

Offentlig fra 15.11.12

~~Unntatt offentlighet~~

~~i h t offentlighetslovens~~

~~§5, 1.ledd~~

FFI NOTAT

UNDERSØKELSE AV VARMEBELASTNINGEN FOR NORMANS ABC VERNEDRAKT MED MEMBRANUNIFORM OG MED ØRKENUNIFORM

HALLE Cathinka, MARTINI Svein

FFI/NOTAT-2006/02640

Offentlig fra 15.11.12

~~Unntatt offentlighet~~

~~i h t offentlighetslovens~~

~~§5, 1.ledd~~

Offentlig fra 15.11.12

~~Unntatt offentlighet
i h t offentlighetslovens
§5, 1.ledd~~

**UNDERSØKELSE AV VARMEBELASTNINGEN
FOR NORMANS ABC VERNEDRAKT MED
MEMBRANUNIFORM OG MED ØRKENUNIFORM**

HALLE Cathinka, MARTINI Svein

FFI/NOTAT-2006/02640

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

FORSVARETS FORSKNINGSPINSTITUTT (FFI)
Norwegian Defence Research Establishment

UNCLASSIFIED

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/NOTAT-2006/02640 1a) PROJECT REFERENCE 878-BM/159	2) SECURITY CLASSIFICATION EXEMPT FROM PUBLIC DISCLOSURE 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 31		
4) TITLE UNDERSØKELSE AV VARMEBELASTNINGEN FOR NORMANS ABC VERNEDRAKT MED MEMBRANUNIFORM OG MED ØRKENUNIFORM COMPARING HEAT STRESS WHEN WEARING TWO CHEMICAL PROTECTING GARMENTS, NORMANS NBC-MEMBRANE AND NORMANS NBC-DESERT				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) HALLE Cathinka, MARTINI Svein				
6) DISTRIBUTION STATEMENT Distribution limited. (Spredning begrenset iht. Offentlighetsloven §5, 1.ledd)				
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> a) <u>Heat stress</u> b) <u>Chemical protective garment</u> c) <u>NBC- protection</u> d) <u>Climate chamber test</u> e) _____ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> IN NORWEGIAN: a) <u>Varmebelastning</u> b) <u>Vernedrakt</u> c) <u>ABC- protection</u> d) <u>Klimakammer test</u> e) _____ </td> </tr> </table>			a) <u>Heat stress</u> b) <u>Chemical protective garment</u> c) <u>NBC- protection</u> d) <u>Climate chamber test</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Varmebelastning</u> b) <u>Vernedrakt</u> c) <u>ABC- protection</u> d) <u>Klimakammer test</u> e) _____
a) <u>Heat stress</u> b) <u>Chemical protective garment</u> c) <u>NBC- protection</u> d) <u>Climate chamber test</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Varmebelastning</u> b) <u>Vernedrakt</u> c) <u>ABC- protection</u> d) <u>Klimakammer test</u> e) _____			
THESAURUS REFERENCE: 8) ABSTRACT The heat stress when wearing two chemical protecting garments, NORMANS C-membrane and NORMANS C-desert, was compared. Five persons were tested wearing the two garments, walking on a treadmill in a climate chamber at room temperature (+25°C). Body temperatures, sweat production and respiratory parameters were measured during the test-period. The subjects experienced a significantly higher raise in core temperature during the test period wearing NORMANS C-membrane than NORMANS C-desert. They also had a higher sweat production and a higher increase in heart rate. This study shows that the heat stress is significantly higher wearing NORMANS C-membrane than NORMANS C-desert.				
9) DATE 2006-09-01	AUTHORIZED BY This page only Jan Ivar Botnan	POSITION Director		

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOLD

		Side
1	INNLEDNING	7
2	MATERIAL OG METODE	8
2.1	Material	8
2.2	Metode	10
3	RESULTAT OG DISKUSJON	12
4	KONKLUSJON	26
A	RESPIRASJONSPARAMETRE	27
B	INDIVIDUELLE VERDIER FOR SVETTE OG AKKUMULERING	28
C	INDIVIDUELLE VERDIER FOR KJERNETEMPERATUR	29
D	SUBJEKTIV EVALUERING	30

UNDERSØKELSE AV VARMEBELASTNINGEN FOR NORMANS ABC VERNEDRAKT MED MEMBRANUNIFORM OG MED ØRKENUNIFORM

1 INNLEDNING

NORMANS (Norwegian Modular Arctic Network Soldier) er betegnelsen på det norsk soldatmoderniseringsprosjekt. Ved FFI har det vært prosjekter innen dette området siden 2000. Det nåværende prosjektet 878 "Soldatmodernisering videreføring" har et delprosjekt 87802 som heter "Bekledning og beskyttelse videreføring". Denne undersøkelsen er en del av dette delprosjektet.

Beskyttelseskonseptet mot kjemiske stridsmidler i NORMANS er basert på at den vanlige feltuniformen benyttes som det ytterste beskyttende lag som tidligere beskrevet (1, 6). Konseptet kan enten ha en skoggrønn feltuniform i et forholdsvis "tett og pustende" membrantekstil eller en ørkenfeltuniform i et mer "åpnet" bomull/polyester tekstil som ytre lag. Dette laget kan særlig bidra til å beskytte mot væskeformige stridsmidler. Det neste underliggende laget er i et tekstil med aktivt kull som kan adsorbere kjemiske stridsmidler. Dette underliggende laget er utformet som et fôr som kan monteres inn i feltuniformen enten det nå er en membranuniform eller en ørkenuniform. Forsøk ble gjennomført på disse to versjonene av ABC-vernebekledningen i NORMANS for å undersøke forskjellen i varmebelastning. Vi har kalt vernebekledningssystemet med membrantekstil og ørkentekstil henholdsvis NORMANS C-membran og NORMANS C-ørken. NORMANS C-membran er sammen med en del annet utstyr som ballistisk vest, hjelm og stridsvest, tidligere testet i felt (2).

Forsøkene ble utført i klimakammeret på FFI ved romtemperatur på en elektrisk tredemølle, med alle ventilasjonsåpninger i bekledningen lukket. Dette tilsvarer situasjonen ved høyeste beredskapsnivå. Vernemaske ble imidlertid ikke benyttet siden denne ikke kunne brukes samtidig med respirasjonsmasken som målte oksygenopptaket. Ved lavere beredskapsnivåer, der ikke vernemaske benyttes, vil ventilasjonsåpningene kunne åpnes, noe som vil redusere varmesset i stor grad. Dette er testet i felt i tidligere forsøk (3). Metoden benyttet i klimakammeret på FFI gjør det mulig å undersøke varmesset personene blir utsatt for ved å måle kroppstemperatur, hjerterefrekvens, svetteproduksjon og fuktighetsakkumulering i bekledningen.

2 MATERIAL OG METODE

2.1 Material

Materialer i tekstilene og vekt på ytterbekledningen i NORMANS C-membran og NORMANS C-ørken er vist i Tabell 2.1 med henholdsvis grønn og mørk gul skrift. Forsøkspersonene hadde i tillegg på seg kortermet undertrøye i rhovyl, tynne innersokker, vindvotter og vernedrakt bestående av bukse, overdel, sokker og hansker.

Bekledning	Vekt [kg]	Vekt [g/m ²]
Benklær		
vernedrakt, C- fôr (CD 2880)	0,728	430
feltbukse m/bukseseler (Ørken 88/12 CO/Polyamid, ripstopp)	0,789	210
bukse, membrantekstil m/bukseseler (3 lags Proline)	0,794	190
Overkropp		
undertrøye, helse (Rhovyl)	0,102	150
vernedrakt,C-fôr (CD 2880)	0,977	430
feltjakke (Ørken 88/12 CO/Polyamid, ripstopp)	1,230	210
jakke, membrantekstil (3 lags Proline)	1,202	190
Fotbekledning		
innersokker, tynne	0,109	-
C-sokker (CD 2870)	0,116	350
feltstøvler m/såler	1,679	-
Håndbekledning		
C-hansker (CD 3040)	0,112	300
vindvotter	0,170	290

Tabell 2.1 Oversikt over materialer og vekt for bekledningen benyttet i forsøkene. Ytterbekledningen i NORMANS C-membran og NORMANS C-ørken er vist i henholdsvis grønn og mørk gul skrift. Den resterende bekledningen vist i tabellen ble brukt i samtlige forsøk.

Forsøkspersonene var fem frivillige, unge menn. Deres hovedkarakteristikker er vist i Tabell 2.2. De gikk med bekledningen som vist på Figur 2-1 og Figur 2-2. Vernedrakten er et avtakbart fôr med et absorberende vernemateriale (C-beskyttelse) som festes som et innerfôr i ytterbekledningen

Subjekt	Akronym	Alder (år)	Kroppsvekt (kg)	Høyde (cm)
1	Trp	24	83	195
2	Vts	23	66	172
3	Tnk	26	89	182
4	Dls	29	75	180
5	Brg	25	64	183

Tabell 2.2 Hovedkarakteristikker til personene som deltok i forsøkene.



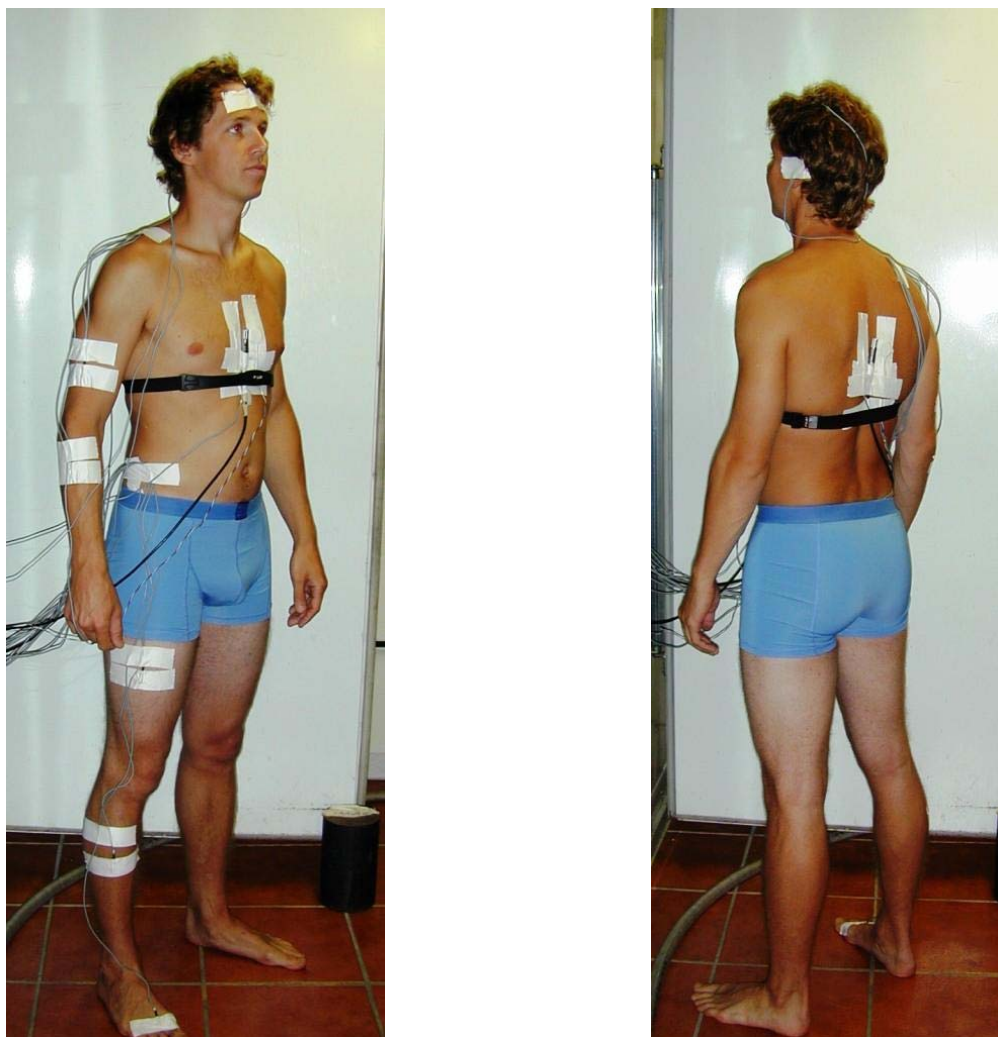
Figur 2-1 Underbekledningen som ble benyttet i samtlige forsøk. Kortmet undertrøye i rhovyl og tynne innersokker (1), vernedrakt (C-fôr; CD2880) (2)



