

Effekt av att använda kylväst under brandmansarbete

Denna rapport ingår i Räddningsverkets serie av forsknings- och utvecklingsrapporter. I serien ingår rapporter skrivna av såväl externa författare som av verkets anställda. Rapporterna kan vara kunskapssammanställningar, idéskrifter eller av karaktären tillämpad forskning. Rapporten redovisar inte alltid Räddningsverkets ståndpunkt i innehåll och förslag.

1999 Räddningsverket, Karlstad
Räddningstjänstavdelningen
ISBN 91-7253-035-9

Beställningsnummer P21-308/99
1999 års utgåva

Effekt av att använda kylväst under brandmansarbete

Juhani Smolander
Kalev Kuklane
Désirée Gavhed
Håkan Nilsson
Eva Karlsson
Ingvar Holmér

Klimatgruppen, Enheten för Arbetsmedicin,
Arbetslivsinstitutet

Räddningsverkets kontaktperson:
Dan Carlsson, Enheten för skadebegränsande verksamhet
Telefon 054-10 42 13, Växel 054-10 40 00

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
Abstract	7
1. Inledning	9
2. Försökspersoner och metoder	10
2.1. Försökspersoner.....	10
2.2. Beskrivning av klädsel och isväst.....	10
2.3. Beskrivning av tester	11
Laboratorieförsök	11
Containertest.....	12
Tester i rökdykningshus.....	12
Mätningar på termisk docka	13
2.3. Mätningar.....	13
3. Resultat	15
3.1. Laborrietester	15
Syreupptagning och hjärtfrekvens	15
Kroppstemperatur	16
Svettning	18
Subjektiva bedömningar	19
3.2. Containertest.....	21
Hjärtfrekvens	21
Hudtemperaturer	21
Svettning.....	21
Subjektiva bedömningar	22
3.3 Tester i rökdykningshus.....	22
Arbetstid, luftförbrukning och svettning.....	22
Hjärtfrekvens och subjektiva bedömningar	22
3.3. Mätningar med den termiska dockan.....	24
4. Diskussion	26
Litteraturförteckning.....	28

Sammanfattning

Syftet med denna undersökning var att bestämma en 1 kg isvästs kylverkan på kroppen vid brandmansarbete. Testerna genomfördes i en klimatkammare, i en container med extrem strålningsvärme och i ett rökdykningshus med värme och tungt arbete. Den faktiska kylverkan mättes också med en termisk docka. Fyra erfarna brandmän deltog i försöken. I alla tester bar försökspersonerna standardklädsel för brandmän med en luftapparat. Utrustningens totala vikt var 21-23 kg. Isvästen bars ovanpå underkläder. Laboratorietesten innefattade 30 minuters gång på rullmatta på en måttlig belastning (4 km/h, 0° lutning) och på en hög belastning (4 km/h, 4° lutning) i värme (45 °C, 30 %) utan och med isvästen. Resultaten visade att isvästen effektivt sänkte hudtemperaturerna under västen, speciellt under luftapparaten på ryggen, men inte hudtemperaturerna utanför västen eller rektaltemperaturen. Isvästen ökade inte energiförbrukningen. Hjärtfrekvensen var 10 slag/min lägre, svettningen var 13% mindre och subjektiva skattningar av ansträngning och temperatur var lägre när arbetet gjordes med isvästen. Testresultaten i container och i rökdykningshus stödjer i hög grad laboratorieresultaten. Mätningarna med den termiska dockan visade att den effektiva kylverkan med isvästen var hög (58%). Sammanfattningsvis kan sägas att en 1 kg isväst klart minskar den cirkulatoriska, termiska och subjektiva ansträngningen under krävande arbetsmoment i rökdykning. Den extra nyttan uppskattas till 10-15%.

Undersökningen är gjord i samverkan mellan räddningstjänsten i Håbo kommun och Räddningsverket.

Nyckelord: brandmansarbete, rökdykning, termisk ansträngning, kylverkan, isväst, värmebelastning.

Effectiveness of a light-weight ice-vest for body cooling in fire fighter's work

Abstract

The aim of the present study was to examine the effects of wearing a light-weight ice-vest (1kg, water) on physiological and subjective responses while fire-fighting. The experiments were carried out in a climatic chamber, in a container under extreme radiant heat, and during simulated smoke-diving. In addition, the physical cooling effect of the ice-vest was measured with a thermal mannequin. Four experienced fire fighters participated in the experiments. In all tests, the subjects wore the standard clothing for fire fighters with the self-contained breathing apparatus. The total extra weight carried was 21-23 kg. The ice-vest was worn over the underwear.

The laboratory tests consisted of 30 minutes of treadmill walking at a moderate (4km/h, no inclination), and a heavy (4 km/h, inclination of 4 degrees) work intensity in the heat (45°C, 30%) without and with the ice-vest.

The results showed that the ice-vest effectively reduced skin temperatures under the vest, especially on the back under the breathing apparatus. Wearing the ice-vest did not affect the metabolic rate, skin temperatures outside the vest or the rise in rectal temperature. On average, heart rate was ca. 10 beats/min lower, amount of sweating was reduced by 13%, and subjective sensation of effort and warmth were lower during work with the ice-vest compared to work without it.

The results from tests in the container and in the smoke-diving house largely supported the laboratory results. According to the thermal mannequin tests, the useful energy available from the vest for body cooling was rather high (58%). In conclusion, the light-weight ice-vest clearly reduces circulatory, thermal, and subjective strain during demanding smoke-diving tasks. It was estimated that the added benefit is 10-15%.

Key words: fire fighting, smoke-diving, thermal strain, cooling, ice-vest, heat stress.

1. Inledning

Brandmannens arbete, speciellt vid rökdykning, innebär ofta exponering för tungt fysiskt arbete och värmebelastning. Denna kombination begränsar arbetstiden, minskar effektiviteten i arbetet och kan orsaka värmeskador.

Många olika kylmetoder och kylapparater för människokroppen har utvecklats för värmebelastande arbete inom industrin (Kamon et al. 1986, White et al. 1991, Muir et al. 1999). På grund av deras stora vikt är de mindre lämpade för rökdykning. En optimal kylmetod för brandmän bör ha en låg vikt, inte störa arbetsprestationen och vara lätt att ta på och använda vid larm.

Räddningsverket har i samarbete med en tillverkare (Flexy-Ice AB) utvecklat en isväst på ca 1 kg för brandmän. Av deras preliminära tester (opublicerade resultat) kan två slutsatser dras. Användandet av isväst påverkar inte brandmannens säkerhet vid arbete i värme. Erfarna brandmän uppvisade en genomgående positiv inställning till isvästen. De tyckte att användning av isvästen minskade värmebelastningen betydligt och ökade arbetsförmågan. Undersökningen genomfördes vid sex kårer och på fyra skolor.

