

Arbetskläder i kyla

TEST AV KLIMATSKYDDANDE EGENSKAPER

I detta projekt studerades olika kläders isoleringsförmåga i klimatkammare vid 0 till -17°C . Termofysiologiska och subjektiva reaktioner mättes, dels vid gång på rullband, dels i vila. Arbets sättet, dvs om försökspersonerna rörde sig kontinuerligt eller intermittert med korta uppehåll, hade tydlig effekt på de termiska reaktionerna.

Det totala isolationsvärdet mätt på försökspersoner var alltid lägre än standardvärdet mätt på en termisk docka. Standardvärdena måste korrigeras för kroppsrörelser, vind och fuktabsorption. Kläder av ull fungerade lika bra som de av syntetmaterial. Studierna har utförts vid Arbetsmiljöinstitutet i Solna.

BAKGRUND

Kyla innebär ökad påfrestning på individen jämfört med arbete i mer normala temperaturförhållanden. Detta beror bl a på hindrande skyddsklädsel och andra obehag som hör ihop med otillräcklig isolation. Arbete i kyla sker under skiftande betingelser. Arbetsuppgifterna är i de flesta fall bestämda och det termiska klimatet omöjligt att påverka. Kläderna kan då vara den enda faktor i miljön som är möjlig att påverka för att göra det bekvämt för individen och därmed minska den extra påfrestning som kylan utgör.

Klädernas värmeisolerade egenskaper är alltså avgörande för individens komfort, beroende på de potentiellt stora värmeförluster från kroppen som kan ske genom konvektion och strålning. Graden av isolering är främst beroende av tjockleken på stillastående luftlager i fibrer, mellan fibrer och mellan klädsikt. Under verkliga arbetsförhållanden förstörs de stillastående luftlagren och isolationen minskas på grund av ökad ventilation genom deformation av kläderna vid vissa kroppställningar och svettabsorption.

Standardiserad mätning av isoleringsförmågan hos olika beklädnader innebär mätning på en stillastående, termisk docka. Således har inte hänsyn tagits till kroppsrörelser eller vindeffekter. En pålitlig bedömning av behovet av köldskydd vid arbete i kyla kräver kunskap om hur mycket av isolerings-

förmågan som går förlorad under användning och hur mycket standardvärdet behöver modifieras.

Termisk komfort och neutralitet kan bibehållas även vid låga temperaturer med en riktig kombination av klädisolering och fysisk aktivitet, vilket kan beräknas med IREQ (Insulation Required = isolationsbehov), ett köldindex som utarbetats på Arbetsmiljöinstitutet. Den högre isolation som krävs i kyla försämrar emellertid förutsättningarna för svettavdunstning. Hög svettningsintensitet kan innebära ett snabbt mättat mikroklimat under kläderna med fuktansamling, försämring av klädernas värmeisolerande egenskaper med förstörelse av kroppens värmebalans som följd.

Fysiologiska kriterier som inbegriper viss hudtemperatur och svettningsintensitet för termisk komfort vid bestämd fysisk aktivitet har föreslagits i ISO 7730 för normalt klimat. Det är diskutabelt om dessa kan tillämpas även i kyla (under 0°C). Som underlag för IREQ har använts data från studier av försökspersoner som har arbetat enbart under konstanta betingelser. Studier under varierande betingelser behövs för att ge en bättre bedömning av isolationsbehovet under verkliga förhållanden.

SYFTE

Syftet med detta projekt var att få ett utökat underlag för bedömning av isolationsbehovet i kyla genom studier av termiska reaktioner hos försökspersoner.

| Aktivitet+tid | Kläd-kombination | Omgivnings-temperatur | Syreupptagning | Anmärkning |
|---|------------------|-------------------------------|--|--------------------------------------|
| gång på rullband 90 minuter | A | +1,-9,-12(1), -12(2),-17°C | 1,00 l/min | självvald gång- hastighet i -12°C |
| gång på rullband 90 minuter + sittande 30 minuter + gång på rullband 45 minuter | B, C, D, E | -10°C +22°C -10°C | 1,02 l/min 0,30 l/min 1,04 l/min | B, D syntet C, E ull |
| gång på rullband 10/vila 10 min (totalt 90 min) + sittande 30 minuter | C, E | -10°C -10°C | 1,04 l/min 0,35 l/min | |
| gång på rullband 50 minuter + gång på rullband 60 minuter | D, E | -10°C -10°C | 1,82 l/min 0,71 l/min | |
| stående 60 minuter | B, E | B +16, E +11°C | 0,36 l/min | |