Figur 2-2 Ytterbekledningen som ble benyttet i forsøkene. NORMANS C-membran (1), NORMANS C-ørken (2)

2.2 Metode

Forsøksoppsettet som benyttes tillater måling av blant annet aktivitetsnivå, temperaturendringer, væsketap og akkumulering i bekledning hos personer som går på en elektrisk tredemølle i et klimakammer. Tilsvarende forsøk er beskrevet i en tidligere artikkel (4). Forsøket varer i 1 time og 10 minutter. Først er det en stabiliseringsperiode på 10 minutter hvor forsøkspersonen står stille på tredemøllen. Deretter følger en aktivitetsperiode på 40 minutter og til sist hvile i 20 minutter. Under aktivitetsperioden går personen med en hastighet på 3,6 km/t og tredemøllen har en stigning på 13 %. Utstyr for måling av oksygenopptak, respirasjonsverdier, hjertefrekvens, hudtemperatur og luftfuktighet er montert på forsøkspersonen. Temperatur og luftfuktighet er også målt mellom ytterjakken og fôret. Plasseringen av temperaturfølere, fuktighetsprober og et Polar hjertefrekvensbelte vises på Figur 2-3. Vernemaske blir ikke benyttet under forsøkene, fordi forsøkspersonene må ha en egen maske for å måle oksygenopptak og respirasjonsparametre. Denne masken kan ikke benyttes samtidig med en vernemaske. Figur 2-4 viser en forsøksperson iført bekledning og måleutstyr, inkludert respirasjonsmasken.



Figur 2-3 Plassering av temperaturfølere, fuktighetsprober og et Polar hjertefrekvensbelte.

Forsøkspersonen får ikke lov til å drikke eller gå på toalettet i løpet av forsøket. Ved å veie forsøkspersonen før og etter forsøket kan dermed vektapp i forsøksperioden registreres (5). Dette

vekttapet oppgis i resultatdelen som svette, men det er ikke korrigert for det respiratoriske vanntapet og den metabolske vektforandringen.

Varmelagringen i løpet av forsøkene ble beregnet ut i fra den spesifikke varmekapasiteten for vann ($C_{\text{vann}} = 4.2 \text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$) multiplisert med endringen i kroppstemperatur (ΔT_b) fra tidspunkt 00:10 til 01:10 i forsøksperioden. (Ofte benyttes varmekapasitet for vann når en skal ha en verdi for hele kroppen). Kroppstemperaturen (T_b) for de to tidspunktene ble beregnet ved hjelp av formel ” $T_b = 0.8 * T_{re} + 0.2 * MST$ ”, der T_{re} er kjernetemperaturen målt rektalt og MST er den gjennomsnittlige hudtemperaturen.

De gjennomsnittlige omgivelsesforholdene vises i Tabell 2.3. Subjekt 1, 2, 4 og 5 fikk før de virkelige forsøkene utføre et tilvenningsforsøk med noenlunde tilsvarende betingelser for at de skulle bli vant til forsøkssituasjonen. Det ble ikke anledning til dette med subjekt 3.

NORMANS	Omgivelser			Belastning		
	Temperatur (°C)	Rel. fuktighet (%)	Vind (m/s)	Ganghastighet (km/t)	Stigning (%)	Vekt av bekledding og måleutstyr (kg)
C-membran	24,7 ± 0,3	54,9 ± 2,3	<0,15	3,6	13,0	7,5
C-ørken	24,6 ± 0,6	52,7 ± 5,7				

Tabell 2.3: Gjennomsnittlige omgivelsesforhold for henholdsvis NORMANS C-membran- og NORMANS C-ørken- forsøkene og belastningen som ble benyttet under disse forsøkene.



Figur 2-4: Forsøksperson med alt utstyret på, inkludert respirasjonsmaske (1). Forsøksperson på tredemølle i klimakammer, boksen for subjektiv evaluering vises oppe til venstre på veggen (2).

Normalfordeling kan forutsettes, så resultatene fra forsøkene med NORMANS C-membran og NORMANS C-ørken ble sammenlignet parvis med Student's t-test. Forskjellen ble satt til å være signifikant når $P < 0,05$.

3 RESULTAT OG DISKUSJON

Ved forsøk utført på mennesker vil resultatene ofte vise store individuelle forskjeller. Derfor gjennomførte alle personene to forsøk, med henholdsvis NORMANS C-ørken og NORMANS C-membran, der alle de andre forholdene var stort sett identiske. Hver person var da sin egen kontroll. Resultatene vises som gjennomsnittsverdier med standardavvik. En av forsøkspersonene, subjekt 3, utførte ikke et tilvenningsforsøk på forhånd. Det kan ha påvirket resultatene i det første av de to forsøkene denne personen utførte. Blant annet kan det forklare hvorfor denne personens verdier for svette var tilnærmet like med NORMANS C-membran og NORMANS C-ørken (se tabell 3.1) Oversikt over ytterligere individuelle resultater finnes i Appendiks B og C.

NORMANS C-membran

Tid	Kjernetemperatur (°C)		MST (°C)		Varmelagring (kJ/kg)	HR (slag/min)	Min.volum (l/min)	Svette (g)
	00:10	01:10	00:10	01:10	00:10 - 01:10	00:50	00:50	
Subjekt 1	37,3	38,9	35,4	37,1	6,8	157	68	2255
Subjekt 2	37,5	38,6	34,7	36,9	5,5	175	41	740
Subjekt 3	37,4	38,9	34,5	37,2	7,3	155	55	1000
Subjekt 4	37,2	38,6	35,1	36,9	6,4	156	64	1730
Subjekt 5	37,3	37,9	34,2	35,9	3,4	154	41	705
Gj.snitt	37,3	38,6	34,8	36,8	5,9	160	53	1286
Stdav	0,1	0,4	0,5	0,5	1,5	9	13	681

NORMANS C-ørken

Subjekt 1	37,2	38,5	35,2	36,6	5,4	149	59	1995
Subjekt 2	37,4	37,8	34,2	36,0	2,8	145	23	531
Subjekt 3	36,6	38,0	34,3	36,7	6,5	141	51	995
Subjekt 4	37,2	38,3	34,4	36,4	5,4	162	54	1465
Subjekt 5	37,2	37,7	33,9	35,8	3,3	135	36	525
Gj.snitt	37,1	38,0	34,4	36,3	4,7	146	45	1102
Stdav	0,3	0,3	0,5	0,4	1,6	10	15	632

T-test parvis	0,20	0,02*	0,02*	0,01**	0,05*	0,09	0,02*	0,02*
---------------	------	-------	-------	--------	-------	------	-------	-------

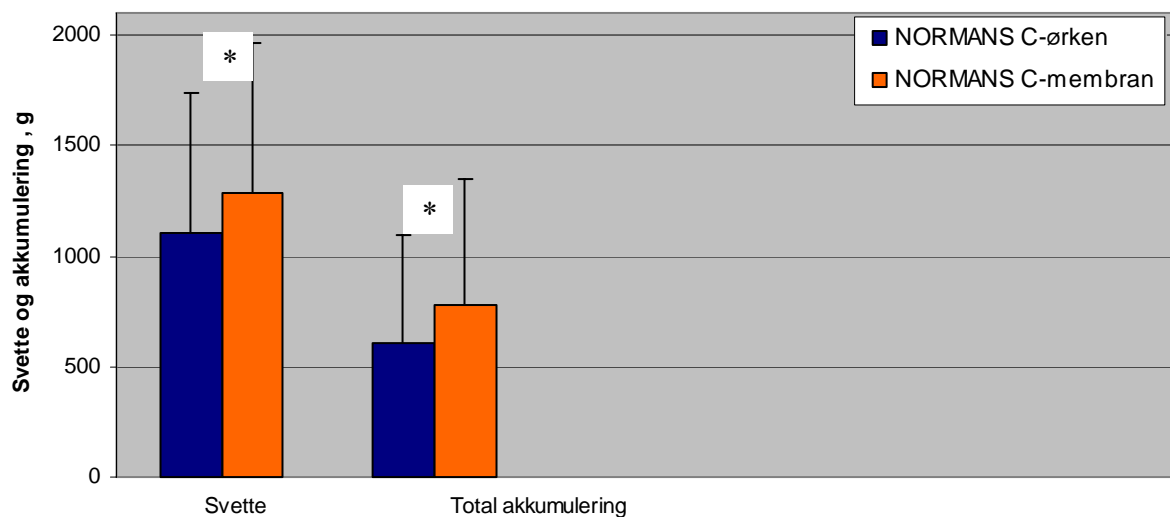
Tabell 3.1 Oversikt over kjernetemperatur, gjennomsnittlig hudtemperatur (MST), varmelagring, hjerterefrekvens (HR), minuttvolum og svette rett før aktivitet (00:10), rett etter aktivitet (00:50) og etter hvile (01:10) for alle forsøkspersonene for både NORMANS C-ørken og C-membran. (Se metode for beregning av varmelagring og svette). Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

Tabell 3.1 er en oversikt over kjernetemperatur og gjennomsnittlig hudtemperatur før aktivitet og etter hvile, varmelagring gjennom hele forsøket (se metode), hjerterefrekvens og minuttvolum etter aktivitet og svette produsert i løpet av forsøket (se metode). Det er som forventet til dels