Syftet med denna undersökning var att systematiskt bestämma den nya isvästens kylverkan på kroppen vid brandmansarbete. Testerna genomfördes i en klimatkammare, i en container med extrem strålningsvärme, och i ett rökdykningshus med värme och tungt arbete. Den faktiska kylverkan mättes också med en termisk docka.

2. Försökspersoner och metoder

2.1. Försökspersoner

Fyra erfarna brandmän deltog i försöken. Alla försökspersoner var friska och hade ett normalt blodtryck. En beskrivning av personerna finns i Tabell 1.

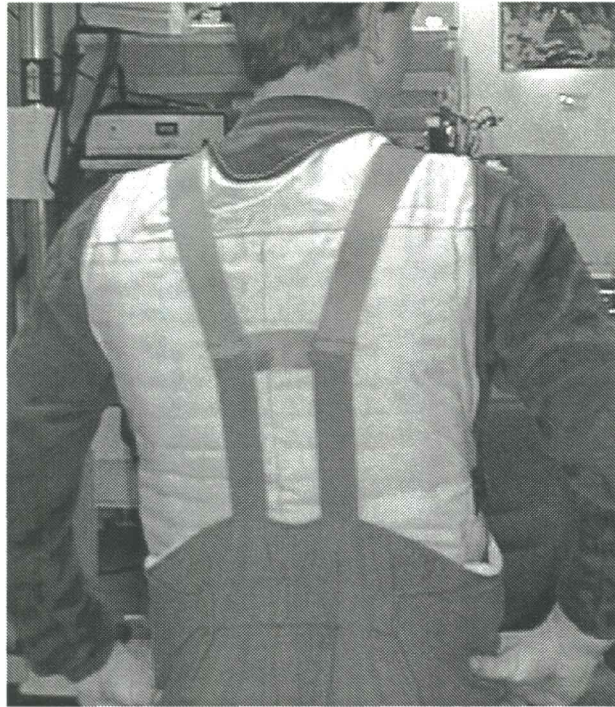
Tabell 1. Försökspersonernas (Fp) ålder, längd och vikt. SD= standardavvikelse

Fp	Ålder	Längd (cm)	Vikt (kg)
1	37	185	88
2	36	187	78
3	32	182	84
4	39	188	98
Medelvärde	36	186	87
SD	3	3	8

2.2. Beskrivning av klädsel och isväst

I alla tester bar försökspersonerna standardklädsel för brandmän (RB90) med en luftapparat (AGA Divator). Under laboratorieförsök användes inte luftapparatens andningsmask, eftersom man mätte syreupptagning. Utrustningens totala vikt var 21-23 kg.

Isvästens material var av bomull. Isvästens inre sida var täckt av fickor som stoppades med platta plastbehållare fyllda med vatten (figur 1). Fem olika västar användes i försöken, och deras vikt varierade något (1.0-1.1 kg). I två av västarna hade den inre sidan ett nät, medan de andra 3 västarna hade ett tyg av bomull. Isvästen täckte nästan hela mellankroppen (bröst och rygg) och den bars ovanpå underkläder. Isvästarna förvarades i frysen (-20°C) över natten innanför försöken.



Figur 1. En brandman med en fryst isväst.

2.3. Beskrivning av tester

Undersökningen bestod av fyra delar:

- 1) Standardiserat arbetsprov i klimatkammare
- 2) Tester i en container med extrem strålningsvärme
- 3) Tester i ett rökdykningshus
- 4) Tester med en termisk docka

Laboratorieförsök

Laboratorieförsöken genomfördes i en klimatkammare, där lufttemperaturen var 45 °C, och relativa luftfuktigheten 30 %. Laborrietesten innefattade 30 minuters gång på rullmatta två gånger med en måttlig belastning (4 km/h, 0° lutning) och två gånger med en hög belastning (4 km/h, 4° lutning). På båda belastningsnivåerna, gjordes en test utan isväst och en test med isväst. Före varje test satt försökspersonerna och vilade i 5 minuter. Varje försöksperson genomförde endast en test per dag (figur 2).



Figur 2. En brandman går på rullmatta med full utrustning i värme (45 °C).

Containertest

Containertestet har utvecklats till ett standardiserat test för att bedöma räddningsdräktens skyddsfunktion vid extrem strålningsvärme. Den har beskrivits i en tidigare rapport (Räddningsverket 1997). Kortfattat testet består av 5 minuters vistelse i hög strålningsvärme (5 kW, 100-340 °C). Brandmannen utför en serie av standardiserad rörelser såsom stående, krypande and liggande på golvet. Containertestet innebär en mycket hög fysiologisk och psykologisk belastning (Räddningsverket 1997).

Varje försöksperson genomförde två tester på samma dag: en utan isväst och en med isväst.

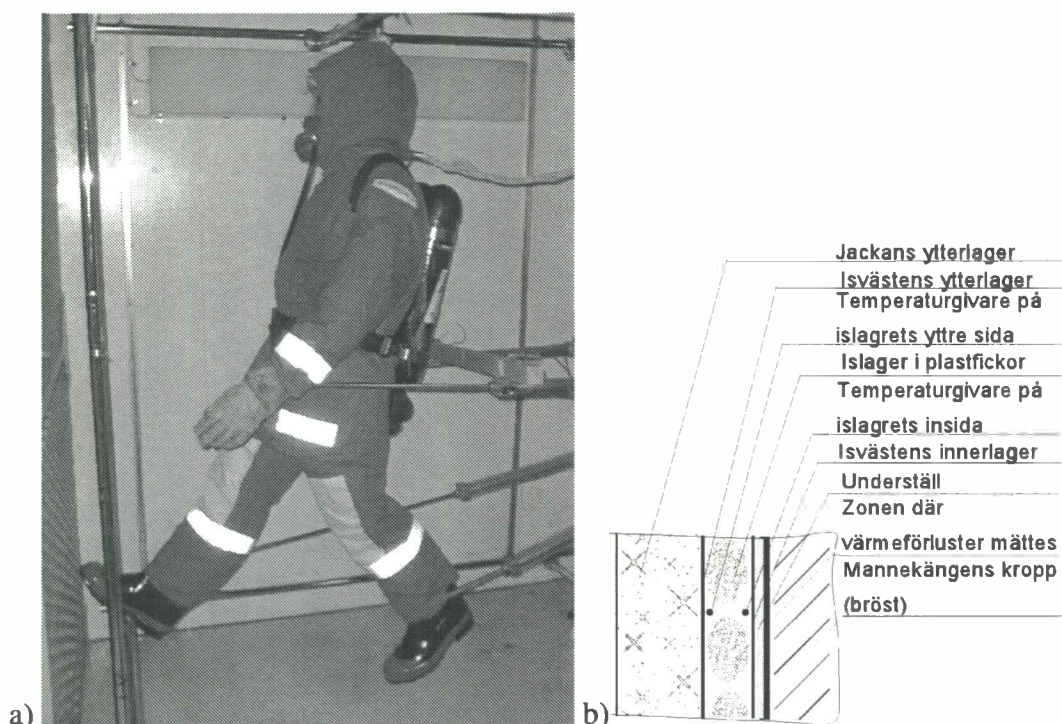
Tester i rökdykningshus

Tre försökspersoner deltog i tester i rökdykningshuset. Varje försöksperson genomförde testet två gånger på olika dagar: en gång utan isväst och en gång med isväst. Rökdykningshuset har tre våningar, och de två övre av dem är

varma (75-200 °C). Inom huset pågick det mesta av övningen utan synlighet. I rökdykningshuset måste man lyfta, bära, klättra och krypa på ett standardiserat sätt. I motsats till containertestet man kan någorlunda bestämma sin arbetstakt, vilket ger olika längd på arbetstiden. Vädret utomhus var soligt under testdagarna i container och i rökdykningshus med temperaturer på ca. 25 °C.

