

Hittebelasting en de personal heat stress monitor HS-383*

P.J. van Herel¹, J.A. Kok²

Summary

Recently a personal heat stress monitor (Metrosonics HS-383), to guard heatstress, has become available in The Netherlands. We have tested the usefulness and reliability of this monitor. 28 Tests were recorded on 9 subjects performing moderate to heavy work in an environment with high exposure to heat (WBGT 34.5-35.7°C). The monitor has not been proven reliable in guarding the core temperature: 21% false negative alerts. Correlation between recorded skin temperature and core temperature varied from $r = 0.53$ to $r = 0.78$ and was thus substantially lower than the correlation ($r = 0.95$) claimed by the importer.

The monitor does correctly respond with an alert when the heart frequency reaches an agegroup dependant preset level.

When using this monitor to guard personal heat stress certain precautions and restrictions have to be taken into account. These are discussed.

Personal heat stress monitoring with the HS-383 (used in the recommended way) enables the worker to reach a substantially

higher working time vs. resting time ratio as was predicted via the WBGT-index.

* Speciale dank aan:

R. de Haan, veiligheidsadviseur AVR;

C.M. Schuit, bedrijfsverpleegkundige AVR;

P. v.d. Sandt, arbeidshygiënist GEVUDO.

Het onderzoek is gesponsord door de VEABRIN.

1. Bedrijfsarts Fokker Aircraft Services bv, Postbus 3, 4630 AA Hoogerheide, tel.: 01646-18357.

2. Veiligheidsadviseur ROTEB Arbodienst, Kleinpolderplein 5, 3042 CE Rotterdam, tel.: 010-4468592.

1. Inleiding

Bij onderhoudswerkzaamheden en tijdens reparaties aan vuilverbrandingsovens worden werknemers blootgesteld aan hitte. Dit leidt tot hittebelasting afkomstig van het ovenlichaam en van de roosters, in de vorm van stralingswarmte, en van de hete lucht waarmee de ovens nog zijn gevuld.

Deze hittebelasting kan leiden tot schade aan de gezondheid. In de landelijke werkgroep van bedrijfsartsen en veiligheidskundigen werkzaam bij vuilverbrandingsinstalla- ►

ties (WBVV) is dit probleem aan de orde gekomen. Er werd geconstateerd dat er geen norm bekend is, aan welke op verantwoorde wijze de hittebelasting kan worden getoetst. Aan een dergelijke norm is wel behoefte.

In het algemeen kan men het vraagstuk van blootstelling en belasting voor de werknemer benaderen vanuit een tweetal invalshoeken:

- Het meten van mensgebonden factoren, de Personal Monitoring.
- Het meten van omgevingsgebonden factoren: Environmental Monitoring.

Personal monitoring

De belasting die door werken in een warme of hete omgeving bij de mens optreedt kunnen we rechtstreeks aan de mens meten. Het gaat hier met name om effecten op:

- de lichaamstemperatuur, de zogenaamde kerntemperatuur, o.a. te meten door de rectale temperatuur op te nemen;
- het hart-vaatstelsel, te meten via de hartfrequentie, in slagen per minuut;
- de zweetproductie. Deze is eigenlijk slechts betrouwbaar te meten in laboratoria, met vrijwilligers als proefpersonen.

Environmental monitoring

Bij beoordeling van de belasting, die door werken in een warme omgeving optreedt, moeten we rekening houden met (Bolijn, 1988):

- klimaatfactoren: luchttemperatuur, lichtsnelheid, luchtvochtigheid, warmtestraling;
- de energetische zwaarte van de arbeid;
- de kleding, met name de isolatiewaarde daarvan.

Environmental monitoring van hittebelasting vindt plaats door meting van de zogenaamde klimaatindex/indices.

Men heeft hierbij getracht om de klimaatinvloeden, zoals deze door de mens worden ervaren, te benaderen door de vier te meten klimaatinvloeden zo betrouwbaar mogelijk in één getal uit te drukken; de klimaatindex.

Er zijn twee groepen klimaatindices:

- analytische klimaatindices: onder andere operatieve temperatuur; heat stress index; skin wettedness/benodigde zweetproductie en
- empirische klimaatindices: onder andere effectieve, gecorrigeerde- effectieve en nieuwe effectieve temperatuur; WBGT; WGT en predicted four-hour sweat rate.

Het streven naar een zo nauwkeurig mogelijke meting van de klimaatfactoren, zoals deze verantwoordelijk zijn voor hittebelasting, lijkt haaks te staan op de hoge mate van individuele variatie in de menselijke reactie op hittebelasting.

Uit de onderzoeken van o.a. Lind (1976), Jensen (1976) en Kuhlmeier (1979) blijkt een spreiding in de stijging van de kerntemperatuur als biologisch effect op hittebelasting in de orde van grootte van $\pm 50\%$.

Het lijkt paradoxaal om meetmethodieken te ontwikkelen met een zo groot mogelijke graad van nauwkeurigheid, ten behoeve van environmental monitoring, en dan vervolgens een enorme spreiding te accepteren in de individuele respons (biological effect).

De normen, gebaseerd op klimaatindices, zijn over het algemeen dusdanig, dat ten minste 95% van de werknemerspopulatie niet overbelast zal worden (WHO, 1969; NIOSH, 1986).

Een verder probleem is dat in tijd en/of plaats sterk wisselende omstandigheden een aan de omgeving gebonden norm minder goed mogelijk maken. Dit zou namelijk vrijwel continu meten vereisen.

