

Arbeidsbekledning og total arbeidsbelastning

Effekter av antall lag, størrelse og vekt

Maren Trones Christiansen

MSc in Biology

Innlevert: mai 2017

Hovedveileder: Randi Eidsmo Reinertsen, IBI

Medveileder: Julie Renberg, SINTEF

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for biologi

FORORD

Masteravhandlingen er skrevet ved Institutt for biologi ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Oppgaven gjennomførte en del av det større prosjektet «Helseeffekter av ulike skiftarbeidsordninger i petroleum- og helsesektoren» som er finansiert av Norges forskningsråd, ENI, Norsk Sykepleierforbund, Spekter og Fagforbundet. Jeg vil takke SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling Helse, for at jeg fikk mulighet å skrive oppgaven under deres veiledning.

Hovedveileder har vært forskningsdirektør og professor Randi Eidsmo Reinertsen. Jeg ønsker å takke henne for all veiledning og gode tilbakemeldinger. Din oppmuntring gjennom oppgaveskrivingen har vært uvurderlig. Jeg ønsker å rette en stor takk til min faglige veileder PhD-stipendiat Julie Renberg. Jeg ønsker å takke henne for opplæring på lab, planlegging av studien og hjelp med timevis av datainnsamling. Tusen takk for dine kritiske og gode tilbakemeldinger i prosessen av oppgaveskrivingen. Jeg ønsker også å rette en stor takk til forsker Øystein Wiggen. Du var til stor hjelp i oppgaveskrivingen, og dine tilbakemeldinger hjalp meg å få et overordnet syn.

Takk til alle ansatte på Sintef, avdeling Helse som tok meg godt imot. En stor takk rettes også til hver av forsøkspersonene som frivillig stilte opp slik at jeg kunne gjennomføre datainnsamlingen.

Til sist ønsker jeg å takke alle mine nærmeste. Mine medstudenter Kristine Dyb og Nora Sunde har gjort mørke dager lyse. Tusen takk for all idemyldring i uklare stunder, og for at dere alltid har sørget for gode pauser i arbeidet. Jeg ønsker også å takke min familie og kjæreste for oppmuntring underveis i skriveprosessen og korrekturlesing.

Trondheim, mai 2017

Maren Trones Christiansen

SAMMENDRAG

Bakgrunn: Flerlags arbeidsbekledning og personlig verneutstyr brukes ved arbeid i krevende omgivelser. Det er vist at bekledningsdetaljer som antall lag, passform og vekt kan påvirke den totale arbeidsbelastningen. Bekledningsstudier gjennomført på 1970-tallet danner fremdeles grunnlaget for dagens anbefalinger når det gjelder bruk av arbeidsbekledning (Lotens, 1988, Rintamäki, 2005). Flere lag gjør det mulig å regulere varmeutvekslingen i bekledningen etter arbeidsintensitet og omgivelsestemperatur. Tidligere studier har målt en ekstra energikostnad på 3-4% pr lag (Teitlebaum og Goldman, 1972, Amor et al., 1973). Moderne arbeidsbekledning er laget av nye materialer, har lavere vekt og har mulighet for å justere passform. Det er derfor av interesse å undersøke om anbefalingene som er basert på arbeidsbekledningen slik den var på 1970-tallet fortsatt gjelder.

Mål: Studiens mål var å undersøke hvordan antall lag, én størrelse større ytterbekledning og økt vekt i dagens arbeidsbekledning påvirker total arbeidsbelastning.

Metode: Det ble gjennomført et kontrollert laboratoriestudie i klimakammer, hvor fem bekledningskonsept ble testet på 20 forsøkspersoner for å undersøke om de påvirket arbeidsbelastningen. Arbeid ble simulert med 5 min gange på tredemølle ved $5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, på 0° og 6° stigning. De fem bekledningskonseptene ble undersøkt etter hverandre med hvileperiode mellom hvert konsept, hvor forsøkspersonene ble termisk nøytrale i hvileperioden før neste konsept ble undersøkt. Arbeidsbelastning ble målt som oksygenopptak (VO_2), hjerterefrekvens (Hf), metabolsk rate (MR), mekanisk effektivitet (ME) og opplevd anstrengelse.

Resultat: Et ekstra lag økte VO_2 med 1,8% ved gange på 6° stigning, og medførte ingen forskjell ved 0° stigning. Én størrelse større ytterbekledning hadde ingen effekt på arbeidsbelastning. Bruk av arbeidsbekledning og personlig verneutstyr økte arbeidsbelastning og grad av anstrengelse, hvor VO_2 økte med 17,9% og 15,8% sammenlignet med en ettlagsbekledning ved 0° og 6° stigning.

Konklusjon: Arbeidsbelastning blir påvirket av bekledning og arbeidsintensitet. Et ekstra lag økte arbeidsbelastningen kun ved høyere intensitet. Flere lag gjør regulering av varmeutveksling lettere i bekledningen, og overgår derfor ulempen av en minimal økning i energikostnader. Én økt størrelse i yttertøy har ingen effekt på arbeidsbelastning ved gange, som kan skyldes gode strammemekanismer som sørger for bedre passform i moderne bekledning. Båret totalvekt er størst ved bruk av bekledning og personlig verneutstyr, og gjenspeiler en reell arbeidsbelastning. Bekledningens vekt påvirker arbeidsbelastning i størst grad, og reduksjon i bekledningsvekt vil kunne senke arbeidsbelastningen.

ABSTRACT

Background: Work clothing with multiple layers and personal protective equipment is used in demanding environments. It's shown that clothing details such as number of layers, fit and weight can affect total workload. Results from studies carried out in the 1970s still form the basis for today's recommendations regarding use of work clothing (Lotens, 1988, Rintamäki, 2005). Multiple layers make it possible to regulate heat exchange in the clothing when there's variation in work intensity and ambient temperature. Previous studies have measured an additional energy cost of 3-4% for each layer (Teitlebaum and Goldman, 1972, Amor et al., 1973). Today's work clothing is made of new material, has lower weight and the ability to adjust fit. It's therefor of interest to investigate if the recommendations and guidelines that are based on the workload as it was in the 1970s still applies.

Aim: The aim of the study was to investigate how number of layers, one size larger outerwear and weight in modern work wear affect the total workload.

Method: A controlled laboratory study was conducted, where five clothing concepts were tested on 20 subjects to investigate how they affected workload. Work was simulated with 5 minutes walking on a treadmill at $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, at 0° and 6° rise. The clothing concepts were examined at controlled ambient temperatures, and the subjects became thermally neutral during rest periods before the next concept where tested. Workload was measured as oxygen consumption (VO_2), heart rate (HR), metabolic rate (MR), mechanical efficiency (ME) and degree of exertion.

Results: An additional clothing layer increased VO_2 by 1,8% when walking at 6° rise, and had no effect at 0° rise. One larger size in outerwear had no effect on workload. Multi-layer work clothing and personal protective equipment affected workload and degree of exertion. Work clothing and personal protective equipment increased VO_2 by 17,9% and 15,8% compared to a single layer at 0° and 6° rise.

Conclusion: Workload is affected by clothing and work intensity. Use of an additional layer had only an effect at higher intensity. Multiple layers make regulation of heat exchange easier in the clothing, which overcomes the disadvantage of a low increase in energy cost. One size larger outerwear had no effect on workload during walking, which may be due to good tightening mechanisms that provide better fit. Total weight is greatest when wearing work wear and personal protective equipment, which reflects a real workload. It's the increase in weight that affects the workload to the greatest extent, and reduction in clothing weight may lower workload.

Forkortelser

Symbol	Forklaring	Enhet
D	Tetthet	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Hf	Hjertefrekvens	$\text{Slag}\cdot\text{min}^{-1}$
MR	Metabolsk rate	$\text{Watt}\cdot\text{m}^{-2}$
ME	Mekanisk effektivitet (brutto)	%
RER	Respiratorisk utvekslingsratio	
T_a	Omgivelsestemperatur	$^{\circ}\text{C}$
T_{rek}	Rektal kjernetemperatur	$^{\circ}\text{C}$
T_{hud}	Gjennomsnittlig hudtemperatur	$^{\circ}\text{C}$
VO_2	Oksygenopptak	$\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$, $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

INNHOLD

1	INTRODUKSJON	1
1.1	Bakgrunn.....	1
1.2	Bekledning.....	1
1.2.1	Effekt av bekledningsvekt.....	2
1.2.2	Effekt av bekledningslag.....	3
1.2.3	Effekt av passform og størrelse.....	4
1.3	Intensitet og arbeid.....	5
1.4	Mål, hypoteser og prediksjoner.....	6
1.4.1	Hypoteser	7
1.4.2	Prediksjoner	7
2	MATERIAL OG METODE	8
2.1	Forsøkspersoner	8
2.2	Forsøksprotokoll	9
2.2.1	Pre-måling.....	9
2.2.2	Forsøk	10
2.3	Bekledning.....	12
2.3.1	Bekledningskonsept.....	12
2.3.2	Vektkorreksjon.....	13
2.4	Test-retest.....	13
2.5	Måleparameter og utstyr	14
2.5.1	Klimakammer	14
2.5.2	Oksygenopptak	14
2.5.3	Metabolsk rate.....	15
2.5.4	Mekanisk effektivitet	15
2.5.5	Hjertefrekvens.....	15
2.5.6	Rektal- og hudtemperaturer	15
2.5.7	Fettprosent.....	16
2.5.8	Subjektiv evaluering	16
2.5.9	Væsketap.....	17
2.6	Analyse	17
2.7	Statistikk	17

3	RESULTATER	18
3.1	Kroppstemperaturer og termisk komfort i hvileperiodene.....	18
3.2	Effekt av lag.....	19
3.2.1	Oksygenopptak	19
3.2.2	Hjertefrekvens, metabolsk rate, mekanisk effektivitet og grad av anstrengelse..	20
3.3	Effekt av én størrelse større ytterbekledning	21
3.3.1	Oksygenopptak	21
3.3.2	Hjertefrekvens, metabolsk rate, mekanisk effektivitet og grad av anstrengelse..	22
3.4	Effekt av vekt fra arbeidsbekledning og personlig verneutstyr	23
3.4.1	Oksygenopptak	23
3.4.2	Hjertefrekvens, metabolsk rate, mekanisk effektivitet og grad av anstrengelse..	24
4	DISKUSJON.....	25
4.1	Kroppstemperaturer og termisk komfort i hvileperiodene.....	25
4.2	Effekt av lag.....	26
4.3	Effekt av én størrelse større ytterbekledning	29
4.4	Effekt av vekt fra arbeidsbekledning og personlig verneutstyr	31
5	KONKLUSJON	36
5.1	Fremtidige studier	36
6	REFERANSELISTE	37
7	VEDLEGG	40

1 INTRODUKSJON

1.1 Bakgrunn

Ved eksponering for kulde er det nødvendig å bruke arbeidsbekledning og personlig verneutstyr for å sikre optimal beskyttelse og funksjonalitet. På grunnlag av dette har majoriteten av tidligere forskning hatt et hovedfokus på å undersøke hvordan arbeidsbekledning påvirker varmeutveksling mellom kropp og omgivelser (Havenith, 1999). Arbeidsbekledninger påvirker kroppen, hvor den totale arbeidsbelastningen vil påvirkes av ulike bekledningsdetaljer. Høy arbeidsbelastning over tid vil resultere i redusert fysisk prestasjon og kortere tid til utmattelse (Lotens, 1988, Taylor et al., 2012). I en gjennomgang av bekledningslitteraturen skriver Rintamäki (2005) at bruk av arbeidsbekledning er nødvendig for å sikre optimal komfort og prestasjon. Dersom arbeidsbekledningen tilfører økt vekt eller begrenser kroppens bevegelsesmønster vil dette øke energikostnadene under arbeid, og dette vil videre redusere ytelse. Arbeidsbekledninger har ulike bekledningsdetaljer, og vil kunne variere i antall lag, passform og totalvekt. Under aktivitet vil disse bekledningsdetaljene påvirke fysiologiske responser og arbeidsbelastning på ulik måte (Lotens, 1988).

1.2 Bekledning

Arbeidsbekledning brukes for å beskytte kroppen mot kalde eller varme omgivelser. Dersom kroppen utsettes for temperaturstress vil den prøve å opprettholde en stabil kroppstemperatur ved å endre adferd og varmeproduksjon. Både kulde og varme kan føre til økt fysiologisk stress, og man ønsker å begrense dette ved bruk av hensiktsmessig bekledning. Bekledning er dermed en atferdsmessig form for temperaturregulering, og danner en ekstra beskyttende barriere mellom kropp og omgivelser. I kalde omgivelser øker faren for kuldestress, og hvis hud- og kjernetemperaturer blir redusert kan dette resultere i flere negative konsekvenser. Eksponering for kulde øker faren for nedsatte nervefunksjoner, stivere ledd og muskler (Hoffman, 2001), lengre responstid (Mäkinen et al., 2006), samt nedsatte fysiske prestasjoner (Wiggen et al., 2011). Det er derfor viktig å opprettholde en normal kroppstemperatur for å kunne prestere optimalt i krevende omgivelser.

Tidligere studier viser at mennesker i kaldere klima spiser mer enn forventet (Johnson og Kark, 1947). Det ble tidlig foreslått at det økende energikravet kom som en følge av at bekledningen i kaldere områder er tyngre og mer klumpete, som resulterer i at man bruker mer energi for å

gjennomføre arbeid (Gray et al., 1951, Teitlebaum og Goldman, 1972). Dersom bekledning er stiv og klumpete langs kroppens ledd vil dette øke den totale arbeidsbelastningen, som i litteraturen er referert til som *hobblingeffekten* (Teitlebaum og Goldman, 1972). Dette undersøkte Havenith (2010) da han sammenlignet moderne vinterbekledning med kopier av vinterbekledningene brukt av polfarerne Amundsen og Scott. Studien viste at eldre vinterbekledning hadde lavere isolasjon til masse-ratio, og at bruk av Scotts vinterbekledning resulterte i studiens høyeste energiforbruk grunnet økt vekt, stivhet og klumpete passform. Endringene i arbeidsbelastning kan bli undersøkt ved å måle arbeidsøkonomi, som er en måte å uttrykke oksygenkostnaden ved en gitt intensitet eller kraftproduksjon (Bassett og Howley, 2000). Arbeidsøkonomi er i tilknytning til det mer sammensatte begrepet mekanisk effektivitet, som er andelen eksternt arbeid over total energiproduksjon. Studier har vist at utforming av sko og bekledning vil påvirke både arbeidsøkonomi (Duggan, 1988) og mekanisk effektivitet (Taylor et al., 2012). En lavere mekanisk effektivitet ved en gitt arbeidsintensitet viser at en mindre andel av det totale energiforbruket blir brukt til eksternt arbeid, og at kroppen dermed jobber mindre effektivt (McArdle et al., 2010).