Mätningar på termisk docka

Den totala isolationen (clo-värdet, 1 clo= 0.155 m²°C/W) av dräkten med isväst (ej frusen) mättes enligt ENV 342 (1997) på en termisk docka (Figur 3a). Värmeförlusten från dockan iförd dräkten med frusen isväst uppmättes under betingelser där omgivningstemperaturen var konstant och lika med dockans ytemperatur (34 °C). På så sätt kommer all värmeförlust från dockan att tillskrivas isvästens inverkan. Två extra temperaturgivare var monterade inuti isvästen (Figur 3b) De användes för att mäta temperaturer på islagrets ut- och insida.



Figur 3. a) Gående termisk docka iförd brandmansdräkt och isväst. b) Schema över temperaturgivarnas placering inuti isvästen nära dockans bröst (se Figur 13).

2.3. Mätningar

Rektaltemperatur mättes endast i laboratoriet med en termistor (TinyTalk). Hudtemperaturerna mättes med 6 temperaturgivare (StowAway), vilka fästes på huden med tejp. Termistorerna placerades på underarm, överarm, bröst, rygg, lår och vad. I containertestet mättes också axelns hudtemperatur. Termistorerna programmerades i förväg och registrerade temperaturvärden varje minut.

Hjärtfrekvensen mättes varje minut med en Sporttester (PolarElectro, Kempele, Finland). Syreupptagningen mättes endast i laboratoriet med en portabel gasanalysutrustning (Metamax, Cortex, Tyskland). I tester inom rökdykningshus mättes luftförbrukningen från trycksändringar i luftapparaten.

Svettningmängden mättes från ändringar i naken vikt under försöket. I laboratoriet mättes också mängden av avdunstad svett och svetten i kläderna genom vägning (Metler-Toledo, KC 240, ± 2 g).

Försökspersonerna fick skatta sin ansträngnings- temperatur- och komfortupplevelse med standardiserade bedömningsskalor (Tabell 2).

Tabell 2. Bedömningsskalor för ansträngnings-, temperatur, och komfortupplevelse.

Ansträngning	Värmeupplevelse	Komfortupplevelse
6	-4 Mycket, mycket kall	0 behagligt
7 Extremt lätt	-3 Mycket kall	1 något obehagligt
8	-2 Kall	2 obehagligt
9 Mycket lätt	-1 Något kall	3 mycket obehagligt
10	0 Neutral	4 extremt obehagligt
11 Ganska lätt	+1 Något varm	
12	+2 varm	
13 Något ansträngande	+3 Mycket varm	
14	+4 Mycket, mycket varm	
15 Ansträngande		
16		
17 Mycket ansträngande		
18		
19 Extremt ansträngande		
20		

3. Resultat

3.1. Laborrietester

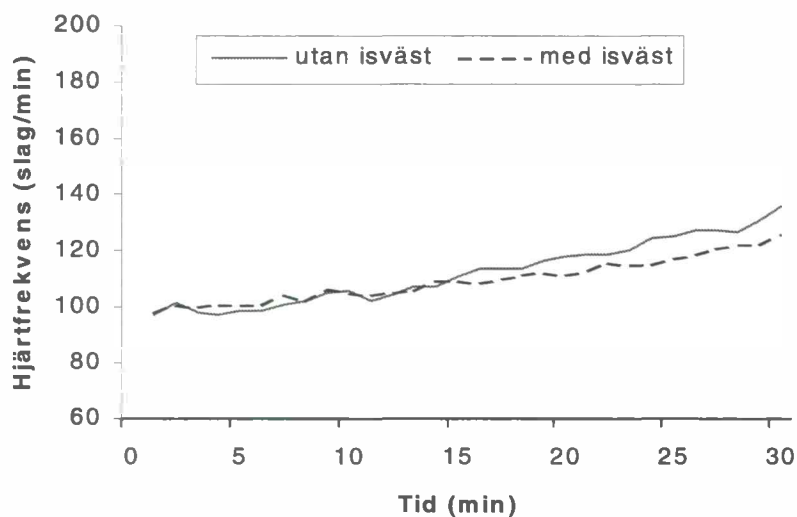
Syreupptagning och hjärtfrekvens

I medeltal var syreupptagningen lika i testerna utan och med isväst (Tabell 3). I effektmått (Watt) motsvarade syreupptagningsvärdena 324-453 W på den måttliga belastningsnivån och 635-919 W på den höga arbetsnivån. Variationen i effektutveckling beror bland annat på variationen i kroppsvikt mellan försökspersonerna.

Tabell 3. Syreupptagningen (l/min) på den måttliga och höga arbetsnivån utan och med isväst. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

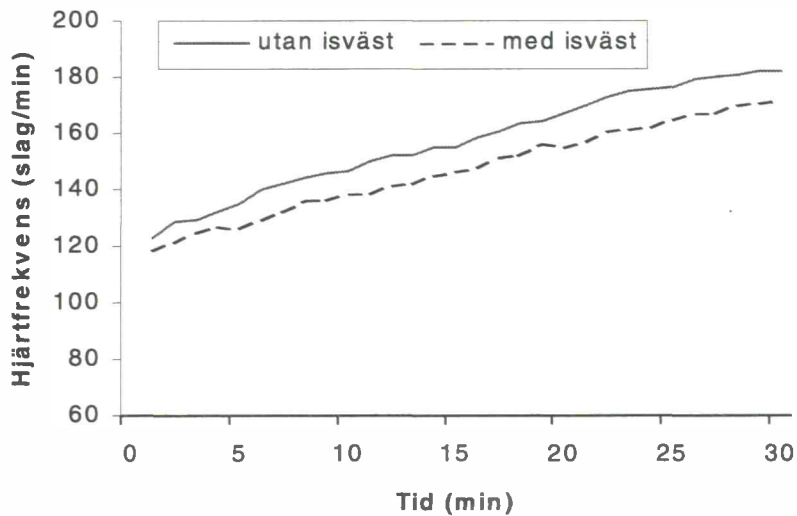
Belastning	Utan isväst	Med isväst
Måttlig	1.18 (0.06)	1.17 (0.16)
Hög	2.25 (0.32)	2.23 (0.39)

Under de första 15 minuterna av arbete på den måttliga arbetsnivån var hjärtfrekvensen lika i testerna utan och med isväst. Under de sista 15 minuterna var pulsen lägre med isvästen. I slutet av arbetet var hjärtfrekvensen i genomsnitt 10 slag/min lägre med isvästen (figur 4).