Hettinger et al. (1981) beschrijven weliswaar methodieken, waarmee zij vrij nauwkeurig, ook in wisselende kli-

maatomstandigheden de hittebelasting hebben kunnen berekenen en hebben getoetst, onder meer aan de hartfrequentie. Zij zeggen echter tevens dat 'dergelijke onderzoeken als routine-onderzoek in de praktijk niet geschikt zijn'. Kuhlmeier (1979) concludeert dat er 'geen enkelvoudige index van hittebelasting is, die accuraat de fysiologische respons kan voorspellen, over een groot gebied van omgevingstemperatuurcombinaties'.

Afgeleid uit bovenstaande kan worden gesteld, dat de bruikbaarheid van klimaatindices als norm/grenswaarde afneemt, naarmate er meer variatie is in:

- de externe hittebelasting (werkklimate) van uur tot uur c.q. van dag tot dag;
- de externe hittebelasting op verschillende locaties binnen dezelfde werkplek;
- de luchtvochtigheid in combinatie met de lichtsnelheid;
- de interne hittebelasting als gevolg van de metabole zwaarte van het werk;
- de inter-individuele gevoeligheid van werknemers ten aanzien van blootstelling aan hitte;
- de mate van hitte-acclimatisatie van werknemers.

Over de bruikbaarheid van persoonsgebonden normen kan het volgende worden gezegd:

Bij thermisch belastende werkzaamheden mag de rectale temperatuur met niet meer dan 1°C stijgen, dan wel de 38° niet te boven gaan. WHO (1969), Vogt (1977), Dukes-Dobos (1976), ACCIH (1986), ISO (volgens DGA, 1986) en NIOSH (1986).

Onder gecontroleerde omstandigheden, waar een continue registratie van de rectale temperatuur wordt uitgevoerd, hoeft het werk niet te worden gestaakt, tenzij een kerntemperatuur wordt bereikt 'in de orde van grootte van' 39°C . Hierbij dient tevens de hartfrequentie te worden bewaakt. WHO (1969).

Deze vorm van bewaking: het direct meten van de rectale temperatuur stuit op grote praktische en sociale bezwaren. Als limiet van compensabele hittebelasting wordt een hartfrequentie van 110/min., tijdgewogen over 8 uur, met een absolute limiet van 160/min. voor kortdurende piekbelasting geadviseerd. WHO (1969).

Kuhlmeier (1979) pleit, onder meer op basis van eigen onderzoek, voor een maximale hartfrequentie van 125/min. tijdgewogen over 8 uur.

Vogt (1977) suggereert een tijdgewogen limiet van 120/min. over 8 uur.

Voor het meten van de hartfrequentie zijn tegenwoordig allerlei zeer praktische methodieken op de markt; dit is dus in de praktijk goed uitvoerbaar.

Meting van de zweetproductie is in de praktijk van de werksituatie vrijwel niet betrouwbaar uit te voeren.

Omdat de omstandigheden, waaronder in afkoelende verbrandingsovens moet worden gewerkt sterk wisselen en een omgevingsgebonden meting dus slecht toepasbaar is, bestaat er behoefte aan een praktisch hanteerbare methode van personal monitoring.

2. De personal heat stress monitor HS-383

Recent is door Cohen (1988) gewag gemaakt van de ontwikkeling in samenwerking met de Electric Power Research Institute (EPRI) van een zogenaamde Personal Heat Stress Monitor.

Deze monitor bestaat uit twee delen. Een sensor wordt op de blote huid gedragen, boven de hartstreek, op zijn plaats gehouden door een elastieke gordel. In deze gordel zit een metalen schijfje, ongeveer in de mid-axillair lijn, dat de huidtemperatuur aldaar registreert. Van de sensor loopt een kabeltje naar een module, welke buiten op de kleding wordt gedragen. Na instellen van correctiefactoren voor leeftijd en clo-waarde van de kleding geeft de module een zichtbaar en een hoorbaar signaal bij het bereiken van -

grenswaarden voor temperatuur en/of hartfrequentie. Een geel signaal, warning alert, betekent dat de hittebelasting dusdanig is dat men in dezelfde omgeving moet rusten, of andere maatregelen moet nemen om de belasting te verminderen. Een rood signaal, action alert, betekent dat men de werkzaamheden moet staken en in een koelere omgeving rust moet nemen.

Er is tevens een ingebouwde mogelijkheid om ieder moment een recovery test uit te voeren: de drager neemt één minuut rust en drukt bij het begin van deze minuut op de recovery knop. Na 75 sec. gaat het recovery lampje flitsen, te zamen met een van de andere lampjes:

- het rode lampje (no recovery) betekent dat er gerust moet worden in een thermisch neutrale omgeving;
- het gele lampje (partial recovery) betekent dat de drager kalmer aan moet doen of spoedig rust moet nemen;
- het groene lampje (full recovery) betekent dat de drager op dezelfde wijze kan doorgaan.

De module geeft tevens de mogelijkheid om de met intervallen van één minuut, tot in totaal 1200, opgeslagen waarnemingen te reproduceren via een seriële printer.

De PHS-monitor is sinds kort in Nederland verkrijgbaar, via de importeur, Envicare Milieutechniek.

De importeur is echter niet in staat gebleken wetenschappelijk materiaal te produceren, waaruit ondubbelzinnig blijkt dat de monitor een yellow of red alert geeft op het moment dat, of voordat persoonsgebonden normen overschreden dreigen te worden.

Een artikel van T.E. Bernard, uit een niet nader genoemd tijdschrift, verkregen via de importeur/leverancier, maakt gewag van een zeer hoge correlatie ($r = 0.93$) van de in de mid-axillaire lijn gemeten huidtemperatuur (de zgn. disk temperature) met de kerntemperatuur, zonder dit met onderzoeksgegevens te staven. Er wordt bovendien gesteld dat het gebruik van de personal monitor de produktiviteit bevordert doordat werknemers veel langer blijken door te kunnen werken dan wanneer men zich gehouden zou hebben aan de geaccepteerde WBGT-normen.