soner klädda i köldskyddande arbetskläder samt beklädnadens isolationsförmåga under skiftande betingelser. Isolationsvärden uppmätta med termisk docka skulle också jämföras med beräknade värden på stillastående försökspersoner. Syftet var också att undersöka fysiologiska och psykologiska bedömningskriterier för klimatpåverkan vid arbete i kyla.

METODER

Försöken genomfördes med försökspersoner (fp) i klimatkammare. De var klädda i köldskyddande arbetskläder i fem olika serier beskrivna i tabellen ovan. Flera versioner av en beklädnad med flera klädlager användes. Beklädnadskombinationernas isoleringsförmåga valdes för att ge termisk komfort i vissa betingelser på grundval av två olika fysiologiska modeller – komfortindexet PMV och köldindexet IREQ. Under försöken gjordes olika fysiologiska mätningar och upplevelseskattningar från fp noterades. Klädkombinationernas värmeisolation mättes med en sk termisk docka.

RESULTAT OCH KOMMENTARER

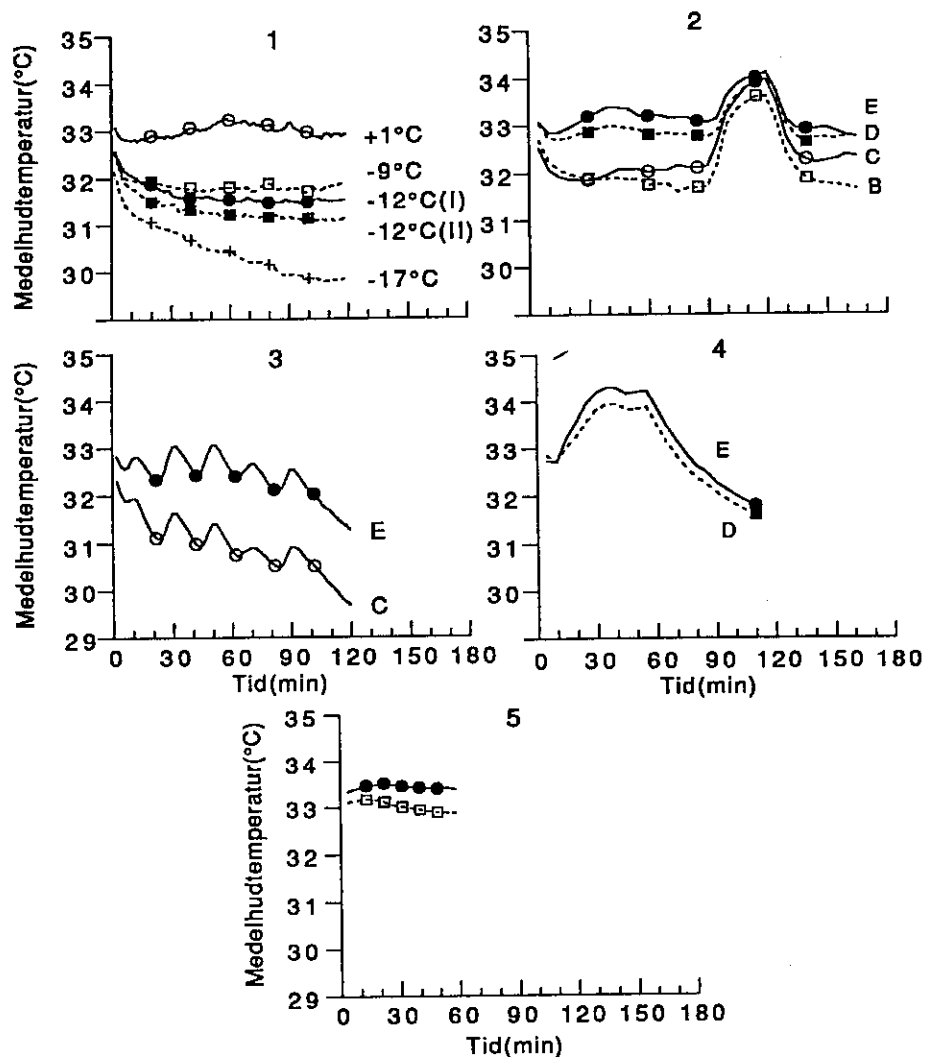
Fysiologiska och subjektiva reaktioner

Temperaturen i kroppskärnan bestämdes och förändrades som förväntat med arbetstyngden vid de olika försöksserierna. Vid kortvarigt arbete skedde nedkylningen av huden olika snabbt, vilket illustreras i figur 1.

Otillräcklig beklädnadsisolation ledde till värmeobalans, liksom en alltför kraftigt isolerande beklädnad, men av olika orsaker. Arbete i kläder med för låg isolation resulterade i så stora värmeförluster, genom strålning och konvektion, att försökspersonerna fick värmeunderskott, trots reaktioner som reglerar temperaturen dvs kärlsammandragning i ytliga blodkärl. Det motsatta fallet, arbete i alltför varma kläder, gav högre medeltemperatur på huden, vilket föranledde svettning. Svettavdunstningen orsakade så småningom värmeunderskott och därmed fallande kroppstemperatur. Emellertid var nivån på hudtemperaturen högre i den alltför varma beklädnaden och nedkylning till lika låga nivåer som i de otillräckligt isolerande klädkombinationerna skulle ta längre tid.

Termiska reaktioner vid olika temperaturer i omgivningen

