



ARBETSMILJÖ
VERKET

**Test av larmställ vid arbete
i stark värme**

Rapport 2006:6

Inledning	2
Uppläggnig	2
Resultat	4
Arbetstid	4
<i>Hjärtfrekvens</i>	5
<i>Temperaturer</i>	6
<i>Svettning</i>	7
Subjektiva reaktioner	7
<i>Återhämtning</i>	8
Diskussion	8
Slutsatser.....	9

Test av larmställ vid arbete i stark värme

Ingvor Holmér, Kalev Kuklane, Chuansi Gao
Laboratoriet för termisk miljö
Ergonomienheten
Institutionen för Designvetenskaper
Lunds tekniska högskola

Inledning

Skyddskläder och andningsapparater ger rökdykaren möjlighet att arbeta i syrefattiga, förorenade och varma miljöer. Arbete i stark värme måste dock alltid tidsbegränsas eftersom det sker en kontinuerlig upplagring av värme i kroppen. Detta leder till stigande kroppstemperatur, ökad fysiologisk belastning och gradvis utmattning. Risken för att detta ska inträffa bestäms av faktorer som arbetstyngd, typ av skyddsklädsel och de termiska förhållandena (lufttemperatur, värmestrålning och luftfuktighet).

De larmställ som används på marknaden testas enligt EN469. Dessa tester mäter dock inte de termiska egenskaper (isolationsförmåga och vattenångsmotstånd), som är bestämmande för kroppens värmeutbyte. Olika egenskaper i dessa avseenden hos larmställ på marknaden kan därför tänkas leda till varierande grad av värmebelastning vid en och samma exposition.

I samband med en inträffad olycka vid rökdykning i stark värme framfördes hypotesen att den klädsel som användes vid tillfället bidragit till en kraftigare värmebelastning än vad som kunnat förväntas. Föreliggande undersökning har haft som syfte att simulera arbete i stark värme och undersöka inverkan av tre typer av larmställ på uppkomsten av värmebelastning. En hypotes har varit att förstärkt klädsel ökar värmebelastningen.

Uppläggnig

Fem elever vid brandmansutbildningen på Revinge räddningsskola deltog i undersökningen. Deras medelålder var 26 ± 8 år, längd 181 ± 3 cm och vikt 73 ± 4 kg. Personerna deltog frivilligt och informerades om undersökningens syfte och uppläggnig innan start. Uppläggnig av undersökningen är godkänd av etisk kommitté vid Lunds universitet.

Varje person genomförde först ett arbetsprov med gradvis stegrad belastning till maximal nivå för bestämning av maximal syreupptagningsförmåga och maximal hjärtfrekvens. Därefter genomfördes på olika dagar ett arbetsprov i klimatkammare med fyra olika typer av klädsel och utrustning.

Klädseln utgjordes av två olika typer av larmställ som kombinerades med olika underkläder. Dessa kombinationer är beskrivna i tabell 1.

Tabell 1. Klädsel och utrustning under försöken

Symbol	Klädsel	Persedlar	Utrustning	Clo
UW	underställ (RB90)	T-tröja, kalsong, RB-90 underställ, sockor, gympaskor	Helmask	1.43
RB	RB90 system	T-tröja, kalsong, RB-90 underställ, larmställ (RB90 jacka och byxor), balaclava, RB90 handskar, sockor, skyddsskor	Hjälm, helmask, andningsapparat (Spirolite)	2.78
AR	ARY	T-tröja, kalsong, larmställ (ARY jacka och byxor), balaclava, RB90 handskar, sockor, skyddsskor	Hjälm, helmask, andningsapparat (Spirolite)	2.77
AR+	ARY förstärkt underställ	T-tröja, kalsong, <u>träningsoverall</u> , larmställ (ARY jacka och byxor), balaclava, RB90 handskar, sockor, skyddsskor	Hjälm, helmask, andningsapparat (Spirolite)	3.03

Arbetsprovet bestod av följande två moment som genomfördes i följd:

1. 20 min arbete på cykelergometer (50 W) i normal rumstemperatur med syfte att simulera förberedelsearbete inför en rökdykarinsats.
2. 30 min gång på rullband (5 km/tim) i klimatkammare vid en lufttemperatur på 55 °C, en relativ luftfuktighet på 30 % och en lufthastighet på 0,4 m/s.