Voorts zou er een 81% accurate actie alerts op 36 tests. Er waren 2 false-positive actie alerts en 5 false-negative results. Ook deze cijfers worden niet zichtbaar afgeleid van de feitelijke onderzoeksgegevens.

Een van de conclusies van een eerder verricht literatuuronderzoek naar normstelling bij incidentele blootstelling aan hitte (Van Herel, 1989) was, dat nader onderzoek naar de betrouwbaarheid van de personal heat stress monitor wenselijk is.

3. Methode van onderzoek

Het onderzoek vond plaats bij de Afvalverwerking Rijnmond (AVR). Medewerking werd verkregen vanuit de WBVV, met name van de veiligheidsadviseur van AVR en tevens van de bedrijfsverpleegkundige van AVR en een arbeidshygiënist van de BGD Dordrecht.

Middels een schriftelijke voorinformatie en persoonlijke benadering werden een aantal vrijwilligers aangezocht. Een groep van 9 medewerkers stelde zich beschikbaar. Deze groep werd mondeling voorgelicht over het komende onderzoek en geïnstrueerd. Zij bestond uit 2 vrouwen en 7 mannen.

Leeftijdverdeling	man	vrouw
onder 35 jaar:	3	2
36-50 jaar:	2	
boven 50 jaar:	2	

Iedere proefpersoon werd uitgerust met een personal heat stress monitor, Metrosonics type HS 383.

Als plaats van het onderzoek bij AVR werd gekozen het dak van een van de ketels binnen het ketelhuis.

Proefmetingen van de WBGT hadden aangetoond dat deze

daar ter plaatse varieerde van 33.8 tot 34.4. Volgens NIOSH (1986) betekent dit dat bij een metabole warmteproductie van ongeveer 380 kcal/hr de proefpersonen zich bevinden tussen de ceiling limit en de lijn voor 15 minuten per uur werken (d.w.z. ieder uur 3 kwartier rusten).

Tussen de tests verbleven de proefpersonen in een recover ruimte met airconditioning, waar de gemiddelde luchttemperatuur 24.5°C en gemiddelde relatieve luchtvochtigheid 39% bedroeg.

Hen werd gevraagd op een uit twee treden bestaand platform, in eigen tempo, twee treden omhoog, en bij bovenkomen weer omlaag, te stappen, iedere keer de tweede voet naast de eerste zettend.

De treden van het platform waren 0.20 m hoog.

Het tempo werd enige malen per test geregistreerd en gebruikt ter bepaling van de gemiddelde calorische belasting. Het tempo varieerde van 40 tot 64 treden per minuut. Het werd tijdens iedere test zoveel mogelijk constant gehouden.

Na iedere 5 minuten was er een rustperiode van 1 minuut voor het registreren van de rectale temperatuur en de polsfrequentie.

Iedere 6 minuten is er dus een cyclus van:

stijgen	2.5 min.
(omlaag) lopen	2.5 min.
staan/zitten	1 min.

De calorische zwaarte van het werk werd geschat door gebruik te maken van tabellen in DGA publikatie S43 (DGA, 1988):

- omhoog klimmen, afhankelijk van tempo, ongeveer 800 W bij 80 treden per minuut. Hier varieerde het van 40-64 treden per minuut; dit is dus 400-640 W, tijdens het trap oplopen;

- trap aflopen, afhankelijk van tempo, ongeveer 280 W bij 80 treden per minuut. Hier dus 140-220 W, tijdens het trap aflopen;

- tijdens de rustperiode geldt een warmteproductie van ongeveer 30 W;

- voor de gehele periode geldt bovendien een basale warmteproductie van 70 W.

Globaal geldt, dat voor de herhaalde activiteit 5 minuten evenveel klimmen als trap aflopen, afgewisseld met 1 minuut rust, de gemiddelde warmteproductie tijdens de test varieert van 290 W bij 40 treden per minuut tot 420 W bij 64 treden per minuut.

De bovengenoemde arbeid werd volgehouden tot één van de volgende grenzen werd bereikt:

- een kerntemperatuur van 39.0°C. Dit is in gecontroleerde omstandigheden een acceptable waarde (WHO, 1969), welke onder gecontroleerde omstandigheden een max. kerntemperatuur van 39.0°C accepteert;

- het optreden van hitte belastingsklachten: duizeligheid, licht in het hoofd; misselijkheid; spierkrampen; meer dan 'normale' vermoeidheid;

- bij een red alert (action alert), hierbij werd onmiddellijk de rectale temperatuur en de hartslag geregistreerd.

Bij een yellow alert werd onmiddellijk de kerntemperatuur en hartfrequentie geregistreerd en, afhankelijk van deze waarden, en de mening van de proefpersoon met betrekking tot zijn eigen welbevinden, al dan niet gestaakt met de arbeid.

Tijdens iedere 6 minuten werd bovendien de polsfrequentie geregistreerd om een indruk te krijgen van de belasting van het hart/vaatstelsel op dat moment.

Alle proefpersonen waren gekleed in een standaard katoenen overall, onderbroek, sokken en veiligheidsschoenen, clo-waarde ongeveer 0.8 clo.

