i ml per horisontell kpm ligger i dessa försök i 5—10 cm snödjup ca 60—80 % högre än i de båda tidigare relaterade

försöksserierna. Det måste anmärkas, att dessa siffror är tämligen approximativa, men de ger dock en viss uppfattning om den ökade arbetsvärigheten vid gång i snö. Däremot kan som nyss antytts knappast några slutsatser dras om orsaker till variationer i kurvornas form.

Ännu mindre noggrannhet erhålles vid jämförelser gällande gång i djupare snö och i motlut. Man kan dock konstatera vid jämförelse med löpande-bandsförsöken, att syreupptagningen per horisontell kpm är ca 150 % högre vid gång i 32—42 cm snö och ca 500 % högre vid gång i 16 % motlut vid ett snödjup om 42 cm.

## 2. Bärning av motorsågar.

a) *Försök på löpande band.* Gång på det horisontella löpande bandet sker ju på ett tämligen idealiskt slätt underlag och resultaten av försöken häröver skall därför omnämnas först. I fig. 6 har dels angivits syreförbrukningen i liter per minut vid olika gånghastigheter, och dels också syreförbrukningen i ml per »horisontell kpm». Varje punkt i diagrammet representerar medeltalet av de två konsekutiva bestämningarna i motsvarande försök.

Det framgår av fig. 6, att syreupptagningen och därmed den aeroba energiomsättningsintensiteten ligger klart högre vid enhandsbärning av den lättaste sågen (11,0 kg) än vid gång utan såg. Om en jämförelse göres t. ex. vid en gånghastighet av 85 m/min., utgör stegringen ca 30 %. Vid bärning av de båda tyngre sågarna är den motsvarande stegringen vid samma hastighet ca 70 %. En jämförelse av gånghastigheterna vid en syreupptagning på 2,2 liter per minut ger följande resultat:

Gång utan börda.....	130—135 m/min.	100 %
Bärning av 11,0 kg såg.....	111 »	84 %
» » 15,8 » » .....	93 »	70 %
» » 19,5 » » .....	93 »	70 %

Av intresse är att det inte var någon säker skillnad i syreupptagning mellan de båda tyngre sågarna, trots skillnaden i vikt. Förklaringen härtill får sannolikt ses i den olika bärningstekniken. Den medeltunga sågen (15,8 kg) bars med en hand, och då denna såg var ganska bred, måste försökspersonen bära den med handen ganska långt ut från kroppen, vilket erfordrade tämligen kraftiga balanseringsspänningar i bålmskulaturen. Den tyngsta sågen (19,5 kg) å andra sidan bars framför kroppen med båda händerna och med sågen vilande mot vänstra lårets framsida, vilket sannolikt är ett bättre bärningssätt för tyngre sågar, i varje fall på ett så slätt underlag som det löpande bandet. Några direkta jämförelser av en- och tvåhandsfattning av den tyngsta sågen kunde inte göras, emedan försökspersonen inte orkade bära den tillräckligt länge med en hand.

Syreupptagning, L/min.  
Oxygen consumption,  
Litres per minute

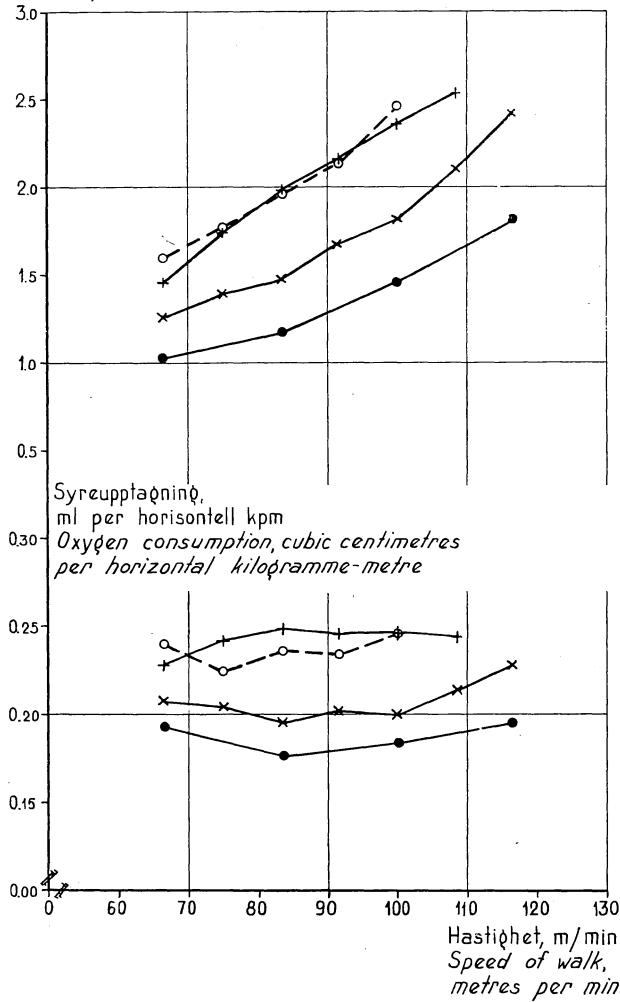


Fig. 6. Samband mellan syreupptagning och hastighet vid gång på löpande band med och utan bärning av motorsåg.

● gång utan såg, × bärning med en hand av 11,0 kg såg, + bärning med en hand av 15,8 kg såg, ○ bärning med två händer av 19,5 kg såg.

The relationship between oxygen consumption and speed of walk, in walking on the tread mill with and without power saw.

● without power saw, × carrying in one hand of the 11.0 kilogrammes power saw, + carrying in one hand of the 15.8 kilogrammes power saw, ○ carrying in two hands of the 19.5 kilogrammes power saw.

Resultaten i fig. 6 över syreupptagningen i ml per horisontell kpm visar, att arbeteökonomien är klart bättre vid gång utan såg än vid bärning av den lättaste sågen och bättre vid denna än vid de båda tyngre sågarna. Vid gång



utan såg och bärning av den lättaste sågen företer kurvorna över syreupptagningen per kpm ett minimum och därmed arbetsekonomin ett maximum vid en hastighet i närheten av 85 m/min. Kurvan för bärning av den tyngsta sågen företer, ehuru inte lika klart, ett liknande, uppåt konkavt förlopp, möjligen med ett minimum vid en hastighet av 75 m/min. Kurvan för den mellersta sågvikten är däremot svagt konvex uppåt. Huruvida detta beror på tillfälliga orsaker eller om det är uttryck för avvikelser i de mekaniska betingelserna av ovan angiven art kan inte avgöras på basen av de föreliggande försöken.

b) *Gång på landsväg*: Fig. 7 demonstrerar resultaten ifråga om arbetsintensitet och arbetsekonomi vid gång med och utan motorsåg på horisontell landsväg med tillkört och något isigt snötäcke. Som synes gjordes i detta fall inga försök med sågvikten 15,8 kg.

Det framgår av fig. 7, att även i detta fall syreupptagningen stegras avsevärt med ökad sågvikt. Om en jämförelse göres t. ex. vid en gånghastighet på 75 m/min., finner man, att syreupptagningen är ca 30 resp. 100 % högre vid bärning av den lätta och den tunga sågen i jämförelse med gång utan börda. En jämförelse av gånghastigheten vid en syreupptagning på 2,2 liter per minut i likhet med de tidigare gjorda ger följande resultat:

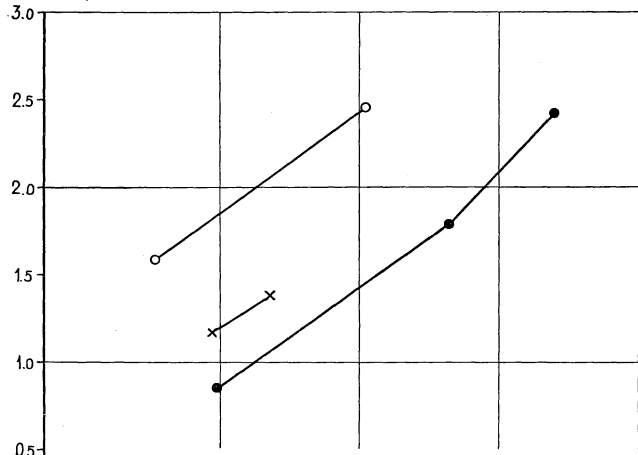
Gång utan börda.....	113 m/min.	100 %
Bärning av 19,5 kg såg.....	82 »	73 %

Av fig. 7 framgår vidare, att syreupptagningen per horisontell kpm är ca 20 % högre och arbetsekonomin sålunda i motsvarande grad sämre vid bärning av 11,0 kg sågen än vid gång utan börda. Vid bärning av 19,5 kg sågen är arbetsekonomin avsevärt mycket sämre i det att syreupptagningen per horisontell kpm t. ex. vid en gånghastighet om 75 m/min. är ca 60 % högre än vid gång utan börda. Beträffande kurvornas förlopp kan helt allmänt sägas, att syreupptagningen per kpm ökas vid ökad gånghastighet. Huruvida minima föreligger i likhet med de i fig. 5 och 6 demonstrerade kan inte säkert avgöras till följd av det ringa antalet observationer.

c) *Gång på plan mark med 5—10 cm snötäcke*: Vid försöken över gång i ospårad, 5—10 cm djup och tämligen lös nysnö på slät horisontell ängsmark utfördes som tidigare nämnts endast pulsmätningar. Resultaten av dessa demonstreras i fig. 8. Värdena i diagrammet utgör medelvärden av de två sista arbetsbestämningarna i varje försök, d. v. s. efter 4 och 5 minuters arbete.

Det framgår av diagrammet i fig. 8, att pulsivån är klart högst vid bärning av den tyngsta sågen och därefter för den medeltunga sågen, medan det inte är någon säker skillnad mellan bärning av den lättaste sågen och gång utan börda. Dessa resultat avviker sålunda i några detaljer från dem under a) och b) angivna, vilket sannolikt sammanhänger med markförhållanden jämte

Syreupptagninö, L/min.  
 Oxygen consumption,  
 Litres per minute



Syreupptagninö,  
 ml per horisontell kpm  
 Oxygen consumption, cubic centimetres  
 per horizontal kilogramme-metre

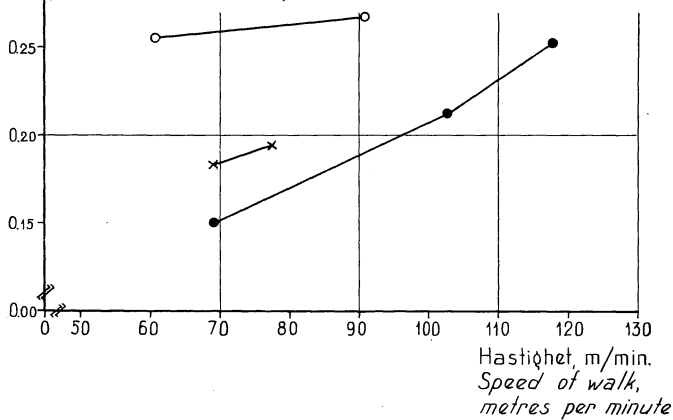


Fig. 7. Samband mellan syreupptagning och hastighet vid gång på tillkörd, något isig landsväg med och utan bärning av motorsåg.