Personen vägdes före och efter arbetsprovet med och utan all utrustning för att kunna bestämma svettproduktion och svettavdunstning. Dessutom vägdes personen med all utrustning mellan de två arbetsmomenten. Personen utrustades med givare för bestämning av hudtemperaturer (8 punkter på kroppsytan) och djup kroppstemperatur (rektalgivare) samt hjärtfrekvens (puls). Under arbetsprovet mättes syreupptagningen för beräkning av energiomsättning och värmeproduktion. Personerna ombads

att skatta sin egen ansträngningsgrad (RPE) och temperaturupplevelse (TS) med jämna mellanrum.

Arbetsprovet i klimatkammaren avbröts när något av följande inträffade:

1. 30 minuter hade förflutit
2. rektaltemperaturen nådde nivån 39,0 °C
3. personen beslöt själv att avbryta tidigare
4. försöksledaren beslöt att avbryta tidigare

Efter stopp av arbetsprovet i värme gick personen ut ur kammaren, vägdes och satte sig ned för återhämtning. Under återhämtningen togs kläderna av och vägdes. För några av personerna mättes rektaltemperaturen under återhämtningen för att följa avkylningsförloppet.

Resultat

Medelvärden för uppmätta variabler vid tidpunkten för stopp av arbetet i värme ges i tabell 2.

Arbetstid

Alla personerna klarade i stort sett 30 min i UW. Ingen person klarade 30 min med larmställt utan provet avbröts efter 20-27 min. Ingen statistiskt säker skillnad finns mellan larmställen (tabell 2).

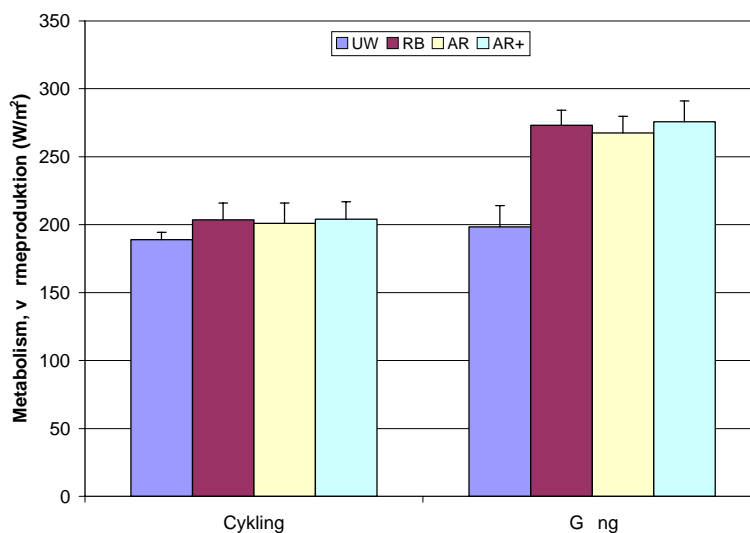
Tabell 2. Arbetstid och uppmätta värden på olika variabler vid tidpunkten för stopp av arbetsprovet i värme. Medelvärden ± 1 SD av fem personer.

Klädsel	Tid, min,sek		Metabolism, W/m ² cykling		Metabolism, W/m ² gång		Puls, slag /min		RPE	
	UW	29,30	1,26	189	5	198	16	161	22	16
RB	22,15	2,52	204	12	273	11	174	9	17	1
AR	24,12	2,02	201	15	267	12	173	11	17	0
AR+	23,27	1,59	204	13	276	16	177	12	18	1
	Tsk, °C		Trec, °C		Total svettprod, g		Avdunstad svett, g		Temp.upplevelse	
UW	39,5	0,6	38,9	0,3	869	154	161	22	3,1	0,5
RB	39,8	0,4	38,9	0,3	1049	261	174	9	4,0	0,7
AR	39,8	0,3	39,1	0,0	987	222	173	11	4,1	0,7
AR+	39,9	0,2	39,1	0,0	1013	374	177	12	3,9	0,5

Metabolism och värmeproduktion

Den uppmätta metabolismen anges i tabell 2 och figur 1. Vid cyklingen uppmättes ett något lägre värde för UW vilket sannolikt förklaras av att den lättare klädseln ger mindre friktion vid cykelrörelserna. Vid gång på plan