Het is van groot belang dat mensen, die matig tot zware arbeid verrichten tijdens hittebelasting, vocht tot zich nemen, ter vervanging van water en elektrolyten, welke

Table 1. Samenvatting van de onderzoeksresultaten

test nr.	pp	m/v	groep	begin test				warning alert				action alert				full recovery test			
				metab. Watt	hf /min	ht °C	kt °C	bij /min	hf /min	ht °C	kt °C	bij /min	hf /min	ht °C	kt °C	bij /min	hf /min	ht °C	kt °C
1	VG1	m	≤35 jr.	400	110	35.6	37.4	23	170	37.5	38.1	20	174	37.7	38.2	53	103	36.3	37.8
2	VG2	m	≤35 jr.	400	103	35.0	37.7	18	170	36.7	38.1	23	179	37.0	38.4	32	119	37.1	38.6
3	VG3	m	≤35 jr.	400	116	35.5	37.9	12	178	36.6	38.2	17	180	37.0	38.4	51	105	36.0	37.8
4	PN1	m	≤35 jr.	400	86	35.4	37.0	27	176	37.2	38.0	29	167	37.3	38.1	52	87	36.0	37.5
5	PN2	m	≤35 jr.	400	121	35.3	37.3	17	173	36.6	37.7	21	180	36.9	37.9	41	88	35.8	37.6
6	PN3	m	≤35 jr.	400	103	35.0	37.4	16	174	36.7	37.7	18	173	36.8	37.8	24	118	36.7	37.5
7	RV1	m	≤35 jr.	410	99	35.0	37.0	12	173	36.7	37.5	18	176	37.3	37.9	37	108	35.7	37.6
8	RV2	m	≤35 jr.	390	119	35.0	37.5	12	170	36.7	37.8	16	173	37.0	37.9	32	108	35.0	37.8
9	RV3	m	≤35 jr.	390	111	35.2	37.7	12	174	36.7	37.9	16	179	37.0	38.0	37	100	35.3	37.9
10	RV4	m	≤35 jr.	375	109	35.0	37.7	17	168	36.5	37.9	23	174	36.9	38.1	43	100	35.7	37.8
11	FD1	v	≤35 jr.	390	105	35.4	37.6	32	165	37.9	38.6	38	167	38.1	38.8	71	100	36.3	37.6
12	FD2	v	≤35 jr.	390	117	36.1	37.8	27	166	37.6	38.6	33	170	37.8	38.7	57	109	36.8	37.9
13	SB1	v	≤35 jr.	340	102	35.5	38.1	12	169	36.5	38.3	16	172	36.8	38.5	58	99	35.7	38.1
14	FD3	v	36-50	375	133	36.4	37.9	12	155	36.8	38.1	19	157	37.2	38.3	37	110	36.6	37.8
15	FD4	v	36-50	375	124	36.2	37.8	12	160	36.8	38.1	17	161	37.1	38.3	40	104	36.9	37.4
16	SB2	v	36-50	340	119	35.9	38.0	06	159	36.3	38.1	10	162	36.6	38.2	18	115	36.3	37.9
17	SB3	v	36.50	340	128	36.3	37.9	06	159	36.7	38.0	09	165	36.9	38.2	31	108	36.3	38.0
18	CB1	m	36-50	440	107	35.0	37.9	29	145	38.0	38.0	32	162	38.2	39.0	51	97	37.6	39.0
19	CB2	m	36-50	400	120	36.5	38.0	26	157	37.9	38.7	afgebroken (klachten)				48	92	37.4	39.1
20	CB3	m	36-50	400	121	36.6	38.4	test afgebroken na 24 min					152	37.7	38.9	30	120	37.6	39.0
21	HR1	m	36-50	375	109	35.5	?	16	163	36.5	?	18	158	36.6	?	45	107	35.7	?
22	HR2	m	36-50	375	108	35.3	?	11	160	36.3	?	12	159	36.4	?	52	109	35.8	?
23	HR3	m	36-50	375	121	35.6	37.5	06	165	36.0	37.9	07	153	36.0	?	52	111	35.4	?
24	VM1	m	≥51 jr.	400	113	36.2	37.6	21	139	37.4	38.2	25	145	37.7	38.4	35	112	37.2	38.5
25	CR1	m	≥51 jr.	310	88	35.4	37.0	12	146	36.3	37.2	13	138	36.4	37.3	19	104	36.5	37.4
26	CR2	m	≥51 jr.	310	95	35.6	37.3	08	136	36.1	37.3	11	149	36.4	37.4	17	106	36.6	37.5
27	CR3	m	≥51 jr.	310	103	35.6	37.4	geen warning alert				06	151	36.0	37.5	12	104	36.4	37.6
28	CR4	m	≥51 jr.	250	100	35.4	37.4	17	144	37.1	37.5	22	150	37.3	37.7	44	101	36.7	37.5

FD, 20 jaar en SB, 21 jaar, tests verricht met monitor instelling 36-50 jaar.

met zweten verloren gaan (Dukes-Dobos, 1976 en ACGIH, 1986).

Daarom werd tijdens iedere rustminuut en tussen de tests in de recoverruimte een ongelimiteerde hoeveelheid Iso-star^R aangeboden.

De kerntemperatuur werd tijdens de test met intervallen van 6 minuten gemeten door de rectale meetsonde, ingebracht tot 9-10 cm boven de anale kringpier, aan te sluiten op een Consort T450 digitale thermometer.

De hartfrequentie en de huidtemperatuur werden verkregen via uitdraaien van opgeslagen gegevens in de heat stress monitor (HS-383), door deze aan te sluiten op een seriële printer (Epson FX-85).

De WBGT werd elke minuut geregistreerd met een Tecora Heat Stress Logger, type HSL-1000.

De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de recoverruimte werden geregistreerd met een Solomat MPM 500E.

4. Resultaten

In totaal werden 28 tests uitgevoerd bij 9 proefpersonen. De resultaten zijn samengevat in tabel 1.

Het resultaat van de WBGT-meting op de testplek van een van de testdagen wordt grafisch weergegeven in figuur 1. De bereikte hartfrequentie bij warning alert is afgeleid uit tabel 1 en wordt grafisch getoond in figuur 2, de hartfrequentie bij action alert in figuur 3.