1.2.1 Effekt av bekledningsvekt

Kroppens energikostnad øker lineært når man går ved økende fart og stigning (Bobbert, 1960). Arbeidsbekledningens hovedfunksjon er å beskytte kroppen mot potensielt skadelige omgivelser, og dette resulterer ofte i økt vekt. Ekstra vekt som er plassert på kroppens torso og midje vil føre til en høyere belastning som tilsvarer en økt sentral kroppsmasse (Goldman og Iampietro, 1962). Den økte arbeidsbelastningen kan måles som økt oksygenopptak. Høy båret vekt vil resultere i redusert metabolsk effektivitet, og vil videre redusere ytelse under ulike aktiviteter (Holewun og Lotens, 1992). Høy vektbelastning under aktivitet har vist seg å endre gange, redusere mekanisk effektivitet og øker faren for skader (Martin og Nelson, 1986, Holewun og Lotens, 1992, Knapik et al., 2004). Rintamäki (2005) skriver basert på tidligere studier (Amor et al., 1973, Oksa et al., 2004) at man kan forvente en økning i energikostnader på ca. 3% pr ekstra kg bekledning. Dorman og Havenith (2009) viste en tilsvarende økning på 2,7% ved undersøkelse av 14 ulike arbeidsbekledninger.

Det er ikke bare vekten alene som er en viktig faktor, men plasseringen vil også påvirke den totale arbeidsbelastningen. Vekt plassert på kroppens ekstremiteter vil føre til en relativt større arbeidsbelastning sammenlignet med tilsvarende vekt plassert på midjen (Soule og Goldman,

1969, Dorman og Havenith, 2005). Sko øker vekten på føtter, og det er vist at tyngre sko reduserer arbeidsøkonomien ved gange (Jones et al., 1984). Dette fordi vekt på føtter og armledd i større grad må akselerere og bremses ved hver bevegelse, som videre gir økte energikostnader (Nunneley, 1989). Disse økte energikostnadene øker kroppens arbeidsbelastning uten å endre målbart eksternt arbeid (Nunneley, 1989). Arbeid i krevende omgivelser har ofte behov for personlig verneutstyr for å sikre optimal beskyttelse. Det personlige verneutstyret plasserer ekstra vekt på ulike deler av kroppen, hvor vekt også blir plassert mot ekstremitetene. Det er verneskoene som fører til den relativt største økningen i metabolsk belastning ved bruk av full brannmannsbekledning, og det er foreslått at stive og tunge sko endrer bevegelseeffektiviteten (Taylor et al., 2012). Taylor et al. (2012) skriver at det er lett å øke vekten i verneutstyr for å bedre lokal beskyttelse, men dersom den totale vektøkningen blir stor vil dette ha en negativ effekt på arbeidsbelastning. Majoriteten av tidligere studier som har undersøkt arbeidsbelastning ved bruk av moderne arbeidsbekledning har ikke inkludert personlig verneutstyr, og har dermed ikke undersøkt den reelle arbeidsbelastningen.

1.2.2 Effekt av bekledningslag

Burton og Edholm (1955) skriver at det største problemet for arktisk beskyttelsesbekledning er forholdet mellom overoppheting under aktivitet og etterfulgt nedkjøling ved hvile. Dette problemet kan løses ved at vinter- og arbeidsbekledningen består av flere lag, hvor man har mulighet for å legge til eller fjerne lag etter behov (Reed et al., 1988). Dette er en fordel dersom man ønsker å variere isolasjonen i henhold til forandringer i omgivelser og aktivitet. Bruk av flere bekledningslag vil kunne resultere i en ekstra arbeidsbelastning under aktivitet, selv etter at det er korrigert for de økte vektforskjellene (Teitlebaum og Goldman, 1972). Teitlebaum og Goldman (1972) sammenlignet energikostnadene i en 7-lags arktisk vinterbekledning med en 2-lags kontrollbekledning med vektkorreksjon plassert på midje. Studien observerte at vinterbekledningen resulterte i en økning på 18% ved gange på $5,6 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, og 14% ved gange på $8 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$. Amor et al. (1973) gjennomførte en studie for å bekrefte funnene ved gange på $3,6 - 6 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$. Studien sammenlignet bekledninger med 6-4 lag og 3-2 lag mot en kontrollbekledning med 0-1 lag. Til tross for at bekledningene var vekt-korrigert, resulterte flerlags-bekledningene i økt energiforbruk på 21% og 8% fra kontrollbekledningen. Basert på disse studiene oppsummerte Lotens (1988) at hvert ekstra lag ville medføre en økt energikostnad på 4% på høyere intensitet, og 3% på lavere intensitet. Det er foreslått at

økningen kommer som et resultat av økt friksjon mellom lagene og at bekledningen blir stiv og klumpete som påvirker bevegelse (Teitlebaum og Goldman, 1972, Duggan, 1988). Dette skaper et større arbeidskrav, og flere lag er et problem dersom de påvirker kroppens bevegelsesfrihet under arbeid (Teitlebaum og Goldman, 1972, Dorman og Havenith, 2009). Forskjell i prestasjon ved bruk av trelagsbekledning med lav og høy friksjon er blitt undersøkt ved ulike aktiviteter. Rintamäki (2005) skriver at bekledning med lavere friksjon forbedrer prestasjoner i aktiviteter med større bevegelsesmønster, og ved gange med 10° stigning resulterte lavere friksjon i prestasjonsforbedringer på 7%. De tidligste bekledningsstudiene ble gjennomført på 1970-tallet, og undersøkte effekten av datidens vinter- og arbeidsbekledning. Ettersom moderne arbeidsbekledning har bedre isolasjon til masse-ratio i forhold til eldre bekledninger (Havenith, 2010), gjør dette at hvert lag kan være tynnere og lettere for tilsvarende isolasjon. Det er få studier gjennomført i senere tid som har undersøkt effekten av lag i moderne arbeidsbekledning. Dersom effektene av flere lag er mindre i moderne arbeidsbekledning vil dette gi grunnlag for nye anbefalinger.

1.2.3 Effekt av passform og størrelse

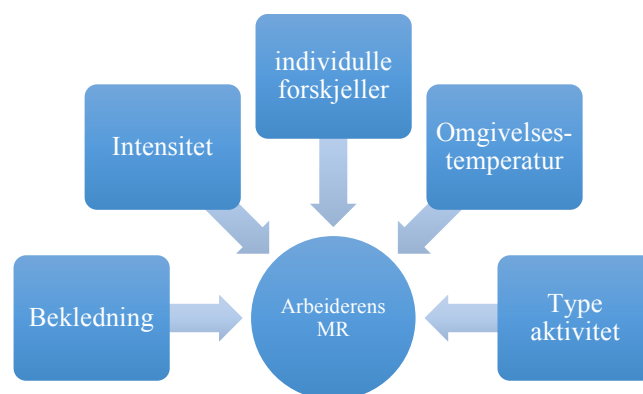
I mange industrier er det begrenset utvalg av størrelser og modeller i arbeidsbekledninger, og det vil ikke alltid være et optimalt forhold mellom den fysiske dimensjonen i bekledningen og kroppen (Adams og Keyserling, 1995). Dette er spesielt et problem for mindre menn og kvinner som bruker unisex-størrelser ved arbeid. Dersom bekledningens passform påvirker bevegelsesmønster og opplevd komfort, kan dette påvirke ytelsen under arbeid (Laing og Sleivert, 2002).

Det er mange definisjoner av begrepet *korrekt passform*. Shishoo (1989) definerte passform som forholdet mellom brukerens kroppsfasong og størrelsen på bekledningen, som igjen vil påvirkes av fysiske og mekaniske evner i bekledningen. Korrekt passform ansees ofte for å være en subjektiv vurdering bestemt av brukeren, og det er viktig at man opplever god komfort slik at det skapes et ønske om å bruke bekledningen. Dersom bekledningen er for stor eller for liten kan dette redusere optimalt bevegelsesmønster, som videre kan resultere i redusert mobilitet og beskyttelse (Keeble et al., 1992, Huck et al., 1997). Spesielt i arbeids- og beskyttelsesbekledninger er det vist at yttertøyet har et problem relatert til bukseskrittet og dets ideelle passform (Keeble et al., 1992). Dersom bekledningen påvirker skrittlengden ved gange kan dette hindre arbeidere å bevege seg raskt, og sjansen for rift økes (Keeble et al., 1992). I

ekstreme tilfeller vil dårlig passform i arbeidsbekledning redusere produktivitet og ytelse, og kan i tillegg øke faren for skader dersom arbeideren ikke ønsker å bruke bekledningen (Huck et al., 1997). Tidligere studier har undersøkt effekter av arbeidsbeklednings passform ved å måle Range of Motion som er grad av bevegelsesfrihet (Huck, 1988, Adams og Keyserling, 1995) og prestasjon under arbeid (Tremblay-Lutter og Wehrer, 1996, Wiggen et al., 2011). Dersom bekledningen reduserer bevegelsesfriheten i merkbar grad, kan dette øke energikostnadene under arbeid og aktivitet (Lotens, 1988). Få studier har undersøkt om økning i bekledningsstørrelse fører til økt hobblingeffekt i moderne arbeidsbekledning. Dersom bruk av for stor arbeidsbekledning resulterer i økt hobblingeffekt vil dette potensielt ha en effekt på kroppens totale arbeidsbelastning.

1.3 Intensitet og arbeid

Kroppens metabolske rate (MR) påvirkes av ulike faktorer (figur 1). Arbeidsbekledninger vil påvirke brukeren i ulik grad, og dette er avhengig av intensitet og type aktivitet (Taylor et al., 2016). Både intensitet og ekstern belastning fra bekledning og utstyr vil derfor påvirke tiden til utmattelse under arbeid. Arbeidsbekledning kan resultere i økt arbeidsbelastning, hvor stasjonært arbeid påvirkes i mindre grad enn dynamisk arbeid (Nunneley, 1989).



Figur 1: Sentrale faktorer som påvirker den metabolske raten (MR) hos en arbeider.

Murphy et al. (2001) sammenlignet energikostnadene ved bruk av kjemisk beskyttelsesbekledning og militær kampuniform ved aktiviteter med ulik intensitet. I aktiviteter med høyere mobilitet- og intensitetsnivå ble det målt en større økning i fysiologisk belastning ved bruk av kjemisk beskyttelsesbekledning sammenlignet med kampuniform. Da oksygenopptaket ble normalisert for kroppsvekt inkludert vekt av bekledningen ble det kun

observert en forskjell under aktiviteter med høyere intensitet. Den økte energikostnaden ble tilskrevet økt hobblingeffekt fra stivere beskyttelsesbekledning. Det er stor forskjell i type arbeid i ulike yrkesgrupper. Intensitet under arbeid vil også variere i løpet av en dag innad i yrkesgruppene, hvor det både vil være perioder med lav og høy intensitet (Høye et al., 2016). Dersom moderne arbeidsbekledning har varierende effekt avhengig av intensitetsnivået, er det av interesse å undersøke bekledningens effekt på ulike intensiteter.

De første studiene som undersøkte effektene av vinter- og arbeidsbekledning på arbeidsbelastning ble gjennomført på 1970-tallet, og er brukt som grunnlag for dagens anbefalinger. Studiene brukte datidens vinter- og arbeidsbekledning, og siden den gang har materialer og design endret seg mye. Dagens arbeidsbekledning har høyere isolasjon til masse-ratio, og som et resultat av dette er hvert lag tynnere og lettere. I løpet av de siste 10-årene har enkelte studier undersøkt total arbeidsbelastning ved bruk av arbeidstøy, med hovedfokus på brannmannsbekledning og personlig beskyttelsesbekledning (Dorman og Havenith, 2009, Taylor et al., 2012). Få studier har undersøkt effektene av ny og moderne arbeidsbekledning, og det er uvisst om anbefalingene fra 1970-tallet fortsatt er gjeldene for dagens arbeidsbekledning. Dersom moderne bekledning resulterer i andre effekter, kan det gi grunnlag for nye bekledningsråd. Arbeidsbekledning kan variere i antall lag, passform og totalvekt, og det er av interesse å utvide kunnskapen tilknyttet dette feltet. Arbeidsbekledning brukes ofte sammen med personlig verneutstyr, hvor ekstra vekt fra verneutstyret kan øke arbeidsbelastningen. Det er derfor viktig å undersøke effektene av arbeidsbekledning brukt sammen med personlig verneutstyr, for å få kunnskap om arbeidsbelastningen en er utsatt for i en reell arbeidssituasjon.

1.4 Mål, hypoteser og prediksjoner

Hovedmål for masteravhandlingen var å utvide kunnskapen om moderne arbeidsbekledning og dens effekter på total arbeidsbelastning. Det ble i henhold til dette laget tre hypoteser for å undersøke effektene av et ekstra lag, økt størrelse i ytterbekledning og økt vekt fra trelags arbeidsbekledning og personlig verneutstyr. For å undersøke effektene av bekledningene var det ønskelig å redusere omgivelsestemperaturen, for å minimere temperaturstress i løpet av forsøksprotokollen. Det ble bestemt at total arbeidsbelastning skulle undersøkes ved bruk av fem ulike bekledningskonsept i et kontrollert laboratoriestudie. Ettersom en arbeidsdag består

av varierende intensiteter, ble arbeidsperioder med både lavere og høyere intensitet undersøkt. Arbeidsperiodene var gange på tredemølle, ved henholdsvis $5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ på 0° og 6° stigning.

1.4.1 Hypoteser

Studiens overordnede hypotese er at moderne arbeidsbekledning vil øke kroppens totale arbeidsbelastning, hvor den totale effekten vil avhenge av ulike bekledningsdetaljer.

1. Arbeidsbekledning med tre bekledningslag; undertøy, mellombekledning og yttertøy, vil føre til økt arbeidsbelastning ved aktivitet, sammenlignet med to bekledningslag; undertøy og yttertøy, ved samme båret totalvekt.
2. Ytterbekledning i én størrelse større enn korrekt størrelse vil føre til økt arbeidsbelastning ved aktivitet, ved samme båret totalvekt.
3. Økt vekt og belastning fra en trelags arbeidsbekledning, med og uten personlig verneutstyr, vil føre til økt arbeidsbelastning ved aktivitet sammenlignet med en ettlagsbekledning.

1.4.2 Prediksjoner

Økt arbeidsbelastning fra ulike arbeidsbekledninger vil resultere i økt oksygenopptak, hjertefrekvens og subjektiv grad av anstrengelse, samt lavere mekanisk effektivitet.

2 MATERIAL OG METODE

Masteravhandlingen gjennomførte en del av det større prosjektet «Helseeffekter av ulike skiftarbeidsordninger i petroleum- og helsesektoren». Den eksperimentelle delen av masteroppgaven ble gjennomført i Arbeidsfysiologisk laboratorium ved SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling Helse. Forsøksprotokollen ble godkjent av Norsk senter for forskningsdata (NSD) før prosjektet ble igangsatt.

2.1 Forsøkspersoner

Det ble brukt 20 friske menn som meldte seg frivillig til å delta i studien. Tabell 1 viser karakteristikker for forsøkspersonene. Deltagerne var i hovedsak studenter rekruttert fra Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Før forsøket startet ble alle forsøkspersonene informert om studiens protokoll og formål. Forsøkspersonene ble informert om deres rettigheter til å når som helst å avbryte forsøket i henhold til Helsinki deklarasjonen, før det deretter ble underskrevet samtykke for deltagelse (Vedlegg A1). Kriteriene for å delta i studien var følgende:

- Mann i alderen 18-35 år
- Høyde mellom 175-195 cm
- Man kunne ikke delta dersom man tidligere hadde vært utsatt for frostskafer eller har hvite fingre (Raynauds syndrom).
- Bestått en medisinsk undersøkelse før gjennomføringen av selve forsøket kunne begynne.