● gång utan såg, × bärning med en hand av 11,0 kg såg, ○ bärning med två händer av 19,5 kg såg.

The relationship between oxygen consumption and speed of walk, in walking on packed, slightly icy road with and without power saw.

● without power saw, × carrying in one hand of the 11.0 kilogrammes power saw, ○ carrying in two hands of the 19.5 kilogrammes power saw.

tillfälliga variationer i försöksbetingelserna. I princip illustreras dock även här den avsevärt ökade ansträngningen i förhållande till gånghastigheten vid ökad sågvikt. Om en jämförelse göres t. ex. vid en pulsfrekvens på 150 slag i

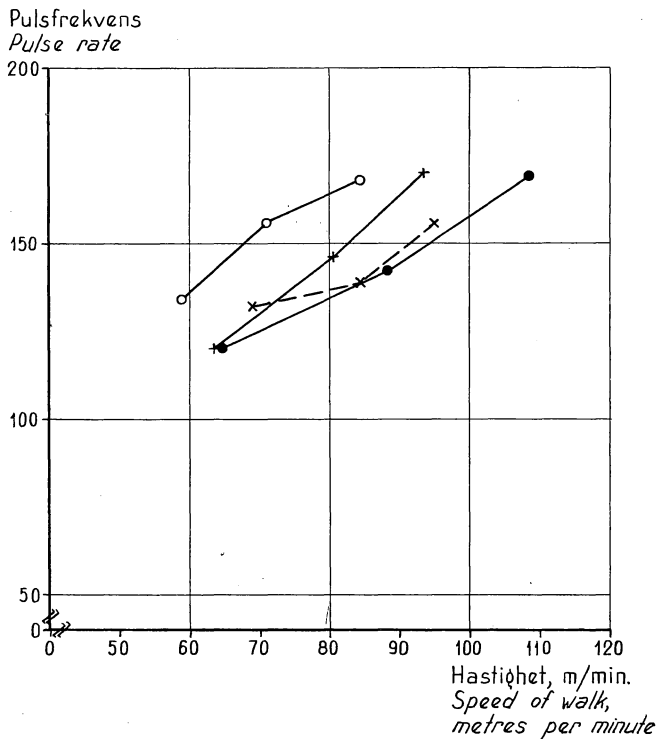


Fig. 8. Samband mellan pulsfrekvens och gånghastighet vid gång med och utan motorsåg på ängsmark med 5—10 cm snödjup.

● gång utan börda, × bärning med en hand av 11,0 kg såg, + bärning med en hand av 15,8 kg såg, ○ bärning med två händer av 19,5 kg såg.

The relationship between pulse rate and speed of walk, in walking with and without power saw on pasture with 5—10 centimetres snowdepth.

● without power saw, × carrying in one hand of the 11.0 kilogrammes power saw, + carrying in one hand of the 15.8 kilogrammes power saw, ○ carrying in two hands of the 19.5 kilogrammes power saw.

minuten, vilken enligt diagrammet i fig. 18 motsvarar en syreupptagning på ca 2,4 liter per minut, erhålles följande hastigheter:

Gång utan börda.....	94 m/min.	100 %
Bärning av 11,0 kg såg.....	91 »	97 %
» » 15,8 » » .....	83 »	88 %
» » 19,5 » » .....	68 »	72 %

d) Gång på plan mark med 32—42 cm snötäcke: Fig. 9 visar syreupptagningen per minut vid gång med och utan bärning av de olika motorsågarna på horisontell frusen myrmark med ett snötäcke, som i olika mätningar varierade mellan 32 och 42 cm. Snön var i dessa försök tämligen grovkornig och

Syreupptagning, L/min.  
Oxygen consumption,  
Litres per minute

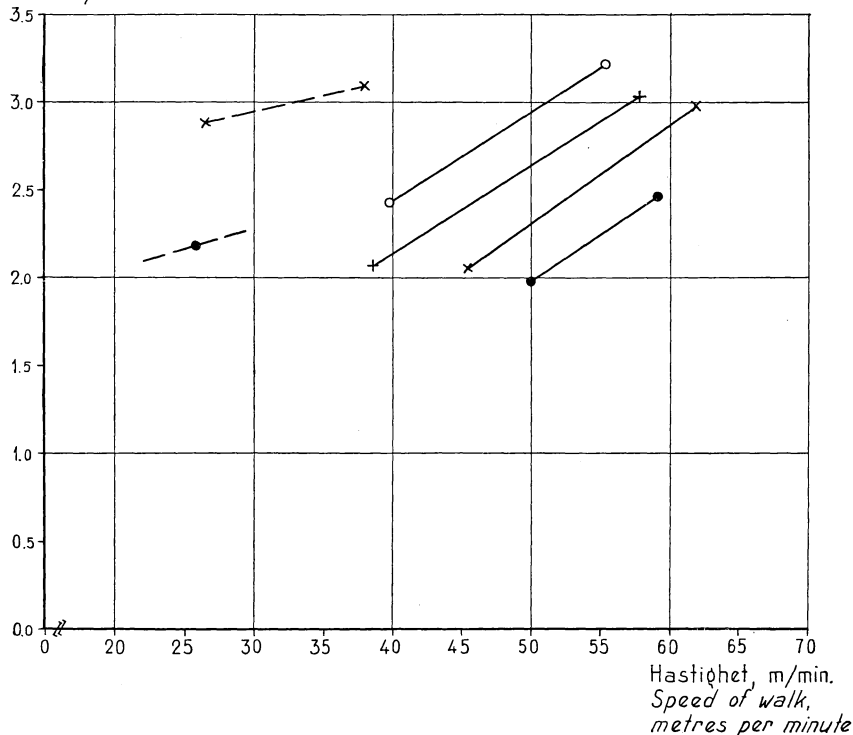


Fig. 9. Samband mellan syreupptagning och gånghastighet vid gång med och utan bärning av motorsåg dels på frusen myr och dels i motlut.

● gång utan börda, × bärning med en hand av 11,0 kg såg, + bärning med en hand av 15,8 kg såg, ○ bärning med två händer av 19,5 kg såg, ——— gång på frusen myr med 32—42 cm snödjup, — — — gång i 16 % motlut med 42 cm snödjup.

The relationship between oxygen consumption and speed of walk, in walking with and without power saw on frozen swamp and in uphill grade.

● without power saw, × carrying in one hand of the 11.0 kilogrammes power saw, + carrying in one hand of the 15.8 kilogrammes power saw, ○ carrying in two hands of the 19.5 kilogrammes power saw, ——— walking on frozen swamp in 32—42 centimetres snowdepth, — — — walking in 16 % uphill grade in 42 centimetres snowdepth.

med ett skarskikt som mestadels brast för varje steg. Diagrammet visar också resultaten från gångförsöken i motlut, vilka skall beskrivas i det följande avsnittet.

Det framgår av fig. 9, att syreupptagningen ökade på ett mycket regelbundet sätt med tilltagande sågvikt. En jämförelse av gånghastigheterna vid en syreupptagning på 2,4 liter per minut, vilken nära ansluter sig till ovan gjorda jämförelser och vid vilken ingen extrapolation av kurvorna behöver göras, lämnar följande resultat:

Gång utan börda.....	58 m/min.	100 %
Bärning av 11,0 kg såg.....	52 »	90 %
» » 15,8 » » .....	45 »	78 %
» » 19,5 » » .....	40 »	69 %

Fig. 10 demonstrerar resultaten ifråga om arbetsekonomi för de just nämnda försöken. Det framgår; att syreupptagningen per horisontell kpm är genomgående högre och arbetsekonomien sålunda sämre vid ökad sågvikt. Skillnaderna är emellertid inte så stora som i de i tidigare avsnitt beskrivna försöken vid gång på bättre underlag. Detta är helt naturligt med tanke på att »tomgångskostnaden» i energi enbart för att gå i den djupare snön är så avsevärt mycket större, att merbelastningen vid bärning därför kommer att betyda relativt mindre. Det kan vidare påpekas om resultaten i fig. 10, att kurvorna för gång utan börda och för bärning av den lättaste sågen sluttar svagt uppåt med gånghastigheten. För de båda tyngre sågarna är förhållandet däremot det omvända.

e) *Gång i 16 % motlut med ett genomsnittligt snötäcke om 42 cm:* Som redan omnämnts, visar fig. 9 och 10 även resultaten från försöken vid gång i motlut. Snön var också i dessa försök tämligen grovkornig och täckt av ett vanligen icke bärande skarskikt. Som synes, gjordes bara en observation av gång utan börda, varjämte bärningsförsök endast utfördes med den lättaste sågen (11,0 kg). Då det var omöjligt att hitta ett så långt motlut i skogen med oförändrad stigning och öppen terräng, att det skulle räcka till för såväl förarbetstiden som själva provtagningstiden, fick försökspersonen i samtliga försök med gång i motlut gå på plan mark under förarbetstiden, varpå han omedelbart fortsatte uppför motlutet, där uppsamlingen av utandningsluft skedde.

Det framgår av fig. 9, att syreupptagningen vid bärning av sågen är mycket högre än vid gång utan börda. Den enda siffermässiga jämförelse, som kan göras med någorlunda signifikans i dessa försök, är att jämföra syreförbrukningen vid en gånghastighet på 26 m/min. Det framgår, att syreupptagningen vid denna hastighet är något mer än 30 % högre vid bärning av sågen än vid gång utan börda. Att det även är en stor skillnad i arbetsekonomi framgår av fig. 10.

f) *Försök med olika bärningssätt:* Då det framgick under försökens gång, att bärning i varje fall av de båda tyngre sågarna var mycket ansträngande på grund av statiska muskelspänningar framförallt i fingrar, händer och armar, låg det nära till hands att pröva, om ansträngningen kunde minskas genom användning av en bärsele. Vidare gjordes några jämförelser mellan bärning av sågen med händerna och på ena axeln.