De hoogte van de hartfrequentie bij het bereiken van het warning alert is, evenals die bij action alert, vrij constant en op een voor de leeftijdsgroep-instelling eigen niveau; zie ook tabel 2.

De bereikte rectale temperatuur bij action alert resp. bij full recovery is zichtbaar in figuur 4.

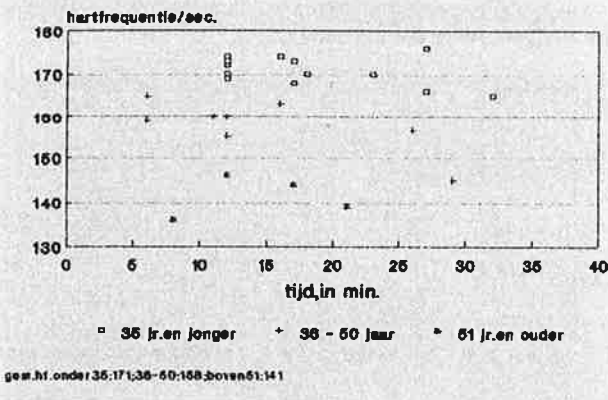
De rectale temperatuur bij action alert toont niet het verschil in niveau per leeftijdsgroep, zoals dat bij de hartfrequentie het geval was. Er is sprake van een grote variatie. De gemiddelde kerntemperatuur bij action alert is 38.14°C, de hoogste waarde is 39.0°C, de laagste 37.3°C. Met uitzondering van drie proefpersonen, twee vrouwen en een van de mannen, blijft de kerntemperatuur bij action alert onder de 38.5°C.

Bij de vrouwelijke proefpersonen en één van de mannen bleek, met de monitor ingesteld op de eigen leeftijdsgroep; voor de vrouwen: 35 jaar en jonger en voor de betreffende man 36-50 jaar, dat de rectale temperatuur te hoog opliep. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de hartfrequentie tijdens de test, nog vóórdat het alarm getriggert wordt, het persoonseigen maximum zo dicht benadert, dat deze niet meer (lineair) stijgt. De hartfrequentie bereikt daardoor de ingebouwde alarmprempe van de monitor niet, of te laat.

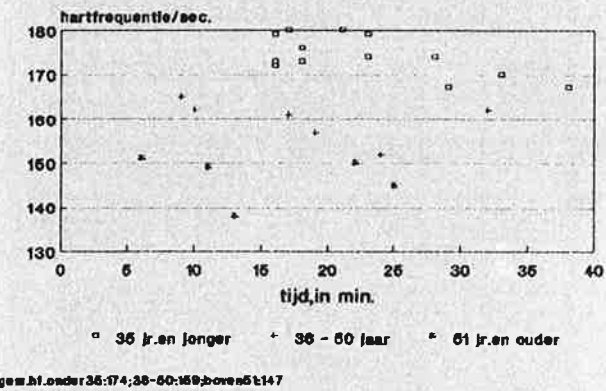
Tabel 2. De spreiding in hartfrequentie en de gemiddelde hartfrequentie, per leeftijdsgroep bij warning resp. action alert

leeftijdsgroep	alert	gemiddelde hf	spreiding hf
35 en jonger	warning	171	165-176
36-50	warning	158	145-165
51 en ouder	warning	141	136-146
35 en jonger	action	174	167-180
36-50	action	159	152-165
51 en ouder	action	147	138-151

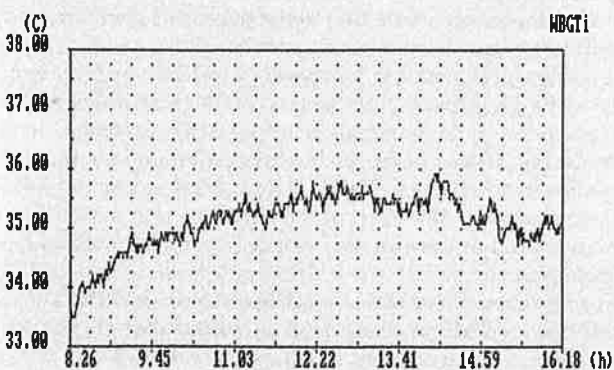
Figuur 2. Hartfrequentie bij warning alert, in slagen per minuut



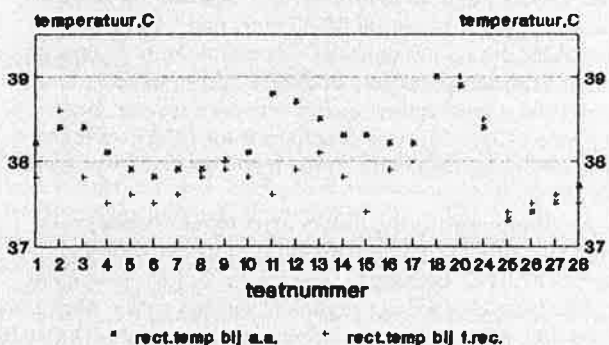
Figuur 3. Hartfrequentie bij action alert, in slagen per minuut



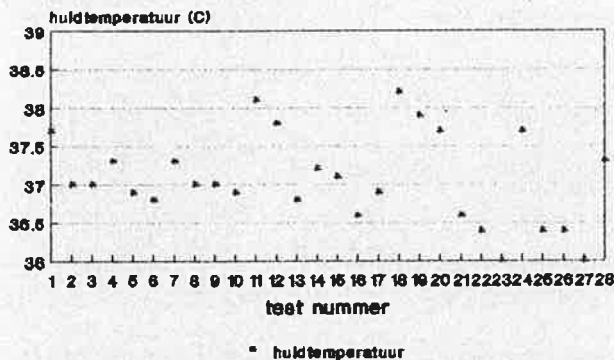
Figuur 1. Verloop van de WBGT (indoor) op een van de testdagen