Avbruddskriterier for forsøket var dersom kjernetemperaturen ble målt under 35,5°C eller over 39,5°C, dersom hudtemperaturen falt under 10,0°C i mer enn 20 minutter eller dersom hudtemperaturen nådde 8,0°C. Avbrudd kunne også skje dersom forsøkspersonen selv ønsket det eller grunnet vurdering fra prosjektleder.

Tabell 1: Forsøkspersonenes karakteristikk. Tabellen inkluderer alder, vekt, høyde, kroppsoverflate og kroppsfett. Kroppsoverflate er beregnet fra ligning 5 og kroppsfett fra ligning 10. Inkludert gjennomsnitt og standardavvik, ved n=20.

Forsøksperson	Alder år	Vekt kg	Høyde cm	Kroppsoverflate m ²	Kroppsfett %
1	25	70	179	1,95	11,1
2	20	93	190	2,21	13,8
3	25	87	188	2,14	12,7
4	25	82	179	2,01	10,2
5	24	83	186	2,07	9,3
6	27	83	179	2,03	14,6
7	21	86	189	2,14	16,3
8	25	87	197	2,21	8,7
9	21	79	181	2,00	16
10	25	80	185	2,04	10,5
11	23	72	175	1,89	14,3
12	25	83	185	2,08	13,6
13	30	86	182	2,08	12,3
14	28	72	177	1,88	15,6
15	25	83	187	2,07	14,3
16	23	69	175	1,84	12,5
17	24	78	186	2,02	9,1
18	22	80	178	1,99	10,1
19	23	72	175	1,86	11,1
20	24	79	177	1,98	15,0
Gjennomsnitt	24	80	183	2	13
Standard avvik	2,4	5,8	6,2	0,1	2,4

2.2 Forsøksprotokoll

Alle forsøkspersonene måtte komme inn på en pre-måling og et forsøk.

2.2.1 Pre-måling

Før forsøket startet måtte alle forsøkspersonene komme inn på en pre-måling. Dette for å finne korrekt størrelse i de ulike bekledningslagene og verneskoene som skulle brukes. Det ble brukt bekledningsstørrelser mellom M-XL, og korrekt passform ble bestemt ut fra forsøkspersonenes subjektive evaluering og etter vurdering fra forsøksleder. På pre-målingen ble det gjennomført målinger av høyde, vekt og fettprosent. Arbeidet som skulle gjennomføres i forsøket var gange,

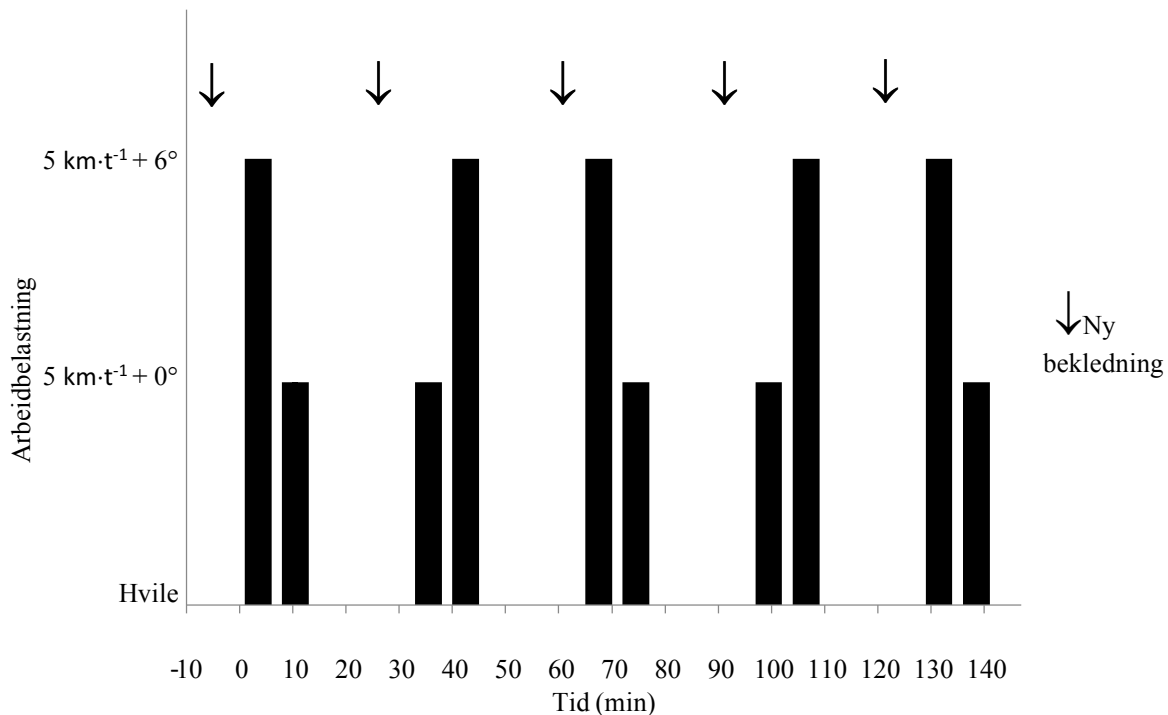
og alle forsøkspersonene hadde informert om tidligere kjennskap til gange på tredemølle. Det var det derfor ikke ansett som nødvendig å familiære seg med prosedyren.

2.2.2 Forsøk

Forsøkspersonene deltok i et forsøk der alle bekledningskonseptene ble testet på samme dag. Det ble gjennomført undersøkelse av fem ulike bekledningskonsepter A-E (tabell 2). Undersøkelser ble gjort ved gange på $5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ ved 0° og 6° stigning. For å minimere temperaturstress ved bruk av de ulike bekledningene, ble lengden på arbeidsperiodene og omgivelsestemperaturen modifisert deretter. Test av bekledningskonsept A ble gjennomført i varmekammeret ved 18°C , mens bekledningskonseptene B-E ble gjennomført i kuldekammeret ved 0°C .

På testdagen ble forsøkspersonene først veid uten bekledning. De plasserte selv inn en rektalprobe, før det ble festet på 6 hudtermistorer. Det ble så festet på en sportsmåler på bryst og håndledd for måling av hjerterefrekvens. Forsøkspersonene hvilte 10 minutter i romtemperatur til de var termisk komfortable før de deretter tok på seg den aktuelle bekledningen som skulle undersøkes.

For hvert bekledningskonsept ble det gjennomført to arbeidsperioder i klimakammeret som var gange på tredemølle (PPS 55 sport-1 climatel, Woodway, Weil am Rhein, Germany). Forsøkets protokoll kan sees i figur 2 som viser arbeidsbelastningen for hvert konsept. Oksygenopptak ble målt kontinuerlig i arbeidsperiodene. Mellom arbeidsperiodene for hvert bekledningskonsept var det en hvilepause på 2 minutt i klimakammeret, der forsøkspersonene gikk av tredemøllen. Etter hver endte arbeidsperiode ble det gjennomført subjektiv evaluering for grad av anstrengelse og termisk fornemmelse. Forsøkspersonene ble så tatt ut av klimakammeret, og kledde av seg yttertøy. De hvilte deretter sittende i 15 minutter, og de ble spurt om termisk komfort etter minutt 5, 10 og 15. Det var mulig å drikke vann i pausene, og all inntatt væske ble veid underveis. Deretter ble det ble brukt 5 minutter for å bytte til neste bekledningskonsept. Dette ble gjentatt til alle konseptene var undersøkt. Da alle konseptene var testet måtte forsøkspersonene veie seg før de var ferdige.



Figur 2: Testprotokoll for undersøkelse av bekleddingskonseptene A-E. Hvert konsept ble undersøkt ved gange på $5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ ved 0° og 6° stigning. ↓ angir bekleddingsskifte etter gjennomført hvilepause, før nytt konsept ble undersøkt.

For å forhindre effekt av rekkefølgen mellom konseptene ble bekleddingskonseptene rekkefølge balansert ved å lage en latin square (Vedlegg A2). Arbeidsintensitetene ble balansert innad i forsøket (figur 2). Hver forsøksperson ble målt med alle bekleddingskonseptene, og fungerte dermed som sin egen kontroll.

Forsøkspersonene ble bedt om å spise og drikke tilstrekkelig før forsøket startet. I hvilepausene mellom hvert bekleddingskonsept hadde alle subjektene fri tilgang på å drikke vann for å unngå dehydrering. Forsøkspersonene ble bedt om avhold fra alkohol og røyk 24 timer før, samt ikke innta kaffe, te eller sjokolade 2 timer før oppstart av forsøket. Dette ble kontrollert ved å bruke et spørreskjema før forsøkets oppstart.

2.3 Bekledning

2.3.1 Bekledningskonsept

Studien undersøkte fem bekledningskonsepter (tabell 2), som heretter blir henviset til som konsept A-E. Bekledningen som ble brukt i forsøket var Brynje undertøy, mellombekledning i ull fra Devold og yttertøy fra Wenaas. Plaggene representerte moderne arbeidsbekledning, og mellombekledning og yttertøy blir i dag brukt som del av arbeidsbekledning. Det personlige verneutstyret i *konsept E* var hjelm med øreklokker, samband og vernesko. Utstyret skulle tilsvare personlig verneutstyr som blir brukt i reelle arbeidssituasjoner. Ved undersøkelse av alle konseptene kunne forsøkspersonene selv velge om de ville bruke hansker og lue, og de kunne fritt regulere temperaturen ved å åpne og lukke ventilasjonen i bekledningen.

Tabell 2: Oversikt over konsept A-E sine bekledningsdetaljer, omgivelsestemperatur, gjennomsnittlig totalvekt og tilhørende standardavvik.

	Bekledningskonsept				
	A	B	C	D	E
Omgivelsestemperatur T_a (°C)	18	0	0	0	0
Bekledningsplagg					
Eget undertøy og sokker	×	×	×	×	×
Egne løpesko	×	×	×	×	
Brynje undertøy	×	×	×	×	×
Belte - med mulighet for vektkorrigering		×	×	×	×
Devold ullundertøy			×	×	×
Wenaas ytterbekledning		×	×		×
Wenaas ytterbekledning, én størrelse større				×	
Vernesko					×
Hjelm med øreklokker					×
Samband					×
Gjennomsnittlig totalvekt (kg)	0,9	4,8	4,8	4,8	7,6
Standardavvik	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3

Konsept A hadde et bekleddningslag, hvor det ble brukt undertøy og egne løpesko. *Konsept B* hadde to bekleddningslag. Bekleddningen besto av undertøy, ytterbekleddning og løpesko. *Konsept C* hadde tre bekleddningslag. Konseptet besto av undertøy, mellomlag, yttertøy og løpesko. Denne bekleddningskombinasjonen ble også brukt i *konsept D*, men her ble det brukt én størrelse større i ytterbekleddningen. *Konsept E* hadde samme bekleddningskombinasjon som konsept C, men det ble i tillegg lagt til personlig verneutstyr.

2.3.2 Vektkorreksjon

For å undersøke effekten av et ekstra mellomlag og effekt av én størrelse større ytterbekleddning ble det korrigert for vektforskjell mellom de aktuelle konseptene (tabell 3). Ekstra vekt som tilsvarte den økte størrelsen i konsept D ble lagt til konsept C, og ekstra vekt fra økt størrelse i D og mellombekleddning i konsept C ble lagt til konsept B. Korrigeringsvekt ble plassert rundt midjen på forsøkspersonene ved bruk av belte, slik konsept B, C og D hadde samme totalvekt. Det ble brukt blylodd på 10-500 g. Ekstra vekt ble tapet til beltet og plassert på hoften slik at det skulle være behagelig og jevnt fordelt. Korreksjonen ble gjennomført avrundet til nærmeste 10 g. Det ble gjort individuell korreksjon for hver av forsøkspersonene basert på kombinasjon av bekleddningsstørrelser.

Tabell 3: Gjennomsnittlig korrigeringsvekt (g) i konsept B og C for å oppnå samme vekt som konsept D.

	D	C	B
Vektkorreksjon (g)	-	105± 30	1265± 50

2.4 Test-retest

For å undersøke variasjon i studiens fysiologiske måleparameter mellom ulike dager ble det gjennomført test-retest med 10 av forsøkspersonene (tabell 4). Det ble beregnet målefeil og variasjonskoeffisient for oksygenopptak (VO_2), hjerterefrekvens (Hf) og gjennomsnittlig hudtemperatur (T_{hud}). Testen ble gjennomført ved omgivelsestemperatur på 18°C, og det ble brukt samme undertøy og joggesko som i konsept A. Målefeil og variasjonskoeffisient ble funnet for gjennomsnitt av minutt 4 og 5.

Tabell 4: Målefeil og variasjonskoeffisient for hjertefrekvens, oksygenopptak og gjennomsnittlig hudtemperatur ved gange på 5 km·t⁻¹ ved 0° og 6°, n=10.

	Hf		VO ₂		T _{hud}	
	(slag·min ⁻¹)		(ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)		(C°)	
	0°	6°	0°	6°	0°	6°
Målefeil	2	2	0,3	0,3	0,1	0,2
Variasjons koeffisient	2	1	2,2	1,1	0,4	0,6

Ligning 1 og 2 viser formel for henholdsvis målefeil og variasjonskoeffisient (MacDougall et al., 1991).

$$Målefeil = \frac{\sqrt{\sum(D-Dm)^2}}{2(n-1)} = \frac{SD}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

$$Variasjonskoeffesient = \frac{Metodefeil}{(X_{1m}+X_{2m})/2} \cdot 100 \quad (2)$$

I ligning 1 er D forskjellen mellom test 1 og test 2 for hver forsøksperson, Dm er gjennomsnittlig forskjell mellom testene, SD er standardavvik fra Dm og n er antall forsøkspersoner. I ligning 2 er X_{1m} og X_{2m} gjennomsnittet av test 1 og test 2.

2.5 Måleparameter og utstyr

2.5.1 Klimakammer

Alle forsøk ble gjennomført i klimakamrene ved Arbeidsfysiologisk laboratorium SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling Helse. I forsøket ble konsept A gjennomført i varmekammer (18°C), og konsept B, C, D og E i kuldekammer (0°C).

2.5.2 Oksygenopptak

Oksygenopptak og respiratorisk utvekslingsratio (RER) ble målt under hele arbeidsperiodene (Oxycon Pro 5.x, Jaeger, Tyskland, ±0.05 L·min⁻¹). Målinger ble registrert hver 20 sekund.