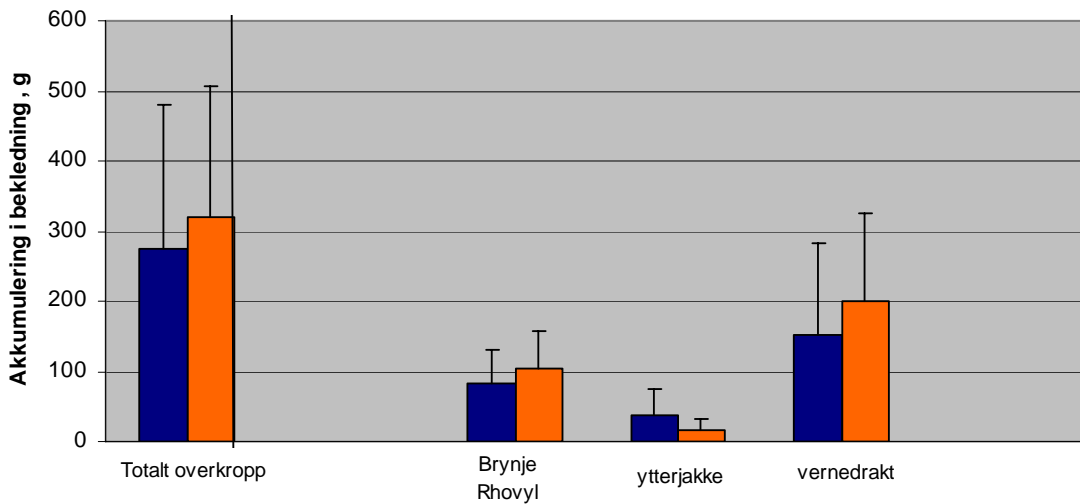
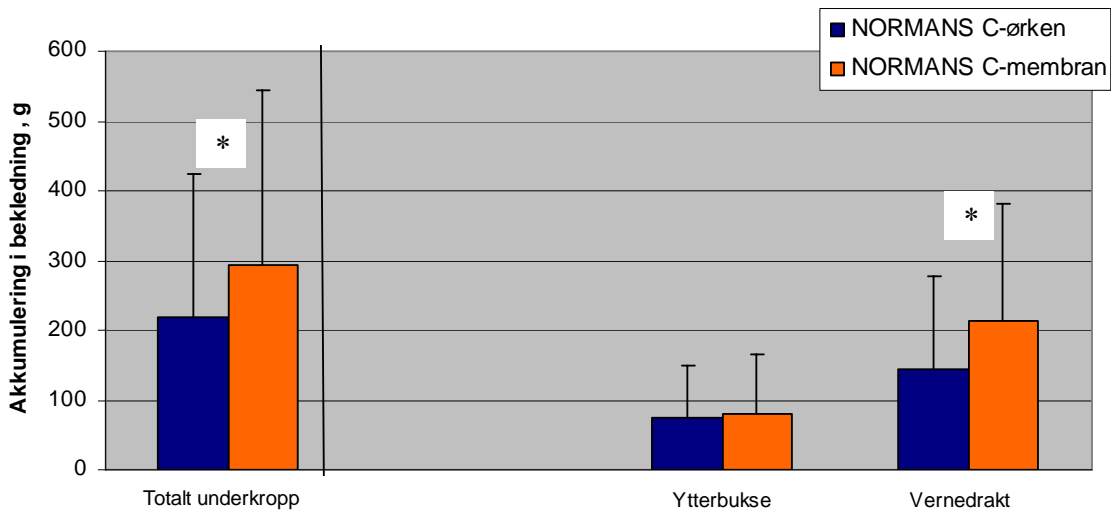
store individuelle forskjeller, særlig når det gjelder svetteproduksjon og varmelagring. Men det er en konsekvent forskjell; rangeringen av verdiene for NORMANS C-membran og NORMANS C-ørken er den samme. Med få unntak har forsøkspersonene høyere verdier med NORMANS C-membran enn med NORMANS C-ørken for alle de ulike parametrene. Denne forskjellen er signifikant i alle tilfellene bortsett fra for kjernetemperaturen før aktivitet og for hjertefrekvensen. For kjernetemperaturen før aktivitet er dette som forventet, fordi forskjellene mellom de to beklledningene ikke vil påvirke kjernetemperaturen i noen stor grad før forsøkspersonene har kommet i aktivitet. Når det gjelder hjertefrekvensen, er det kun én person som ikke hadde høyere verdier med NORMANS C-membran enn C-ørken.

Figur 3-1 viser at forsøkspersonene svetter mer med NORMANS C-membran enn med NORMANS C-ørken. Dette gjenspeiles også ved at akkumuleringen i NORMANS C-membran er høyere. Dette skyldes sannsynligvis at NORMANS C-membran er laget av et mye tettere materiale som ikke slipper ut like mye fuktighet som NORMANS C-ørken.

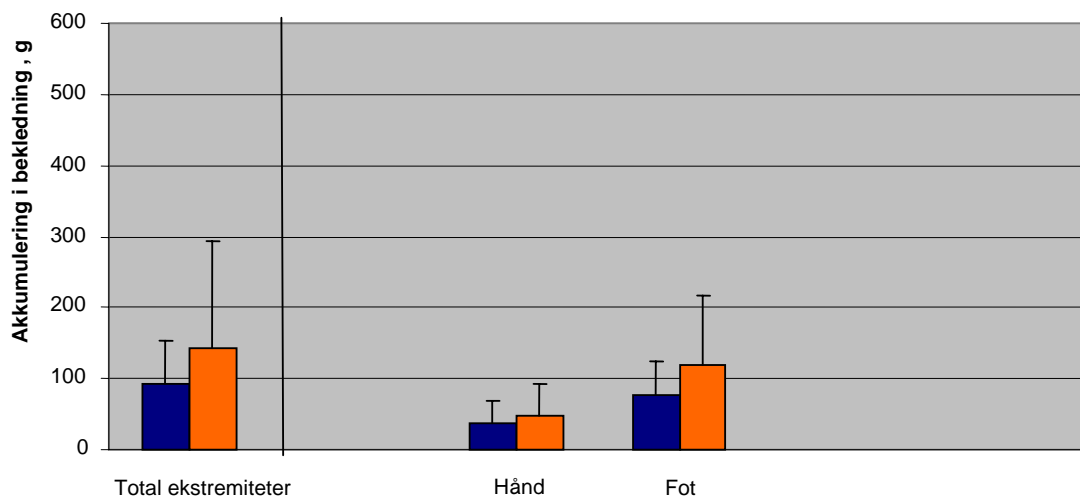
Figur 3-2 og Figur 3-3 viser fordelingen av akkumulering i beklleding på overkropp, underkropp og ekstremiteter. For både NORMANS C-ørken og NORMANS C-membran er det en tendens til at det totalt akkumuleres noe mer i beklleding på overkroppen enn underkroppen. Ellers viser begge figurene at det er en tendens til høyere akkumulering i NORMANS C-membran, noe som gjenspeiles i resultatene vist i Figur 3-1.



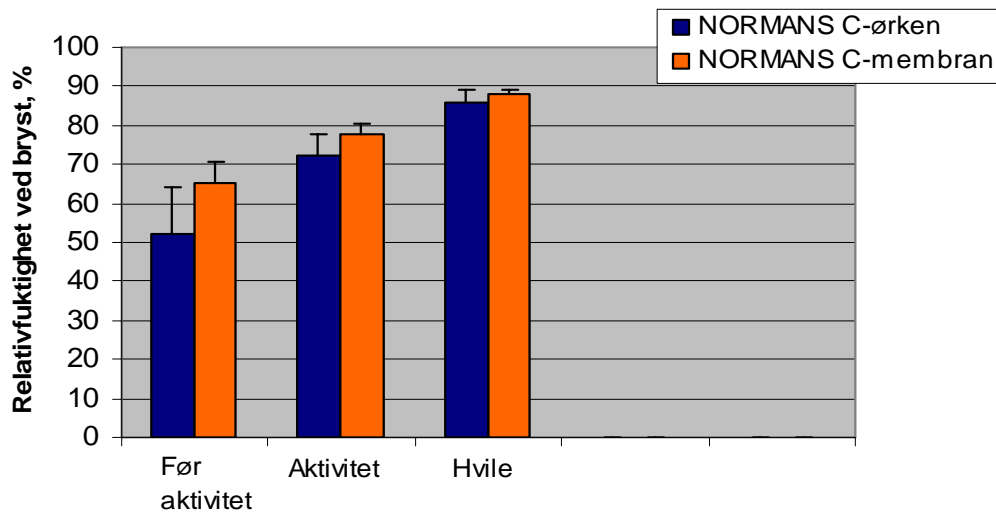
*Figur 3-1 Svette og akkumulering i beklleding. Gjennomsnittet av resultatene fra 5 forsøkspersoner og standardavviket mellom disse vises. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$*



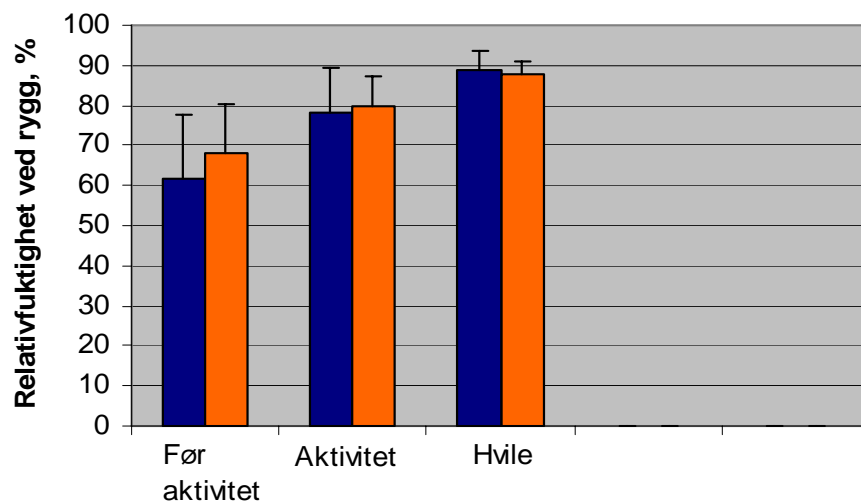
Figur 3-2 Akkumulering av fuktighet i bekleddning på overkropp og underkropp. Figuren viser gjennomsnitt av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$



Figur 3-3 Akkumulering av fuktighet i fot-, og håndbekleddning. Figuren viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