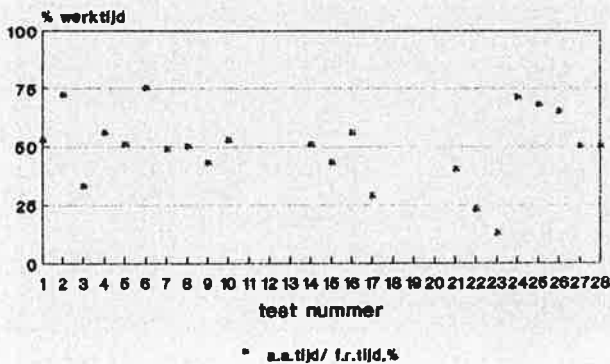
Figuur 4. De bereikte rectale temperatuur bij action alert, resp. bij full recovery, in °C



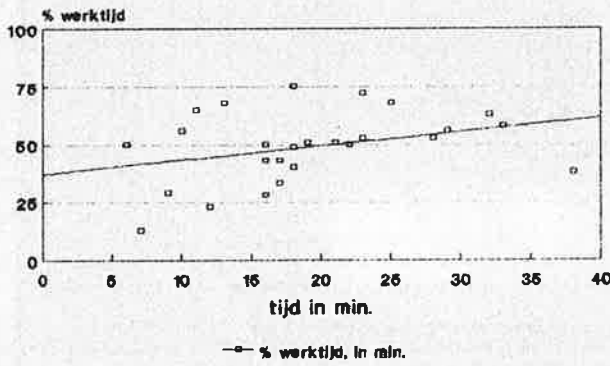
Figuur 5. De huidtemperatuur in °C, bij action alert



Figuur 6. %Werktijd per persoon



Figuur 7. %Werktijd en tijdstip action alert



Bij de twee vrouwelijke proefpersonen werd een viertal tests verricht met de monitorinstelling gezet op één leeftijdsgroep hoger namelijk 36-50 jaar: test 14 t/m 17. Dan blijkt dat op het moment van action alert de rectale temperatuur de grens van 38.5 niet overschrijdt. De rectale temperatuur bij 'full recovery' is, met uitzondering van 4 tests, bij twee proefpersonen, 38.0°C of lager. De huidtemperatuur bij action alert is grafisch weergegeven in figuur 5. De huidtemperatuur bij action alert toont eveneens een grote variatie. De gemiddelde huidtemperatuur bij action alert is 37.04°C, de hoogste waarde is 38.2 en de laagste 36.0°C. Deze bevinding suggereert dat het action alert van de HS-383, bij hoge, dynamische (piek)belasting niet wordt getriggerd door de (stijging in) huidtemperatuur.

De verhouding tussen werktijd (van start tot action alert) en rusttijd is uitgedrukt als %werktijd. Dit is dus het tijdstip van action alert gedeeld door het tijdstip van full recovery maal 100%. Het %werktijd per test is te zien in figuur 6. Het verband tussen %werktijd en tijdstip van action alert is gegeven in figuur 7. Er blijkt een zeer geringe trend te zijn, dat proefpersonen, die deze (piek)belasting korter volhouden, relatief een iets langere tijd nodig hebben om te herstellen.

5. Discussie

Het waarschuwingssysteem van de personal heat stress monitor geeft een alarm (action alert), op het moment dat de hittebelasting de persoonsgebonden normen dreigt te overschrijden. Hiervan zijn met dit onderzoek alleen het overschrijden van kerntemperatuur en hartfrequentie als grenswaarde te beoordelen.

Kerntemperatuur

Bij 3 van de 9 proefpersonen (2 v. en 1 m.), bij 6 van de 28 tests blijkt dat op het moment van action alert, of op het moment, dat de test werd afgebroken wegens klachten van hittebelasting, de norm van 38.5°C werd bereikt of overschreden. Dit leidt tot een percentage vals-negatieve alerts van 21%. Dit is onaanvaardbaar hoog. Bij 2 van deze proefpersonen (beide vrouwen) werden in totaal 4 tests gedaan met de leeftijdsinstelling van de monitor één leeftijdsgroep hoger. Bij geen van deze tests was op het moment van action alert de grens van 38.5°C bereikt. Deze bevinding pleit ervoor om in werkomstandigheden vergelijkbaar met de hier beschreven testsituatie de hittebelasting van vrouwen te bewaken met een personal heat stress monitor welke is ingesteld op één leeftijdsgroep hoger dan die tot welke zij behoren.

Hartfrequentie

In de leeftijdsgroep van 35 jaar en jonger wordt de grenswaarde bij piekbelasting, van 160/min., bij alle tests vaak ruimschoots overschreden. Dit is in de nauwkeurig bewaakte testsituatie weliswaar aanvaardbaar, doch zou in niet door medisch personeel bewaakte soortgelijke werkzaamheden ontoelaatbaar zijn. Het wordt derhalve aanbevolen om de leeftijdsinstelling 35 jaar en jonger bij de combinatie zware arbeid en relatief hoge hittebelasting *niet te gebruiken*. Bij de leeftijdsinstelling van de monitor op 36-50 jaar wordt het action alert getriggerd bij een hartfrequentie van gemiddeld 159, met een geringe spreiding. Bij deze setting van de monitor en ook die van 51 jaar en ouder blijkt de onderzoekshypothese bevestigd te worden. Het proleem van de genoemde vals-negatieve alerts bij een mannelijke proefpersoon is gelegen in het feit, dat deze kennelijk een maximale hartfrequentie heeft, welke zeer nabij het triggerniveau van de monitor ligt. Dergelijke problematiek kan worden voorkomen door, van een ieder die gebruik gaat maken van de personal heat stress monitor, de maximale hartfrequentie te (doen) bepalen en, indien nodig, de leeftijdsinstelling van de monitor aan te passen. Het criterium dient te zijn dat het triggerpunt van het alarm van de monitor zich dient te bevinden in het lineaire deel van de bepaalde hartfrequentie-curve. Dit triggerpunt voor action alert ligt voor de leeftijdsinstelling van 36-50 jaar ongeveer bij 160 en voor die van 51 jaar en ouder ongeveer op 150 slagen per minuut.