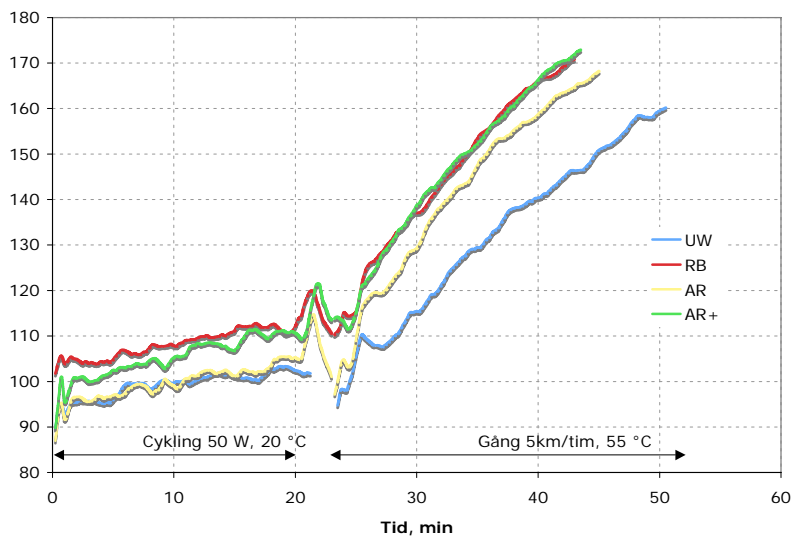
mark är verkningsgraden 0 varför all energi ombildas till värme. Värdena anger alltså kroppens värmeproduktion under de olika betingelserna. Arbetet i UW ger ett betydligt lägre värde som förklaras av lättare klädsel och ingen buren andningsapparat. För de övriga tre kombinationerna är värdena likartade kring 270 W/m².



Figur 1. Värmeproduktionens storlek vid arbetsproven. Medelvärde ± 1 SD för fem personer.

Hjärtfrekvens

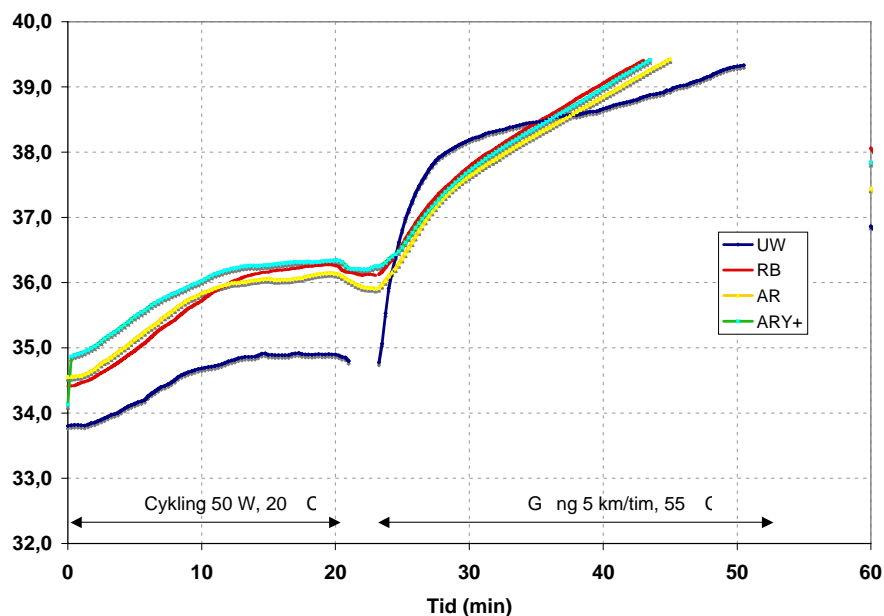
Pulsen var cirka 15 slag/min lägre för UW jämfört med de tre övriga kombinationerna (tabell 2). Pulsvärdena var i slutskedet höga och nära personernas maximala värden (figur 2). Detta indikerar stor belastning på hjärta och cirkulation orsakad av arbete och värme. Ingen statistiskt säker skillnad finns mellan de tre larmställen.



Figur 2. Puls under arbetsproven. Medelvärde för fem personer.