2.5.3 Metabolsk rate

Metabolsk rate ble beregnet fra oksygenopptak ($L \cdot \text{min}^{-1}$) og respiratorisk utvekslingsratio. For å beregne metabolsk rate ble ligning 3 brukt (Weir, 1949). Metabolsk rate (watt) ble beregnet fra ligning 4, og metabolsk rate ($\text{watt} \cdot \text{m}^{-2}$) ble funnet ved bruk av ligning 5 og 6. Overflateareal i ligning 5 ble beregnet fra vekt og høyde (Du Bois og Du Bois, 1916).

$$MR(Kcal \cdot \text{min}^{-1}) = ((1,1 \cdot RER) + 3,9) \cdot VO_2 \quad (3)$$

$$MR(\text{watt}) = \frac{MR(kcal \cdot \text{min}^{-1}) \cdot 4200}{60} \quad (4)$$

$$Kroppsoverflate(\text{m}^2) = 0,007184 \cdot (\text{vekt}^{0,425}) \cdot (\text{høyde}^{0,725}) \quad (5)$$

$$MR(\text{watt} \cdot \text{m}^{-2}) = \frac{MR(\text{watt})}{\text{ kroppsoverflate}(\text{m}^2)} \quad (6)$$

2.5.4 Mekanisk effektivitet

Mekanisk effektivitet (ME) ble beregnet ved gange på 6° stigning. Eksternt arbeid (watt) ble beregnet for hver enkelt forsøksperson ut fra ligning 7 (McArdle et al., 2010). For å finne ME (%) ble ligning 8 brukt (McArdle et al., 2010).

$$\text{Arbeid (watt)} = \frac{(\text{kroppsmasse} \cdot \text{vertikal distanse} (\sin \theta \cdot \text{Distanse}))}{6,12} \quad (7)$$

Der $\sin \theta = 0,1045$, distanse = 83,33 m/min og kroppsmasse er kroppsvekt inkludert bekledding.

$$ME (\%) = \frac{\text{Eksternt arbeid}}{\text{Metabolsk rate}} \cdot 100 \quad (8)$$

2.5.5 Hjerterefrekvens

Hjerterefrekvens ble målt kontinuerlig under hele forsøket ved bruk av en hjerterefrekvens monitor (Polar RS800 Polar Electro Oy, Kempele, Finland, ± 1 slag $\cdot\text{min}^{-1}$) som logget hvert 15 sekund. Sportsmåleren var festet rundt brystet, og det ble brukt klokke på armen som viste og lagret hjerterefrekvensen.

2.5.6 Rektal- og hudtemperaturer

Rektaltemperaturen (T_{rek}) ble kontinuerlig målt under forsøket ved bruk av en rektalprobe plassert i ca. 10 cm dybde (YSI 400, Yellow Springs Instruments, Ohio, USA; $\pm 0,15^\circ\text{C}$).

Hudtemperaturer ble målt kontinuerlig under forsøket ved bruk av 6 hudtermistorer (YSI 400, Yellow Springs Instruments, Ohio, USA; $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$). Før studiens oppstart ble alle termistorene kontrollert i vannbad. Plassering av termistorene var på panne, hånd, langfinger, rygg, fremside lår og bakside av legg. Termistorene ble festet på huden ved bruk av kirurgisk tape. Både hud- og rektaltemperatur ble målt med intervall på 20 sekunder under forsøket med en datalogger. Gjennomsnittlig hudtemperatur ble beregnet fra ligning 9 (Nielsen og Nielsen, 1984).

$$T_{\text{hud}} = 9,429 + 0,137 \cdot T_{\text{panne}} + 0,29 \cdot T_{\text{rygg}} + 0,102 \cdot T_{\text{hand}} + 0,173 \cdot T_{\text{legg}} \quad (9)$$

2.5.7 Fettprosent

For å måle fettprosent ble det brukt Harpenden Skinfold Caliper. Det ble tatt mål av underhudsfett på m. triceps branchii, m. biceps branchii, m. subscapularis og m. suprailiac. Det ble tatt tre måleverdier og beregnet gjennomsnitt for hvert punkt. Disse verdiene ble bruk i ligning 10 for å beregne fettprosenten.

$$\text{Fettprosent (\%)} = \left(\frac{4,95}{D} - 4,5 \right) \cdot 100 \quad (10)$$

Hvor D er tetthet funnet fra:

$$D = c - (m \cdot \log \sum x) \quad (11)$$

I ligning 11 er x summen av verdiene fra målestedene. For menn i aldersgruppen 20-29 år er konstantene $c = 1,1631$ og $m = 0,0632$, og for menn i aldersgruppen 30-39 er $c = 1,1422$ og $m = 0,0544$ (Durnin og Womersley, 1974).

2.5.8 Subjektiv evaluering

Alle forsøkspersonene ble bedt om å evaluere deres oppfattelse av termisk komfort og temperaturfølelse på hode, nakke, hender, kropp, føtter og ben (Vedlegg A3). Det ble brukt en skala fra -5 til 5, der 0 er nøytral, -5 er ekstrem kald og 5 er ekstrem varm. Termisk komfort ble evaluert i hvileperiodene mellom de ulike konseptene. Etter hver aktivitetsperiode ble forsøkspersonene bedt om å vurdere grad av anstrengelse (Borg, 1970). Skalaen gikk fra 6-20, hvor 6 er "svært lett" og 20 er "svært anstrengende" (Vedlegg A4).

2.5.9 Væsketap

Forsøkspersonene ble veid uten bekledding før og etter forsøket (ID1, Mettler Toledo, Albstadt, Tyskland, nøyaktighet 0,006 kg). All inntatt væske ble veid underveis i forsøket (Sartorius, BP 3100S, Tyskland, nøyaktighet 0,01 g). Differansen i vekt mellom start og slutt ble brukt som et mål på væsketap.

2.6 Analyse

IBM SPSS Statistics v23 og Microsoft Excel 2013 ble brukt for statistisk analyse og behandling av innsamlet data. All data er presentert som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD). Det ble brukt gjennomsnittsverdi fra de 2 siste minuttene av hver arbeidsperiode til statistisk analyse av VO_2 , Hf, MR og ME. For å kontrollere temperaturer i hvileperiodene ble T_{rek} og T_{hud} undersøkt. Data mangler for en forsøksperson i konsept D da han var for stor for å undersøke én størrelse større ytterbekledding.

2.7 Statistikk

Datasettenes normalfordeling ble bekreftet med Q-Q-plot. Det ble gjennomført enveis variansanalyse (ANOVA) for repeterte målinger for å analysere forskjell i T_{hud} og T_{rek} i hvilepausene. ANOVA-analyser for 0° og 6° ble gjennomført for å undersøke forskjeller i måleparametere (VO_2 , Hf, MR og ME) mellom konsept A, C og E. Dersom Mauchly's test for sfærisitet ble brutt, ble det brukt Greenhouse-Geisser korreksjonstest. Det ble gjennomført parede t-tester for å undersøke forskjeller i studiens måleparametere (VO_2 , Hf, MR og ME) mellom bekleddingskonseptene B-C og C-D i arbeidsperiodene. Resultat ble ansett som signifikant ved $p < 0,05$. Ikke-parametriske tester ble brukt for å analysere forskjell i grad av anstrengelse. Friedmans test ble brukt for å undersøke eventuelle forskjeller mellom de ulike konseptene i grad av anstrengelse, og Wilcoxon signed-rank test ble benyttet for å finne hvor forskjellen var ($p < 0,05$).

Effektstørrelse (Cohens d) ble beregnet for å evaluere styrkeforhold mellom de aktuelle konseptene, se ligning 12. Effektstørrelse ble ansett å være 0,2 liten, 0,5 medium og 0,8 høy (Cohen, 1988).

$$Cohens\ d = \frac{Eksperimentell\ gruppe_{snitt} - Kontrollgruppe_{snitt}}{SD_{snitt}} \quad (12)$$

3 RESULTATER

For å undersøke arbeidsbekledningens effekt på total arbeidsbelastning ble det målt endring i oksygenopptak, hjerterefrekvens, metabolsk rate, mekanisk effektivitet og grad av anstrengelse. For å sammenligne effekt av to- og trelags arbeidsbekledning, og arbeidsbekledning med korrekt- og én størrelse større ytterbekledning, ble korrigeringsvekt plassert på midje.

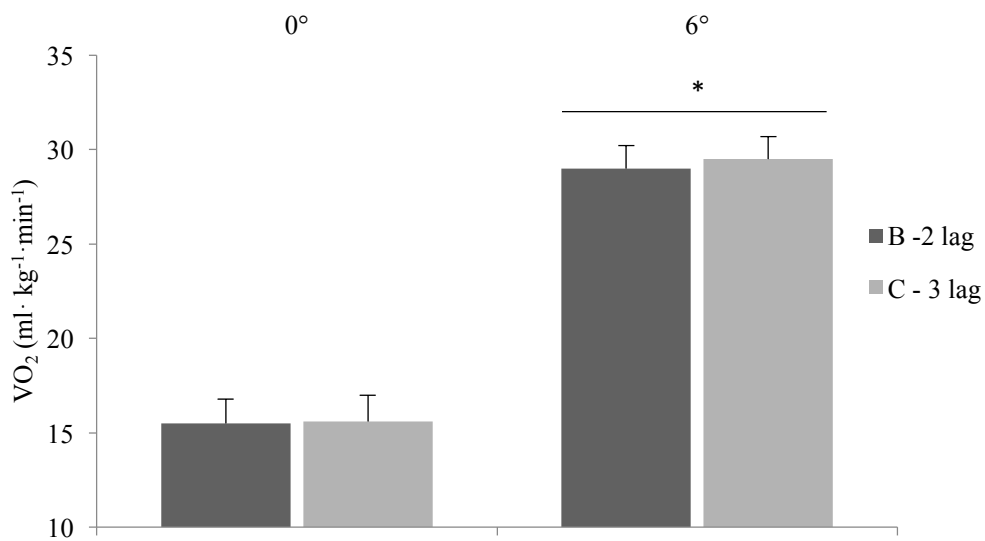
3.1 Kroppstemperaturer og termisk komfort i hvileperiodene

Resultatene viser ingen forskjell i T_{hud} eller T_{rek} i slutten av hvileperiodene mellom de undersøkte konseptene. Alle forsøkspersonene oppga at de følte seg termisk komfortable etter 15 minutter hvileperiode, før undersøkelse av neste konsept.

3.2 Effekt av lag

3.2.1 Oksygenopptak

Figur 3 viser oksygenopptaket ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) for to- og trelagsbekledningen, ved gange på 0° og 6° stigning. Det ble ikke målt forskjell i oksygenopptak mellom to- og trelags arbeidsbekledning ved gange på 0° stigning. Det ble målt forskjell mellom to- og trelagsbekledningen ved gange på 6° stigning (Cohens $d=0,4$), hvor det ekstra mellomlaget resulterte i et økt oksygenopptak på 1,8%.



Figur 3: Oksygenopptak (VO_2) for to- og trelags arbeidsbekledning (gjennomsnitt \pm SD, $n=20$).

Grafen viser oksygenopptak ved gange på 0° (venstre) og 6° stigning (høyre).

* viser signifikant forskjell ($p < 0,05$) mellom konseptene, ved samme stigning.

3.2.2 Hjerterefrekvens, metabolsk rate, mekanisk effektivitet og grad av anstrengelse

Mellom to- og trelagsbekledningen ble det målt forskjell i hjerterefrekvens, metabolsk rate og mekanisk effektivitet ved gange på 6° stigning, men ingen forskjell ved 0° stigning (tabell 5).

Tabell 5: Hjerterefrekvens, metabolsk rate, mekanisk effektivitet og grad av anstrengelse (gjennomsnitt \pm SD, n=20), ved gange på 0° og 6° stigning.

	B		C	
	0°	6°	0°	6°
Hf (slag·min ⁻¹)	98 \pm 15	130 \pm 17	100 \pm 16	134 \pm 18*
MR (watt·m ⁻²)	208 \pm 15	393 \pm 17	209 \pm 17	402 \pm 19*
ME (%)	-	15,3 \pm 0,7	-	14,9 \pm 0,6*
Grad av anstrengelse (6-20)	8,8 \pm 1,6	12,0 \pm 1,3	9,2 \pm 1,6	12,5 \pm 1,6

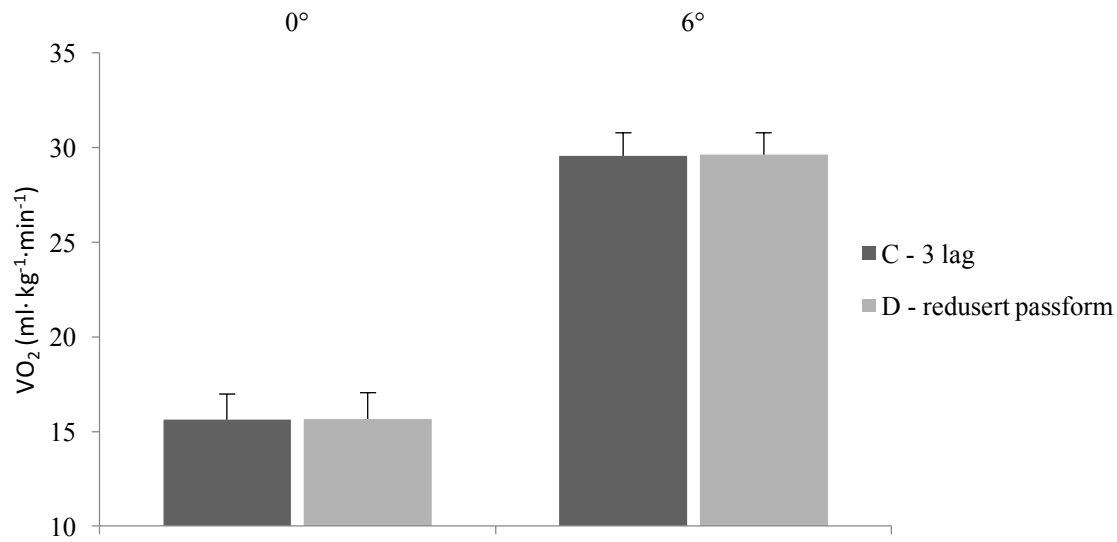
* viser signifikant forskjell ($p < 0,05$) mellom konseptene, ved samme stigning.

Det ekstra mellomlaget i trelagsbekledningen resulterte i økt hjerterefrekvens ved gange på 6° stigning, hvor det ble målt en økning på 2,7%. To- og trelagsbekledningen hadde samme båret totalvekt, og ved 6° stigning ble det gjennomført eksternt arbeid tilsvarende 122 \pm 9 W. Det ble målt en reduksjon i mekanisk effektivitet, hvor trelagsbekledningen resulterte i 2% lavere effektivitet sammenlignet med tolagsbekledningen. Det ekstra mellomlaget resulterte ikke i forskjell i oppfattet grad av anstrengelse ved noen av intensitetene. Begge arbeidsperioder ble ansett å være *meget lett* ved gange på 0° stigning, og *noe anstrengende* ved gange på 6° stigning.

3.3 Effekt av én størrelse større ytterbekledning

3.3.1 Oksygenopptak

Figur 4 viser oksygenopptaket ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) for trelags arbeidsbekledning med korrekt passform og med én størrelse større ytterbekledning, ved gange på 0° og 6° stigning. Verken ved gange på 0° eller 6° stigning ble det målt forskjell i oksygenopptak mellom konseptene.



Figur 4: Oksygenopptak (VO_2) for trelags arbeidsbekledning med korrekt passform og én størrelse større ytterbekledning (gjennomsnitt \pm SD, $n=19$). Grafen viser oksygenopptak ved gange på 0° (venstre) og 6° stigning (høyre).

3.3.2 Hjerterefrekvens, metabolsk rate, mekanisk effektivitet og grad av anstrengelse

Det ble ikke målt forskjeller i studiens måleparameter ved bruk av korrekt passform og én størrelse større ytterbekledning, verken ved gange på 0° og 6° stigning (tabell 6).

Tabell 6: Hjerterefrekvens, metabolsk rate, mekanisk effektivitet og grad av anstrengelse (gjennomsnitt \pm SD, n=19), ved gange på 0° og 6° stigning.