De verblijfsduur in relatie tot de WBGT norm

Het nevendoeel van dit onderzoek was om na te gaan hoe de door de monitor 'toegelaten' werktijd zich verhoudt tot die welke afgeleid kan worden uit de WBGT-index, als omgevingsgebonden norm.

Het %werktijd van de testpersonen blijkt hoger te zijn dan het werktijd percentage, af te leiden uit de WBGT klimaatindex (figuur 1):

het %werktijd afgeleid uit de WBGT bedraagt ongeveer 10-20%;

het gevonden %werktijd varieert van 75 tot 13% en bedraagt gemiddeld 49%.

Het %werktijd blijkt vrijwel niet afhankelijk te zijn van de duur van de inspanning. Dit betekent dat de restrictie ten aanzien van de leeftijdsinstelling van de monitor de effectieve werktijd vrijwel niet zal beïnvloeden. Men zal korter inspanning kunnen verrichten (eerder een red alert bereiken), doch des te sneller weer hersteld zijn (full recovery test).

6. Conclusies en aanbevelingen

1. Bij zwaar werk in afkoelende verbrandingsovens heeft personal monitoring de voorkeur boven environmental monitoring.

2. De personal heat stress monitor HS-383 is niet zonder meer geschikt gebleken om de hittebelasting te bewaken bij het verrichten van zware tot middelzware arbeid in omstandigheden, waar een relatief hoge blootstelling aan hitte voorkomt. Het bewaken van de (stijging in) kerntemperatuur is onvoldoende gebleken. Met in acht nemen van enkele modificaties en voorzorgen is de HS-383 wel betrouwbaar gebleken om de hartfrequentie als persoonsgebonden norm te bewaken.

Indien men gebruik maakt van deze monitor, dienen er een aantal voorzorgen in acht genomen te worden:

De leeftijdsinstelling van de monitor '35 jaar en jonger' dient niet te worden gebruikt. Dit wil zeggen dat alle werknemers van 50 jaar en jonger een monitor dienen te gebruiken, welke is afgesteld op de leeftijdsgroep '36-50 jaar'.

Waar de monitor wordt gebruikt om de hittebelasting van vrouwelijke werknemers te bewaken wordt aanbevolen om de monitor in te stellen op één leeftijdsgroep hoger dan die tot welke deze vrouwen behoren.

Voordat de werknemers de monitor gaan gebruiken is het zeer aan te bevelen van deze werknemers een hartfrequentie-curve te (doen) bepalen bij oplopende belasting, tot maximale belasting, op een fietsergometer. Het doel hiervan is om vast te stellen of het triggerniveau van het action alert van de monitor zich bevindt in het lineaire gedeelte van de hartfrequentie-curve van de betrokken werknemer.

Werknemers dienen uitvoerig in het (zelfstandig) gebruikt van de monitor te worden geïnstrueerd, aan de hand van een in begrijpelijk Nederlands geschreven gebruiksaanwijzing.

3. Bij gebruik van de personal heat stress monitor als boven omschreven is het te verwachten dat het percentage werktijd hoger is dan het werktijd percentage dat verwacht kan worden uit de normstelling via de WBGT klimaatindex als omgevingsgebonden norm.

4. Voor alle omstandigheden waar de monitor wordt gebruikt ter bewaking van de hittebelasting van werknemers geldt datgene wat in de verstrekte handleiding staat vermeld:

De monitor is een hulpmiddel bij het bewaken van (potentiële) hittebelasting. Het gebruik (met inachtneming van bovengenoemde beperkingen) dient te worden gecombineerd met de beoordeling van de gebruiker ten aanzien van de eigen conditie en gezondheid.

5. Bij omstandigheden ongeveer overeenkomend met die welke met dit onderzoek zijn getest: middelzwaar tot zwaar werk onder vrij hoge blootstelling aan hitte, is het voldoende om van de persoonsgebonden normen alleen de hartfrequentie te bewaken.

De personal heat stress monitor HS-383, hier onderzocht, lijkt geen voordelen te bieden boven andere vormen van hartfrequentiebewaking. Er zijn veel goedkopere systemen van hartfrequentiebewaking beschikbaar. Voorwaarde is wel dat deze alternatieve systemen beschikken over een duidelijk hoorbaar alarm, dat het 'triggerniveau' ervan op eenvoudige wijze instelbaar is en dat de data op een of andere wijze worden opgeslagen en naderhand geanalyseerd kunnen worden.

Nader onderzoek dient uit te wijzen of deze goedkopere apparatuur bruikbaar en effectief is.

6. Bij werken in warmte-isolerende kleding gelden totaal andere omstandigheden met betrekking tot de interne hittebelasting. Een vorm van (kern)temperatuurbewaking, naast de hartfrequentiebewaking, wordt dan aanbevolen. Nader onderzoek dient uit te wijzen of de personal heat stress monitor, eventueel met aanpassingen, hiertoe een geschikt instrument is. Op theoretische gronden is het namelijk aannemelijk dat bij werken in isolerende kleding een betere correlatie tussen kern- en huidtemperatuur gevonden zal worden.