Den använda bärselens konstruktion framgår av fig. 11. Som synes består den av en bred tyggjord med reglerbar längd, som försökspersonen bar runt

Syreupptagning, ml per horisontell kpm  
 Oxygen consumption, cubic centimetres  
 per horizontal kilogramme-metre

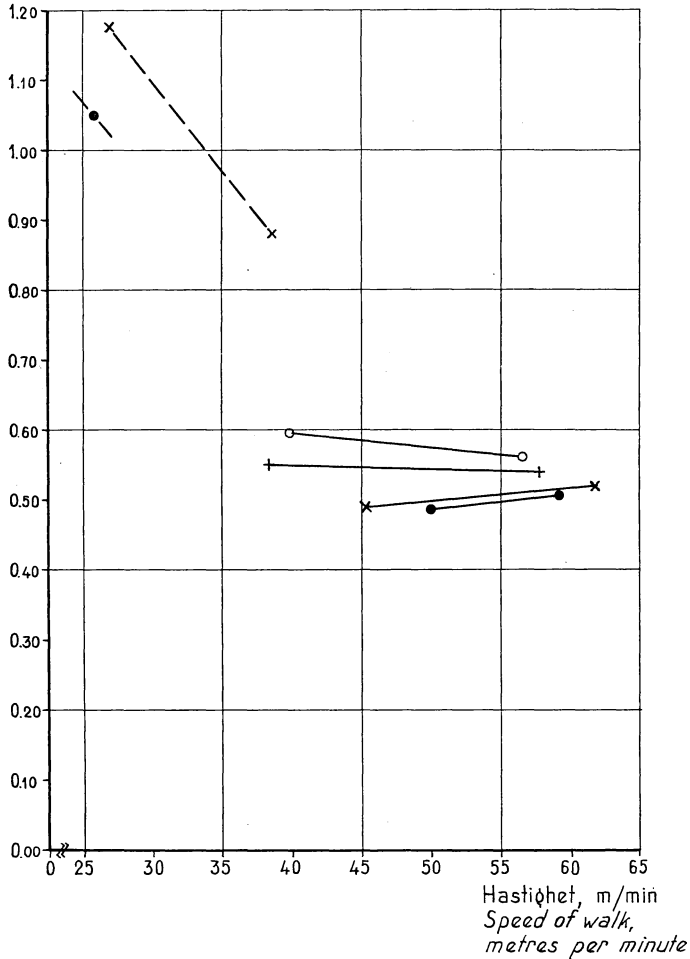


Fig. 10. Samband mellan syreupptagning per horisontell kpm och gånghastighet vid gång med och utan bärning av motorsåg dels på frusen myr och dels i motlut.

● gång utan börda, × bärning med en hand av 11,0 kg såg, + bärning med en hand av 15,8 kg såg, ○ bärning med två händer av 19,5 kg såg, — gång på frusen myr med 32—42 cm snödjup, — — gång i 16 % motlut med 42 cm snödjup.

The relationship between oxygen consumption per horizontal kilogramme-metre and speed of walk, in walking with and without power saw on frozen swamp and in uphill grade.

● without power saw, × carrying in one hand of the 11.0 kilogrammes power saw, + carrying in one hand of the 15.8 kilogrammes power saw, ○ carrying in two hands of the 19.5 kilogrammes power saw, — walking on frozen swamp in 32—42 centimetres snowdepth, — — walking in 16 % uphill grade in 42 centimetres snowdepth.



Fig. 11. Den under försöken provade bärselen.  
The girth, used in the tests in carrying the power saws.

bålen över högra axeln, och vilken var försedd med en stor karbinhake i vardera ändan, som hakades till såghandtagen. För undvikande av alltför lokaliserat tryck på axeln var gjorden försedd med en axelputa av samma typ, som används på ryggsäckar. Försökspersonen bar sågen hängande i selen och vilande mot vänstra lårets framsida, varvid han endast behövde stödja såghandtagen helt lätt med händerna för att balansera sågen.

Bärselen prövades dels med de två tyngre sågarna i försök på löpande bandet och dels med 15,8 kg sågen vid gång på den frusna myren med ca 30—40 cm snödjup.

I försöken på det löpande bandet visade det sig, att försökspersonen fann arbetet subjektivt betydligt underlättat, då han använde bärselen. Resultaten av dessa försök framgår av tabell 1. Som synes utfördes med den tyngsta sågen (19,5 kg) parvisa jämförelser av såväl pulsfrekvens som syreupptagning vid bäring med och utan sele vid hastigheterna 4 och 5 km i timmen (66,7 resp. 83,3 m/min.). Med 15,8 kg sågen gjordes sådana jämförelser däremot endast ifråga om pulsfrekvensen. Värdena för syreförbrukningen i tabell 1 utgör vart och ett medelvärde av de två omedelbart på varandra följande bestämningarna i varje försök. Värdena för pulsfrekvensen utgör

**Tabell 1. Pulsfrekvens och syreförbrukningsintensitet vid bärning av motorsågar med och utan bärsele. Försök på löpande bandet.**

Pulse rate and oxygen consumption rate during carrying of power saws with and without the aid of a shoulder girth. Experiments on the treadmill.

Hastighet, km/tim. Speed of walk, kilometres per hour	Sågvikt, kg Weight of the saw, kilogrammes	Utan sele Without girth		Med sele With girth		Minskning i syreupptag- ning med sele Decrease in oxygen uptake with girth %
		Puls- frekvens Pulse rate	O <sub>2</sub> , l/min. Oxygen up- take l/min.	Puls- frekvens Pulse rate	O <sub>2</sub> , l/min. Oxygen up- take l/min.	
4.0	19.5	122	1.54	110	1.25	18.8
	15.8	129	—	110	—	—
5.0	19.5	135	1.89	121	1.52	19.6
	15.8	132	—	118	—	—

för den tyngsta sågen medelnivån efter 5 minuters arbete, d. v. s. under hela den tid varunder syreupptagningen bestämdes. För den lättare sågen, där något mera kortvariga försök gjordes, utgör pulsvärdena medelnivån efter 4 minuters arbete.

Det framgår av tabell 1, att användning av bärsele i samtliga fall ledde till en klar minskning av såväl pulsfrekvens som syreförbrukningsintensitet. Pulsen minskade sålunda med 12—19 slag per minut, medan besparingen i syreupptagning uppgick till nästan 20 %.

För illustration av arbetsekonomin vid användning av bärsele i försöken på löpande bandet har i tabell 2 angivits syreupptagningen i ml per horisontell kpm vid en gånghastighet av 5 km/tim. Förutom värdena för bärning av 19,5 kg sågen med händerna och med sele har som jämförelse tagits med resultaten för gång utan börda och för bärning med händerna av de båda lättare sågarna. I tabellen anges även den procentuella stegringen av värdena för olika sågar utöver värdet för gång utan såg. Detta procenttal är av intresse, emedan det ger ett visst uttryck för den extra energiåtgång per kg, som är behövlig för bördans hållande och kroppens balansering, utan att medverka till att kroppen och bördan föres framåt i gångriktningen. Man skulle med en viss förenkling kunna kalla denna stegring för »det specifika hållningsarbetet».

Det framgår av tabell 2, att detta »specifika hållningsarbete» vid bärning av den lätta sågen uppgick till 11 % av kostnaden per kg och m för enbart gång. Vid den medeltunga och tunga sågen är motsvarande värde 35 resp. 30 %, indikerande att de relativa energikostnaderna för balansering av kroppen och för bördans hållande blir avsevärt mycket högre i dessa fall. Slutligen framgår, att arbetsekonomin är mycket gynnsam och föga avviker från



**Tabell 2. Syreupptagning i ml per transporterat kg (kroppsvikt + sågvikt) och m förflyttning vid gång på löpande band med och utan bärning av motorsågar, vid en hastighet av 5 km i timmen. Försökspersonens kroppsvikt var 80,1 kg.**

Oxygen uptake in cubic centimetres per horizontal kilogramme metre during walk on the treadmill with and without carrying of power saws, at a speed of walk of 5 kilometres per hour. The body weight of the subject was 80.1 kilogrammes.

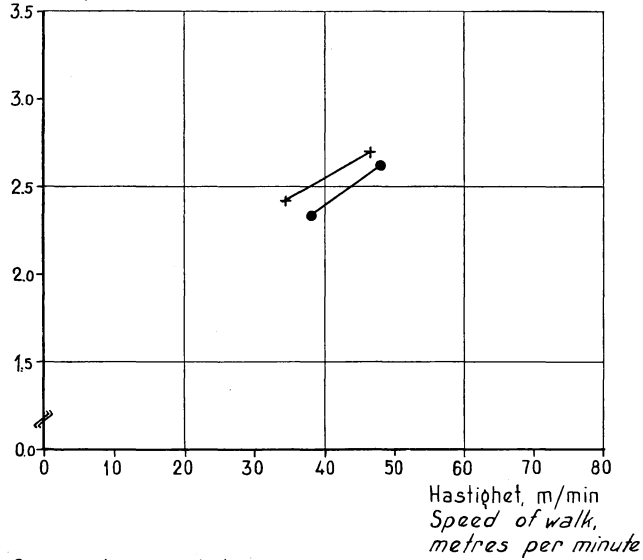
Sågvikt, kg Weight of the saw, kilogrammes	Arbetssätt Type of work	ml O <sub>2</sub> per horisontell kpm Cubic centimetres of oxygen per horizontal kpm	% stegring över värdet för gång utan såg % increase above the value for walk without load
—	Gång utan såg Walk without load	0.176	—
11.0	Bärning med en hand Carrying with one hand	0.196	11
15.8	Bärning med en hand Carrying with one hand	0.237	35
19.5	Bärning med båda händerna Carrying with both hands	0.228	30
	Bärning med bärsele Carrying with shoulder girth	0.183	4

nivån vid gång utan börda, då den tyngsta sågen bärs med hjälp av bärsele och de mekaniska betingelserna för bördans balansering därigenom blir bättre. Detta betyder med andra ord, att sågen bäres nästan lika ekonomiskt med selet, som man bär t. ex. ökad kroppsvikt eller kläderna på kroppen.

Vid fältförsöken med bärsele kom endast den medeltunga sågen (15,8 kg) till användning. Försöken utfördes på den frusna myren, som tidigare omnämnts, i ett snödjup om ca 30—40 cm. Som synes av fig. 12 erhöles i detta fall det överraskande resultatet, att syreupptagningen var något lägre och arbetskonomien sålunda något bättre vid bärning enbart med händerna än vid användning av bärsele. Skillnaden är endast ca 5 % och den kan därför eventuellt vara orsakad av tillfälliga faktorer. Om den emellertid är verklig, kan orsaken sannolikt ses i rörelsesättet vid gång i snö under de här rådande speciella förhållandena. Då försökspersonen bar sågen i handen, satte han vanligen ned den på snön under korta ögonblick i takt med stegen. Detta låg ju nära till hands att göra då han för varje steg sjönk ned genom den tunna skaren, som dock var stark nog att bära sågen. Ett sådant bärningssätt, som sparar en del hållningsarbete, var givetvis inte möjligt att tillämpa, då sågen bars med hjälp av bärsele. Det är naturligtvis också omöjligt att bära sågen i handen på ett sådant sätt, om det är barmark, vilket ju löpande-bandsförsöken motsvarar.