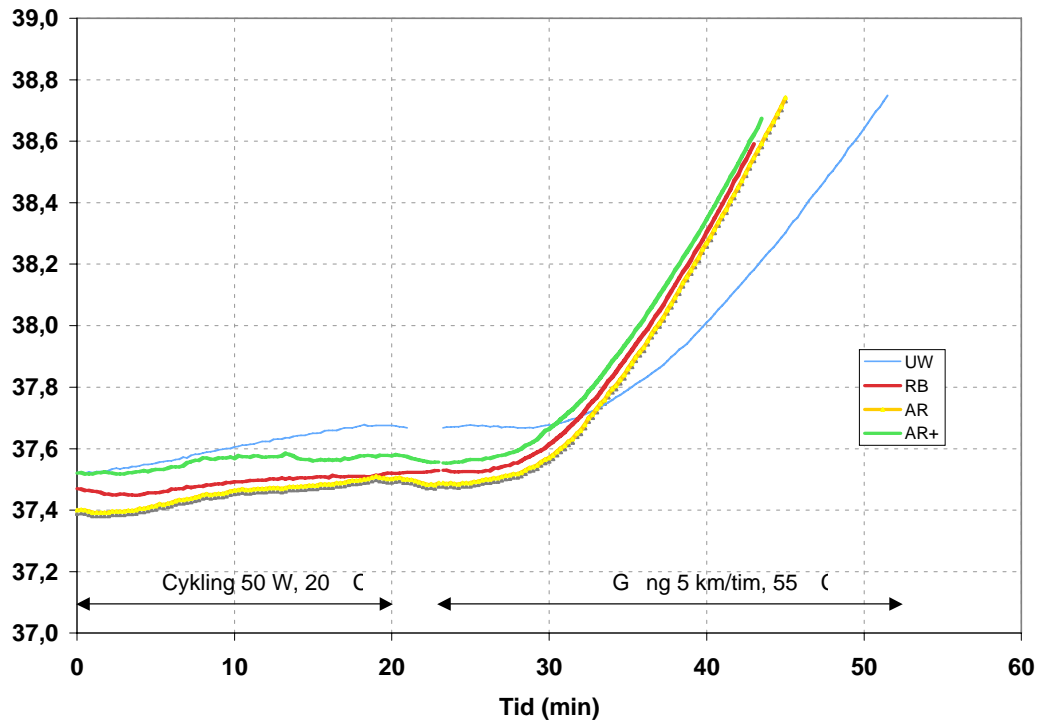
Temperaturer

Värden på hud- och rektaltemperaturer finns i tabell 2 och figur 3-4. Hudtemperaturen är ett medelvärde av 8 mätpunkter på kroppsytan. Temperaturen ökar snabbt vid arbete i värme, särskilt med UW som är mindre isolerande, men klingar av efter några minuter. Ökningstakten kvarstår dock hög hos de tre larmställen. Temperaturen når i enskilda fall över 40 °C.



Figur 3. Medelhudtemperaturen i 8 punkter under arbetsproven. Medelvärde av fem personer.

Kroppstemperaturen (rektalt) vid avbrytandet av värmeprövet var i alla fyra fallen kring 39,0 °C (tabell 2). Detta var ju också brytkriterium, men värdet nåddes vid olika tidpunkter (jämför tiderna i tabell 2). Det finns en latenstid på 5-6 min innan värmen får effekt på den djupa kroppstemperaturen (figur 4). Figuren visar också att kroppstemperaturen därefter ökar snabbt och på ett likartat sätt för de tre larmställen. Ökningen är klart långsammare för UW.



Figur 4. Kroppstemperaturen (rektalt) under arbetsproven. Medelvärde av fem personer.

Svettning

Den totala svettproduktionen uppgick till 869 g för UW och cirka 1000 g för de tre larmställen. Merparten av svetten absorberades i klädseln. I UW avdunstade 161 g, medan cirka 170 g avdunstade i larmställen. Merparten av avdunstningen skedde under värmetestet.

Subjektiva reaktioner

Personerna upplevde ansträngningen som mycket hög (Tabell 2). Ingen säker skillnad finns mellan de fyra betingelserna. Temperaturupplevelsen var lägst för UW (3,1; tabell 2). Detta resultat är förväntat med tanke på den lättare

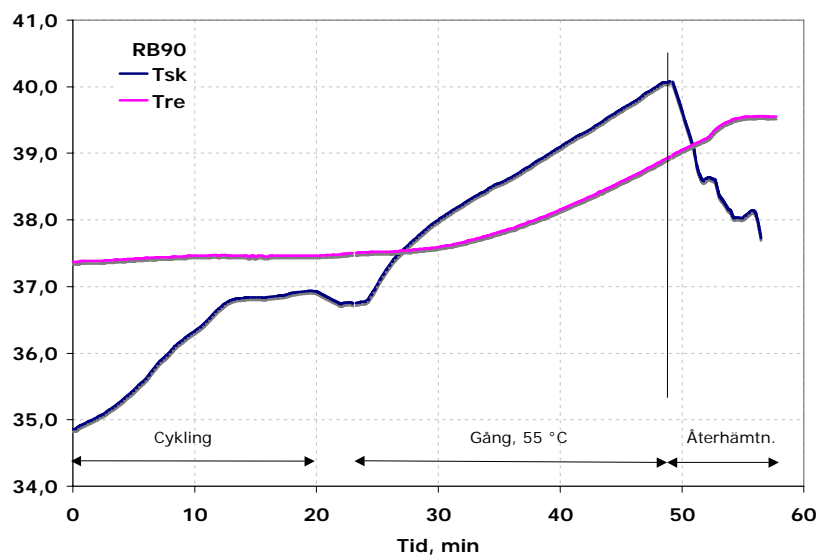
klädseln. De tre larmställen gav en upplevelse motsvarande "mycket varmt" (kring 4; tabell 2). Skillnaden mellan larmställen är inte statistiskt säker.