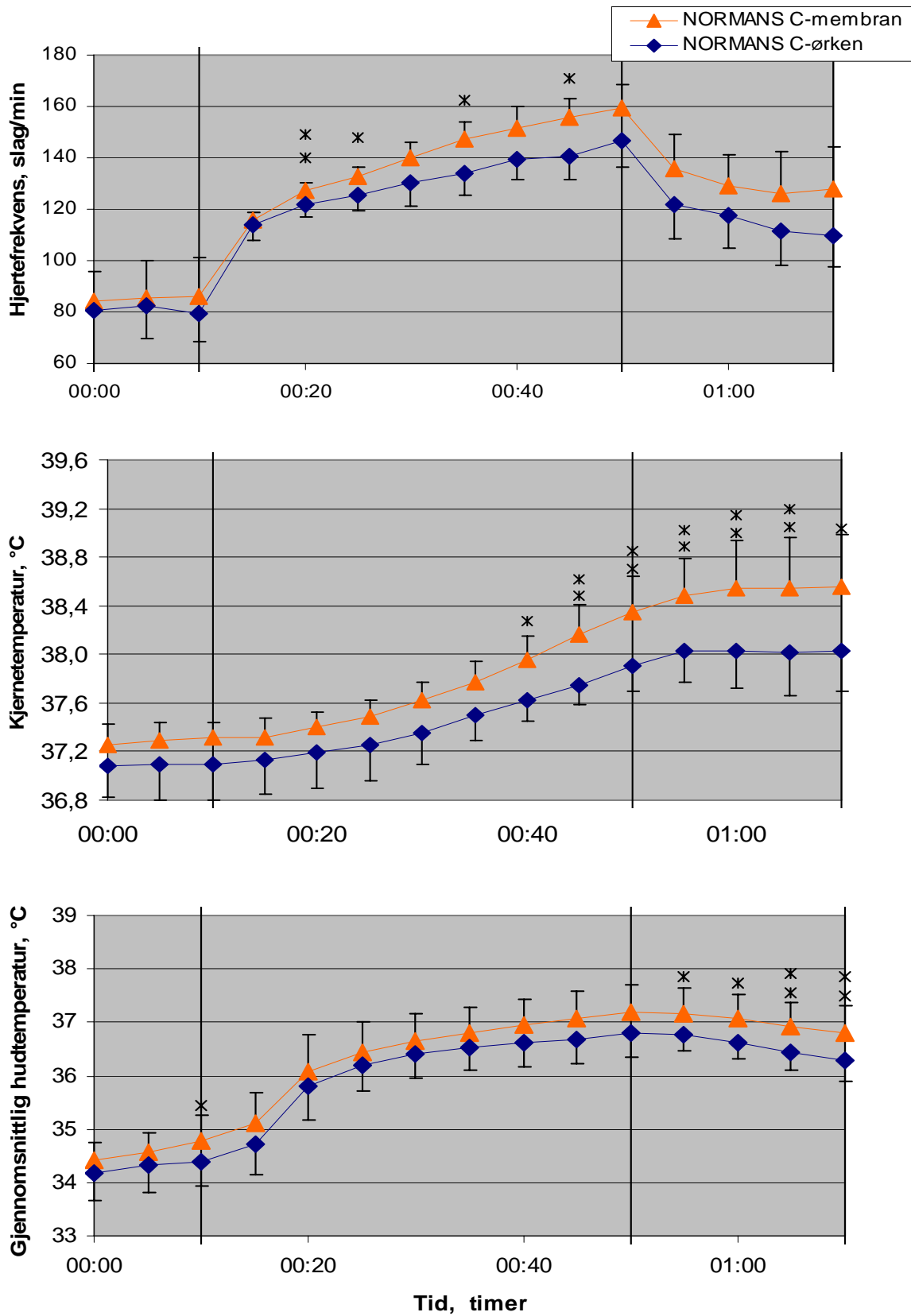


Figur 3-4 Relativ fuktighet ved brystet før, under og etter aktivitet. Figuren viser gjennomsnittet av fem målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$



Figur 3-5 Relativ fuktighet ved ryggen før, under og etter aktivitet. Figuren viser gjennomsnittet av fem målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

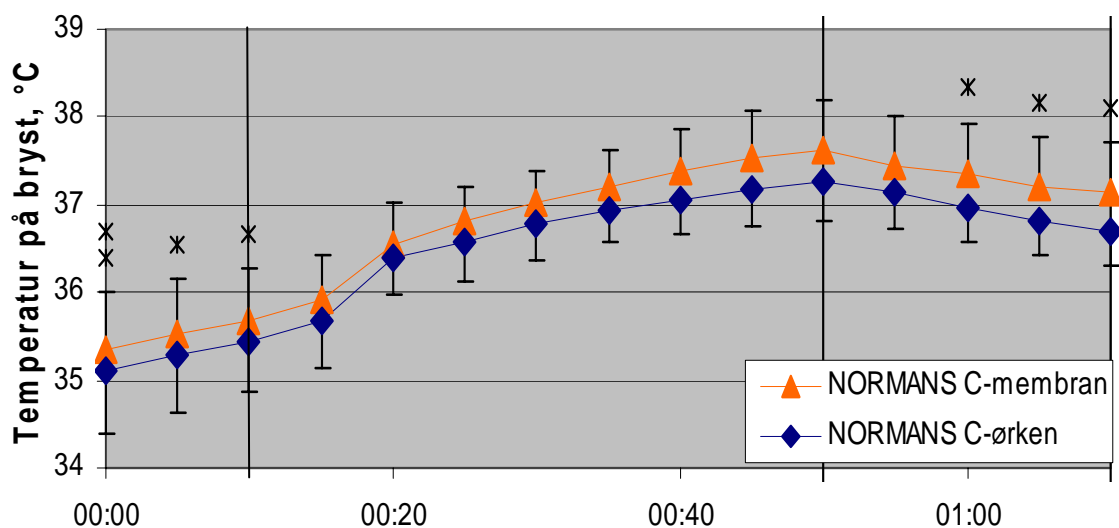
Figur 3-4 og Figur 3-5 viser at det er en svak tendens til at den relative fuktigheten i luften mellom huden på bryst/rygg og undertrøyen var høyere ved bruk av NORMANS C-membran enn NORMANS C-ørken. Denne tendensen er tydeligst i stabiliseringsperioden før aktivitet. Det er sannsynlig at de her ikke hadde begynt å svette i noen særlig grad, men at den lille mengden svette som ble produsert klarte å fordampe i mye større grad når de hadde på seg NORMANS C-ørken enn NORMANS C-membran. Utover i aktivitetsperioden er det forventet at denne tendensen skulle fortsette, på grunn av den større evnen stoffet i NORMANS C-ørken har til å transportere fuktighet. Imidlertid viser figuren at verdiene for de to bekleddingene kom nærmere hverandre i aktivitets- og hvileperioden. Det kan skyldes at stoffet i ørkenjakken etter hvert ble mettet med fuktighet.



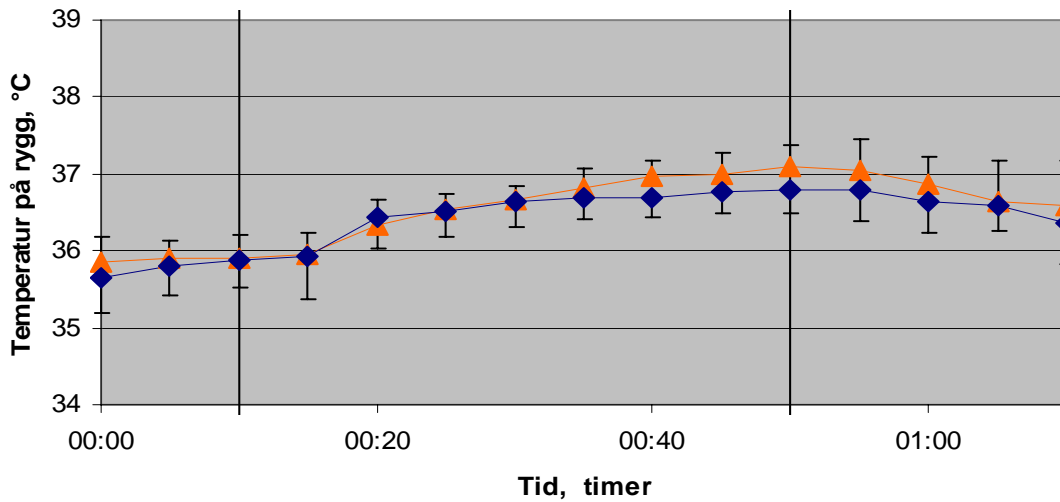
Figur 3-6 Hjertefrekvens, kjernetemperatur og gjennomsnittlig hudtemperatur for hvert femte minutt. Figuren viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Membranstoffet i NORMANS C-membran er tettere enn bomull/polyester-stoffet i NORMANS C-ørken, og det slipper mindre luft og fuktighet gjennom. Det gjør at ventilasjonsåpningene er ekstra viktige for å redusere varmetresset med NORMANS C-membran. I en situasjon med lavt beredskapsnivå vil disse derfor være åpne, men ved høyt beredskapsnivå skal de være lukket. I dette forsøket ble bekledningen testet med ventilasjonsåpningene lukket, og det er dermed forventet at det skulle bli vanskeligere for forsøkspersonene å kvitte seg med varmen i NORMANS C-membran enn NORMANS C-ørken.

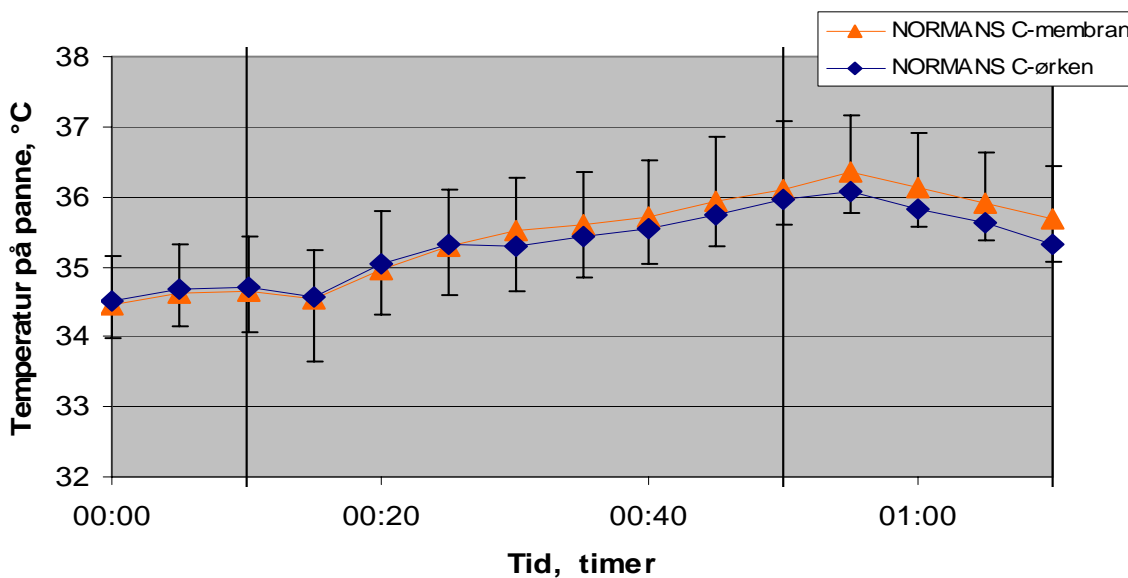
Kroppen har flere muligheter for å kvitte seg med varme. Den vil øke hjertefrekvensen for å forsøke å bli kvitt mer varme via sirkulasjonssystemet, og den gjennomsnittlige hudtemperaturen vil øke fordi mye varme sendes med blodet ut til huden. Hvis kroppen ikke klarer å kvitte seg med varmen effektivt nok, vil kjernetemperaturen øke. I Figur 3-6 vises den gjennomsnittlige hjertefrekvensen, kjernetemperaturen og hudtemperaturen for hvert femte minutt, og man kan se at verdiene for alle disse parametrene øker utover i forsøksperioden, slik som forventet. Det er en klar tendens til at forsøkspersonene fikk høyere hjertefrekvens, kjernetemperatur og gjennomsnittlig hudtemperatur med NORMANS C-membran enn med NORMANS C-ørken. Dette er også som forventet, i og med at det er vanskeligere å bli kvitt varmen med NORMANS C-membran. Forskjellen er signifikant, særlig for kjernetemperatur og hudtemperatur, i siste del av forsøket. Det er naturlig at forskjellen er størst mot slutten, siden forsøkspersonene da har vært i aktivitet så lenge at belastningen og varmelagringen begynner å bli betydelig.