Fig. 12 demonstrerar också resultatet av en jämförelse mellan bärning av den medeltunga sågen enbart i handen och på ena axeln, ett bärningssätt

Syreupptagning, L/min.  
Oxygen consumption,  
Litres per minute



Syreupptagning, L/min.  
Oxygen consumption,  
Litres per minute

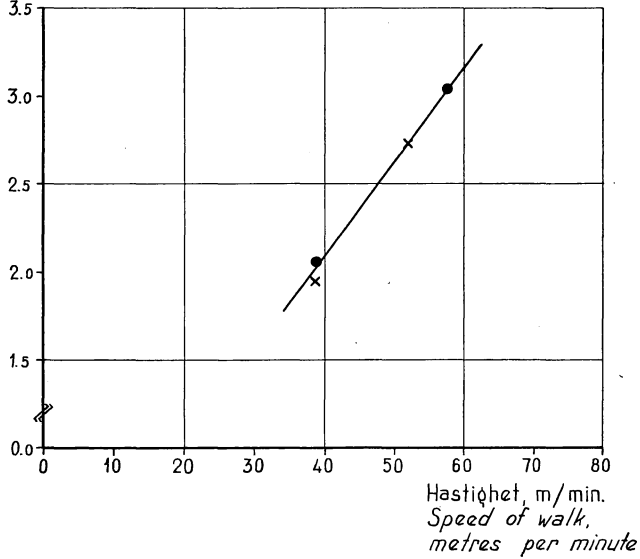


Fig. 12. Samband mellan syreupptagning och gånghastighet vid bäring av 15,8 kg motorsåg på olika sätt på plan mark i medeldjup snö.

● bäring i ena handen, + bäring med bärsele, × bäring på axeln.

The relationship between oxygen consumption and speed of walk, in carrying the 15.8 kilogrammes power saw in different ways on horizontal ground in 32—42 centimetres snowdepth.

● carrying in one hand, + carrying in the girth, × carrying on the shoulder.

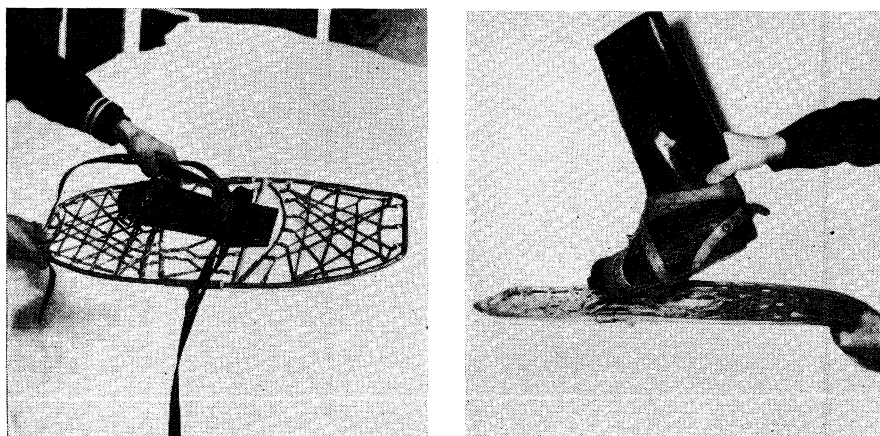


Fig. 13. Den i försöken använda snöskon.  
The snow shoe used in the tests.

som är ganska vanligt, då det gäller att transportera en motorsåg över längre sträckor. Som synes av fig. 12 erhöles ingen skillnad i syreupptagning och därmed i energimässig arbetsekonomi mellan dessa båda bärningssätt.

g) *Försök med snöskor och med olika typer av gummistövlar.* Snöskor av växlande modell användes på enstaka håll inom svenskt skogsbruk, ehuru i betydligt mindre omfattning än i Nordamerika.

Undersökningar över nyttan av snöskor har tidigare gjorts vid Gymnastiska Centralinstitutet av CHRISTENSEN och HÖGBERG (1950). På förslag av professor CHRISTENSEN utfördes även i den föreliggande undersökningen några prov med en snöskomodell, vars utseende framgår av fig. 13. Försöken skedde under bärning av den lättaste motorsågen (11,0 kg) dels på horisontell mark med ca 30—40 cm snödjup och dels i 16 % motlut med ungefär samma snödjup. Försökspersonen var tidigare helt obekant med användning av snöskor och kunde på grund av bristande tid endast ägna sammanlagt ungefär en timme åt att öva sig med dem. Det visade sig emellertid, att han på denna korta tid lärde sig tekniken att gå med snöskor tämligen väl.

I samtliga tidigare refererade fältförsök bar försökspersonen sina egna tämligen slitna gummistövlar. Parallellt med snöskoförsöken gjordes en jämförelse mellan gång med dessa stövlar och med två typer av fabriksnya gummistövlar, den ena med grovreflade sulor och den andra med mera finreflade (se fig. 14).

Resultaten av samtliga dessa försök demonstreras av fig. 15. Det framgår omedelbart, att det inte är någon säker skillnad i syreupptagning vid gång med motsvarande hastigheter med de tre olika typerna av stövlar. Däremot ser

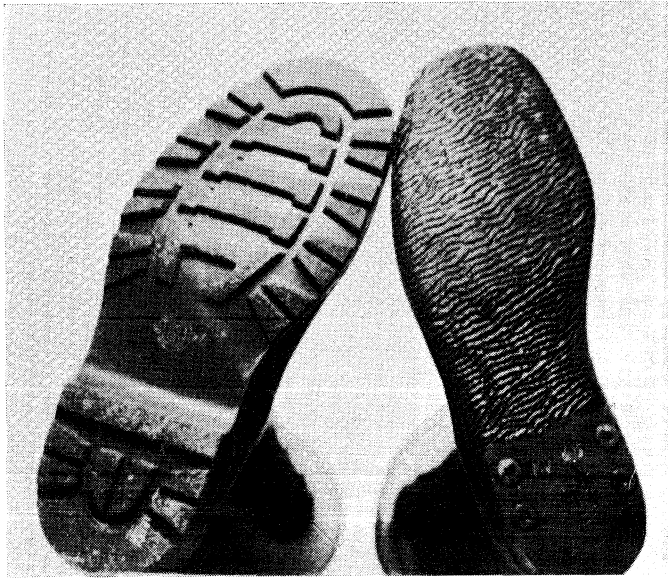


Fig. 14. Sulorna av de provade gummistövlarna.  
The soles of the rubber boots used in the tests.

man, att arbetsekonomin var klart bättre vid användning av snöskor än vid gång med gummistövlar, såväl i försöken på horisontell mark som i motlut. I båda fallen uppgår vinsten i syreupptagning till 20—25 %. Det är sålunda tydligt, att bärningsarbetet avsevärt underlättades genom snöskorna, och detta resultat är desto mera signifikant som ju försökspersonen praktiskt taget saknade förövning i gång med snöskor.

### 3. Sågning.

a) *Sågning av »fällhugg»*: I försöken vid sågning av fällhugg gjordes som tidigare nämnts endast mätningar av pulsfrekvensen dels under arbete och dels under tiden närmast efter arbetets slut. Resultaten har sammanställts i fig. 16. Varje punkt i diagrammet i figuren utgör medeltalet av tre observationer.

Det framgår omedelbart av diagrammet, att pulsfrekvensen under detta kortvariga arbete endast hann nå upp till ungefär 100 slag per minut. Pulsfrekvensen i stående ställning före arbetet uppmättes endast i några få försök, i vilka resultat mellan 80 och 90 per minut erhöles. Det visar sig vidare, att pulsen återgått till denna ungefärliga vilonivå redan 1—1½ minut efter arbetets slut. Man kan sålunda dra den slutsatsen, att blodcirkulationen under

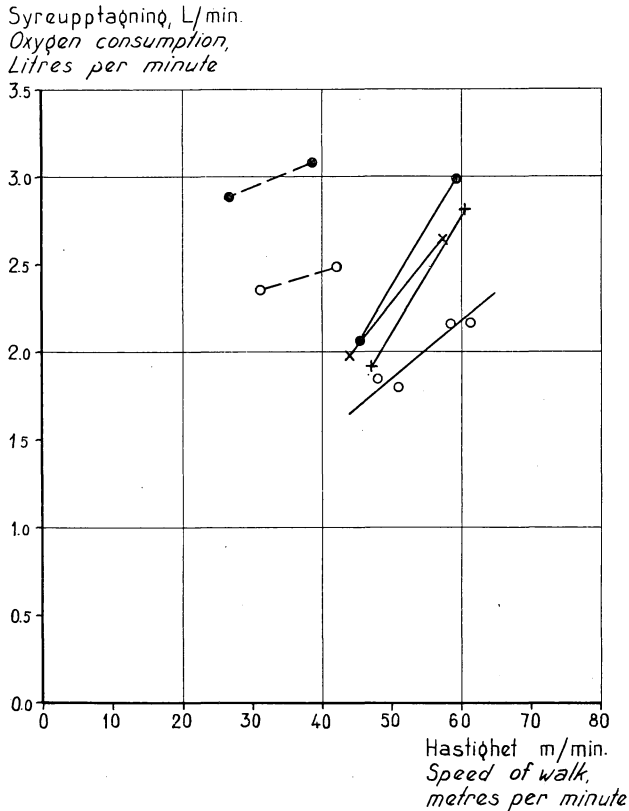


Fig. 15. Samband mellan syreupptagning och gånghastighet vid bäring av 11,0 kg motorsåg i medeldjup snö på plan mark och i motlut. Användning av olika fotbeklädning och snöskor.

● blankslitna gummistövlar, × gummistövlar med grovreflade sulor, + gummistövlar med finreflade sulor, ○ snöskor, — gång på horisontell mark med 32—42 cm snödjup, — — — gång i 16 % motlut med 42 cm snödjup.

The relationship between oxygen consumption and speed of walk, in carrying the 11.0 kilogrammes power saw in 32—42 centimetres snowdepth on horizontal ground and in uphill grade. Use of different rubber boots and snow shoes.

● rubber boots with worn soles, × rubber boots with roughly notched soles, + rubber boots with small-notched soles, ○ snow shoes, — walk on horizontal ground in 32—42 centimetres snowdepth, — — — walk in 16 % uphill grade in 42 centimetres snowdepth.

det kortvariga arbetet aldrig hinner utsättas för någon hög belastning, och att arbetet inte kan betraktas som särskilt energikrävande.

Det lönar sig knappast att på basen av det föreliggande materialet göra några jämförelser mellan olika sågar, även om vissa smärre skillnader i arbetspulsnivå syns i diagrammet. Ej heller är det några anmärkningsvärda skillnader mellan sågning med skjutande eller dragande sågkedja.

b) *Fällsågning och kapning*: Försöken vid fällsågning och kapning utfördes i motsats till försöken vid sågning av fällhugg med en så lång arbetstid, att aeroba arbetsförhållanden hann uppkomma. Resultaten ifråga om syre-

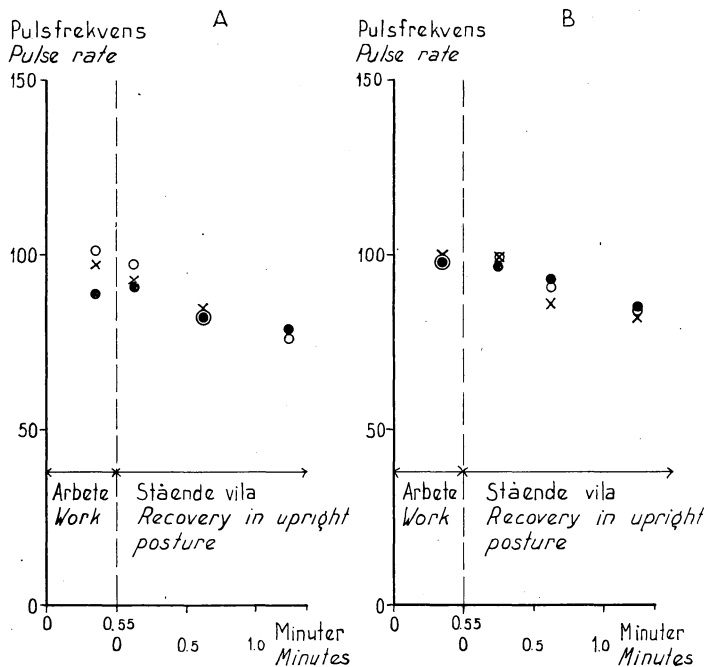


Fig. 16. Pulsfrekvens under och efter sågning av »fällhugg» med olika motorsågar.