Även vid ganska stor variation i omgivningens temperatur, från -17 till +1°C upprätthölls en acceptabel värmebalans under arbetsperioden före vilan och medelkroppstemperaturen (sammanvägning av medelhudtemperatur (T_{sk}) och kärntemperatur) låg på en nästan konstant nivå efter en första period av fysiologisk anpassning. Under de varmare betingelserna reglerades således värmebalansen genom ökad svettavdunstning och under de kallare betingelserna bidrog kärlsammandragning till en lägre hudtemperatur och därmed minskad värme-



Figur 1. Medelhudtemperatur under de fem olika försöksserierna. Kurvorna från försöksserie 2-5 representerar olika klädkombinationer.

förlust till omgivningen. T_{sk} och svettavdunstning minskade, och upplevelsen av kyla ökade med lägre omgivningstemperatur.

Termiska reaktioner vid förändring av omgivningens temperatur och arbetsintensiteten
 T_{sk} -nivån ökade proportionellt med beklädnadsisoleringen under den första arbetsfasen. I de två bäst isolerade klädkombinationerna observerades en relativt sett större avkylning efter återgång till kyla, vilket bl a kan ha berott på avdunstning av absorberad svett ifrån kläderna. Svettavdunstningen var dubbelt så hög i de varmaste klädkombinationerna, och de absorberade betydligt mer fukt än i de svalare. Som förväntat absorberade klädkombinationerna med ull mer än de med enbart syntetmaterial. Fp hade värmeöverskott i samtliga klädkombinationer. Fp upplevde sig trots det "neutrala" i de svalaste

klädkombinationerna och angav att ingen svettning förekom. Upplevelsen av värme i kroppen och av hudfuktigheten blev högre med högre total isolation.

Termiska reaktioner under intermitterant arbete med påföljande vila

Den relativt stora ökningen av T_{sk} under arbetsperioderna kunde i den lägst isolerande beklädnads-kombinationen inte kompenseras till fullo av den snabba minskningen under viloperioderna, vilket visade sig som en sänkning av temperaturnivån. Sänkningen avspeglades emellertid inte i försökspersonernas temperaturupplevelse, möjligen beroende på en konstant kärntemperatur. Ingen skillnad i upplevd hudfuktighet kunde påvisas mellan de två klädkombinationerna under arbetet. Under viloperioden i slutet av försöket var värmeunderskottet

stort, omkring 40 W/m². Fp huttrade då "lite" i den svalare klädkombinationen, men inte i den varmare.