	C		D	
	0°	6°	0°	6°
Hf (slag·min ⁻¹)	100 \pm 16	134 \pm 18	100 \pm 16	134 \pm 19
MR (watt·m ⁻²)	209 \pm 15	402 \pm 19	210 \pm 19	402 \pm 19
ME (%)	-	14,9 \pm 0,6	-	14,9 \pm 0,6
Grad av anstrengelse (6-20)	9,2 \pm 1,6	12,5 \pm 1,6	9,2 \pm 1,4	12,5 \pm 1,6

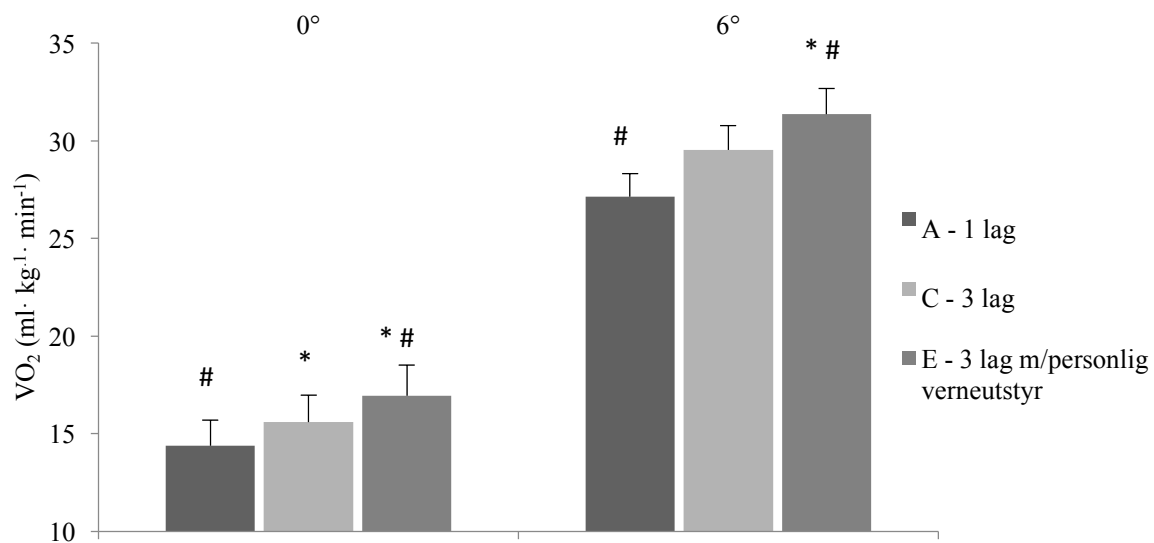
Ingen effekt av størrelse i ytterbekledningen ble målt ved sammenligning av konsept C og D ved de undersøkte intensitetene. Korrekt- og én størrelse større ytterbekledning hadde samme totalvekt, og ved 6° stigning ble det gjennomført eksternt arbeid tilsvarende 122 \pm 9 W. Det var ingen forskjell i oppfattet grad av anstrengelse. Arbeidet ble i begge konsept ansett for å være *meget lett* ved 0° stigning, og *noe anstrengende* ved 6° stigning.

3.4 Effekt av vekt fra arbeidsbekledning og personlig verneutstyr

3.4.1 Oksygenopptak

Figur 5 viser oksygenopptaket ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) for ettlagsbekledning, trelagsbekledning og trelagsbekledning med personlig verneutstyr, ved gange på 0° og 6° stigning. Det ble målt forskjeller mellom alle konseptene.

Trelags arbeidsbekledning resulterte i økende oksygenopptak fra ettlagsbekledningen, med 8,7% ved 0° stigning (Cohens $d=1,9$), og 9% ved 6° stigning (Cohens $d=1,4$). Tilføringen av personlige verneutstyr resulterte i en økning på 8,5% ved 0° stigning (Cohens $d=0,9$), og 6,3% ved 6° stigning fra trelagsbekledningen alene (Cohens $d=1,4$). Største forskjell i oksygenopptak var mellom ettlagsbekledningen og trelags arbeidsbekledning med personlig verneutstyr. Trelagsbekledningen og personlig verneutstyr resulterte i en økning på totalt 17,9% (Cohens $d=1,7$) og 15,8% (Cohens $d=3,4$) ved gange på 0° og 6° stigning.



Figur 5: Oksygenopptak (VO_2) for ettlagsbekledning, trelags arbeidsbekledning og trelags arbeidsbekledning med personlig verneutstyr (gjennomsnitt \pm SD, $n=20$). Grafen viser oksygenopptak ved gange på 0° (venstre) og 6° stigning (høyre).

* viser signifikant forskjell ($p<0,05$) fra konsept A, ved samme intensitet.

viser signifikant forskjell ($p<0,05$) fra konsept C, ved samme intensitet.

3.4.2 Hjerterefrekvens, metabolsk rate, mekanisk effektivitet og grad av anstrengelse

Det ble målt forskjell i alle øvrige måleparameter for ettlagsbekledning, trelagsbekledning og trelagsbekledning med personlig verneutstyr, ved gange på 0° og 6° stigning (tabell 7).

Tabell 7: Hjerterefrekvens, metabolsk rate, mekanisk effektivitet og grad av anstrengelse (gjennomsnitt ± SD, n=20), ved gange på 0° og 6° stigning.

	A		C		E	
	0°	6°	0°	6°	0°	6°
Hf (slag·min ⁻¹)	95±15#	127±18#	100±16*	134±18*	106±16*#	142±18*#
MR (watt·m ⁻²)	192±17#	365±17#	209±17*	402±19*	227±23*#	428±21*#
ME (%)	-	15,7±0,7#	-	14,9±0,6*	-	14,5±0,6*#
Grad av anstrengelse (6-20)	7,8±1,4#	10,6±1,6#	9,2±1,6*	12,5±1,6*	10,0±2,1*#	13,4±1,6*#

* viser signifikant forskjell (p<0,05) fra konsept A, ved samme stigning.

viser signifikant forskjell (p<0,05) fra konsept C, ved samme stigning.

Trelags arbeidsbekledning økte hjerterefrekvensen fra ettlagsbekledningen med 5,1% ved 0° stigning, og med 5,8% ved 6° stigning. Tilføring av personlig verneutstyr resulterte i økt hjerterefrekvens på 7,3% ved 0° stigning, og 6,2% ved 6° stigning fra trelagsbekledningen. Arbeidsbekledning med personlig verneutstyr økte hjerterefrekvensen med totalt 12,4% og 12,3% fra ettlagsbekledningen.

Konseptene hadde ulik vekt, og eksternt arbeid tilsvarte 116±9 W, 122±9 W og 126±9 W. Trelags arbeidsbekledning senket effektiviteten med 4,7% fra ettlagsbekledningen. Personlig verneutstyr senket effektivitet med 3% fra trelagsbekledningen. Arbeidsbekledning med personlig verneutstyr senket effektiviteten med totalt 7,5% fra ettlagsbekledningen.

Bruk av trelags arbeidsbekledning resulterte i økt grad av anstrengelse fra ettlagsbekledningen, ved begge intensiteter. Personlig verneutstyr resulterte i økt grad av anstrengelse sammenlignet med kun trelagsbekledningen ved gange på 0° stigning og 6° stigning. Den største forskjellen i grad av anstrengelse var mellom ettlagsbekledningen og trelags arbeidsbekledning med personlig verneutstyr.

4 DISKUSJON

Den overordnede forventningen for masteravhandlingen var at ulike arbeidsbekledninger vil påvirke den totale arbeidsbelastningen under aktivitet. Dette ble undersøkt ved to arbeidsintensiteter, som var gange på $5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ ved 0° og 6° stigning.

4.1 Kroppstemperaturer og termisk komfort i hvileperiodene

Det var forventet at økt aktivitet samt ekstra vekt fra bekledningen ville øke total arbeidsbelastning, som videre ville øke kroppens varmeproduksjon og kjernetemperatur over tid (Nimmo, 2004). Forsøkets oppsett hadde som mål å begrense effekten av omgivelsestemperaturen til et minimum. Dette ble gjennomført ved å ha relativt korte arbeidsperioder og omgivelsestemperatur som var tilpasset bekledning og aktivitetsnivå. Disse tilpasningene tok sikte på å skape termonøytrale forhold mellom bekledning og kropp. I studien vår ble det ikke målt forskjell mellom konseptene i gjennomsnittlig hudtemperatur eller rektaltemperatur i hvileperiodene. Flere av de tidligere studiene som har undersøkt effekter av arbeidsbekledning på arbeidsbelastning har ikke kontrollert for endringer i kroppstemperatur (Duggan, 1988, Dorman og Havenith, 2005), og har ikke redusert omgivelsestemperaturen tilstrekkelig for å kompensere for økt varmeproduksjon ved arbeid (Teitlebaum og Goldman, 1972, Patton et al., 1995, Murphy et al., 2001). Dorman og Havenith (2009) undersøkte energikostnadene ved bruk av 14 arbeidsbekledninger ved ulike aktiviteter, hvor tid arbeidsperiodene var 4 og 6 minutter. Studien målte ikke kroppstemperatur, men antok at bekledningene ikke resulterte i betydelige endringer i metabolsk varmeproduksjon. Vår studie kontrollerte for endringer i kroppstemperaturer i hvileperiodene, og vi hadde dermed grunnlag for å konkludere at omgivelsestemperaturen ikke førte til økning i varmeproduksjon underveis i forsøksprotokollen.

I slutten av hver hvileperiode oppga alle forsøkspersonene at de følte seg termisk komfortable etter 15 minutt sittende hvile. Den termiske evalueringen av komfort stemte overens med at forsøkspersonene ble termisk nøytrale i hvileperiodene. Ettersom forutgående undersøkelse av bekledningskonseptene ikke påvirket kroppstemperaturer etter den 15 minutters hvileperioden, var det derfor mulig å undersøke alle bekledningskonseptene samme dag.

4.2 Effekt av lag

Sammenligning av to- og trelags arbeidsbekledning viste en forskjell i arbeidsbelastning målt ved oksygenopptak, hjerterefrekvens, metabolsk rate og mekanisk effektivitet, ved gange på 6° stigning. Det ble ikke målt forskjell i arbeidsbelastning mellom to- og trelags arbeidsbekledning ved gange på 0° stigning.

I studien ble to- og trelags arbeidsbekledning sammenlignet, hvor trelagsbekledningen hadde et ekstra mellomlag bestående av tykk ull. Ved gange på 6° stigning resulterte det ekstra mellomlaget i økt arbeidsbelastning. Mellomlaget resulterte i en økning på 1,8% i oksygenopptak, mens styrketesten Cohens d viste liten effektstørrelse ($0,2 < d < 0,5$) av det ekstra laget. Både hjerterefrekvens og oksygenopptak er fysiologiske mål på arbeidsbelastning, og begge parameterne økte i tilsvarende grad ved tilføring av det ekstra mellomlaget. Økningen i arbeidsbelastning målt ved oksygenopptak, hjerterefrekvens og metabolsk rate er i tråd med tidligere forskning som har foreslått at flere lag øker arbeidsbelastningen, selv etter at det er korrigert for bekledningsvekt (Teitlebaum og Goldman, 1972, Amor et al., 1973, Duggan, 1988, Dorman, 2007). Til tross for at det ble målt økt arbeidsbelastning ved gange på 6° stigning, ble det ikke målt forskjell i opplevd grad av anstrengelse. Arbeidet ble ansett for å være *noe krevende* ved gange med stigning, og det ekstra mellomlaget påvirket ikke voringen. Lignende funn er observert ved lav endring i arbeidsbelastning ved gange (Dorman, 2007). Ved gange på 0° stigning ble det ikke målt forskjell ved noen av studiens undersøkte måleparametere. Verken oksygenopptak, hjerterefrekvens eller metabolsk rate økte som følge av et ekstra bekledningslag, og det ble ikke funnet støtte for økt arbeidsbelastning ved 0° stigning. Bruk av to- og trelags arbeidsbekledning ble ansett som *velldig lett* ved gange på 0° stigning, og det ble ikke angitt forskjell i grad av anstrengelse.

I vår studie falt begge de undersøkte intensitetene inn under Lotens (1988) definisjon for høyere intensitet, hvor det var forventet en økning i energikostnader på 4% pr bekledningslag. Studiens funn støttet dermed ikke Lotens (1988) prediksjon for effekt av lag, verken ved gange på 0° eller 6° stigning. Til tross for at mellomlaget resulterte i høyere arbeidsbelastning ved gange på stigning, var den relative endringen av det ekstra laget lavere enn vist hos Teitlebaum og Goldman (1972) og Amor et al. (1973). Den lave endringen i arbeidsbelastning kan være et resultat av at design og materialer i moderne bekledningen har blitt forbedret. Materialene i moderne vinter- og arbeidsbekledning er mer isolerende pr kg enn tidligere (Havenith, 2010),

og dette har resultert i at hvert lag er lettere og tynnere. En konsekvens av dette kan være at lagene i dagens arbeidsbekledning er mer fleksible, og dermed har redusert den tidligere påviste hobblingeffekten.

Teitlebaum og Goldman (1972) undersøkte energikostnadene av fem ekstra bekleddingslag mot en vektkorrigert kontrollbekledning, og målte en økning i metabolsk rate på gjennomsnittlig 16%. Hvert lag veide mellom 1,6-2,8 kg, og dette var høyere vekt enn vårt mellomlag på ca. 1,3 kg. Hvis materialet i lagene var stivere og mer klumpete enn mellomlaget undersøkt i vår studie, ville dette resultere i en større belastning. Dette fordi tykk og klumpete bekleddning påvirker bevegelse av kroppens ledd, og det kreves større kraftutvikling for å gjennomføre hver bevegelse. Gammel vinterbekledning som er stivere vil også kunne føre til redusert generell mobilitet grunnet mindre fleksibilitet, sammenlignet med moderne arbeidsbekledning. Amor et al. (1973) undersøkte effekten av to flerlagsbekleddninger, men brukte ikke samme sko i bekleddningskonseptene. Studien foreslo at redusert passform i bekleddningskonseptets sko også kunne være en av faktorene for økt arbeidsbelastning. Jones et al. (1984) sammenlignet arbeidsbelastning ved bruk av joggesko og tyngre militærsko, og målte et økt oksygenopptak ved bruk av militærsko ved gange på 5,6 og 7,3 km·t⁻¹. Dersom de arktiske skoene Amor et al. (1973) brukte hadde høyere vekt enn kontrollbekleddningens joggesko, ville dette påvirke energiforbruket. I vår studie ble det brukt samme sko mellom bekleddningene. Teitlebaum og Goldman (1972) og Amor et al. (1973) undersøkte effekten av flere bekleddningslag mens vår studie undersøkte effekten av et bekleddningslag. Dersom bruk av flere lag medfører en større effekt sammen, enn hvert lag alene, kan dette være en forklarende faktor for forskjellen i observasjonene.