A Sågning med ryggen av svärdet (skjutande kedja).

B Sågning med buken av svärdet (dragande kedja).

● sågsvikt 11,0 kg, × sågsvikt 15,8 kg, ○ sågsvikt 19,5 kg.

Pulse rate during and after "sawing of under-cut" with the different power saws.

A Sawing with the back side of the bar (pushing chain).

B Sawing with the front side of the bar (pulling chain).

● the 11.0 kilogrammes power saw, × the 15.8 kilogrammes power saw, ○ the 19.5 kilogrammes power saw.

upptagning och motsvarande energiomsättning visas av tabell 3. För varje såg och arbete utfördes två försök, och tabellen visar medelvärdet och spridningen för dessa.

Det framgår av tabell 3, att medelvärdena för olika sågar vid fällsågning varierade mellan 1,12 och 1,28 liter syre per minut, medan motsvarande variation vid kapning var 0,91—1,13 liter per minut. Fällsågningen tenderar att vara något tyngre än kapningen med motsvarande såg, även om en viss överlappning av de fåtaliga värdena föreligger. Likaså är det en tendens till högre värden med ökad sågsvikt, även om också här skillnaderna är små och insignifikanta. Sammanfattande kan emellertid sägas, att samtliga värden ligger inom grupperna »lätt» eller »medeltungt» arbete enligt den klassificering som angivits av CHRISTENSEN och NILSSON (1954).

I en förberedande försöksserie studerades fällningen och kapningen endast med pulsmätningar, och det kan vara av intresse att referera även dessa försök. Resultaten demonstreras av diagrammet i fig. 17, vari varje punkt motsvarar medeltalet för 2—3 observationer. Det framgår av diagrammet,

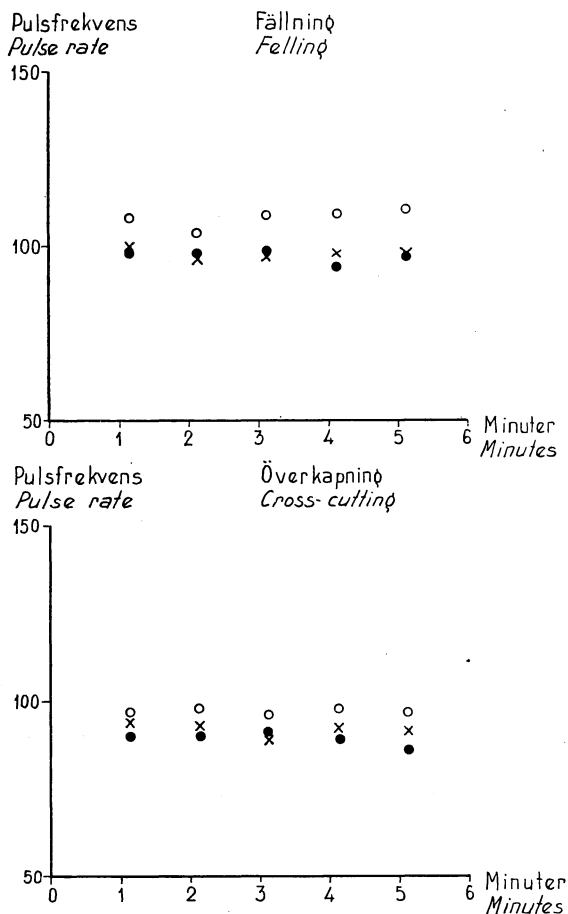


Fig. 17. Pulsfrekvens under oavbruten fällsågning och överkapning med olika motorsågar.  
 ● sågvikt 11,0 kg, × sågvikt 15,8 kg, ○ sågvikt 19,5 kg.  
 Pulse rate during continuous felling and cross-cutting with the different power saws.  
 ● the 11.0 kilogrammes power saw, × the 15.8 kilogrammes power saw, ○ the 19.5 kilogrammes power saw.

Tabell 3. Syreupptagning och motsvarande energiomsättning vid sågning med motorsåg.  
 Oxygen uptake and the corresponding energy output in sawing with power saws.

Arbete Work	Sågvikt Weight of saw					
	11.0 kg		15.8 kg		19.5 kg	
	O <sub>2</sub> l/min.	kcal/min.	O <sub>2</sub> l/min.	kcal/min.	O <sub>2</sub> l/min.	kcal/min.
Fällning..... Felling	1.12 0.91—1.32	5.5 4.4—6.5	1.12 1.11—1.13	5.5 5.4—5.5	1.28 1.12—1.43	6.4 5.5—7.2
Kapning..... Cross-cutting	0.91 0.89—0.92	4.3 4.3—4.4	1.01 0.96—1.05	4.9 4.7—5.0	1.13 1.09—1.17	5.5 5.3—5.7

att pulsivån vid såväl fällning som kapning är klart högre vid arbete med den tyngsta sågen (19,5 kg), medan ingen säker skillnad föreligger mellan de båda andra sågarna (11,0 och 15,8 kg). Vid fällning når pulsfrekvensen för den tyngsta sågen upp till ca 110 slag per minut, medan den ligger 10 à 12 slag lägre för de båda andra sågarna. Vid kapning är pulsfrekvensen för vardera av de tre sågarna lägre än vid fällning och når för den tyngsta sågen endast 97—98 slag per minut.

Med användning av de i fig. 17 demonstrerade pulsivåerna samt puls-syreupptagningsdiagrammet i fig. 18 kan en approximativ uppskattning göras av syreupptagningen i dessa sågförsök. Man får vid en sådan beräkning värden på 1,3—1,6 liter syre i minuten vid fällsågning och 1,0—1,3 liter per minut för kapning. Som synes, är dessa beräknade värden av samma storleksordning som de i tabell 3 visade, direkt uppmätta värdena.

Som en jämförelse till de här iakttagna värdena för syreupptagning och energiomsättning vid motorsågning kan nämnas, att LUND, LUNDGREN, LUTHMAN och ZOTTERMAN (1948) fann en genomsnittlig energiförbrukning på 11 kcal per minut (ca 2,25 liter syre per minut) vid fällning med svans och 9 kcal per minut (ca 1,85 liter syre per minut) vid kapning med bågsåg. Det är sålunda tydligt, att det egentliga sågningsarbetet avsevärt underlättas vid användning av motorsåg.

#### 4. Pulsfrekvensens och andningens samband med syreupptagningen vid variationer i lokal muskelansträngning.

Det är välkänt från litteraturen, att pulsfrekvensen under arbete står i ett mer eller mindre rätlinjigt förhållande till syreupptagningen, och att pulsfrekvensen vid en viss syreupptagning varierar med betingelserna för det venösa återflödet till hjärtat, varvid samspelet mellan ortostatiska effekter och aktiviteten hos »muskelpumpen» i kroppens nedre delar spelar en viktig roll (ASMUSSEN, CHRISTENSEN och NIELSEN, 1939). Därjämte har av några författare framförts den åsikten, att arbetspulsfrekvensen skulle vara beroende av graden av lokal muskelansträngning.

Det här föreliggande försöksmaterialet erbjuder en möjlighet att studera den sistnämnda frågan. Man kan nämligen direkt förutsätta, att den lokala muskelbelastningen, speciellt i form av statiska kontraktioner i fingrar, händer, armar och bål, var högst olika i olika serier av försök. Detta gäller t. ex. gång utan börda i jämförelse med bärning av motorsåg. Samma förhållande råder, om man jämför bärning av sågar med olika vikt eller bärning enbart med händerna och med hjälp av bärsele. Vidare är det en klar skillnad i detta avseende mellan sågning med motorsåg, som ju främst innebär ett statistiskt hållningsarbete, och gång utan börda, som är ett ganska utpräglat dynamiskt arbete med deltagande av stora muskler.



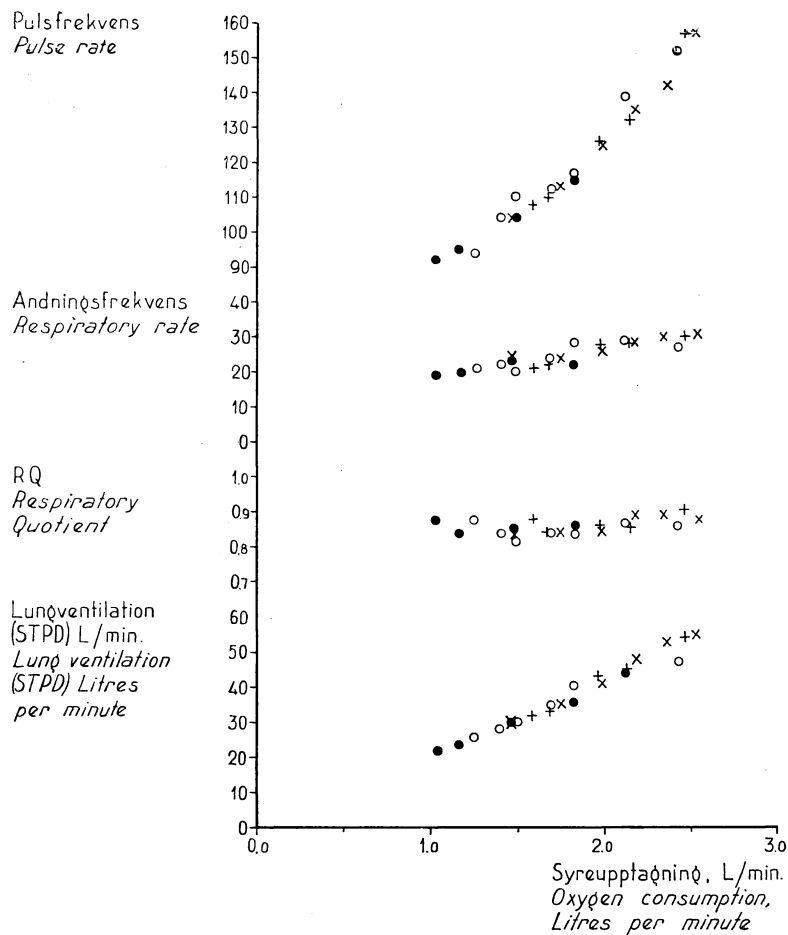


Fig. 18. Puls- och andningsfrekvens, respirationskvot och lungventilation i relation till syreförbrukningsintensiteten vid gång på löpande band med och utan bärning av motorsågar.