Figur 4. Den genomsnittliga hjärtfrekvensen under arbete i värme på den måttliga arbetsnivån utan och med isväst.

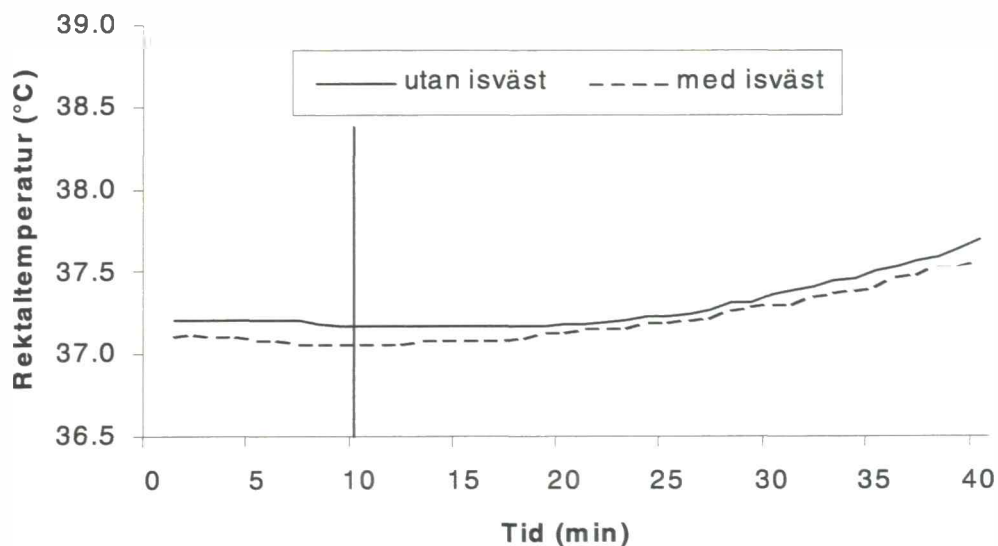
På den höga arbetsnivån steg hjärtfrekvensen kontinuerligt i alla tester. Figur 5 visar att hjärtfrekvensen var ca. 10 slag/min lägre med isväst under hela arbetstiden.



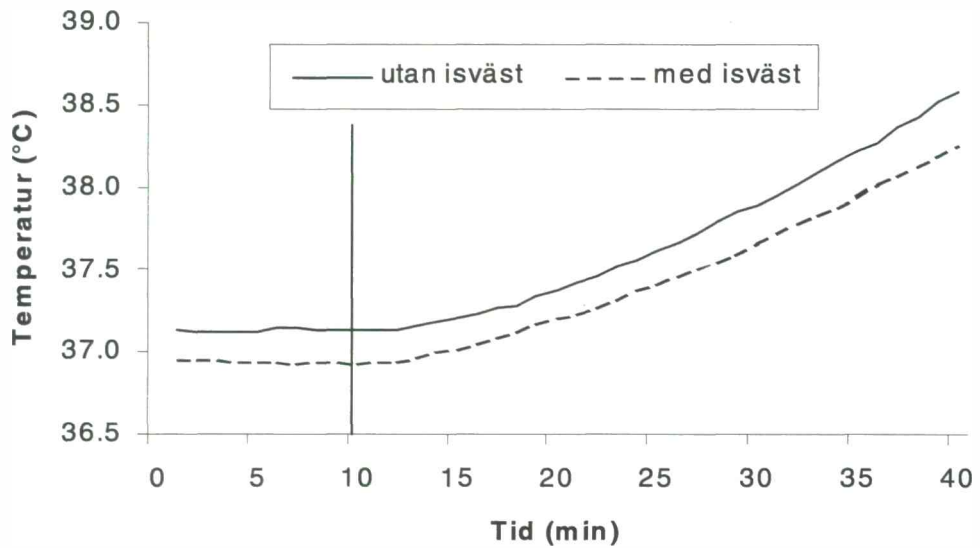
Figur 5. Den genomsnittliga hjärtfrekvensen under arbete i värme på den höga arbetsnivån utan och med isväst.

Kroppstemperatur

På båda belastningsnivåerna steg rektaltemperaturen kontinuerligt och nådde högre värden på den högre arbetsnivån (figurer 6 och 7). I vila före testerna var den genomsnittliga rektaltemperaturen lite lägre med isvästen än utan isväst. Ökningen i rektaltemperatur var ganska lika i arbetet utan och med isväst.

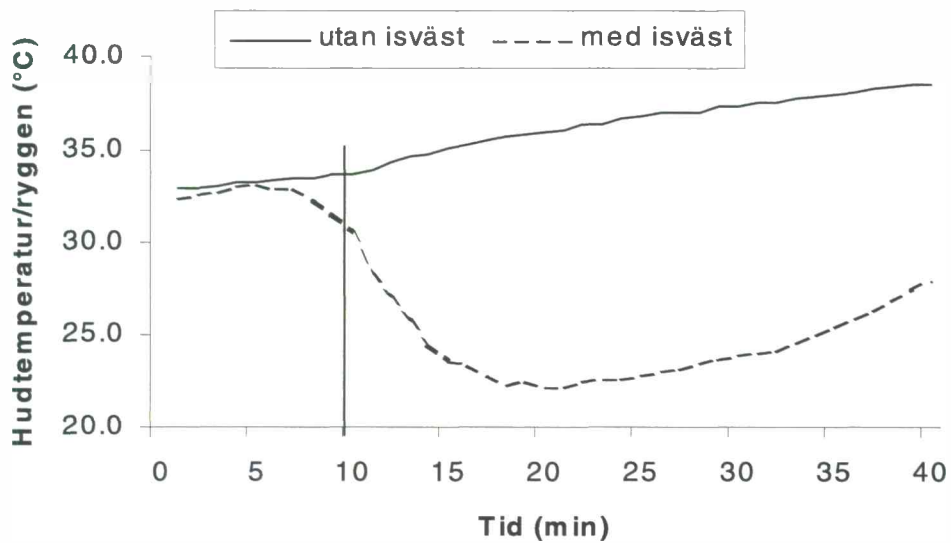


Figur 6. Den genomsnittliga rektaltemperaturen under arbete på den måttliga arbetsnivån utan och med isväst. Arbetet började på minuten 10.