Termiska reaktioner under medeltungt arbete och återhämningsperiod

Fp hade ett värmeöverskott och T_{sk} ökade mycket under det tyngre arbetet (se fig. 1) trots intensiv svettning. Fp angav att de var "varma" och att de svettades "ganska mycket", medan de var "termiskt neutrala" och "svettades inte alls" under det lätta arbetet. Då effektutvecklingen minskade övergick värmeöverskottet till underskott, och T_{sk} minskade till under startnivån. Svettavdunstningen fortsatte, men med minskad intensitet.

Arbetsmetodens effekt på termiska reaktioner

Vid intermitterant arbete med samma beklädnad var huden kallare. Kroppen upplevdes också som svalare än vid kontinuerligt arbete. Beklädnadsisoleringen hade dessutom effekt på T_{sk} , så att skillnaden var större i den varmaste klädkombinationen.

En jämförelse mellan att arbeta med en viss total effektutveckling på två sätt, på en hög energetisk nivå under kort tid och på en energetiskt låg nivå under dubbelt så lång tid, visade att värmebelastningen som förväntat blev större under den förra arbetsformen, med högre temperaturnivåer och högre svettningensintensitet.

Beklädnadsmaterialets effekt på termiska reaktioner

En mycket liten skillnad i T_{sk} mellan ull och syntet kunde påvisas både i försök med låg och med hög svettningensintensitet. Den lilla skillnaden saknade emellertid betydelse för värmebalansen eller den termiska upplevelsen. Efter övergången från det tyngre till det lätta arbetet minskade skillnaden något på slutet. Den absorberade fuktmängden i ull var betydligt större än i syntetbeklädnaden. Skillnaden kan inte förklaras av en högre svettproduktion eller mindre svettavdunstning från kläderna, utan var sannolikt huvudsakligen beroende på att ullkläderna absorberade mer fukt från den omgivande luften. Om försöket hade fortsatt en längre tid skulle, teoretiskt sett, med hänsyn till en större fuktabsorption, de totala värmeförlusterna bli större, vilket vore en nackdel vid vila i kyla. Skattningen av temperaturtillståndet i hela kroppen var lika i ull och syntet.

Komfortkriterier

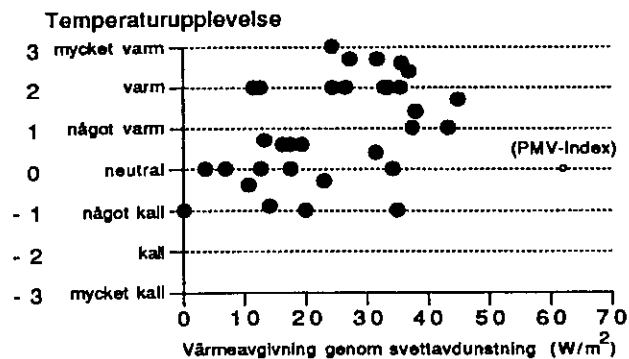
Medelhudtemperaturen verkade till stor del vara bestämmande för skattningen av temperaturupplevelse i hela kroppen för alla försök sammantagna. Kärntemperaturen bidrog inte till att öka korrelatio-

nen i vår studie. Fp upplevde "termisk neutralitet" omkring $T_{sk} = 31^{\circ}\text{C}$. Skattningarna av termisk upplevelse i händer respektive fötter påverkades obetydligt av temperaturen på respektive kroppsdel. Termisk neutralitet i händerna upplevdes till exempel både vid 28°C och 33°C under de mest stabila perioderna av försöken. Inget försök ledde till fottemperaturer under 31°C. Ingen fp skattade heller under 0 ("termiskt neutral"). Medelvärdet av skattning av fukt på huden under de mest stabila perioderna av försöken tycktes ha ytterst lite samband med våthetsgraden på huden. Skattningen "torr hud" förekom exempelvis mellan en våthetsgrad av 0 och 0,9, dvs även då svettningensintensiteten var hög. Fp tenderade att uppleva högre hudfuktighet med ökad medelhudtemperatur. Skattning av omgivningstemperaturen var väl korrelerad med skattning av temperaturupplevelse för hela kroppen. Försökspersonerna föredrog en något högre omgivningstemperatur, även om de upplevde termisk neutralitet.