● gång utan såg, ○ sågvikt 11,0 kg, bärning med en hand, × sågvikt 15,8 kg, bärning med en hand, + sågvikt 19,5 kg, bärning med två händer.

Pulse rate and respiratory rate, respiratory quotient and lung ventilation in relation to the intensity of the oxygen consumption in walking on the tread mill with and without power saws.

● without power saw, ○ carrying in one hand of the 11.0 kilogrammes power saw, × carrying in one hand of the 15.8 kilogrammes power saw, + carrying in two hands of the 19.5 kilogrammes power saw.

I fig. 18 och 19 har resultaten från de olika försökserierna ifråga om puls- och syreupptagning sammanställts. Som synes demonstrerar diagrammen även reaktionen ifråga om andningsfrekvens, lungventilation och respirationskvot. I fig. 18, som illustrerar försöken på det löpande bandet i laboratoriet, är spridningen tämligen ringa, medan variationen mellan enstaka observationer är större i fig. 19, som visar resultaten av fältförsöken. Vid

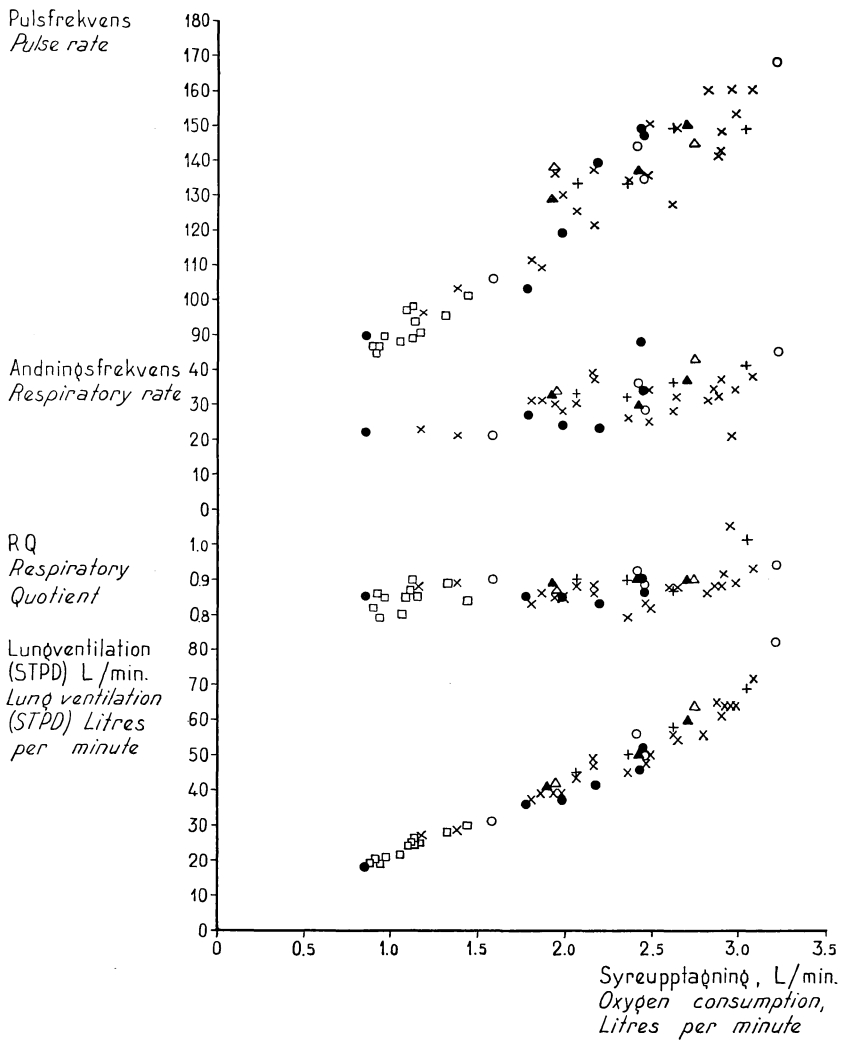


Fig. 19. Pulsfrekvens, andningsfrekvens, respirationskvot och lungventilation vid gång med och utan bärning av motorsåg samt vid motorsågning.

● gång utan börda, × bärning av 11,0 kg motorsåg med en hand, + bärning av 15,8 kg motorsåg med en hand, ▲ bärning av 15,8 kg motorsåg med bärsele, △ bärning av 15,8 kg motorsåg på axeln, ○ bärning av 19,5 kg motorsåg med båda händerna, □ motorsågning.

Pulse rate, respiratory rate, respiratory quotient and lung ventilation in walking with and without power saws and in the sawing with power saws.

● walk without power saw, × carrying in one hand of the 11.0 kilogrammes power saw, + carrying in one hand of the 15.8 kilogrammes power saw, ▲ carrying in the girth of the 15.8 kilogrammes power saw, △ carrying on the shoulder of the 15.8 kilogrammes power saw, ○ carrying in two hands of the 19.5 kilogrammes power saw, □ sawing with the power saws.

bedömning av denna spridning måste emellertid hållas i minnet, att resultaten härstammar från försök under olika dagar och varierande tider under dagens lopp, utan att några åtgärder vidtogs att studera försökspersonen i basalt tillstånd. Beträffande pulsvärdena kan anmärkas, att dessa utgör medeltalen för observationer gjorda inom tidsperioden för uppsamling av utandningsluft.

Det framgår av fig. 18 och 19, att inga signifikanta skillnader föreligger vare sig ifråga om pulsfrekvens, andningsfrekvens, respirationskvot eller lungventilation vid motsvarande syreupptagningar vid jämförelser omfattande gång utan börda, bärning av sågar med olika vikt med händerna, på axeln eller med hjälp av bärsele samt sågning med motorsåg. Man kan därför dra den slutsatsen, att lokala stimuli från musklerna till följd av statiska kontraktioner eller en hög »specifik muskelansträngning» spelade en insignifikant roll för nivån hos arbetspulsfrekvensen och övriga här studerade faktorer under de här rådande försöksbetingelserna.

### III. Diskussion.

I den föreliggande undersökningen har insamlats data över den energimässiga arbetstyngden dels vid gång med olika hastighet under olika terräng- och snöförhållanden, dels vid bärning under enahanda betingelser av tre motorsågar med vikterna 11,0, 15,8 och 19,5 kg och slutligen också vid olika sågningsarbeten med dessa motorsågar.

Syreupptagningen vid gång varierade givetvis med hastigheten. Vid i praktiken ofta förekommande gånghastigheter kan arbetet dock i allmänhet rubriceras som »tungt» eller »mycket tungt», om man tillämpar den bedömningsskala, som angivits av CHRISTENSEN och NILSSON (1954). Inverkan av terräng- och snöförhållandena kan t. ex. illustreras av att en syreupptagning på 2,2 liter per minut motsvarade en hastighet av 130—135 m/min. vid gång på mycket slätt underlag (löpande band), medan vid samma arbetsintensitet hastigheten minskades med 15 % vid gång på en plogad och något isig snöväg, med 40 % i 5—10 cm lös nysnö, med 60 % i ca 30—40 cm kornig snö och med 80 % i 16 % motlut med ca 40 cm kornigt snötäcke. I de praktiska förhållanden, som möter skogsarbetaren, är naturligtvis variationen i terräng och väglag mycket större, men det här gjorda urvalet tjänar dock till att belysa den stora skiftningen i arbetssvårighet vid gång under olika betingelser.

Om jämförelser gjordes vid samma arbetsintensiteter (2,2—2,4 liter syre per minut), minskades gånghastigheten med 3—16 % vid bärning av den lätta sågen, med 12—30 % vid bärning av den medeltunga och med 27—30 % vid bärning av den tunga sågen. Arbetsekonomin bedömdes genom beräkning

av syreupptagningen i ml per »horisontell kpm». Antalet »horisontella kpm» är naturligtvis inte något direkt uttryck för det verkliga fysikaliska arbetet, som ju vid gång endast utgöres av de små vertikala lyften av kropp och börda för varje steg, men det angivna uttrycket är dock i praktiken ett mycket lämpligt mått på arbetsekonomin. Denna var bäst vid gång utan börda och försämrades i allmänhet med tilltagande sågvikt.

Vid en generell diskussion av den lämpliga vikten på en motorsåg gäller självfallet, att ansträngningen vid bärning, lyftning och annan hantering av sågen blir mindre ju lättare sågen är. Detta är givetvis sagt med den reservationen, att sågens form inte är alltför olämplig, något som närmare skall beröras nedan. I praktiken måste dock sågvikten bli en kompromiss mellan ansträngningssynpunkten och den tekniskt möjliga nedre viktgränsen. Under alla förhållanden torde det emellertid vara olämpligt, och numera ur teknisk synpunkt även onödigt, med tyngre sågar än ca 9—11 kg för sådana skogliga förhållanden, som förhärskar i de skandinaviska länderna. Under senare år har en rad goda konstruktioner framkommit i denna viktklass, och man kanske kan säga, att dessa i själva verket har öppnat möjligheterna att i större utsträckning utnyttja motorsågar effektivt i skogen. Med hänsyn till dominansen av förhållandevis kläna träddimensioner i de svenska skogarna och den därmed sammanhängande relativt stora tidsprocenten för bärning och lyftning av motorsågarna kan man påstå, att en något klenare motor och därmed ökad skärtid är att föredra framför en högre sågvikt.

Överlägsenheten ur ansträngningssynpunkt hos den lättaste av de här studerade sågarna framgår inte bara av de hittills refererade resultaten över syreupptagning och arbetsekonomi utan understrykes också av de praktiska iakttagelser, som kunde göras i samband med undersökningen. Den lättaste sågen kunde bäras ganska långt i ena handen utan att man blev nämnvärt trött i rygg, armar och händer. Ett sådant bärningssätt är naturligtvis till fördel för arbetaren, då han t. ex. förflyttar sig emellan träden på ett hygge, i det att han har andra handen fri för bärning av övriga redskap och tillbehör, som han måste medföra. En fördel med den lättaste sågen vid längre transporter var, att den fick plats i en vanlig ryggsäck, till skillnad från de båda tyngre sågarna.

Den medeltunga sågen kunde bäras i samma hand endast under någon minut åt gången, varpå man måste byta hand eller alternera med den mera opraktiska tvåhandsbärningen. Enhandsbärning av den tyngsta sågen var knappast möjlig i praktiken, och denna såg var på det hela taget nästan olidligt tung att hantera och bära längre tid.

Sammanfattande kan man säga om sågvikten, att även om 11 kg-sågen gick att hantera någorlunda bekvämt och kraftbesparande i jämförelse med de två tyngre sågarna, är det ur de synpunkter som här behandlas önskvärt

med ännu lägre vikter hos motorsågar. Vid bedömning av denna fråga måste man ju även tänka på, att en skogsarbetare också har en rad andra verktyg att transportera och att han t. ex. vid minskad sågvikt kan ta med sig mera bensin ut på hygget och därigenom minska gångtider och ansträngning för påfyllning av bränsle.