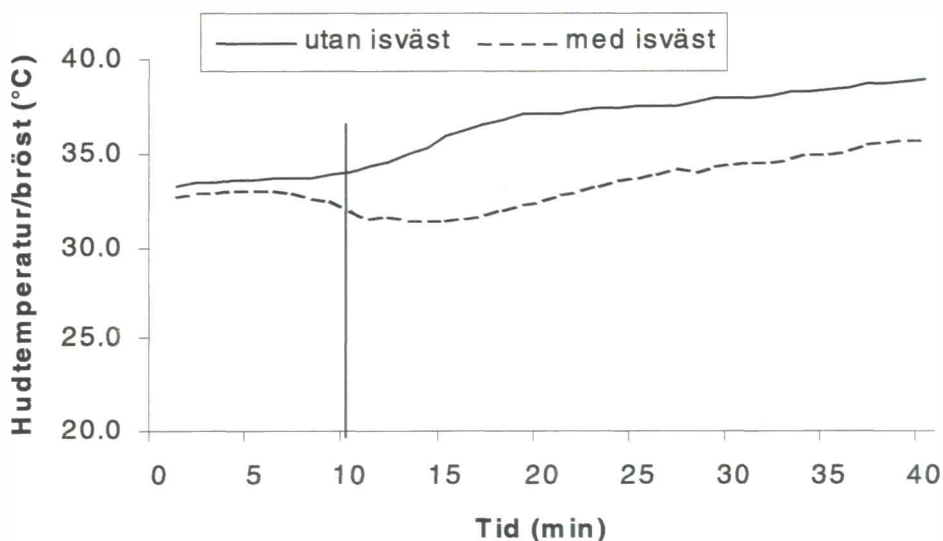


Figur 7. Den genomsnittliga rektaltemperaturen under arbete på den höga arbetsnivån utan och med isväst. Arbetet började på minuten 10.

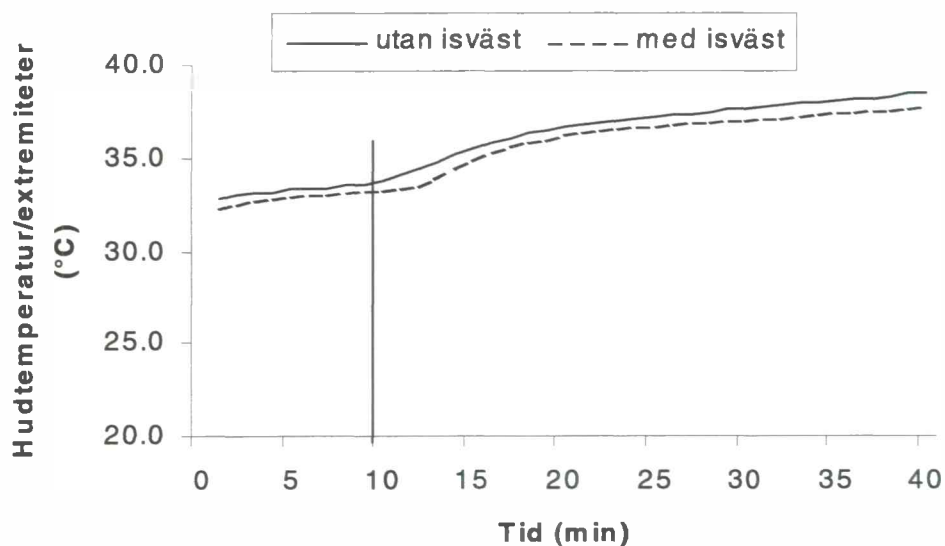
Figurer 8-10 redovisar hudtemperaturerna i laborietesterna. Under första 10-15 minuterna sjönk hudtemperaturen på ryggen över 10 °C med isvästen (figur 8). Därefter steg den gradvis. Hudtemperaturen på bröstet sjönk med isväst mycket mindre än på ryggen (figur 9). Temperaturen på andra hudställen var ganska lika i testerna utan och med isväst (figur 10).



Figur 8. Den genomsnittliga hudtemperaturen på ryggen under arbete i värme på den höga belastningsnivån utan och med isväst. Arbetet började på minut 10.



Figur 9. Den genomsnittliga hudtemperaturen på bröstet under arbete i värme på den höga belastningsnivån utan och med isväst. Arbetet började på minut 10.



Figur 10. Hudtemperaturen utanför isvästen på extremiteterna (medelvärde av underarm, överarm, lår och vad) under arbete i värme på den höga belastningsnivån utan och med isväst. Arbetet började på minut 10.

Svettning

På båda belastningsnivåerna var mängden av producerade svett mindre i arbete med isväst jämfört med tester utan isväst (Tabell 4). Minskningen var 17 % på den måttliga arbetsnivån och 9 % på den höga arbetsnivån.

Tabell 4. Mängden av svett (g) under tester utan och med isväst på den måttliga och höga arbetsnivån. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

Belastning	Utan isväst	Med isväst
Måttlig	443 (70)	369 (84)
Hög	608 (88)	555 (38)

Mängden svett i kläderna var mindre när isvästen bars (Tabell 5). Också den avdunstade mängden av svett var mindre (Tabell 6). Avdunstning i procent av svettning var likadan mellan försöken utan och med isväst (Tabell 7).

Tabell 5. Mängden av svett (g) i kläderna under tester utan och med isväst på den måttliga och höga arbetsnivån. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

Belastning	Utan isväst	Med isväst
Måttlig	260 (46)	235 (81)
Hög	398 (111)	360 (46)

Tabell 6. Mängden av avdunstade svett (g) under tester utan och med isväst på den måttliga och höga arbetsnivån. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

Belastning	Utan isväst	Med isväst
Måttlig	183 (27)	135 (38)
Hög	210 (32)	195 (16)

Tabell 7. Mängden av svett (i procent av den totala svettningen) under tester utan och med isväst på den höga och måttliga arbetsnivån. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

Belastning	Utan isväst	Med isväst
Måttlig	41 (2)	38 (13)
Hög	35 (10)	35 (4)

Subjektiva bedömningar

Den upplevda ansträngningsgraden (RPE) var likadan mellan tester utan och med isväst på den måttliga arbetsnivån (Tabell 8). I slutet av arbetet på den höga arbetsnivån var RPE ca. 1 enhet lägre med isvästen.

På båda arbetsnivåerna kände sig försökspersonerna svalare på hela kroppen med isvästen (Tabell 9). De svalaste ställen upplevdes under isvästen på ryggen och på bröstet. Värmekänslan med isvästen var också något lägre än utan väst på andra hudställen (Tabell 10), speciellt under arbete på den höga arbetsnivån. Försökspersonerna skattade att arbetet på den höga arbetsnivån var mera behagligt med isvästen än utan.