Figur 3-7 Hudtemperatur på bryst. Figuren viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$



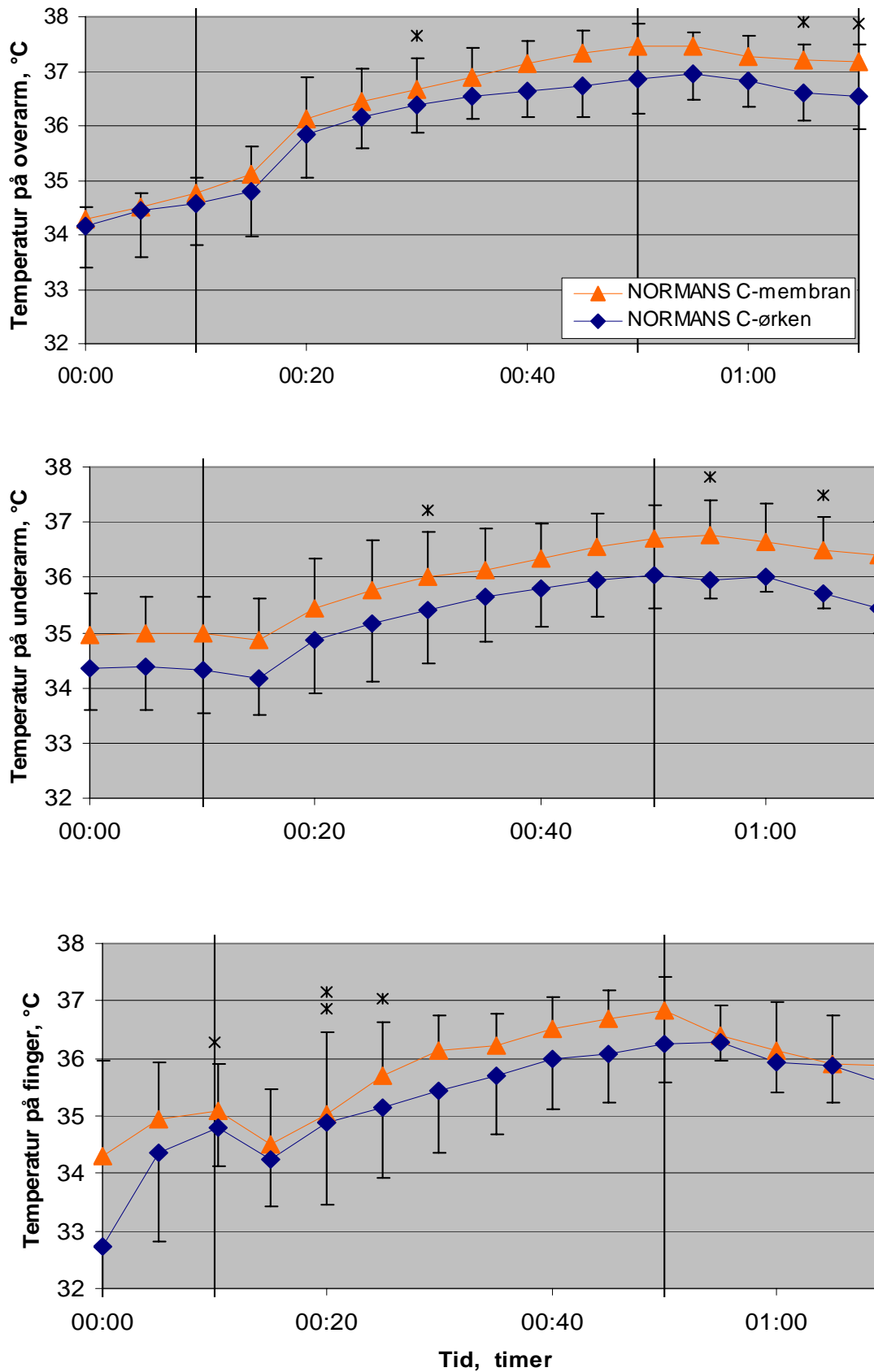
Figur 3-8 Hudtemperatur på rygg. Figuren viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$



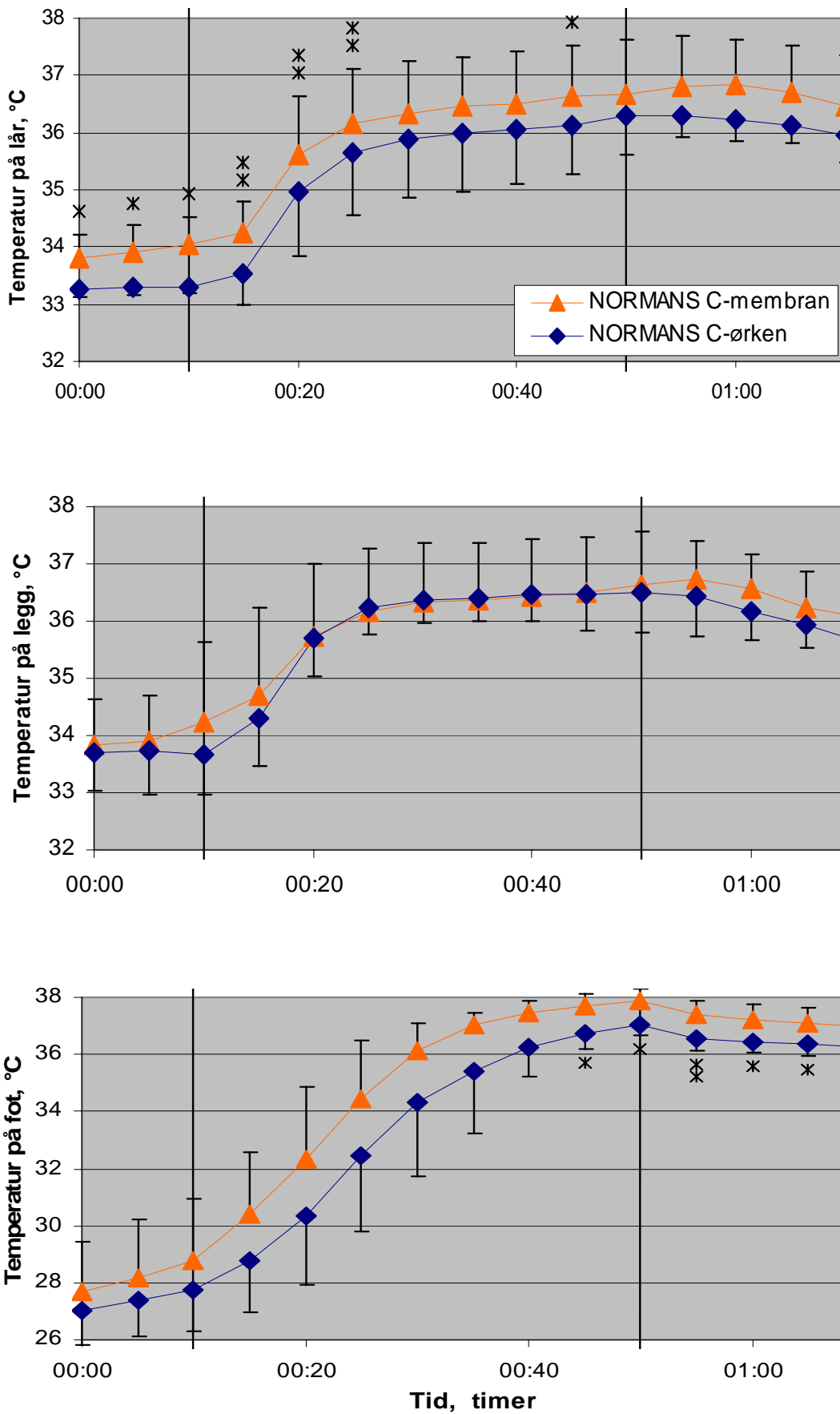
Figur 3-9 Pannetemperaturen hvert 5.minutt. Figuren viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

På overkroppen har hudtemperaturen, som vist i Figur 3-7 og, en tendens til å være høyest på brystet med NORMANS C-membran. Noe lignende kan man se på ryggtemperaturen (Figur 3-8), men her er tendensen veldig svak og dette gjelder også pannetemperaturen (Figur 3-9).

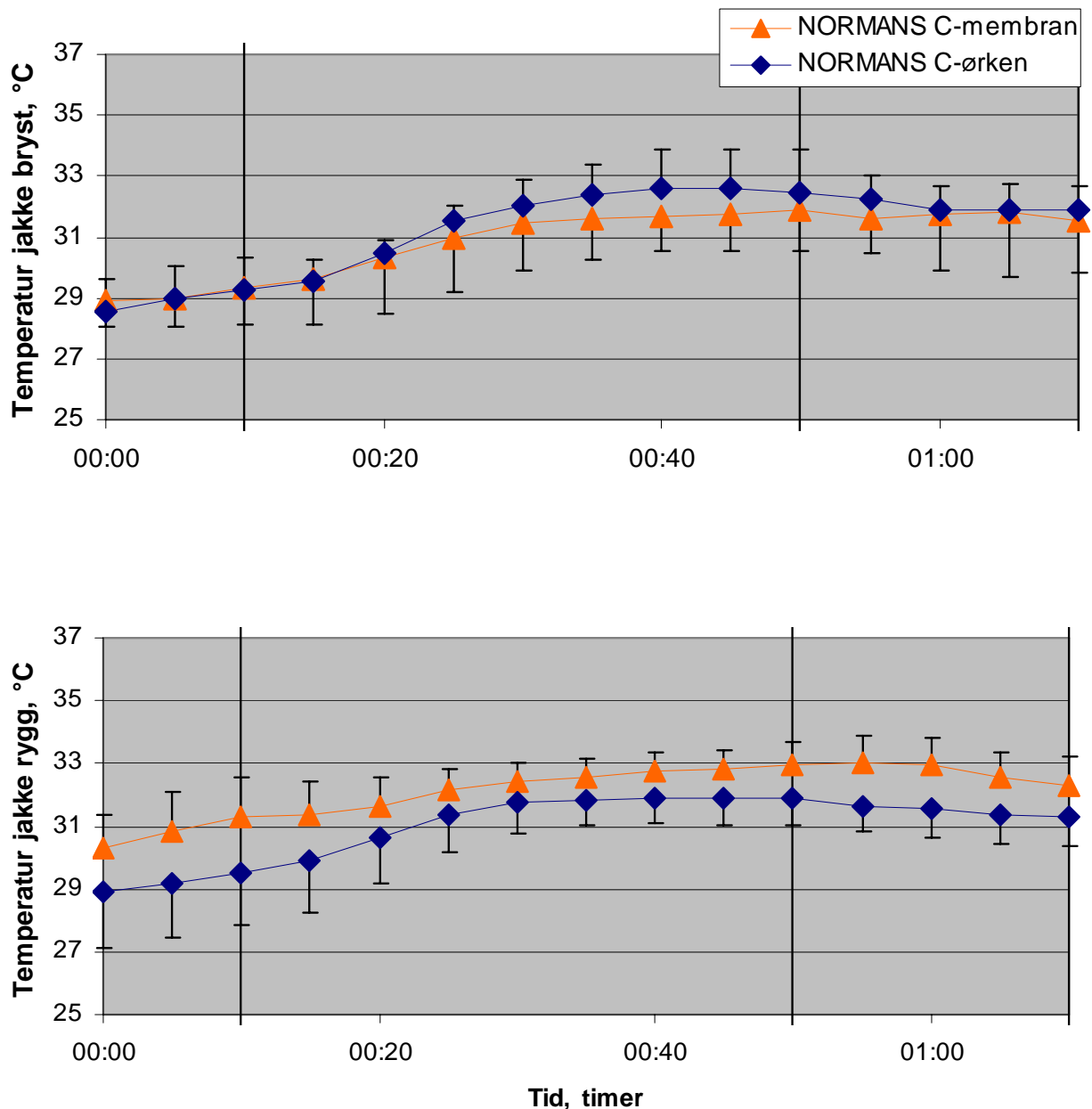
På over- og underekstremitetene er det derimot en klar tendens til høyere temperatur med NORMANS C-membran (Figur 3-10 og Figur 3-11). Det er en særlig klar tendens til høyere fottemperatur ved bruk av NORMANS C-membran, og det forteller at blodstrømmen gjennom føttene er høyere med denne bekledningen. Det er velkjent at kroppen bruker ekstremiteter som hender og føtter til å effektivt kvitte seg med varme. Høyere fottemperaturer er derfor et uttrykk for at personen er mer varmestresset med NORMANS C-membran enn med C-ørken, noe som er i samsvar med resultatene fra Figur 3-6.