Våre funn er i tråd med bekleddningsstudier gjennomført i senere tid. Duggan (1988) undersøkte bekleddningskonsepter bestående av kjemisk beskyttelsesbekleddning og vinterbekleddning. Etter at oksygenopptaket var korrigert for bekleddningsvekt ble det ikke målt signifikante forskjeller av ett ekstra lag. Ved bruk av to bekleddningslag målte Duggan (1988) en ikke-signifikant forskjell i oksygenopptak på 2,4% pr lag. Studien benyttet redusert omgivelsestemperatur og tid på arbeidsperioder, men kontrollerte ikke for endring i kroppstemperatur. Duggan (1988) studerte bekleddningseffektene ved stepping, og undersøkelser av ulik form for arbeid gjør det vanskelig å sammenligne resultatene mellom studiene. Stepping er arbeid bestående av vertikale bevegelser, og har en konstant utveksling av kinetisk og potensiell energi når kroppen løftes opp i hvert skritt. Det kreves et større bevegelsesmønster i nedre del av bena enn i gange,

ettersom det kreves større lårløft og bøy i kneet for å gjennomføre øvelsen. Til tross for forskjellen i arbeid observerte heller ikke Duggan (1988) den predikerte effekten av et ekstra bekleddningslag. Våre funn er i tråd med bekleddningsstudien gjennomført av Dorman (2007), som sammenlignet energikostnader ved bruk av firelags lav- og høyfriksjonsbekleddning ved gange og hinderløype. Studien viste at hvert bekleddningslag resulterte i en endring i energikostnader på 1,13-1,98%. Selv om Dorman (2007) ikke brukte arbeidsbekleddning stemmer funn overens med våre funn ved gange på 6° stigning. En forklarende faktor kan være at begge studiene undersøkte effekt av bekleddningslag bestående av material av nyere dato, hvor lagene er lettere og mer fleksibelt enn i vinterbekleddningene fra 1970-tallet. Dorman (2007) sine observasjoner for endring i metabolsk rate var likevel noe høyere ved gange på 0° stigning, sammenlignet med vår studie. Dette var noe overaskende da begge studiene undersøkte gange med samme hastighet og stigning, og hadde redusert tid på arbeidsperioder. Den større effekten vist ved gange med stigning i vår studie stemmer overens med forventningene at bekleddningseffekt avhenger av intensitet og bevegelsesmønster. Rintamäki (2005) skriver at bekleddningens friksjon påvirker aktiviteter i ulik grad, hvor lavfriksjonsbekleddning forbedrer prestasjon med 2% ved horisontal gange og opptil 7,2% ved gange på 10° stigning.

Funn for mekanisk effektivitet sammenfaller med tidligere studier, hvor det er observert brutto mekanisk effektivitet mellom 12,5-25% ved gange og løping på ulik stigning (Minetti et al., 2002). Ettersom båret totalvekt og arbeidsintensitet var lik ved undersøkelse av begge bekleddningene, kan man konkludere med at det var det ekstra mellomlaget som resulterte i en reduksjon i effektivitet på ca. 2%. Det ekstra mellomlaget førte dermed til redusert arbeidsøkonomi ved gange på 5 km·t⁻¹ med 6° stigning. Reduksjonen i arbeidsøkonomi og effektivitet stemmer overens med litteraturen som påpeker at ytre faktorer som sko og bekleddning vil kunne påvirke effektiviteten ved aktivitet (McArdle et al., 2010).

Resultater fra vår studie viste at endringene pr lag er lavere enn forventet basert på tidligere funn på 3-4%. Det ekstra mellomlaget hadde kun en effekt ved gange med stigning, hvor mellomlaget resulterte i økt arbeidsbelastning. Dette kunne være et resultat av økt friksjon mellom lagene eller økt hobblingeffekt, og at kroppen dermed måtte bruke mer kraft eller ekstra bevegelser for å gjennomføre samme arbeid. Det økte oksygenopptaket var likevel minimalt på 1,8%. Økningen i arbeidsbelastning tilsvarer et økt energiforbruk (kcal), som ved konstant

arbeid tilsvarer $>15 \text{ kcal}\cdot\text{t}^{-1}$ eller 180 kcal ekstra i løpet av et 12-timersskift. Intensiteten vil variere i løpet av en arbeidsdag, og man vil ha perioder med lavere intensitet (Høye et al., 2016). Dette betyr at endringene i arbeidsbelastning i realiteten er minimal, og forskjellen i energikostnader enda mindre. Det ekstra mellomlaget resulterte heller ikke i endret grad av anstrengelse, til tross for økt arbeidsbelastning ved gange på 6° stigning. Det ekstra bekleddingslag var derfor ikke merkbart ved gange, som kan forklares ut fra de små endringene i arbeidsbelastning.

Det ekstra mellomlaget gjør det mulig å endre arbeidsbekledningen basert på aktivitetsnivå og omgivelsestemperaturer, men vil samtidig øke kroppens energiforbruk. Dette medfører en avveining mellom fordeler og ulemper. Ettersom effektene av mellomlaget var lavere ved bruk av moderne arbeidsbekledning i motsetning til eldre vinterbekledning, kan det dermed virke som om fordelene overveier ulempene. Det kan derfor anbefales å bruke et ekstra mellomlag i moderne arbeidsbekledning når man arbeider med ulikt intensitetsnivå eller ved variasjoner i omgivelsestemperaturer.

Videre er det ikke bare antall lag som vil påvirke arbeidsbelastningen. De potensielle effektene av redusert passform og ekstra vekt vil komme i tillegg til effekten av lag i en reell arbeidssituasjon, og medfører videre økning i arbeidsbelastning. Bekleddingsdetaljene vil sammen påvirke kroppens totale arbeidsbelastning under arbeid.

4.3 Effekt av én størrelse større ytterbekledning

I studien vår ble det ikke målt forskjell i oksygenopptak, hjerterefrekvens, mekanisk effektivitet eller grad av anstrengelse mellom de undersøkte bekleddingene. Det er derfor ikke grunnlag for å forvente økt arbeidsbelastning fra én økt størrelse i ytterbekledningen, verken ved gange på 0° eller 6° stigning.

Effekten av størrelse ble undersøkt ved sammenligning av to arbeidsbekledninger med tre lag, der den ene bekleddingen hadde én størrelse større ytterbekledning. Det ble gjennomført vektkorreksjon tilsvarende økt vekt fra den økte størrelsen. Potensielle endringer i studiens måleparameter ville dermed være en indikasjon på at økt størrelse hadde en effekt på arbeidsbelastning. Ettersom det ikke ble målt endringer ved noen av studiens fysiologiske måleparameter ble det derfor ikke funnet støtte for økt arbeidsbelastning. Det ble heller ikke

målt forskjeller i grad av anstrengelse ved bruk av korrekt størrelse og én størrelse større ytterbekledning. Arbeidet i bekledningene ble ansett som *veldig lett og noe anstrengende* ved gange på henholdsvis 0° og 6° stigning. Disse observasjonene stemte overens med tidligere studier hvor subjektive evalueringene har vist seg å gjenspeile fysiologiske måleparameter (Duggan, 1988, Patton et al., 1995).

Våre resultater for arbeidsbelastning stemmer overens med observasjonene til Adams og Keyserling (1995), som viste at overdimensjonert bekledning ikke påvirket *range of motion (ROM)* for 12 store kroppsbevegelser sammenlignet med korrekt passform. Adams og Keyserling (1995) målte ikke fysiologiske parametere, men man kan anta at deres funn for bevegelsesfrihet kan gjenspeile tilsvarende funn for total arbeidsbelastning. Vår studie ønsket å undersøke om én økt størrelse i ytterbekledningen resulterte i økt hobblingeffekt. Ettersom det ikke ble målt forskjeller i studiens måleparameter er det dermed ikke funnet støtte for at bruk av én størrelse større moderne ytterbekledning gir økt hobblingeffekt. Våre funn tyder på, i likhet med funn fra Adams og Keyserling (1995), at redusert passform i form av økt størrelse ikke medfører redusert bevegelsesfrihet.

Nielsen et al. (1989) målte fysiologiske måleparameter for å undersøke effekten av løs- og tettsittende underbekledning på temperaturregulering. Studien målte høyere hudtemperatur ved bruk av tettsittende underbekledning i 20°C, men målte ingen forskjell i kjernetemperatur og hjerterefrekvens ved arbeid i 5°C eller 20°C. Til tross for at studien undersøkte effekten av passform og omgivelsestemperatur kan observasjonene relateres til vår studie. Ettersom Nielsen et al. (1989) ikke målte forskjell i kjernetemperatur eller hjerterefrekvens mellom bekledningene, tyder dette på at arbeidsbelastning ikke ble påvirket av passformen til underbekledningen. Dette stemmer overens med funn fra vår studie, der verken hjerterefrekvens eller oksygenopptak endret seg som følge av endret passform i bekledningen. Nielsen et al. (1989) undersøkte effektene av passform i underbekledning ved pakkearbeid, mens vår studie gjennomførte undersøkelser ved gange. Til tross for at studiene undersøkte ulike bekledninger og former for arbeid, var arbeidsbelastningen ikke påvirket av bekledningens passform i noen av studiene. Det virker dermed som at redusert passform i yttertøyet ikke påvirket belastningen, og at de potensielle endringene i bekledningens hobblingeffekt ikke påvirket bevegelsesfriheten i merkbar grad.

Effekter av passform kan måles som endringer i total arbeidsbelastning, prestasjon under arbeid og som grad av bevegelsesfrihet. Ofte måles prestasjon og energikostnader separat til tross for at de er relaterte (Lotens, 1988). Total arbeidsbelastning påvirkes av intensitet og arbeidet som gjennomføres, og dette kan videre påvirke prestasjoner. Studien vår viste ingen forskjell i mekanisk effektivitet mellom korrekt størrelse og én størrelse større ytterbekledning, som stemte overens med de andre måleparameterne. Tidligere studier har vist et forhold mellom bedre prestasjon og høyere effektivitet og arbeidsøkonomi ved skigåing (Sandbakk et al., 2010) og løping (Saunders et al., 2004). Det er vanskelig å sammenligne effektivitet og effekter på prestasjoner ved idrett og arbeid. Idrett har ofte høyere intensitetsnivå, og små endringer i effektivitet kan ha stort utslag. Ettersom den mekaniske effektiviteten ikke ble påvirket av ytterbekledningens størrelse, kan man anta at arbeidsprestasjoner ikke reduseres som følge av økt størrelse.

I vår studie ble det kun brukt én størrelse større, og den moderne ytterbekledningen hadde gode muligheter for å korrigere midje og ankelomkrets ved bruk av borrelås. Dette kunne være med på å sikre en bedre passform selv om bekledningen var definert som feil størrelse. Resultatene viste ingen forskjell i arbeidsbelastning mellom de undersøkte bekledningene ved gange. Til tross for dette utelukker ikke studien at den reduserte passformen potensielt kan resultere i en økt hobblingeffekt, som påvirker mobilitet under andre former for aktivitet. Det vil likevel være sannsynlig at effekten av én størrelse større også vil være minimal i andre former for aktivitet. Energiforbruk fra bevegelsesbegrensninger er vanskelig å måle, og kan være problematisk å måle i et laboratoriestudie ved bruk av tredemølle eller ergometersykkel (Lotens, 1988). Bekledningens effekt på kroppens energikostnader avhenger av type arbeid som gjennomføres, hvor dynamisk arbeid påvirkes i størst grad (Nunneley, 1989). Effekten av størrelse kan i tillegg bli undersøkt under aktiviteter med større bevegelsesmønster, som eksempelvis hinderløype, for å trekke en sikrere konklusjon.

4.4 Effekt av vekt fra arbeidsbekledning og personlig verneutstyr

Studiens funn gav støtte for at arbeidsbelastning øker ved bruk av en trelags arbeidsbekledning. Arbeidsbelastning var størst ved høyeste båret totalvekt, hvor bruk av arbeidsbekledning og personlig verneutstyr resulterte i økt oksygenopptak på 17,9% og 15,8% ved gange på 0° og 6° stigning.

Trelags arbeidsbekledning

Studiens trelags arbeidsbekledning hadde ekstra mellomlag og ytterbekledning sammenlignet med ettlagsbekledningen. Trelags arbeidsbekledning resulterte i økt oksygenopptak på 8,7% og 9% ved gange på 0° og 6° stigning. Styrketesten viste at arbeidsbekledningen hadde høy effekt på oksygenopptaket ved både 0° ($0,8 < d$) og 6° stigning ($0,8 < d$). Ettersom oksygenopptak, hjertefrekvens og metabolsk rate økte ved begge de undersøkte intensitetene, støtter dette opp antagelsen om at arbeidsbelastning påvirkes av økt vekt fra bekledning. Opplevd grad av anstrengelse økte også ved bruk av arbeidsbekledning. Dette er i tråd med tidligere studier som har vist forskjell i opplevd anstrengelse ved økt båret vekt (Gordon et al., 1983) og bruk av tyngre bekledninger (Duggan, 1988, Taylor et al., 2012). Forskjell i grad av anstrengelse kan være et resultat av at forsøkspersonene merket den økte arbeidsbelastningen grunnet høyere båret totalvekt. Duggan (1988) foreslo at forskjell i anstrengelse også kunne være et resultat av at arbeidsbekledning medfører redusert komfort, og at forsøkspersonene forventer endret belastning når bekledningsvekten øker. Ettersom anstrengelsen økte ved begge de undersøkte stigningene, kan man konkludere med at økt vekt og redusert komfort raskt blir merkbart ved gange på ulike intensiteter.

Den økte arbeidsbelastningen vist i vår studie er i tråd med tidligere bekledningsstudier. Duggan et al. (1988) observerte at en flerlags vinter- og beskyttelsesbekledning resulterte i økt oksygenopptak på 16% ved stepping. Dorman & Havenith (2005) undersøkte 14 ulike arbeidsbekledninger ved gange, stepping og hinderløype, hvor det ble observert økt metabolsk rate på 4-21% ved gange. Patton et al. (1995) sammenlignet beskyttelsesbekledning og kampdressuniform ved gange på ulike stigninger, hvor beskyttelsesbekledning resulterte i økt oksygenopptak på 13-18%. Bekledningenes effekt på arbeidsbelastningen er delvis varierende mellom studiene. De undersøkte bekledningene hadde ulik vekt, og varierte i antall lag, tykkelse på lag og hadde ulik vektfordeling mellom torso og ekstremiteter. Studiene undersøkte bekledningseffektene ved ulike aktiviteter og intensitetsnivå, og det er forventet at stiv og tung bekledning vil ha en større effekt jo mer dynamisk arbeidet er. Til tross for forskjell i bekledningsdetaljer og arbeid, viste alle studiene at de undersøkte bekledningene økte oksygenopptaket. Økningen i arbeidsbelastning er et resultat av at bekledningene var betydelig tyngre enn kontrollbekledningene, og dette utsatte kroppen for en ekstra arbeidsbelastning. Flerlags arbeidsbekledning brukes dersom det er behov for ekstra beskyttelse mot omgivelsene, og dette gjør dem ofte tyngre og mer klumpete enn vanlig bekledning (Nunneley, 1989). Vekt fra arbeidsbekledningen blir fordelt over hele kroppen, og ekstra vekt ved kroppens lemmer

medfører at man må bruke mer kraft for å gjennomføre bevegelser. Økt arbeidsbelastning vil videre resultere i økt energiforbruk ved aktivitet. Til tross for at en arbeidsdag består av perioder med lavere intensitetsnivå, vil denne differansen utgjøre en forskjell i løpet av et 12-timersskift. Ekstra energikostnader er assosiert med redusert prestasjon (Lotens, 1998), og kan senke produktiviteten over tid.