Tabell 8. Ansträngningsbedömningar (RPE) under tester utan och med isväst på den måttliga och höga arbetsnivån. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

Belastning	Tid (min)	Utan isväst	Med isväst
Måttlig	10	9.5 (1.9)	10.0 (2.6)
	20	11.5 (3.4)	11.3 (3.1)
	30	12.5 (3.8)	12.8 (2.9)
Hög	10	13.0 (0.8)	12.8 (1.7)
	20	15.3 (1.0)	14.5 (1.7)
	30	17.3 (1.0)	16.0 (1.3)

Tabell 9. Temperaturskattningen på hela kroppen under tester utan och med isväst på den måttliga och höga arbetsnivån. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

Belastning	Tid (min)	Utan isväst	Med isväst
Måttlig	10	1.2 (0.5)	0.0 (2.2)
	20	1.8 (0.5)	0.3 (1.7)
	30	2.0 (0.0)	1.3 (0.5)
Hög	10	1.5 (0.6)	0.3 (1.7)
	20	2.0 (0.0)	1.0 (0.8)
	30	3.0 (0.0)	1.5 (1.0)

Tabell 10. Temperaturskattningen på olika delar av kroppen i slutet av arbete utan och med isväst på den måttliga och höga arbetsnivån. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

Belastning	Mät punkt	Utan isväst	Med isväst
Måttlig	Bröst	2.0 (0.0)	0.2 (0.5)
	Rygg	2.0 (0.0)	0.0 (0.8)
	Ansikte	2.0 (0.0)	1.7 (0.8)
	Händer	2.2 (0.5)	2.0 (0.0)
	Fötter	2.0 (0.8)	2.0 (0.0)
Hög	Bröst	2.7 (0.5)	0.2 (1.0)
	Ryggen	2.7 (0.5)	0.0 (0.8)
	Ansikte	2.5 (1.0)	2.2 (0.5)
	Händer	2.7 (0.5)	2.5 (0.6)
	Fötter	3.0 (0.8)	2.2 (0.5)

3.2. Containertest

Hjärtfrekvens

Även om exponeringstiden i container endast var 5 minuter, nådde hjärtfrekvensen relativt höga värden på grund av den höga strålningsvärmens (Tabell 11). Pulsvärdena var ganska lika under testerna utan och med isväst. I slutet av arbetet var hjärtfrekvensen något lägre med isvästen, men variationen mellan individer var också större.

Tabell 11. Hjärtfrekvens (slag/min) under containertest utan och med isväst. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

Exponeringstid (min)	Utan isväst	Med isväst
0	96 (2)	94 (2)
1	123 (5)	123 (5)
2	126 (10)	122 (8)
3	133 (4)	137 (12)
4	139 (10)	136 (11)
5	141 (11)	131 (8)

Hudtemperaturer

Den högsta hudtemperaturen registerades på underarm, som var nära smärtnivån (45 °C). Temperaturerna på axel, överarm och vad var också över 40 °C i slutet av exponeringen (Tabell 12).

När isvästen bars var hudtemperaturen på bröstet ca. 5 °C och på ryggen ca. 15 °C lägre än vid exponeringen utan isväst. Hudtemperaturerna på lår och vad var lika mellan exponeringarna. På andra ställen var hudtemperaturerna något högre med isvästen.

Tabell 12. Hudtemperaturerna (°C) på olika delar av kroppen i slutet av exponeringen i container utan och med isväst. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

Mät punkt	Utan isväst	Med isväst
Rygg	39.6 (1.6)	25.1 (1.8)
Bröst	38.6 (1.5)	33.9 (3.1)
Underarm	44.1 (1.3)	44.5 (2.7)
Överarm	41.9 (1.6)	42.8 (1.3)
Axel	42.1 (1.3)	42.8 (1.5)
Lår	38.5 (2.7)	38.3 (2.3)
Vad	43.0 (2.0)	42.2 (5.0)

Svettning

Två försökspersoner hade lägre och 2 personer högre svettning med isvästen jämfört med exponeringen utan isväst. I genomsnitt var svettningen 6.1 % lägre med isväst (154 ± 18 g) än utan väst (164 ± 55 g).

Subjektiva bedömningar

Ansträngningskänslan enligt RPE-skalan var av samma storlek utan och med isväst i container. Värdena var för testen utan isväst 13.7 (1.5) och 13.5 (3.0) för testen med isväst.

När exponeringen genomfördes med isvästen kände försökspersonerna sig något svalare i hela kroppen och dessutom under isvästen på bröst och ryggen (Tabell 13). På andra kroppsdelar skillnader var ganska små mellan testerna.

Tabell 13. Temperaturskattningen på olika delar av kroppen i container utan och med isväst. Medelvärde (standardavvikelse) för 4 försökspersoner.

Mät punkt	Utan isväst	Med isväst
Hela kroppen	2.5 (0.6)	1.8 (1.5)
Bröst	2.0 (0.8)	-0.3 (1.7)
Rygg	2.0 (0.8)	-0.3 (1.7)
Ansikte	3.0 (0.8)	2.8 (1.3)
Händer	2.8 (1.3)	2.5 (1.9)
Fötter	2.5 (0.6)	2.0 (0.8)
Armar	3.0 (0.8)	3.3 (1.0)
Ben	2.8 (1.0)	3.0 (0.8)

3.3 Tester i rökdykningshus

Arbetstid, luftförbrukning och svettning

Tre försökspersoner deltog i testerna i rökdykningshuset. Alla försökspersoner genomförde testen snabbare med isvästen (Tabell 14). Luftförbrukningen var något lägre när arbetet pågick med isväst. Nivån på luftförbrukningen motsvarade cirka 3 l/min i syreupptagning och innebar att värmeproduktionen var mycket hög (över 1000 W) under rökdykningen.

Tabell 14. Individuell arbetstid, luftförbrukning och svettning i rökdykningshus utan och med isväst.

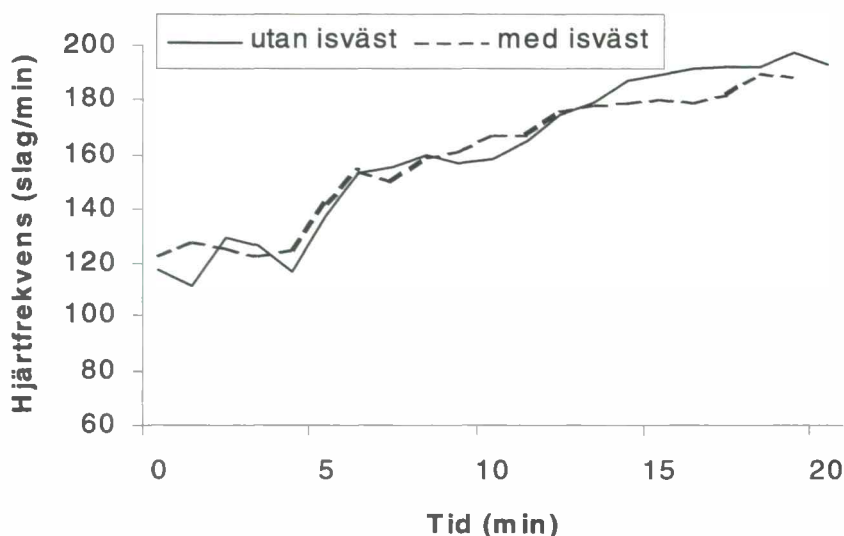
Parameter	Utan isväst			Med isväst		
	1	2	3	1	2	3
Arbetstid (min)	11	15	16	10	12	15
Svettning (g)	292	-	256	235	227	288
Luftförbrukning (l/min)	-	109	95	-	100	91

Hjärtfrekvens och subjektiva bedömningar

Försöksperson 3 hade samma arbetstid i rökdykningshuset utan och med isväst, men hans genomsnittliga hjärtfrekvensen var 8 slag/minut lägre när han

hade isvästen på sig (Figur 11). Hans högsta hjärtfrekvens var också 7 slag/min lägre med isvästen (197 vs. 190 slag/min).