Resultaten av den föreliggande undersökningen indikerade, att förutom sågvikten även bäringssättet liksom också handtagens placering spelade en roll för arbetsekonomin. Helt allmänt gäller naturligtvis vid bäring med händerna, att det är förmånligt, om bördan kan hållas nära kroppen, och om dess tyngdpunkt ej ligger alltför långt ut från kroppens symmetriplan. Vidare bör bördan inte ha utskjutande delar i riktning mot kroppen, vilka tar emot, då man går. Dessa fordringar uppfylldes väl av den lättaste sågen men inte av de båda andra (se fig. 1).

Då det befanns, att ansträngningen vid bärningsarbetet spelade en så betydande roll, prövades några möjligheter att nedbringa densamma. Bärning på axeln istället för i handen var utan betydelse för arbetsekonomin men är naturligtvis ett användbart alternativ vid bäring över längre sträckor för att åstadkomma omväxling i bäringssättet och motverka alltför långvariga statiska spänningar i armar och bål. Liksom försökspersonen vid långvarig bäring av de tyngre sågarna med händerna klagade över trötthet i fingrar och armar, fick han tryckbesvär vid bäring på axeln, trots att en axelkudde användes, varför intetdera bäringssättet är lämpligt i längden vid dessa sågar. Då det gäller den lätta sågen, måste bäring i rygsäck givetvis betraktas som en god lösning, även om inga direkta försök gjordes över detta bäringssätt. Vid bäring av de båda tyngre sågarna under barmarksförhållanden visade sig användning av en enkel bärsele medföra en avsevärd vinst i syreupptagning. I försök i ett speciellt väglag, nämligen medeldjup skarsnö, som inte bar mannen men däremot sågen, var bärsele emellertid något mera oekonomisk än bäring av sågen i handen. Förklaringen var sannolikt, att försökspersonen, då han för varje steg sjönk igenom skaren, kunde sätta ned sågen ett ögonblick på skaren och därigenom sparade på hållningsarbete.

Vid gång i snö spelar naturligtvis fotfästet och hur mycket man sjunker ned i snön en roll för arbetsvårigheten. Försök att bättra på fotfästet genom användning av gummistövlar med god reffling av sulorna gav i de föreliggande försöken dock ingen påvisbar förändring av arbetsekonomin. Däremot befanns användning av snöskor medföra en avsevärd vinst i försök, som gjordes i ca 30—40 cm snödjup såväl på plan mark som i motlut. Detta resultat är så mycket mer signifikant som försökspersonen praktiskt taget saknade vana vid gång med snöskor.

Resultaten ifråga om användning av snöskor ligger i linje med tidigare resultat av CHRISTENSEN och HÖGBERG (1950). Dessa författare visade dessutom

klart, att skidåkning även vid ogynnsamma snöförhållanden ligger ännu bättre till ifråga om energimässig arbetsekonomi än gång med snöskor. Med den markerade tendensen inom modernt skogsbruk mot allt kortare gångvägar ute i snön torde emellertid snöskor vanligen vara att föredra framför skidor, som ju genom sin längd är mera obekväma i hyggen etc.

De nämnda försöken med snöskor utfördes med en enda modell, och det är en viktig uppgift i fortsättningen att försöka få fram ännu effektivare snöskomodeller. Bl. a. spelar här bindningen en viktig roll. Det gäller att få fram en bindning, som tillåter, att man kan ta av och på snöskorna på ett ögonblick med så få handgrepp som möjligt och utan att man behöver ta av sig arbetshandskarna.

Förutom fortsatt arbete på lämpliga snöskomodeller är det helt säkert också värdefullt att utarbeta en liten pulka för vinterbruk och en hjulvagn för barmarksbruk, med vilka man kan frakta motorsåg, bränsle och övriga tillbehör och verktyg i skogen.

Vid sågning med motorsågarna spelade sågvikten en betydligt mindre roll för syreupptagningen än vid bärningen, och sågningen kan rubriceras som ett lätt eller medeltungt arbete enligt CHRISTENSENS och NILSSONS bedömningskala (1954). Vid själva sågningen föreligger alltså en avsevärd vinst i energiomsättningsintensitet i jämförelse med tidigare data för manuell sågning (LUND, LUNDGREN, LUTHMAN och ZOTTERMAN, 1948). Frågan om den sammanlagda energimässiga arbetsekonomien vid arbete med motorsåg blir emellertid tydligen helt beroende av mängden bärning och annan hantering av sågen utöver det rena sågningsmomentet.

Den föreliggande undersökningen gav en biprodukt av ett visst teoretiskt intresse i det att man inte kunde spåra något systematiskt inflytande på försökspersonens puls-syreupptagningsdiagram av de skillnader i lokal muskelansträngning främst i form av statiska kontraktioner, som förelåg mellan olika försöksserier. Pulsnivån i förhållande till syreupptagningen var sålunda ungefär densamma vid gång utan börda, vid bärning av motorsågar med olika vikt och på olika sätt och vid sågningsarbete. Detta resultat talar starkt för att lokala stimuli från musklerna spelar en underordnad roll, om någon, för pulsnivån under arbete, medan denna står i direkt relation till syreupptagningen under förhållanden, vid vilka de hydrostatiska betingelserna för det venösa återflödet av blod till hjärtat är någorlunda lika. De föreliggande försöken talar sålunda emot den uppfattning, som stundom hävdats, att pulsfrekvensen under arbete i så hög grad skulle påverkas av lokala stimuli från musklerna, att den skulle kunna användas som ett index på graden av specifik muskelansträngning.

#### IV. Sammanfattning.

1. Mätningar av syreupptagningen utfördes vid gång med olika hastighet under olika terräng- och snöförhållanden, vid bärning under enahanda betingelser av tre motorsågar med vikterna 11,0, 15,8 och 19,5 kg och vid olika sågningsarbeten med motorsågarna.
2. Vid i praktiken ofta förekommande gånghastigheter visade sig gång vara ett tungt arbete ur energisynpunkt. Jämförelser med försök på löpande bandet vid samma syreupptagningsintensitet demonstrerade, att gånghastigheten minskade med 15 % på plogad och något isig snöväg, med 40 % i 5—10 cm lös nysnö, med 60 % i ca 30—40 cm kornig snö och med 80 % i 16 % motlut med ca 40 cm kornigt snötäcke.
3. I jämförelse med gång utan börda minskades gånghastigheten vid oförändrad syreupptagning med 3—16 % vid bärning av den lättaste sågen, med 12—30 % vid bärning av den medeltunga och med 27—31 % vid bärning av den tunga sågen.
4. Arbetskonomin vid bärning av sågarna kunde under vissa förhållanden förbättras genom användning av en barsele över axlarna. En påtaglig vinst uppnåddes genom användning av snöskor.
5. Mätning av syreupptagningen vid själva sågningsarbetet med motorsågarna visade, att sågvikten här spelade en mindre roll än vid bärningen och att sågningsarbetet ur energisynpunkt kan betraktas som lätt eller medeltungt.
6. Försökspersonens puls-syreförbrukningsdiagram under arbete påverkades ej signifikant av de skillnader i lokal muskelansträngning, främst i form av statiska kontraktioner, som förelåg mellan olika försöksserier.

#### Litteraturhänvisningar.

(References.)

- ASMUSSEN, E., CHRISTENSEN, E. HOHWÜ and NIELSEN, M.: Nordisk Medicin, 1939, 1, 575.
- BERGGREN, G.: Svenska Gymnastikläraresällskapets Tidskrift i Gymnastik, 1945, 72, 215.
- BERGGREN, G., and CHRISTENSEN, E. HOHWÜ: Arbeitsphysiol., 1950, 14, 255.
- CHRISTENSEN, E. HOHWÜ, and HÖGBERG, P.: Arbeitsphysiol., 1950, 14, 249.
- Arbeitsphysiol., 1950, 14, 292.
- CHRISTENSEN, E. HOHWÜ, and NILSSON, F.: Jernkontorets Annaler, 1954, 138, 288.
- ENGHOFF, H.: Acta Med. Scand., 1946, Suppl. 170, 307.
- HÖGBERG, P.: Kungl. Krigsvetenskapsakademiens Handl. och Tidskr., 1947, 335.
- LUND, L., LUNDGREN, N. P. V., LUTHMAN, G., and ZOTTERMAN, Y.: Studier över tungt kroppsarbete. Arbetsfysiologiska och arbetstekniska undersökningar vid skogsavverkning (Förlags AB Affärsökonomi, Stockholm, 1948).
- LUNDGREN, N. P. V.: The physiological effects of time schedule work on lumberworkers, Acta Physiol. Scand., 1946, 13, Suppl. 41.

## Resumé.

### A study of the heaviness of work in using power saws in timber cutting.

#### I. Methods.

Studies were made of the heaviness of work in carrying and operating one-man power saws in different ground and snow conditions in winter time, at air temperatures close to freezing point. The weights of the saws were 24, 35 and 43 lbs., respectively, and they were selected to represent one relatively light, one moderately heavy and one heavy type of power saw. Details of the saws are shown in fig. 1 and 2.

The heaviness of work was evaluated from determinations of the oxygen consumption rate with the DOUGLAS bag method (fig. 3). In some experiments, only pulse rate counts were made from which the oxygen consumption rate was estimated with the aid of the pulse rate/oxygen consumption ratio as determined in special calibration tests, according to the technique previously used by BERGGREN and CHRISTENSEN (1945, 1950) and LUNDGREN (1946).

A twenty-seven years old forest worker served as a subject. His body height was 6 ft. 1 in. and his weight was 179 lbs. He was well used to work with the types of power saws which were studied.

#### II. Results.

##### 1. *Walk without load in different ground and snow conditions:*

Fig. 4. demonstrates the relationship between the oxygen consumption rate and the speed of walk partly in field experiments in different ground and snow conditions and partly in determinations on a motordriven horizontal treadmill in the laboratory. If a comparison is made in the diagram of the speeds of walk corresponding to an oxygen consumption rate of 2.2 litres per minute, the following results are obtained:

	Metres per minute	%
Horizontal treadmill.....	130 to 135	100
Horizontal road covered with a thin layer of flattened icy snow.....	113	85
Horizontal ground covered with 2 to 4 in. of loose and dry snow.....	80	60
Horizontal ground covered with 12½ to 16½ in. of quite compact snow.....	54	41
16 % uphill grade covered with 16½ in. of quite compact snow.....	26	20.



Fig. 5 shows the efficiency of work in the same experiments. As a score of the efficiency, the oxygen consumption rate in cubic centimetres per »horizontal kilogramme metre» was used. It is seen from the diagram that the efficiency was considerably lowered when the ground conditions were worse; at a snow depth of 2 to 4 in., the oxygen consumption rate per horizontal kpm was 60 to 80 % higher than on the treadmill and the icy road. In the deeper snow on horizontal ground and in the uphill grade, the corresponding increases were about 150 and 500 %, respectively.

There are some variations apparent in the trends of the curves shown in fig. 5. Nothing definite may be said, however, about these variations; this is due to the likeliness of an increased fraction of anaerobic metabolism at higher intensities of work.