I vår studie hadde trelags arbeidsbekledning to ekstra lag og høyere vekt enn ettlagsbekledningen, og for hvert ekstra kg økte oksygenopptaket med ca. 2,3%. Økningen var noe lavere enn forventningen til Rintamaki (2005) på 3% og den observerte økningen hos Dorman og Havenith (2009) på 2,7%. Forskjellen i endring pr kg mellom studiene kan være et resultat av at ikke bare vekt påvirker arbeidsbelastningen, men også antallet lag, grad av hobblingeffekt og plasseringen av vekten. Effekten av et ekstra lag i moderne arbeidsbekledning ble vist tidligere i vår studie, hvor oksygenopptaket økte med opptil 1,8%. Forskjellen i endring pr kg kan også forklare ut fra at vår studie brukte samme sko ved undersøkelse av arbeidsbekledningen, i motsetning til Dorman og Havenith (2009) som brukte joggesko i kontrollbekledning og militærsko i arbeidsbekledningene. Studien ble gjennomført i 19°C og kroppstemperatur ble ikke målt, en kan derfor ikke utelukke en effekt av endring i kroppstemperatur. Til tross for dette observerte begge studiene at ekstra bekledningsvekt påvirker arbeidsbelastningen under aktivitet. Den økte belastningen resulterte også i lavere mekanisk effektivitet ved bruk av trelags arbeidsbekledning. Ettersom arbeidsbekledningen resulterte i nedsatt effektivitet, vil en potensiell konsekvens være at ytelse under arbeid senkes i løpet av lengre arbeidsdager.

Personlig verneutstyr

For å undersøke effekten av personlig verneutstyr ble arbeidsbekledningen med og uten personlig verneutstyr sammenlignet, hvor verneutstyret veide totalt ca. 3,5 kg. Ved gange på 0° og 6° stigning resulterte personlig verneutstyr i et økt oksygenopptak på 8,5% og 6,3%. Grad av anstrengelse økte også som følge av det personlige verneutstyret ved begge intensitetene. Den økte arbeidsbelastningen fra det personlige verneutstyret var raskt merkbar, og kan forklare fra den økte vekten. I bekledningskonseptet med arbeidsbekledning og personlig verneutstyr ble det også gjennomført skobytte. Verneskoene var tyngre og stivere enn forsøkspersonenes egne joggesko, som videre kunne føre til redusert komfort ved gange.

Våre observasjoner av økt belastning fra personlig verneutstyr er i tråd med tidligere studier, som har målt økt arbeidsbelastning som følge av tillagt vekt på kroppens torso (Pandolf et al., 1977, Duggan og Haisman, 1992) og ekstremiteter (Soule og Goldman, 1969, Dorman og Havenith, 2005). Sambandet som veide 0,9 kg var festet rundt midjen, hjelm med øreklokker veide 0,8 kg var plassert på hode, og verneskoene veide $\pm 1,8$ kg. Arbeidsbelastningen økte i gjennomsnitt med 2,6% pr kg ekstra verneutstyr, som var noe høyere enn ved bruk av kun trelags arbeidsbekledning. Dette kan være et resultat av at deler av det personlige verneutstyret plasserte mer vekt mot ekstremitetene. Taylor et al. (2012) viste at bruk av vernesko resulterte i et økt oksygenopptak, og at dette var 8,7 ganger større enn tilsvarende vekt plassert på kroppens torso. Dette fordi vekt på føtter i større grad må akselerere og bremses ved hver bevegelse, og krever høyere energiforbruk enn tilsvarende vekt på midje. Dette øker kroppens energikostnader, som igjen øker arbeidsbelastningen. Det personlige verneutstyret øker total båret vekt, og som et resultat vil man jobbe med en høyere arbeidsbelastning enn ved bruk av bekledningen alene.

Arbeidsbekledning med personlig verneutstyr

En reell arbeidsbelastning ble observert ved sammenligning av ettlagsbekledning og trelags arbeidsbekledning med personlig verneutstyr. Arbeidsbekledningen og personlig verneutstyr hadde en total vekt på ca. 7,6 kg, som var høyest båret totalvekt i vår studie. Denne bekledningskombinasjonen resulterte i et økt oksygenopptak på 17,9% og 15,8% ved gange på 0° og 6° stigning. Videre resulterte arbeidsbekledningen med personlig verneutstyr i studiens laveste mekaniske effektivitet, hvor det fra ettlagsbekledningen ble funnet en reduksjon på 7,5%. Endring i mekanisk effektivitet er i tråd med tidligere studier som har vist reduksjon i effektivitet ved bruk av bekledning og utstyr (Taylor et al., 2012). Grad av anstrengelse stemte overens med endring i arbeidsbelastning, hvor anstrengelsen var størst ved høyest båret totalvekt. Anstrengelsen var signifikant høyere enn ved bruk av ettlagsbekledning og trelags arbeidsbekledningen alene. Dette kunne være et resultat av økt vekt, og potensielt redusert komfort fra ekstra bekledning og skifte til stivere vernesko.

Studiens flerlags arbeidsbekledning med personlig verneutstyr tilsvarer en reell arbeidsbelastning, og begge de undersøkte intensitetene vil kunne oppleves i løpet av en arbeidsdag. I løpet av et 12-timersskift kan den økte arbeidsbelastningen utgjøre en stor forskjell, og kroppen må jobbe hardere for å gjennomføre samme mengde arbeid. Martin og Nelson (1986) undersøkte effektene av ekstra båret vekt mellom 9-36 kg, og studien viste at

ekstra vekt påvirker gange og kroppens bevegelsesmønster. Dersom den økte vekten fra bekledding og personlig verneutstyr over tid medfører at muskler blir utmattet ved gange, vil kroppen rekruttere ekstra muskelmasse for å gjennomføre arbeidet. Endringene i bevegelsesmønster resulterer i høyere kraftproduksjon ved en gitt belastning (Martin og Nelson, 1986). Til tross for at studien undersøkte effekter av høyere ekstern vekt enn bekleddingsvekt i vår studie, kan man anta at høy vekt fra bekledding og personlig verneutstyr også vil ha en tilsvarende effekt i løpet av en lengre arbeidsdag. Blant de undersøkte bekleddingsdetaljene i studien vår var effekten av bekleddingens vekt større enn både lag og passform alene. Selv om de ulike bekleddingsdetaljene ble undersøkt hver for seg, er de ofte tilknyttet hverandre. Dersom økt størrelse i ytterbekledding og bruk av flere lag resulterer i høyere bekleddingsvekt, vil også arbeidsbelastningen øke i større grad.

Studien vår målte økt metabolsk rate, og i løpet av en arbeidsdag kan den økte varmeproduksjonen øke kroppstemperaturen. Her oppstår dermed en avveining i fordeler og ulemper. Økt varmeproduksjon og beskyttelse er en fordel i kalde og krevende omgivelser. Det vil derimot være vanskeligere å regulere kroppstemperaturen dersom bekleddingen hindrer avgivelse av nødvendig overskuddsvarme, og dermed fører til varmelagring og økning i energikostnadene. Det økte energiforbruket fra bekledding er studert i flere militærstudier og assosiert med redusert arbeidseffektivitet og prestasjon (Lotens, 1988). Dersom ytelse og effektivitet også påvirkes under vanlig arbeid, burde arbeidsbekleddinger lages så lett og fleksibel som mulig for å redusere total arbeidsbelastning.

5 KONKLUSJON

Ulike bekledningsdetaljer kan påvirke total arbeidsbelastning. Ved fysisk aktivitet øker kroppens arbeidsbelastning, og økningen avhenger av bekledning og intensitet på arbeid. Et ekstra mellomlag i moderne arbeidsbekledning øker arbeidsbelastningen ved gange med høyere intensitet, men endringen er mindre enn tidligere funn på 4%. Det økte oksygenopptaket tilsvarer økte energikostnader, men endringene er minimale i løpet av en arbeidsdag med varierende intensitet. Ved variasjon i arbeidsintensitet og omgivelsestemperatur, vil flere lag sørge for bedre regulering av varmeutveksling mellom kropp og omgivelser. En slik bekledning vil bidra til å opprettholde kroppens varmembalanse i krevende omgivelser. Dette medfører en avveining av fordeler og ulemper, hvor fordelene av et ekstra lag overgår kostnaden av litt høyere energiforbruk.

Én størrelse større ytterbekledning endrer ikke arbeidsbelastningen ved gange. Den moderne ytterbekledningen har gode strammemekanismer på midje og ben, som resulterte i bedre passform til tross for økt størrelse. Selv om effektene kun ble undersøkt ved gange, er det ikke forventet at potensielle effekter fra én økt størrelse vil være av praktisk betydning under andre former for aktivitet.

Arbeidsbekledning og personlig verneutstyr øker arbeidsbelastningen, og blant de undersøkte bekledningsdetaljene er det ekstra vekt som resulterer i størst økning i arbeidsbelastning. Arbeid blir raskt oppfattet som mer krevende jo høyere total båret vekt er, og bruk av bekledning og personlig verneutstyr oppfattes som ekstra belastende. Dermed vil lavere vekt i arbeidsbekledningen føre til de største reduksjonene i arbeidsbelastning, som videre kan resultere i forbedret ytelse ved arbeid. Arbeidsbekledning og personlig verneutstyr tilsvarer en reell arbeidsbelastning. Det er derfor anbefalt å inkludere fysiologiske og subjektive målinger når ny bekledning skal utvikles, og nytt verneutstyr skal inkorporeres i bekledninger.

5.1 Fremtidige studier

Vår studie bidrar med kunnskap om hvordan moderne arbeidsbekledning påvirker arbeidsbelastningen. Det vil være interessant å studere effekten av flere lag sammen i moderne arbeidsbekledning, hvor vekt-korrigerer er fordelt på midje, ekstremiteter og ledd. Dette ville simulert en mer realistisk vektøkning, da økt vekt fra flere bekledningslag er fordelt over hele kroppen.

6 REFERANSELISTE

- Adams, P. S. og Keyserling, W. M. (1995) The effect of size and fabric weight of protective coveralls on range of gross body motions, *American Industrial Hygiene Association*, 56 (4), s. 333-340.
- Amor, A. F., Vogel, J. A. og Worsley, D. E. (1973) The energy cost of wearing multilayer clothing. Farnborough, England: Army Personnel Research Establishment, Ministry of Defence.
- Bassett, D. R. og Howley, E. T. (2000) Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance, *Medicine and science in sports and exercise*, 32 (1), s. 70-84.
- Bobbert, A. (1960) Energy expenditure in level and grade walking, *Journal of Applied Physiology*, 15 (6), s. 1015-1021.
- Borg, G. (1970) Perceived exertion as an indicator of somatic stress, *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 2 (2), s. 92-98.
- Burton, A. C. og Edholm, O. G. (1955) *Man in a cold environment. Physiological and pathological effects of exposure to low temperatures*. London: Edward Arnold, Ltd.
- Cohen, J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dorman, L. E. (2007) *The effects of protective clothing and its properties on energy consumption during different activities*. PhD avhandling. Loughborough University, England.
- Dorman, L. E. og Havenith, G. (2005) The influence of clothing weight and bulk on metabolic rate when wearing protective clothing, paper presentert på *The Third International Conference on Human- Environmental System 2005*, Tokyo, Japan.
- Dorman, L. E. og Havenith, G. (2009) The effects of protective clothing on energy consumption during different activities, *European journal of applied physiology*, 105 (3), s. 463-470.
- Du Bois, D. og Du Bois, E. (1916) A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known, *Archives of International Medicine*, 17 (6), s. 863-871.
- Duggan, A. (1988) Energy cost of stepping in protective clothing ensembles, *Ergonomics*, 31 (1), s. 3-11.
- Duggan, A. og Haisman, M. (1992) Prediction of the metabolic cost of walking with and without loads, *Ergonomics*, 35 (4), s. 417-426.
- Durnin, J. og Womersley, J. (1974) Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years, *British journal of nutrition*, 32 (1), s. 77-97.
- Goldman, R. og Iampietro, P. (1962) Energy cost of load carriage, *Journal of Applied Physiology*, 17 (4), s. 675-676.
- Gordon, M., Goslin, B., Graham, T. og Hoare, J. (1983) Comparison between load carriage and grade walking on a treadmill, *Ergonomics*, 26 (3), s. 289-298.
- Gray, E. L., Consolazio, F. C. og Kark, R. M. (1951) Nutritional requirements for men at work in cold, temperate and hot environments, *Journal of Applied Physiology*, 4 (4) , s. 270-275.
- Havenith, G. (1999) Heat balance when wearing protective clothing, *Annals of occupational Hygiene*, 43 (5), s. 289-296.
- Havenith, G. (2010) Benchmarking functionality of historical cold weather clothing: Robert F. Scott, Roald Amundsen, George Mallory, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 3 (3), s. 121-129.

- Hoffman, R. G. (2001) Human psychological performance in cold environments, i Pandolf, K.B. og Burr, R.E. (red.) *The Textbook of Military Medicine: Medical aspects of harsh environments*, 1. Washington, DC: Office of The Surgeon General, s. 383-410.
- Holewun, M. og Lotens, W. (1992) The influence of backpack design on physical performance, *Ergonomics*, 35 (2), s. 149-157.
- Huck, J. (1988) Protective clothing systems: A technique for evaluating restriction of wearer mobility, *Applied ergonomics*, 19 (3), s. 185-190.
- Huck, J., Maganga, O. og Kim, Y. (1997) Protective overalls: evaluation of garment design and fit, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 9 (1), s. 45-61.
- Høye, E. U., Sandsund, M., Heidelberg, C. T., Aasmoe, L. og Reinertsen, R. E. (2016) Thermophysiological responses and work strain in fishermen on deep-sea fishing vessels, *International Maritime Health*, 67 (2), s. 104-111.
- Johnson, R. E. og Kark, R. M. (1947) Environment and food intake in man, *Science (Washington)*, 105, s. 378-379.
- Jones, B. H., Toner, M. M., Daniels, W. L. og Knapik, J. J. (1984) The energy cost and heart-rate response of trained and untrained subjects walking and running in shoes and boots, *Ergonomics*, 27 (8), s. 895-902.
- Keeble, V. B., Prevatt, M. B. og Mellian, S. A. (1992) An evaluation of fit of protective coveralls manufactured to a proposed revision of ANSI 101, i McBriarty, J. P. og Henry, N. W. (red.) *Performance of Protective Clothing: Fourth Volume*. Philadelphia: ASTM, s. 675-697.
- Knapik, J. J., Reynolds, K. L. og Harman, E. (2004) Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects, *Military medicine*, 169 (1), s. 45-56.
- Laing, R. M. og Sleivert, G. G. (2002) Clothing, textiles, and human performance, *Textile progress*, 32 (2), s. 1-122.
- Lotens, W. (1988) Military Performance of Clothing, i Holmes, G. T., Goldman, R. F., Marsh, P. L., Vanggaard, L., Doucet, J., Scott, R. A. og Pandolf, K. B. (red.) *Handbook on Clothing. Biomedical Effects of Military Clothing and Equipment Systems*. NATO AC/243 (Panel 8), s. 15-1 - 15-15.
- MacDougall, J. D., Wenger, H. A. og Green, H. J. (1991) *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*. 2. utg. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Martin, P. E. og Nelson, R. C. (1986) The effect of carried loads on the walking patterns of men and women, *Ergonomics*, 29 (10), s. 1191-1202.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. og Katch, V. L. (2010) *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. 7. utg. New York: Lippincott Williams & Wilkins.
- Minetti, A. E., Moia, C., Roi, G. S., Susta, D. og Ferretti, G. (2002) Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes, *Journal of Applied Physiology*, 93 (3), s. 1039-1046.
- Murphy, M. M., Patton, J., Mello, R., Bidwell, T. og Harp, M. (2001) Energy cost of physical task performance in men and women wearing chemical protective clothing, *Aviation, space, and environmental medicine*, 72 (1), s. 25-31.
- Mäkinen, T. M., Palinkas, L. A., Reeves, D. L., Pääkkönen, T., Rintamäki, H., Leppäluoto, J. og Hassi, J. (2006) Effect of repeated exposures to cold on cognitive performance in humans, *Physiology & behavior*, 87 (1), s. 166-176.
- Nielsen, R., Gavhed, D. C. og Nilsson, H. (1989) Thermal function of a clothing ensemble during work: dependency on inner clothing layer fit, *Ergonomics*, 32 (12), s. 1581-1594.
- Nielsen, R. og Nielsen, B. (1984) Measurement of mean skin temperature of clothed persons in cool environments, *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 53 (3), s. 231-236.