Försökspersonen 2 genomförde rökdykningen 3 minuter snabbare med isvästen än utan. Hans hjärtfrekvens var trots det 6 slag/min lägre med isvästen. Hans högsta uppmätta pulsfrekvens var 11 slag/min lägre med isvästen (180 vs. 191 slag/min).



Figur 11. Hjärtfrekvens hos försöksperson 3 under simulerad rökdykning utan och med isväst. Arbetstiden med isvästen var 1 minut kortare än utan väst.

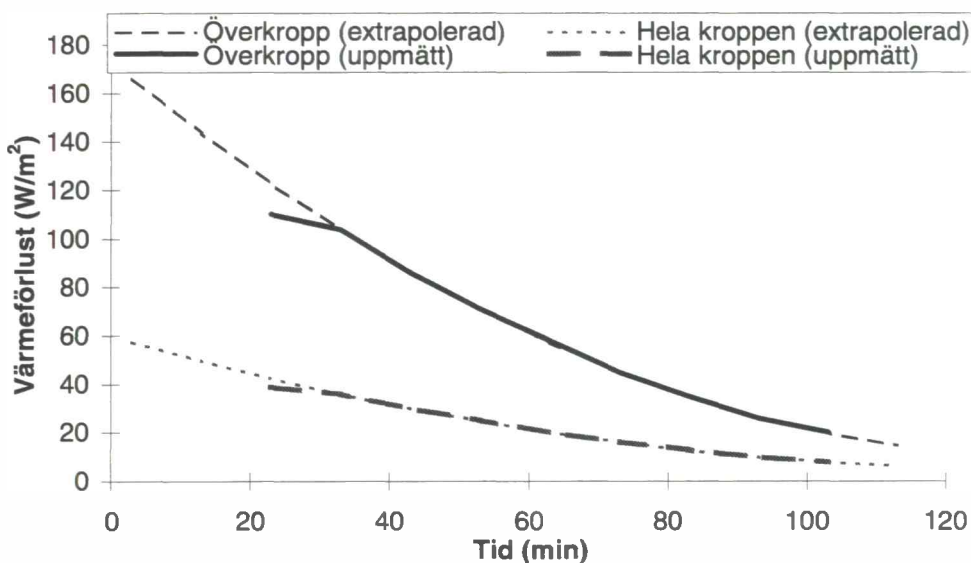
Alla försökspersoner tyckte att rökdykningen var mindre ansträngande med isvästen jämfört med arbete utan. RPE- värdena var 16, 15, och 18 för rökdykning utan isväst och 15, 12, och 16 för rökdykning med isväst. Alla försökspersoner kände sig svalare med isvästen på alla kroppsdelar utom på händerna (Tabell 15).

Tabell 15. Temperaturskattningen på olika delar av kroppen i slutet av rökdykningen utan och med isväst. Medelvärde (standardavvikelse) för 3 försökspersoner.

Mätpunkt	Utan isväst	Med isväst
Hela kroppen	1.7 (0.6)	1.0 (0.0)
Bröst	1.3 (0.6)	1.0 (0.0)
Rygg	2.0 (0.0)	1.0 (0.0)
Ansikte	1.0 (1.0)	0.7 (1.2)
Händer	1.3 (0.6)	1.3 (1.2)
Fötter	1.3 (0.6)	1.0 (1.0)

3.3. Mätningar med den termiska dockan

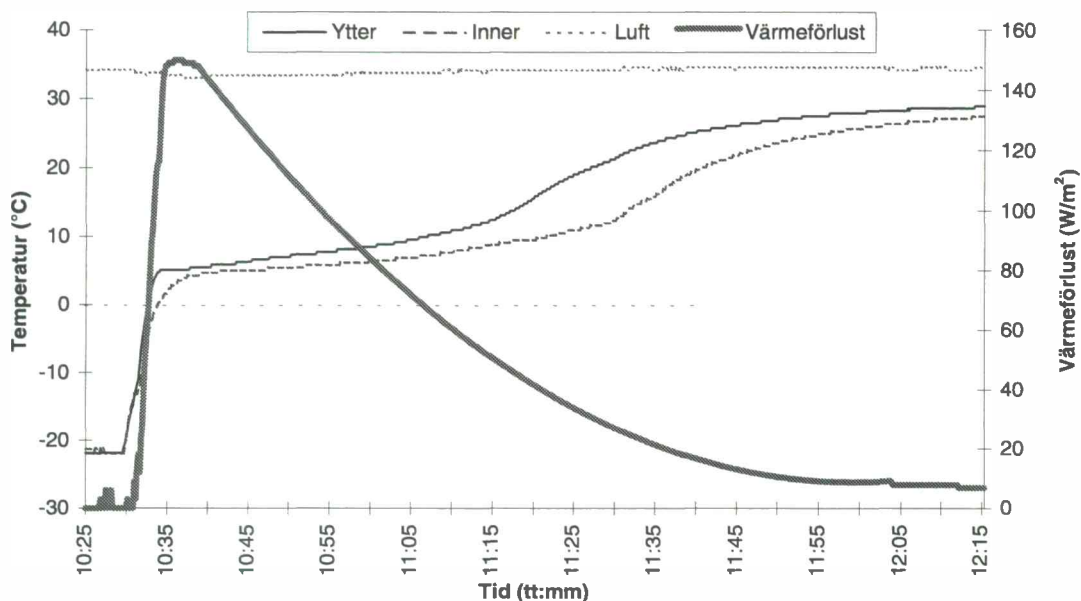
Den termisk isolationen hos brandmännens dräkt med isväst (ej fruswen) var 2.15 clo. Värmeförlusterna från dockan i 34 °C lufttemperatur kan helt förklaras av den frusna isvästen och den ändrades med tiden beroende på issmältningen och temperaturändringen i västen (Figur 12). Vid samma betingelser med icke frusen väst uppmättes ingen värmeförlust eftersom dockans yttemperatur också är 34 °C. Kylverkan per ytenhet räknat på hela kroppen orsakad av isvästen var 26 W/m² (Tabell 16). Lokalt för överkroppen var den 74 W/m². Isvästen ger störst kyleffekt på överkroppen - cirka 90% av den total effekten (Tabell 16). Resten av kroppen svarar för mindre än 11 % av värmeförlusterna, främst i gränzonerna mot överkroppen samt genom viss ventilation av armar och ben vid genomströmning av kall luft från överkroppen.