## 2. Carrying of power saws:

a) *Experiments on the treadmill:* Fig. 6 shows the oxygen consumption rate in litres per minute and in cubic centimetres per horizontal kpm at different speeds of walk on the treadmill, with and without carrying power saws. The following comparison of the speeds of walk may be made at the same oxygen uptake (2.2 litres per minute):

	Metres per minute	%
Walk without load.....	130 to 135	100
Carrying of 24 lbs. saw.....	111	84
» » 35 » » .....	93	70
» » 43 » » .....	93	70.

Furthermore, it is apparent from fig. 6 that the efficiency of work was lower in carrying the light saw than during walk without load and still lower in carrying the medium heavy and the heavy saw.

b) *Walk on horizontal icy road:* Fig. 7 shows the results of the experiments made on the horizontal road which was covered with a thin layer of flattened icy snow. It is seen that even in this case, the oxygen consumption rate was considerably increased with increasing weights of the saws. A comparison of the speeds of walk at an oxygen consumption rate of 2.2 litres per minute gives the following results:

	Metres per minute	%
Walk without load.....	113	100
Carrying of 43 lbs. saw.....	82	73.

c) *Walk on horizontal ground covered with 2 to 4 in. of loose and dry snow:* In this case, only pulse rate counts were made, the results of which are shown in fig. 8. A comparison similar to those made above may be made at a working

pulse rate of 150 per minute; according to the pulse rate/oxygen consumption diagram in fig. 18, this pulse rate corresponds to an oxygen consumption of about 2.4 litres per minute.

	Metres per minute	%
Walk without load.....	94	100
Carrying of 24 lbs. saw.....	91	97
» » 35 » » .....	83	88
» » 43 » » .....	68	72.

d) *Walk on horizontal ground covered with 12<sup>1</sup>/<sub>2</sub> to 16<sup>1</sup>/<sub>2</sub> in. of quite compact snow:* Fig. 9 shows the oxygen consumption in litres per minute at different speeds of walk and fig. 10 demonstrates the same relationship for the oxygen consumption in cubic centimetres per horizontal kpm. A comparison of the speeds of walk at an oxygen consumption rate of 2.4 litres per minute gives the following results:

	Metres per minute	%
Walk without load.....	58	100
Carrying of 24 lbs. saw.....	52	90
» » 35 » » .....	45	78
» » 43 » » .....	40	69.

e) *Walk in 16% uphill grade covered with 16<sup>1</sup>/<sub>2</sub> in. of quite compact snow:* The few experiments made in these conditions are also demonstrated by fig. 9 and 10 which clearly illustrate the considerable increase in oxygen consumption rate in uphill walk as compared to horizontal walk in similar snow conditions. It is also seen that the oxygen consumption rate at a speed of walk of 26 metres per minute was more than 30 % higher in carrying the 24 lbs. saw than in walk without load.

f) *Experiments with different carrying technique:* Carrying of the two heavy power saws by hand was not only uneconomic from an energetic point of view but was also very straining due to static muscle tensions in fingers and arms and also in the back. Attempts were therefore made to diminish the effort by the use of a girth which transferred the weight of the saw to the shoulders of the worker (fig. 11). This girth definitely diminished the subjective stress of carrying the two heavy saws. As is seen from table 1, the use of the girth furthermore resulted in a gain in oxygen consumption of almost 20 %; at the same time the pulse rate during walk at a constant speed was lowered with 12 to 19 beats per minute. Table 2 shows the oxygen uptake in cubic centimetres per horizontal kpm in these experiments. It is seen from the table that carrying by hand resulted in an increase of the figures which amounted to 11, 35 and 30 %, respectively, when carrying the light, medium heavy and

heavy saw, as compared to walk without load. When the heaviest saw was carried with the girth, on the other hand, the increase was only 4 %. This percent increase might with some simplification be looked upon as an index of the "specific strain" of holding the load. The results therefore indicate that carrying with the girth was almost as economical as carrying of increased body weight or clothes.

In one special case it was found, however, that the girth did not produce any increase in working efficiency but on the contrary a slight decrease. This was the case when the subject walked on a crust on the snow through which he sank down for every step. The crust was however strong enough to carry the saw and the subject therefore was able to put down the saw on the crust for a short moment for every step, thereby saving effort in holding the saw. These results are demonstrated in fig. 12 which also shows that carrying of the medium heavy saw on the shoulder did not differ with regard to the oxygen consumption rate from carrying of the saw in one hand.

g) *Experiments with snow shoes and different types of rubber boots:* Previous experiments of CHRISTENSEN and HÖGBERG (1950) demonstrated the value of snow shoes of the type shown in fig. 13. The same type of snow shoes was tested in the present investigation; this was done during carrying of the light saw in a snow depth of 12½ to 16½ in. partly on horizontal ground and partly in the 16 % uphill grade. As is demonstrated by fig. 15, there was in both cases a gain in oxygen consumption of 20 to 25 % during walk with snow shoes as compared to ordinary walk in the snow. Fig. 15 also demonstrates that there was no significant difference between walk with rubber boots with the different types of soles (fig. 14).

### 3. *Sawing with power saws:*

Studies were made of sawing of under-cut, and of felling of trees and cross-cutting of logs. The firstmentioned work, i.e., sawing of under-cut, is normally a very brief job and was only studied with pulse rate counts partly during a period of work lasting for 0.55 minute and partly in the recovery period in standing posture thereafter. It is seen from fig. 16 that the pulse rate rose only to about 100 per minute during work and that it reached the resting level of 80 to 90 per minute within 1 to 1½ minutes of recovery. It may thus be concluded that the blood circulation was never much stressed during this short period of work and that the work may not be looked upon as heavy.

The results from the determinations during felling and cross-cutting are summarized in table 3. In these cases, the subject worked continuously for at least 5½ minutes during which time he sawed off slices from the stump of the tree or the log. The oxygen consumption could therefore be determined

in essentially aerobic conditions. This is furthermore indicated from the pulse rate results shown in fig. 17 from which it is seen that a steady state was prevailing.

It is seen from table 3 that the oxygen consumption during felling sawing reached average levels of 1.12 to 1.28 litres per minute; the corresponding range in cross-cutting was 0.91 to 1.13 litres per minute. There was a tendency towards higher values in felling than in cross-cutting and also towards increasing values with increasing weight of the saws although these tendencies were not quite significant.

4. *The relationship of pulse rate and respiration to the oxygen consumption rate at varying local muscle stress:*

It is well-known from literature (e.g. ASMUSSEN, CHRISTENSEN and NIELSEN, 1939) that the pulse rate during exercise is more or less rectilinearly related to the oxygen consumption rate and, also, that the pulse rate at a certain oxygen consumption level is influenced by the venous return of blood to the heart as affected by posture etc. Furthermore, it has been claimed by some authors that the pulse rate during exercise is influenced by the amount of local muscle stress.

The present data offer a possibility to study the lastmentioned question. This is because the local stress of the muscles—especially in the form of static tensions—was quite different in different series of experiments. This was true for walk without load in comparison with carrying of the different power saws in the different ways here studied. One can also assume that there was a definite difference in this respect between sawing and walking.

The relationship between pulse rate and oxygen consumption rate in the different series of experiments are summarized in fig. 18 and 19; these diagrams also demonstrate the response of the respiratory rate, the ventilation of the lungs and the respiratory quotient. Fig. 18 shows the treadmill experiments while fig. 19 illustrates the field experiments in the forest. It is seen from the diagrams that there were no significant differences in the response of the various factors under the various conditions. The present data therefore failed to demonstrate that local stimuli from the muscles should play any significant role for the pulse rate level and the other factors in the present experimental conditions.

### III. Discussion.

CHRISTENSEN and NILSSON (1954) recently summarized the experience from their own and other studies in Swedish industry by making the following schedule for the practical evaluation of the heaviness of industrial jobs from

observations of oxygen consumption, pulse rate and rectal temperature during work:

Function	Heaviness of work					
	Very light	Light	Medium heavy	Heavy	Very heavy	Too heavy
Oxygen uptake, litres per minute	< 0.5	0.5—1.0	1.0—1.5	1.5—2.0	2.0—2.5	> 2.5
Pulse rate. . . . .	(< 75)	75—100	100—125	125—150	150—175	> 175
Rectal temperature, °C . . . . .		< 37.5	37.5—38.0	38.0—38.5	38.5—39.0	> 39.0

In the present study, the oxygen consumption and the pulse rate during walking and carrying of power saws were naturally found to vary with the speed of walk; at speeds quite common in forest work these jobs may however be looked upon as heavy or very heavy, according to the schedule given above. The different types of sawing work with the power saws, on the other hand, may be labelled as light or medium heavy. The sawing work itself is thus much lighter with power saws than manual sawing which was studied previously by LUND, LUNGGREN, LUTTMAN and ZOTTERMAN (1948). It is evident, however, that the essential problem in using power saws is the effort of carrying them around. It was found in the present study that the lightest saw (24 lbs.) could be carried with one hand reasonably easy, thus leaving the other hand free for carrying the other tools which the worker has to bring along. The 35 and 43 lbs. saws, on the other hand, were too heavy to be handled in this practical way.

Although the lightest saw was not too uncomfortable to carry, it must be pointed out that still lower weights of power saws would be preferable if they can be made technically acceptable. In Swedish forests there is a predominance of rather small diameters of the trees; under such conditions one may state that a little weaker engine and thus a slight increase of the cutting time may be justified if it is associated with less effort in handling the saw.

Among the possibilities to diminish the effort of carrying the power saws may be mentioned that a shoulder girth was found to be useful. Furthermore, it was demonstrated that snow shoes were of very good help in winter time. Attempts are being made at present to improve the present models of snow shoes and also to test the usefulness of small sledges and barrows in transporting the equipment of the forest workers.

#### IV. Summary.

1. Determinations were made of the oxygen consumption rate in operating one-man power saws of different weights, and during walk at different

- speeds and in different ground and snow conditions, with and without carrying of the power saws.
2. Walk at speeds common among forest workers was found to be a heavy or sometimes very heavy job. Comparisons with treadmill experiments at the same oxygen consumption rate demonstrated that the speed of walk was diminished with 15 % on an icy road, with 40 % in 2 to 4 in. of loose and dry snow, with 60 % in 12½ to 16½ in. of quite compact snow, and with 80 % in 16 % uphill grade with a snow cover amounting to 16½ in.
  3. At an unchanged oxygen consumption, the speed of walk was diminished with 3 to 16 % during carrying of 24 lbs. power saw, with 12 to 30 % during carrying of a 35 lbs. saw, and with 27 to 31 % at a saw weight of 43 lbs., as compared to walk without load.
  4. The efficiency of work in carrying the heavier power saws could be increased by the use of a shoulder girth. The value of using snow shoes was well established.
  5. In operating the power saws, the weight of the saw was of less importance than in carrying them; sawing work with power saws was only light or medium heavy.
  6. The pulse rate/oxygen consumption ratio of the subject was not significantly influenced by the differences in local muscle strain—especially in the form of static tensions—which were apparent in different series of experiments.