Figur 3-10 Hudtemperatur på overekstremiteter (overarm, underarm og finger) for hvert femte minutt. Figuren viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$



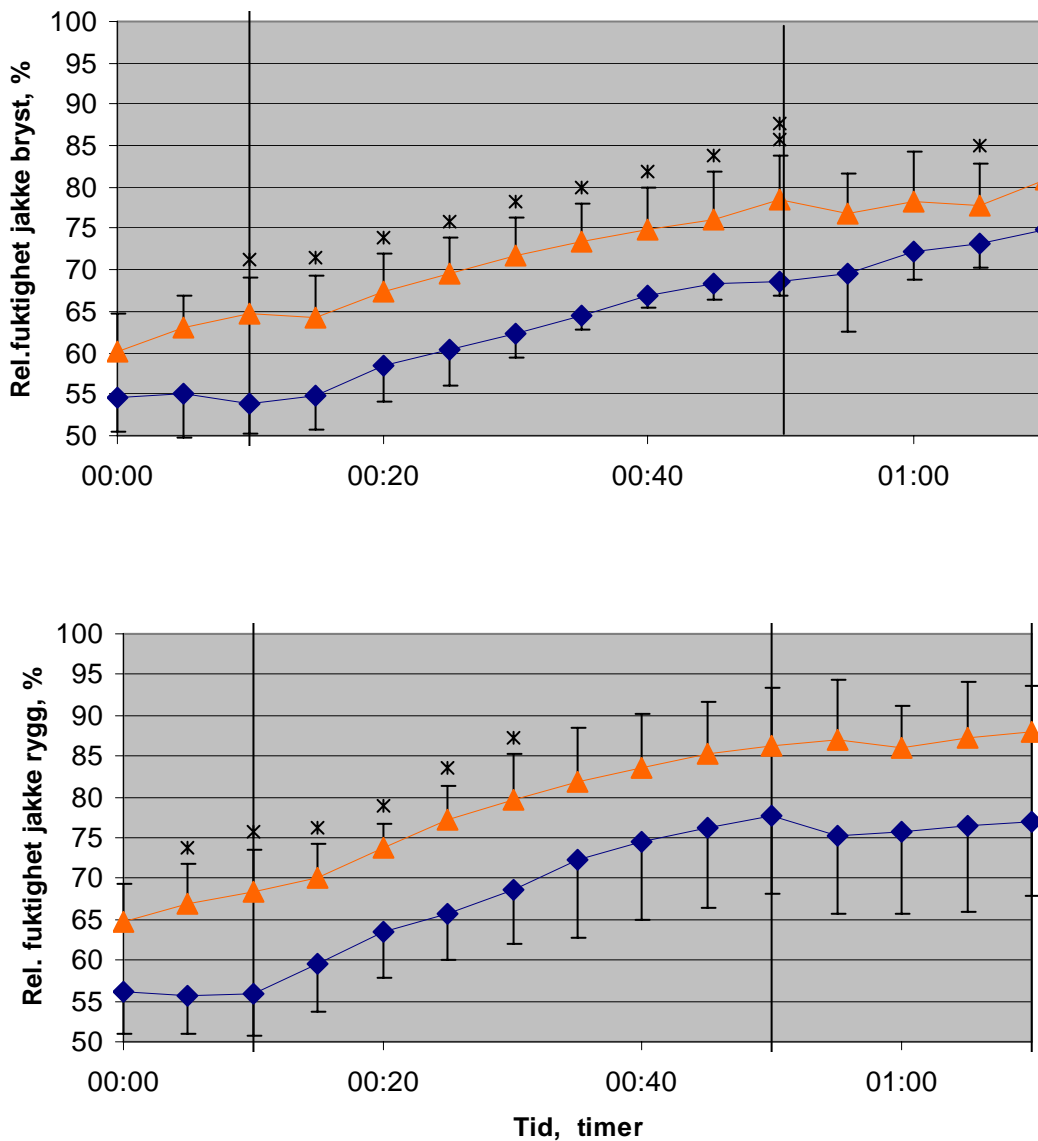
Figur 3-11 Hudtemperaturer på underekstremiteter (lår legg og fot) for hvert femte minutt. Figuren viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$



Figur 3-12 Temperatur ved bryst og rygg på ytterjakken for hvert 5. minutt. Figuren viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

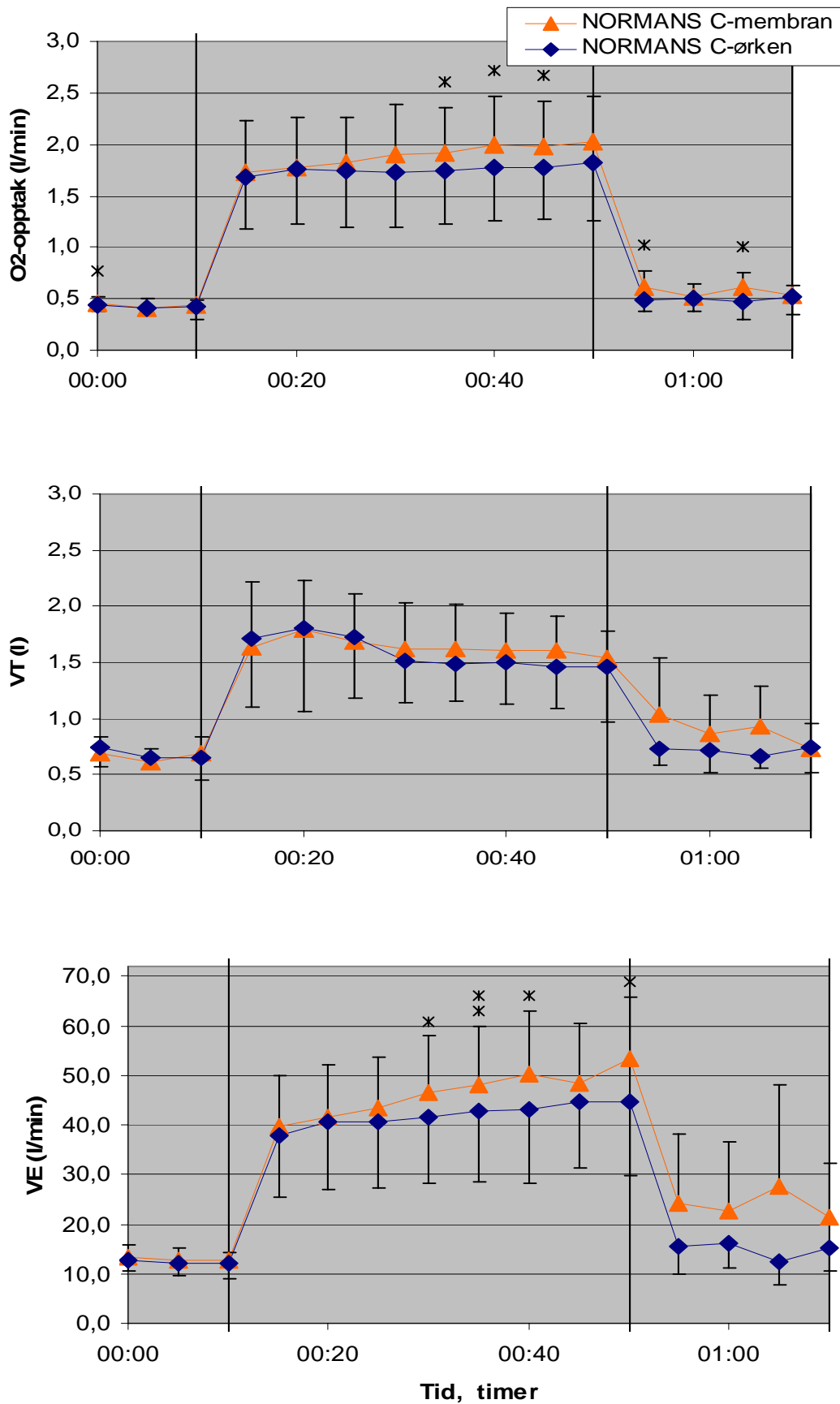
Temperaturen på innsiden av jakken ved brystet viser ingen signifikant forskjell mellom de to bekleddingene, men det er en svært svak tendens som faktisk er motsatt av det generelle bildet. Dette har sannsynligvis sammenheng med at ytterbekleddingen draperer seg forskjellig for de to tekstilene og dermed vil også avstanden fra temperaturføleren til kroppen variere. Særlig vi dette skje i front på grunn av den foroverbøyde gangen og dette resulterer i at temperaturføleren på innsiden av uniformen vil komme lenger fra huden med det litt stivere membrantekstilet enn med det mykere ørkenetekstilet. Følgelig kan temperaturen på innsiden av uniformen være lavere for membrantekstilet enn for ørkenetekstilet selv om bildet er det motsatt for de tilsvarende

hudtemperaturene. Det er særlig de individene som har en litt for stor uniformsjakke som bidrar til denne tendensen. Temperaturen på innsiden av jakken ved ryggen viser imidlertid en tendens til høyere temperatur ved bruk av NORMANS C-membran som er lik det generelle bildet.



Figur 3-13 Relativ fuktighet ved bryst og rygg i ytterjakken for hvert 5. minutt. Figuren viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Den høyere relative fuktigheten ved jakke, bryst/rygg ved bruk av NORMANS C-membran (Figur 3-13) er et direkte resultat av at membranstoffet ikke slipper like mye fuktighet gjennom som stoffet i NORMANS C-ørken. Det gjør at fuktigheten akkumulerer innenfor jakken slik at den relative fuktigheten stiger. I begynnelsen av hvileperioden er ikke forskjellen lenger signifikant ved jakke bryst, det kan skyldes at forsøkspersonene her kan ha påvirket resultatene ved at de sto i ulike stillinger og beveget på seg på forskjellig vis.