- Nimmo, M. (2004) Exercise in the cold, *Journal of sports sciences*, 22 (10), s. 898-916.
- Nunneley, S. A. (1989) Heat stress in protective clothing: interactions among physical and physiological factors, *Scandinavian journal of work, environment & health*, 15 (1), s. 52-57.
- Oksa, J., Kaikkonen, H., Sorvisto, P., Vaappo, M., Martikkala, V. og Rintamäki, H. (2004) Changes in maximal cardiorespiratory capacity and submaximal strain while exercising in cold, *Journal of Thermal Biology*, 29 (7), s. 815-818.
- Pandolf, K. B., Givoni, B. og Goldman, R. (1977) Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly, *Journal of Applied Physiology*, 43 (4), s. 577-581.
- Patton, J. F., Bidwell, T. E., Murphy, M. M., Mello, R. P. og Harp, M. E. (1995) Energy cost of wearing chemical protective clothing during progressive treadmill walking, *Aviation, space, and environmental medicine*, 66 (3), s. 238-242.
- Reed, L., Oszcewski, R. J. og Farnworth, B. (1988) Cold Weather Clothing Systems: Recent Progress and Problems for Future Research, i Holmes, G. T., Goldman, R. F., Marsh, P. L., Vanggaard, L., Doucet, J., Scott, R. A. og Pandolf, K. B. (red.) *Handbook on Clothing. Biomedical Effects of Military Clothing and Equipment Systems NATO AC/243 (Panel 8)*, s. 5-1 - 5-12.
- Rintamäki, H. (2005) Protective clothing and performance in cold environments, paper presentert på *Proceeding of the Third International Conference on Human-Environment System 2005*, Tokyo, Japan.
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H.-C., Leirdal, S. og Ettema, G. (2010) Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers, *European journal of applied physiology*, 109 (3), s. 473-481.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D. og Hawley, J. A. (2004) Reliability and variability of running economy in elite distance runners, *Medicine and science in sports and exercise*, 36 (11), s. 1972-1976.
- Shishoo, R. L. (1989) Interactions between Fabric Properties and Garment Making-up Processes, *Lenzinger Berichte*, 67, s. 35-42.
- Soule, R. G. og Goldman, R. F. (1969) Energy cost of loads carried on the head, hands, or feet, *Journal of Applied Physiology*, 27 (5), s. 687-690.
- Taylor, N. A., Lewis, M. C., Notley, S. R. og Peoples, G. E. (2012) A fractionation of the physiological burden of the personal protective equipment worn by firefighters, *European Journal of Applied Physiology*, 112 (8), s. 2913-2921.
- Taylor, N. A., Peoples, G. E. og Petersen, S. R. (2016) Load carriage, human performance, and employment standards 1, *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41 (6), s. 131-147.
- Teitlebaum, A. og Goldman, R. F. (1972) Increased energy cost with multiple clothing layers, *Journal of Applied Physiology*, 32 (6), s. 743-744.
- Tremblay-Lutter, J. F. og Wehrer, S. J. (1996) Functional fit evaluation to determine optimal ease requirements in Chemical protective gloves, i S., J. J. og Z., M. S. (red.) *Performance of Protective Clothing*. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, s. 367-383.
- Weir, J. d. V. (1949) New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism, *The Journal of physiology*, 109 (1-2), s. 1-9.
- Wiggen, O. N., Heen, S., Faerevik, H. og Reinertsen, R. E. (2011) Effect of cold conditions on manual performance while wearing petroleum industry protective clothing, *Industrial health*, 49 (4), s. 443-451.

7 VEDLEGG

A1 Informasjon til forsøkspersonene

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

"Effekt av arbeidsbekledning på metabolsk rate og muskelaktivitet."

Bakgrunn og hensikt

Dette er et spørsmål til deg om å delta i en forskningsstudie for å gi kunnskap som kan bidra til å redusere muskel- og skjelettlidelser gjennom å studere hvordan arbeidsbekledning som beskytter mot kulde påvirker muskelaktivitet og total arbeidsbelastning. Det har den siste tiden vært en jevn økning i aktiviteten i nordområdene, spesielt i petroleumsindustrien og til dels i gruvedriften. Denne økte aktiviteten i kaldere og mer ekstreme arbeidsmiljø stiller store krav til helse, miljø og sikkerhet. I denne typen miljø er det avgjørende at arbeiderene har på seg egnet arbeidstøy for å ivareta helse og sikkerhet ved arbeid utendørs. Men denne typen bekledning fører også med seg uønskede bieffekter, som for eksempel økt arbeidsbelastning. Det er flere studier som viser at muskelaktivitetsmønstre i øvre del av trapezius under arbeid kan si noe om utvikling av arbeidsrelaterte smerter i nakke og skuldre. Derfor er det av interesse å undersøke om bekledningen har en effekt også på muskelaktivitetsmønstrene under arbeid. For å kunne beskytte både mot de ytre eksponeringer, men også ivareta god helse under denne type arbeid behøver man mer kunnskap om effekten av arbeidsbekledningen på arbeidsbelastning og muskelaktivitetsmønstre.

Hva innebærer studien?

Studien innebærer en pre-test samt en hoved-test, totalt to besøk ved arbeidsfysiologisk laboratorium. Testene vil gjennomføres våren 2016. Ved pre-testen skal forsøkspersonene prøve bekledninger, og måle fettprosent, høyde og vekt. I hovedstesten blir det testet ulike bekledningskonsept ved gange på tredemølle. Omgivelsestemperaturen vil være slik at personene føler seg termisk komfortabel. Det vil bli målt oksygenopptak (VO_2) muskelaktivering (EMG), hjerterefrekvens og hud- og rektal temperatur. Mer detaljert informasjon om studien finnes i vedlegg A.

Mulige fordeler og ulemper

Fordeler med å delta i studien er at forsøkspersonen kan få mer inngående kunnskap om hvordan bekledning kan påvirke menneskets funksjon. Vi kjenner ikke til noen risiko i forhold til forsøket.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Prøvene tatt av deg og informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene og prøvene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennende opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger og prøver gjennom en navneliste.

Det er kun autorisert personell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til deg. Data vil bli slettet 1.1.2021

Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

Jeg er kjent med at kamera for observasjon av forsøket er i drift, og gir min godkjenning til dette. Det er ikke mulig å gjøre opptak med kameraet, og film blir ikke lagret. Observasjonen er kun for at prosjektmedarbeidere av sikkerhetsmessige årsaker skal kunne følge med på forsøket.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke til å delta i studien. Dette vil ikke få konsekvenser for din videre behandling. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Om du nå sier ja til å delta, kan du senere trekke tilbake ditt samtykke uten at det påvirker din øvrige behandling. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til studien, kan du kontakte:

Julie Renberg, MSc, PhD Stipendiat SINTEF, tlf 911 54 489, e-post julie.renberg@sintef.no

Ytterligere informasjon om studien finnes i kapittel A – utdypende forklaring av hva studien innebærer.

Ytterligere informasjon om biobank, personvern og forsikring finnes i kapittel B – Personvern, biobank, økonomi og forsikring.

Samtykkeerklæring følger etter kapittel B.

Kapittel A- utdypende forklaring av hva studien innebærer

Utstyr og målinger

Antropometriske målinger (alder, høyde, vekt og fettprosent) vil bli gjort ved hjelp av akkreditert måleutstyr. Hjerterefrekvens vil bli registrert med pulsklokke. Metabolsk rate vil bli målt ved hjelp av en oksygenanalysator. Hudtemperaturen blir målt ved plassering av 6 hudtermistorer ulike steder på kroppen. Kjernetemperatur blir registrert med rektalprobe. Subjektiv evaluering av temperatur og komfort vil bli gjennomført ved bruk av et spørreskjema. EMG vil bli målt på flere sentrale muskler. Styrke i skulder- og kneleddene blir målt med kraftceller.

Forsøkspersoner:

Subjektene som skal delta vil bli innkalt til møte i god tid før første forsøksdag, hvor de vil bli informert både muntlig og skriftlig om forsøket. Samtykkeerklæring vil bli fremlagt og ønsker subjektene og delta vil de få en opplæring i de ulike testene som skal benyttes under forsøket. I forkant av studiet vil alle deltakerne gjennomgå en generell vurdering av lege.

Inklusjonskriterier:

For å kunne delta i forsøket må du:

Vurderes av lege

Være en sunn og frisk mann mellom 18 og 35 år

170 -195 cm høy

Fettprosent på $\leq 15\%$.

Du må videre ikke være utsatt for frostskafer eller ha hvite fingre (Raynauds syndrom).

Eksklusjonskriterier:

Deltakerne vil bli ekskludert hvis de tidligere har vært utsatt for frostskafer. Deltakere med Raynauds syndrom (hvite fingre) vil heller ikke kunne delta.

Tidsplan:

Studien vil ha oppstart i april 2016 og avsluttes mai 2016. Hver enkelt forsøksperson vil gjennomføre alle testene i løpet av ca. to uker. Forsøkspersonene må regne med å sette av 30 minutter til pretesten, og en halv dag (4 timer) til hovedtesten.

Honorar:

Forsøkspersonene vil motta en kompensasjon på 150,- i timen for deltakelse og ulempe.

Kapittel B - Personvern, biobank, økonomi og forsikring

Personvern

Opplysninger som registreres om deg er alder, høyde, vekt, fettprosent. Det vil også bli samlet inn data på hud- og kjernetemperatur, muskelaktivering (EMG), metabolsk rate (VO₂) og hjertefrekvens.

Det er bare prosjektmedarbeidere som får tilgang til datamaterielt. Alle prosjektmedarbeidere har taushetserklæring. Prosjektmedarbeiderne er:

Randi E. Reinertsen, Forskningssjef/Professor II, SINTEF/NTNU

Hilde Færevik, PhD, Seniorforsker, SINTEF

Karin Roeleveld, PhD, professor, NTNU

Øystein Wiggen, PhD, forsker, SINTEF

Julie Renberg, MSc, PhD stipendiat, NTNU/SINTEF

Maren Trones Christiansen, BSc, Master student, NTNU

SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling Helse ved administrerende direktør er databehandlingsansvarlig.

Rett til innsyn og sletting av opplysninger om deg og sletting av prøver

Hvis du sier ja til å delta i studien, har du rett til å få innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg. Du har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert. Dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Økonomi

Studien er en del av Skiftarbeid og spesielle arbeidstidsordninger prosjektet finansiert gjennom Norges forskningsråd, ENI, Norsk Sykepleierforbund, Fagforbundet og Spekter. Det er ingen interessekonflikter i prosjektet.

Forsikring

Deltakerne i studien vil være forsikret gjennom SINTEF sine forsikringsordninger.

Informasjon om utfallet av studien

Deltakerne i studien vil bli informert om resultatene når disse foreligger. Deltakerne har også rett til innsikt i sine individuelle data

"Effekt av arbeidsbekledning på metabolsk rate og muskelaktivitet."

Samtykke til deltakelse i studien

Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)


A2 Latin square

Tabell A1: Rekkefølge for alle bekledningskonseptenes undersøkelse, hvor helling 1 er 0° og helling 2 er 6°.

FP#	Bekledning					Helling*
1	A	B	E	C	D	1
2	B	C	A	D	E	2
3	C	D	B	E	A	1
4	D	E	C	A	B	2
5	E	A	D	B	C	1
6	D	C	E	B	A	2
7	E	D	A	C	B	1
8	A	E	B	D	C	2
9	B	A	C	E	D	1
10	C	B	D	A	E	2
11	A	B	E	C	D	2
12	B	C	A	D	E	1
13	C	D	B	E	A	2
14	D	E	C	A	B	1
15	E	A	D	B	C	2
16	D	C	E	B	A	1
17	E	D	A	C	B	2
18	A	E	B	D	C	1
19	B	A	C	E	D	2
20	C	B	D	A	E	1

* starter med gitt helling på runde en, på runde to blir det motsatt osv.

A3 Svarark for subjektivt evalueringsskjema

 SINTEF	Dok. nr <i>Internal Reg. No.</i> KS 78-05-02	Gradering <i>Classification</i> Intern	Utgave nr. <i>Revision no.</i> 1.0	Dato <i>Date</i> 2009-02-10	
	Kvalitetssikring <i>Quality Assurance</i>	Utarb. Av <i>Prep. by</i> Maria Suong Tjønnås	Godkjent av <i>Approved by</i> Hilde Færevik	Side <i>Page</i> 46	Av <i>Of</i> 1

1. Hvordan føler du deg termisk din (e):

1) Kropp? 2) Føtter? 3) Hender? 4) Hodet? 5) Nakke?

- 5 ekstremt kald
- 4 svært kald
- 3 kald
- 2 kjølig
- 1 litt kjølig
- 0 nøytral
- 1 litt varm
- 2 varm
- 3 het
- 4 svært het
- 5 ekstremt het

2. Du?

- 1 skjelver kraftig av kulde
- 2 skjelver moderat av kulde
- 3 skjelver litt av kulde
- 4 hverken svetter eller skjelver
- 5 svetter litt
- 6 svetter moderat
- 7 svetter kraftig

3. Hvordan føles din hud?

- 1 mer tørr enn normalt
- 2 normalt tørr
- 3 bryst og rygg lett våt
- 4 bryst og rygg er våt
- 5 kroppen er våt
- 6 kroppen er våt og tøyet kleber til huden

4. Hvordan føles bekledningen – VARME/KULDE

- 1 Kald
- 2 Litt kald
- 3 Nøytral
- 4 Litt varm
- 5 Varm

5. Hvordan vil du foretrekke den omgivende lufttemperatur?

- 1 mye kjøligere
- 2 litt kjøligere
- 3 nøytral
- 4 litt varmere
- 5 mye varmere

6. Hvordan føler du deg termisk tilpass?

- 1 komfortabel
- 2 litt ukomfortabel
- 3 ukomfortabel
- 4 svært ukomfortabel

A4 Grad av anstrengelse

6

7 Svært lett

8

9 Meget lett

10

11 Ganske lett

12

13 Litt anstrengende

14

15 Anstrengende

16

17 Meget anstrengende

18

19 Svært anstrengende

20