7. Bij werken in omstandigheden waarbij hittebelasting kan optreden, bij welke vorm van bewaking dan ook, is het noodzakelijk dat verlies van vocht en elektrolyten wordt aangevuld, door het gebruik van frequente, relatief kleine hoeveelheden vocht.

8. Het bijgeleverde manual (Metrosonics) is gesteld in het Engels en gericht op de geschoolde medewerker. Ook voor deze laatste is het manual niet altijd even duidelijk.

Het is noodzakelijk dat de importeur een in begrijpelijk Nederlands gestelde korte gebruiksaanwijzing opstelt.

9. De sensor gordel om de borstkas is gemakkelijk aan te brengen, zowel bij mannen als bij vrouwen. Werknemers kunnen dit niet zelfstandig, er is hulp bij nodig van bijvoorbeeld een bedrijfsverpleegkundige.

De proefpersonen ondervonden tijdens hun activiteiten geen enkele hinder van de gordel.

10. De monitor werd gedragen in de borstzak van de werkoverall, dit leverde geen problemen op.

Het alarm bij warning resp. action alert was goed hoorbaar en zichtbaar. De recovery tests zijn eenvoudig uit te voeren.

Een nadeel is dat de monitor, als na een action alert de recovery test 'full recovery' aangeeft, na het einde van de recovery test continueert met een red alert. Pas na uitschakelen en weer starten van de monitor (stop logging resp. start logging) gaat het groene lampje weer aan.

In de bijgeleverde gebruiksaanwijzing staat dit niet vermeld. Dit kan aanleiding geven tot verwarring.

Het wordt aanbevolen om alle gebruikers zeer duidelijk op dit punt te instrueren.

Referenties

1. ACGIH; Threshold limit values for occupational substances on the work environment adopted by ACGIH; adopted limit values heat stress. ACGIH, Cincinnati, USA, 1986.
2. Bernard, T.E., W.L. Kenney, J.F. O'Brien; Personal Monitor for Heat Stress Exposures. Draft paper, verkregen via de importeur; Envicare Milieutechniek, Huizen, 1990.
3. Bolijn, A.J.; Klimatologische en fysiologische aspecten van hittebelasting. Mens en arbeidsomstandigheden, A.J. Bolijn. Interne publikatie Hoogovens, Velzen, 1988, 11.1-11.94.
4. Cohen, J.; Heading off heat stress. *Electr. Power Res. Inst.*, jul/aug (1988), 23-27.
5. DGA S21; Vaststelling van een meetmethode voor het thermisch ►

- klimaat, waarmee de thermische belasting van werkende mensen kan worden afgeleid. DGA, Min. SZW, juni 1986.
6. DGA S43; Bepaling van kledingisolatie en metabolisme op de werkplek. DGA, Min. Soc. Zaken, juni 1988.
 7. Dukes-Dobos, F.N.; Rationale and provisions of the work practices as recommended by NIOSH, Standards for occupational exposure to hot environments (proc. symp.). DHEW (NIOSH), Cincinnati, (1976), 27-42.
 8. Dukes-Dobos, F.N.; Hazards of heat exposure: a review. *Scand. J. Work. Envir. Health*, 7 (1981), 73-83.
 9. Envicare Milieutechniek bv. Produktinformatie Personal Heat Stress Monitor HS-383, 2-11-1988.
 10. Herel, P.J. van; Normstelling bij incidentele blootstelling aan hitte. NIPG/TNO, afd. Onderwijs, Literatuurrecherche in het kader van de opleiding Arbeids- en Bedrijfsgeneeskunde 88/90, Leiden, 1989.
 11. ISO 7243; Hot environments-estimation of the heat stress on working man, based on WBGT-index. *Int. Org. Stand.*, nr. 7243-1982 (E), 1982.
 12. Jensen, R.C. and F.N. Dukes-Dobos; Validation of proposed limits for exposure to industrial heat. Standards for occupational exposure to hot environments (proc. symp.). DHEW (NIOSH), Cincinnati, 1976, 169-178.
 13. Kuhlemeier, K.V. and T.B. Wood; Laboratory evaluation of permissible exposure limits for men in hot environments. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 40, (1979), 1097-1103.
 14. Lind, A.R.; Limits of exposure to work in hot climates without a rise in body temperature, Standards for occupational exposure to hot environments (proc. symp.). DHEW (NIOSH), Cincinnati, 1976, 9-16.
 15. Metrosonics Inc. Manual Personal Heat Stress Monitor HS-383.
 16. NIOSH; Occupational exposure to hot environments. Revised criteria, 1986. USDHHS (NIOSH), US. Gvt. Printing Off. Washington, 1986.
 17. NIOSH; Niosh recommendations for a standard for occupational exposure to hot environments (proc. symp.), Appendix B. DHEW (NIOSH), Cincinnati, 1976, 187-190.
 18. Vogt, J.J. and B. Metz; Evaluation of the work load in hot environments Industrial Health and Safety, Publikatie van de Europese Commissies ECSC-EEC-EAEC, Luxembourg, 1977.
 19. Vogt, J.J., V. Candas and J.P. Libert; Graphical determination of heat tolerance limits. *Ergonomics*, 25, (1982) 285-294.
 20. Williams, N.; Problems of evaluating heat stress in situations where non-acclimatized workers are exposed infrequently to partially non-predictable heat stress. Standards for occupational exposure to hot environments, (proc. symp.). DHEW (NIOSH), Cincinnati, 1976, 163-167.
 21. WHO, World Health Organization, Scientific Group; Health factors involved in working under conditions of heat stress. WHO, techn. report series 412, Geneva, 1969. ■