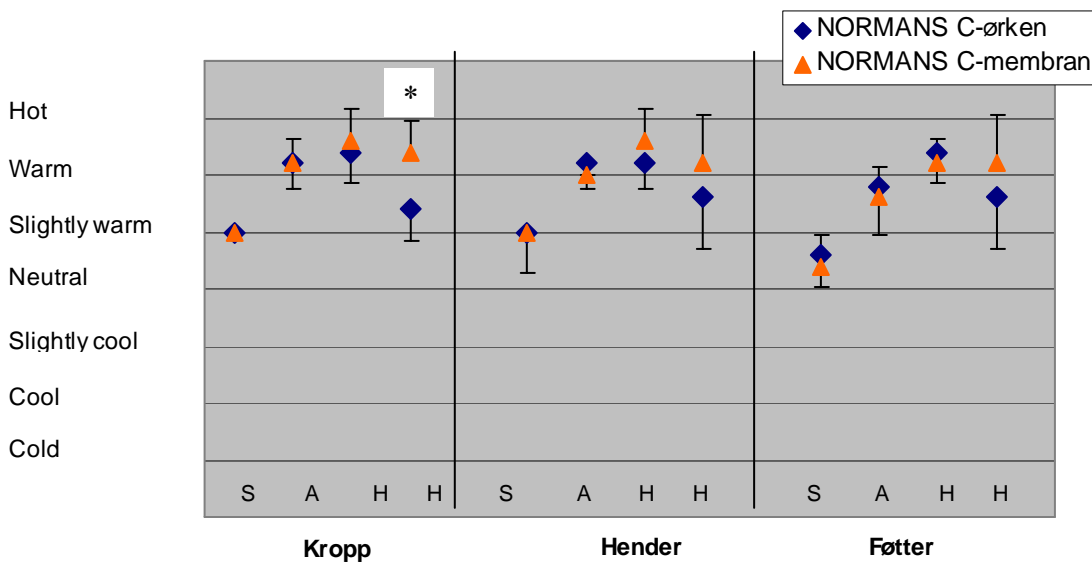


Figur 3-14 Oksygenopptak, tidevolum(VT) og minuttvolum (VE) for hvert 5. minutt. Figuren viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Oksygenopptaket hadde utover i aktivitetsperioden tendens til å ligge høyest med NORMANS C-membran (Figur 3-14). O₂-opptaket øker sannsynligvis som et resultat av kroppstemperaturen, og denne tendensen reflekterer dermed den høyere kroppstemperaturen forsøkspersonene fikk ved bruk av denne bekleddingen i forhold til NORMANS C-ørken.

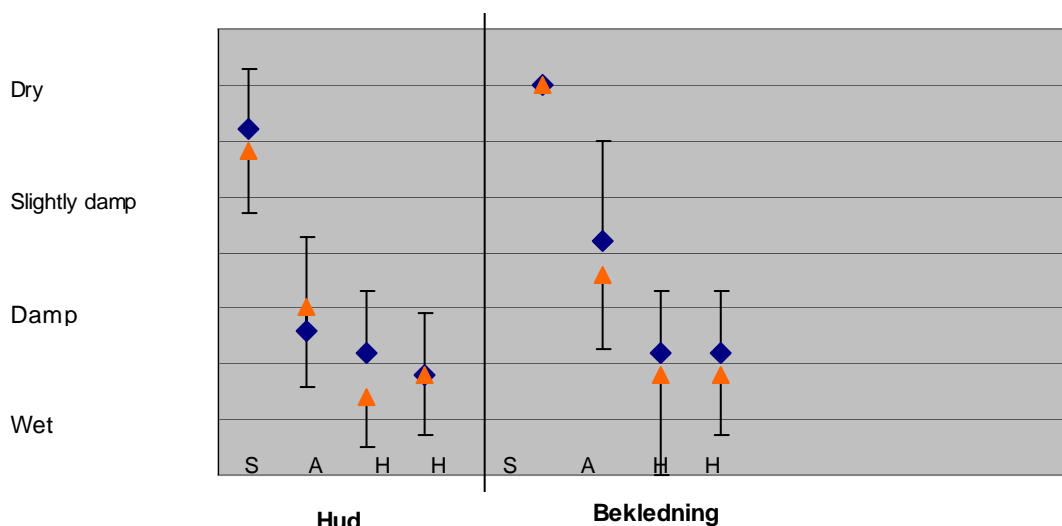
Det er ingen stor forskjell på tidevolumet mellom de to bekleddningsforsøkene, men tendensen er at det er høyest med NORMANS C-membran mot slutten av forsøkene (Figur 3-14).

Minuttvolumet viser en klar tendens utover i forsøket til å være høyest ved bruk av NORMANS C-membran (Figur 3-14). Det skyldes at respirasjonssystemet benyttes i termoreguleringens tjeneste når kroppstemperaturen øker. Siden forsøkspersonene hadde høyest kroppstemperatur når de gikk med NORMANS C-membran, måtte de også puste et større volum luft for å kvitte seg med mer varme for på den måten å kompensere for at membranmaterialet ”slapp igjennom” mindre varme.



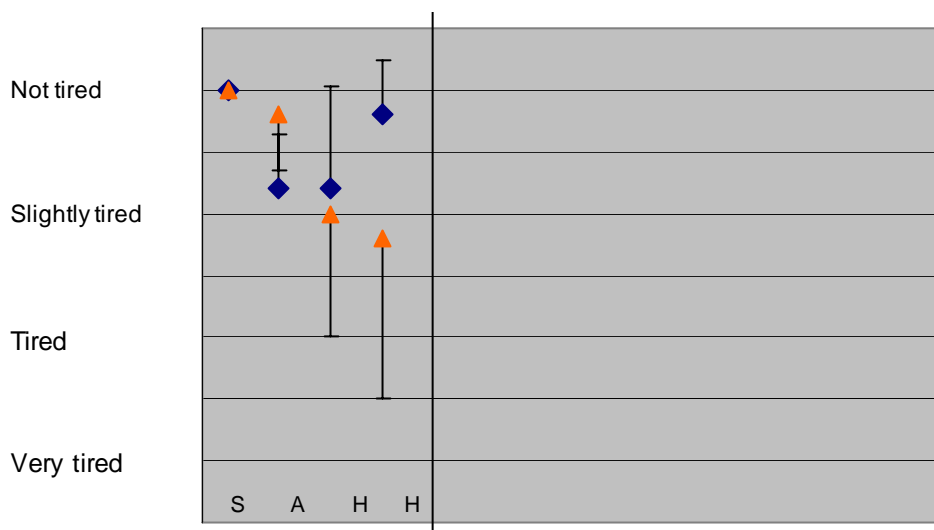
*Figur 3-15 Subjektiv evaluering av termisk komfort på kropp, hender og føtter. Svarene ble avgitt i stabiliseringsperioden S (00:07), i aktivitetsperioden A (00:31), og to ganger i løpet av hvileperioden H (00:51 og 01:07). Tallene i parentes angir tidspunktene for subjektiv evaluering i antall timer: minutter etter at forsøket ble startet. Figuren viser gjennomsnittet av svarene fra 5 personer og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$*

Forsøkspersonene følte seg mindre varme på slutten av hvileperioden når de var iført NORMANS C-ørken enn NORMANS C-membran (Figur 3-15). Dette stemmer overens med den faktiske kjernetemperaturen og gjennomsnittlige hudtemperaturen i hvileperioden, vist i Figur 3-6. Det er en svak tendens til at de også følte seg mindre varme på hendene i hvileperioden iført NORMANS C-ørken. Dette gjelder også for føttene, men bare i siste del av hvileperioden.



Figur 3-16 Subjektiv evaluering av fuktighet på hud og i bekleddingen. Svarene ble avgitt på samme tidspunkter som termisk komfort (se Figur 3-14). Figuren viser gjennomsnittet av svarene fra 5 personer og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Det er en svak tendens til at forsøkspersonene følte at NORMANS C-ørken-bekleddingen ble mindre våt enn NORMANS C-membran-bekleddingen (Figur 3-16). Dette stemmer overens med resultatene i Figur 3-2, som viser at vernedrakten akkumulerte mer fuktighet når forsøkspersonene var iført sistnevnte bekledding.



Figur 3-17 Subjektiv evaluering av form/tretthet. Svarene ble avgitt på samme tidspunkter som termisk komfort (se Figur 3-14) Figuren viser gjennomsnittet av svarene fra 5 personer og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

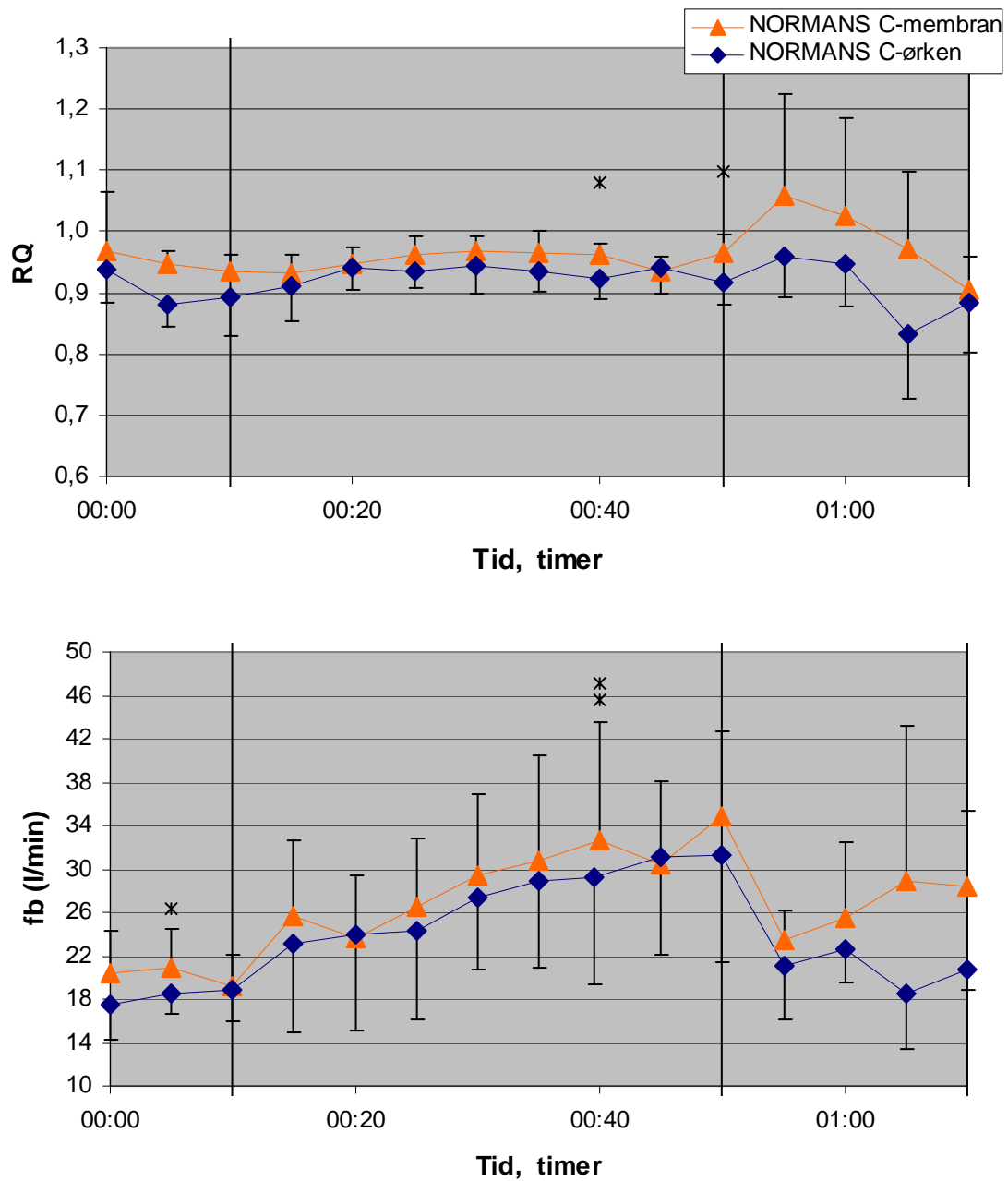
Det er en klar tendens til at forsøkspersonene følte seg mindre slitne på slutten av forsøksperioden når de var iført NORMANS C-ørken enn NORMANS C-membran (Figur 3-17). Det skyldes sannsynligvis en kombinasjon av at de svettet mindre og at de opplevde en mindre økning i kroppstemperatur og hjertefrekvens med NORMANS C-ørken.