Uppmätta medelhudtemperaturer vid upplevd termisk komfort överensstämde ganska bra med det komfortkriterium som används för normalt klimat i ISO 7730. Uppmätta värmeförluster genom svettavdunstning vid komforttillstånd var däremot klart lägre än de som krävs för normalklimat (ISO 7730), figur 2. I kyla krävs fortsatta undersökningar för att ta fram relevanta bedömningskriterier för svettning.

Isolation och fukttransport i beklädnadssystemet

Vid övergång från vila i rumstemperatur till arbete i kyla eller vid kortvariga förändringar (10 min) av arbetsintensiteten kunde inte någon buffertverkan i kläderna observeras som fördröjde nedkylningen av huden. Emellertid fördröjdes nedkylningen av huden omkring 10 minuter vid en drastisk minskning

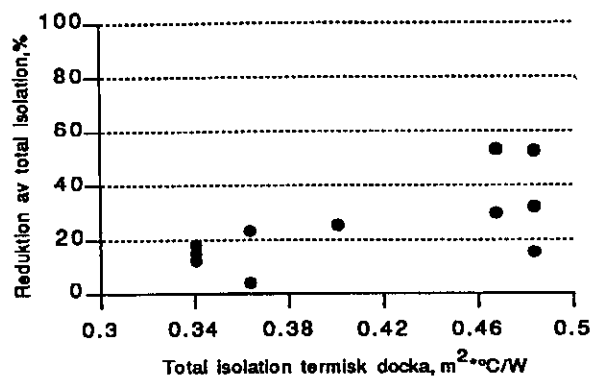


Figur 2. Förhållande mellan värmeförlust genom svettavdunstning och försökspersoners temperaturupplevelse i kyla under gång på rullband. Komfortkriteriet för komfort i ISO 7730 är utmärkt i diagrammet.

av arbetsintensiteten efter 50 minuters arbete i tjock beklädnad.

Det resulterade totala isolationsvärdet mätt på försökspersoner var alltid lägre än standardvärdet mätt på termisk docka.

Reduktionen av standardvärdet var mellan 12 och 32 procent, med ett undantag (figur 3). Den variation i reduktion av den totala isolationen som uppmättes vid försöken berodde på flera faktorer, såsom arbetsintensitet, svettmängd och klädtyp. I försöksserie 3 där det förekom betydande svettmängder, var reduktionen betydligt större, 52–53 procent. En försämrande effekt på isolationsvärdet och på värmeförluster från kroppen på grund av fuktabsorption har tidigare rapporterats. Våra mätningar på försökspersoner bekräftade tidigare resultat från studier av isolationsreduktion på grund av vind och kroppsrörelser som tagits fram med termiska dockor. Med hänsyn till dessa resultat är det uppenbart att köldskyddet hos en beklädnad kan bli mycket överskattat om bedömningen enbart bygger på standardmätningar av värmeisolation med stillastående termisk docka och de värden som används i beräkningarna antas vara lika med resulterande värden. Standardvärdena måste alltså korrigeras för effekter av kroppsrörelser, vind och fuktabsorption. Detta krävs också vid analys av isolationsbehovet i kyla med IREQ. I kyla kommer de faktiska värmeförlusterna att vara betydligt högre än som förut-



Figur 3. Förhållande mellan total isolation hos beklädnad under gång på rullband och isolationsvärde mätt enligt standard på stående termisk docka.

sagts på basis av tabellvärden för typisk vinterbeklädnad. Bristen på tillräcklig kunskap om det dynamiska förloppet av värmeutbyte i beklädnadssystem kräver mer forskning inom detta område.

RAPPORTEN

Arbete i kyla. Beklädnad, värmebalans och fysiologisk påverkan, *Arbete och hälsa* 1992:32, (30 sidor) kan beställas från Arbetsmiljöinstitutet, Förlagsservice, 171 84 Solna, tel 08-730 98 00.

Pris: 90 kronor + moms.

1533

För innehållet i sammanfattningen svarar
Désirée Gavhed och Ingvar Holmér
Arbetsmiljöinstitutet, IFK, 171 84 Solna, tel 08-730 91 00.

Pnr 80-0530 Klimat (34) December 1992

Arbetsmiljöfonden

BESÖKSADRESS Olof Palmes Gata 31
POSTADRESS Box 1122 111 81 STOCKHOLM
TELEFON 08-791 03 00 TELEFAX 08-791 85 90