Återhämtning

I figur 5 anges hud- och rektaltemperatur för en person under hela arbetsprovet inklusive återhämtning. Hudtemperaturen faller omedelbart när personen avbryter och kommer utanför klimatkammaren, där lufttemperaturen är 20 °C. Rektaltemperaturen fortsätter däremot att stiga ytterligare 5-6 min för att sedan plana av och börja sjunka.

Diskussion

Det arbetsprov som genomfördes i undersökningen innebar en mycket hög värmebelastning på försökspersonerna. Det bör därför kunna jämföras med en rökdykarinsats under extrema förhållanden, med reservation för att arbetet då är mer oförutsägbart och värmen kan utgöras av antingen hög lufttemperatur eller strålningsvärme eller en kombination av dessa. Hög luftfuktighet kan också tillkomma. Samtliga personer avbröt frivilligt arbetet i värme efter drygt 20 minuter, vilket också indikerar att gränsen för varje enskild persons tålighet uppnåts. Tiden motsvarar ungefärligen de insatstider som kan förväntas med tanke på andningsapparaturens kapacitet att försörja bäraren med luft under tungt arbete.



Figur 5. Hud- och rektaltemperatur för en person under hela arbetsprovet med ett av larmställen (RB90).

Klädseln har betydelse för storleken på värmebelastningen. Vid en av betingelserna (UW; inget larmställ) uppmättes klart lägre belastning än med larmställ. Värmeproduktionen var också lägre vid gång 5 km/tim eftersom buren utrustning var 20 kg lättare. Likafullt var värmebelastningen betydande och ledde till en kroppstemperatur uppåt 39 °C efter 30 min. I larmställena nåddes denna nivå betydligt tidigare. Skillnaden mellan larmställena var marginell. Två av larmställena hade samma isolationsförmåga och sannolikt likartad vattenångmotstånd. Den tredje kombinationen (AR+; förstärkt med en träningsoverall) hade ca 10 % högre isolation. Denna skillnad är sannolikt för liten för att ge utslag på värmebelastningen. Vid lufttemperaturer över hudens temperatur innebär ökad isolation ett *mindre* värmeupptag från omgivningen. Samtidigt är vattenångmotståndet sannolikt *högre* vilket kan försämra den möjliga värmeavgivningen genom avdunstning. Avdunstad svettmängd var dock likartad i de tre larmställena. Resultatet styrker därför ej hypotesen att värmebelastningen påtagligt försämras i det förstärkta larmstället under de förhållanden som har undersökts.

Slutsatser

1. Lätt till medeltungt arbete i en lufttemperatur på 55 °C eller högre medför en extremt hög värmebelastning, speciellt när arbetet utförs med tung, buren personlig skyddsutrustning.
2. Små variationer i termiska egenskaper hos skyddsbeklädnaden har marginell effekt på värmebelastningens storlek vid denna typ av exposition.
3. Den mest bestämmande faktorn för värmebelastningens storlek i dessa fall är den egenproducerade värmen som är ett resultat av arbetstyngden. En minskning av arbetstyngden, exempelvis genom lättare utrustning eller sänkt arbetstakt, minskar värmebelastningen.
4. Den höga takten med vilken värme deponeras i djupare kroppsvävnader, resulterar i en snabb höjning av kroppstemperaturen. Höjningen fortgår flera minuter efter expositionens avslutande.
5. De stora värmemängder som lagrats i kroppen kräver omsorgsfull återhämtning för att kunna kylas bort och möjliggöra en återgång till normala nivåer på kroppstemperaturen.
6. En mer omfattande analys av samverkan av mellan viktiga variabler vid extrem värmebelastning synes önskvärd, för att ge ett mer rationellt underlag för planering och utformning av rökdykarinsatser och för utformning och val av skyddsutrustning.

Stort tack till alla försökspersoner som uthärdade betingelserna så gott de kunde. Tack också till Lasse Nelson på Räddningsskolan i Revinge och Räddningstjänsten i Norrköping för assistans och råd och till Arbetsmiljöverket och Birgitta Carlsson för stöd. Tack till Sören Lundström, Räddningsverket för hjälp med utrustning (RB90) och