4 KONKLUSJON

Resultatene, blant annet kroppstemperatur og svetteproduksjon, viser at forsøkspersonene opplevde en lavere varmebelastning med NORMANS C-ørken enn med NORMANS C-membran. Det skyldes hovedsakelig at membranstoffet i NORMANS C-membran er mye tettere enn bomull/polyester-stoffet i NORMANS C-ørken, slik at mindre luft og fuktighet slipper ut. Det gjør at kroppen får større vanskeligheter med å kvitte seg med varmen effektivt nok med NORMANS C-membran, og det fører til at kroppstemperaturen øker mest med denne bekledningen. Svetteproduksjonen blir også større, og hjerterefrekvensen økes mer i et forsøk på å bli kvitt varmen ved hjelp av sirkulasjonssystemet. Til sammen fører dette til at forsøkspersonene blir varmere og mer slitne med NORMANS C-membran enn NORMANS C-ørken.

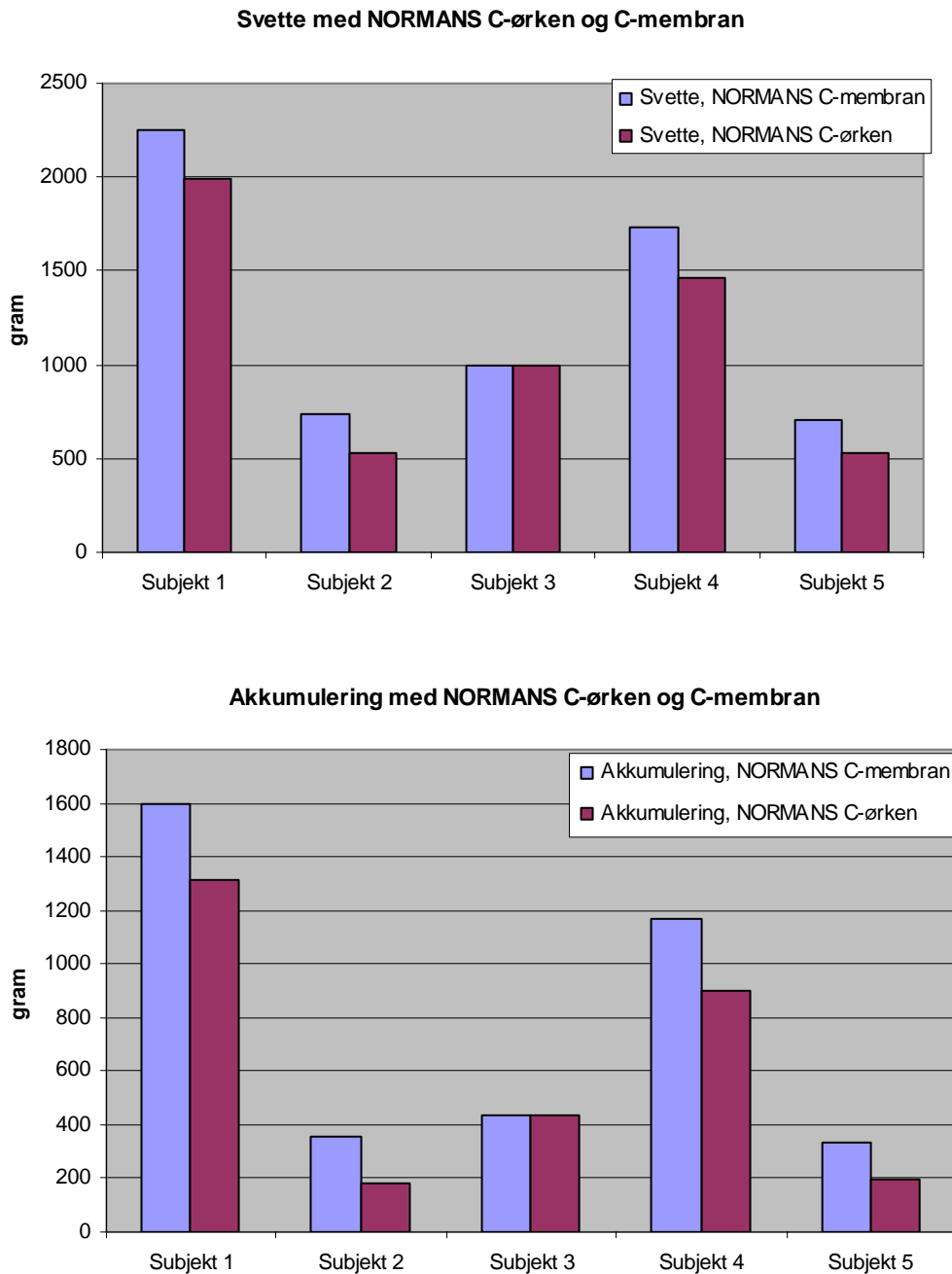
APPENDIKS

A RESPIRASJONSPARAMETRE



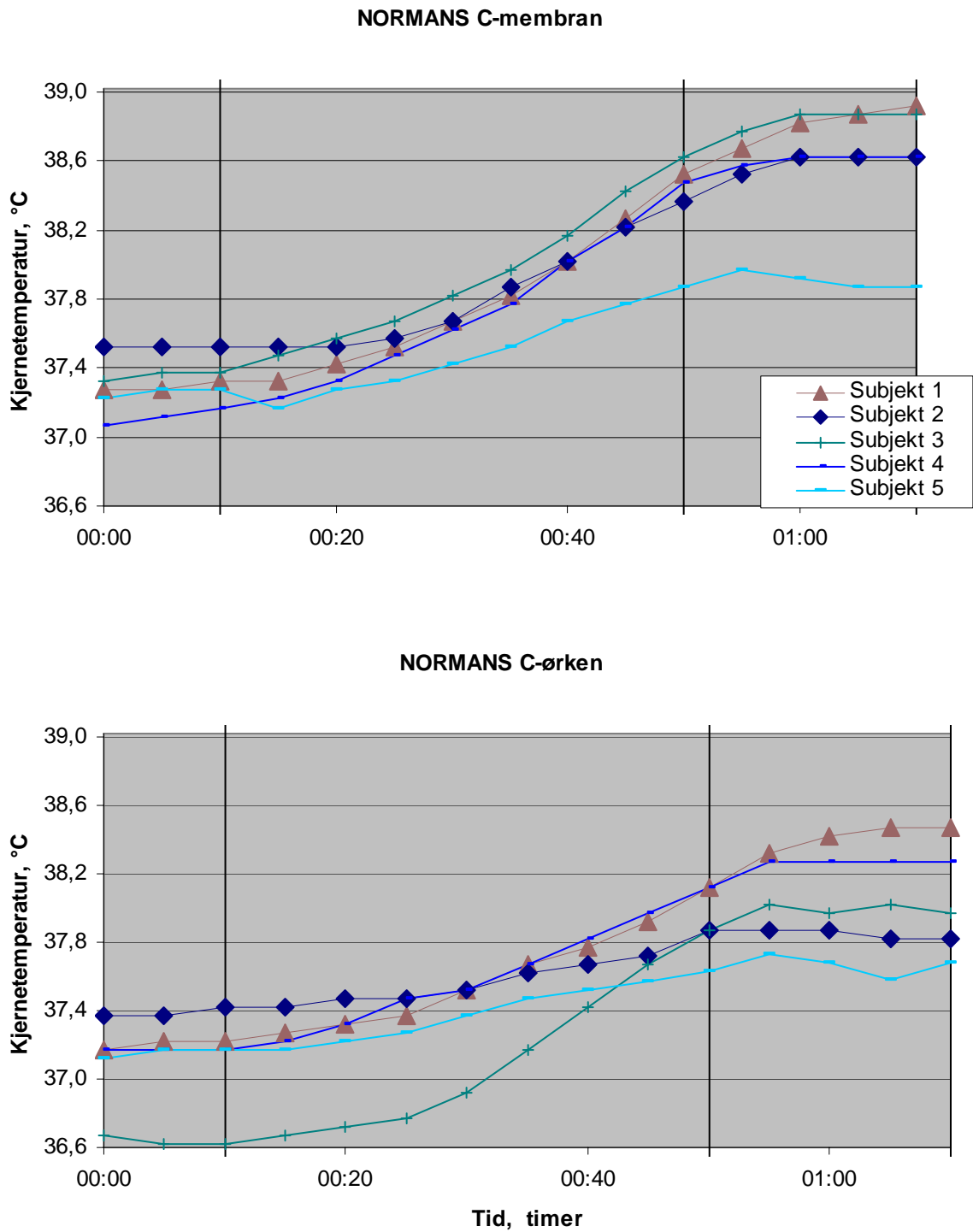
Figur App. 1 RQ-verdier og pustefrekvens-verdier (fb) for hvert 5.minutt. Figurene viser gjennomsnittet av 5 målinger og standardavviket mellom disse. Signifikans indikeres ved: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

B INDIVIDUELLE VERDIER FOR SVETTE OG AKKUMULERING



Figur App. 2 Individuelle verdier for svette og akkumulering i bekleddningen for de fem forsøkspersonene. Det ble som nevnt i metodekapittel 2.2 ikke utført noe tilvenningsforsøk for subjekt 3. Det kan forklare hvorfor det er så liten forskjell mellom verdiene for denne personen når det gjelder svette og akkumulering i de to forsøkene.

C INDIVIDUELLE VERDIER FOR KJERNETEMPERATUR



Figur App. 3 Individuelle verdier for kjernetemperaturen hvert 5.minutt for de fem forsøkspersonene.

D SUBJEKTIV EVALUERING

Nr	Spørsmål stilt på display under forsøket
1	Thermal state body?
2	Thermal state hands?
3	Thermal state feet?
4	Wetness skin?
5	Wetness clothing?
6	How tired?

Nr	Svar temperatur	Svar fuktighet	Svar form/tretthet
7	Hot	Dry	Not tired
6	Warm		
5	Slightly warm	Slightly damp	Slightly tired
4	Neutral		
3	Slightly cool	Damp	Tired
2	Cool		
1	Cold	Wet	Very tired

Tabell App. 1: Tabellen viser spørsmålene som ble stilt på et display under forsøket og svaralternativene forsøkspersonene hadde.

Litteratur

- (1) Martini S, Wulvik E, Røen BT, Teien H, Halsnes O (2005): (U) Bekledning og Beskyttelse i NORMANS, FFI/RAPPORT-2005/01559, Forsvarets forskningsinstitutt, Begrenset.
- (2) Teien H, Martini S (2003): Bekledningstester i felt - Sammenligning av forsvarets nåværende Soldat 2000 system og NORMANS systemet, FFI/NOTAT-2003/00932, Forsvarets forskningsinstitutt, Unntatt offentlighet.
- (3) Teien H, Martini S (2006): Bekledningstester i felt – Sammenligning av forsvarets nåværende vernedrakt NM143 og ny NORMANS vernedrakt, FFI/NOTAT-2006/02715, Forsvarets forskningsinstitutt, Unntatt offentlighet.
- (4) Martini S (2001): Combat clothing under wet and cold conditions, Proceeding, International Soldier Systems Conference, BATH, England, 27-30 november.
- (5) Teien H (2001): Rutiner for laboratorietesting av militærbekledning, FFI/NOTAT-2001/03157, Forsvarets forskningsinstitutt, Unntatt offentlighet.
- (6) Martini S (2004): Clothing and protection in the Norwegian Soldier Modernisation Program NORMANS, Proceeding ,International Soldier System Conference 2004, Boston USA, 13-16 desember.