Figur 12. Värmeavgivning från hela kroppen respektive från enbart överkroppen uppmätt vid 34 °C med en termisk docks med frusen isväst. Streckade kurvor anger extrapolerade värden under dockans insvängningstid.

Tabell 16. Medel effekt och total energi till hela kroppen och enbart överkroppen, baserad på mätningar på termisk docka med isväst vid en lufttemperatur på 34 °C.

	Överkropp	Hela kroppen	%
Lokal effekt (W/m ²)	74	26	285
Total effekt (W)	42	47	89
Energi (kJ)	272	301	90



Figur 13. Temperaturen på isvästens ut- och insida (se Figur 3b) i jämförelse med lufttemperaturen (34 °C) och värmeförluster från dockans bröst.

Test med den termiska dockan påvisade klart tre faser av kylning orsakad av isvästen (Figur 13). Detta motsvarar uppvärmning av isen, smältning av isen samt uppvärmning av vattnet i isvästen. Teoretiskt kan den maximalt möjliga energiomsättningen beräknas (Tabell 17). Uppvärmning av 1 kg is från -20 till 0 °C tar ca 5 minuter och omsätter 38 kJ (7 % av totala energin), vilken motsvarar en medeffekt på 128 W. Smältning av is tar ca 40-45 minuter och omsätter ca 334 kJ (65 %) eller 139 W. Efterföljande uppvärmning av vatten till 34 °C tar ca 1 timme eller mer med avsevärt mindre energiomsättning 142 kJ (28 %) och effekt (ca 40 W). All energi för denna process tas dock inte enbart från kroppen utan en del värme tas upp från omgivningen. Tillgänglig nyttig energi för kroppens avkylning kan beräknas på basis av uppmätta 301 kJ dividerat med den teoretiskt möjliga enligt beräkningarna ovan ($38+334+142=514$ kJ) till 58 %.

Tabell 17. Beräkning av teoretiskt möjlig energiomsättning vid användning av isväst.

Fas	tid i minuter	kJoule	%	effekt i Watt
1 kg is från -20 till 0 °C	5	38	7	128
smältning av 1 kg is	40-45	334	65	139
1 kg is från 0 till 34 °C	mer än 60	142	28	40

4. Diskussion

I studien undersöktes kyleffekten av en isväst med låg vikt på brandmannens arbete. Laboratorieförsöken genomfördes så att den enda variabel som ändrades på ett standardiserat sätt var isvästen, som antingen bars frusen eller inte bars alls. Resultaten visade att isvästen inte ökade energiförbrukningen under arbete (arbetstygden). Den påverkade inte heller nämnvärt hudtemperaturerna utanför isvästen. Isvästen hade också ringa inverkan på rektaltemperaturen. Ökningen i rektaltemperatur påverkas starkt av det tunga muskelarbete, varför den förhållandevis ringa effekten på värmebelastningen inte märks. Ur fysiologisk synpunkt är informationen från inre temperaturreceptorer till temperaturregleringen densamma i testerna utan och med isvästen.

Huvudresultatet är att hjärtfrekvensen var 10 slag/min lägre, svettningen var 13 % mindre, och subjektiva skattningar av ansträngning och temperatur var lägre när arbetet gjordes med isvästen. Effekten var speciellt påtaglig på den höga arbetsbelastningen i laboratoriet som motsvarade ganska väl de realistiska arbetskraven under rökdykning. Testresultaten i container och i rökdykningshus stödjer i hög grad laboratorieresultaten.

Kamon et al. (1986) har påvisat att det finns ett linjärt samband mellan kyleffekten av nedfrysta plagg och mängden av is i plaggen. I deras undersökning användes en 3.8 kg isväst. De fann att svettningen minskade 50 % jämfört med en kontrolltest utan isväst under arbete i värme. Detta värde motsvarar ganska väl våra resultat (3.8 x 13 %). De observerade också att kroppstemperatur och hjärtfrekvens var betydligt lägre och toleranstiderna i värme var längre med isvästen. Enligt deras resultat med 1 kg isväst ökar arbetstiden 10% under värmebelastande arbetsförhållanden. Våra resultat för hjärtfrekvens visar att med isvästen uppnår man samma puls (till exempel 160 slag/min) 5 minuter senare än utan isväst. Under 30 minuters arbetsmoment motsvarar detta nära 10 % ökning i den möjliga toleranstiden. Även om mängden is inte är stor i den studerade isvästen, så kan den extra arbetstiden ha en stor betydelse under extrema förhållanden i brandmannens arbete. I våra tester i rökdykningshus minskade arbetstiden i genomsnitt 12 %.

Sammanfattningsvis kan sägas att en 1 kg isväst klart minskar den cirkulatoriska, termiska och subjektiva ansträngningen under krävande arbetsmoment i rökdykning. Den extra nyttan är cirka 10-15%.

Isvästen hade en effektiv kylverkan på 58 %. Detta värde beror på typ, konstruktion och arrangemang av lagren på överkroppen på båda sidor om västen. Värdet bör kunna ökas genom att minska tjocklek och antal lager mot huden och/eller lägga till lager utanpå västen. Dessa yttre lager kan vara isolerande och/eller reflekterande. Isvästen kan också förses med större volym is. Sådana åtgärder måste emellertid vägas mot möjliga inverkan på upplevelse, inskränkningar i rörelsefrihet och ökad vikt.

En vidareutveckling av isvästen för ännu bättre verkan och optimal användning bör koncentreras på följande frågor:

- 1) Vilken effekt nås om man ökar vikten av is till 1.5 kg?
- 2) Vilken effekt nås om isvästen bärs under viloperioder mellan arbetsmoment?
- 3) Vilka effekter har isvästen, om den används under upprepade insatser?
- 4) Kan man öka isolationen ovanpå isvästen på bröstet?

Litteraturförteckning

ENV 342 (1997) Protective clothing. Ensembles for protection against cold. European Standard, European Committee for Standardization, Brussels

Kamon E, Kenney WL, Deno NS, Soto KI, Carpenter AJ (1986) Readdressing personal body cooling with ice. Am Ind Hyg Assoc J 47: 293-298.

Muir IH, Bishop PA, Ray P (1999) Effects of novel ice-cooling technique on work in protective clothing at 28°C, 23°C, and 18°C WBGTs. Am Ind Hyg Assoc J 60: 96-104.

Räddningsverket (1997) Belastningsstudier av rökdykning vid extrem strålningsvärme. Räddningsverket, Karlstad.

Räddningsverkets bibliotek
Karlstad



26152002476

Räddningsverket, 651 80 Karlstad
00, telefax 054-10 28 89. Internet <http://www.raedningsverket.se>

Beställningsnummer P21-308/99. Telefon 054-10 42 86, telefax 054-10 42 87
ISBN 91-7253-035-9



14892
Ps:oh

Effektat