

JOKL-ROUBALOVA METODA U PROCENI TOPLOTNOG OPTEREĆENJA ČOVEKA

LJ. JOVANOVIĆ

*Institut za stručno usavršavanje i specijalizaciju zdravstvenih radnika,
Beograd*

(Primito 25. IV 1974.)

U jednom preduzeću obojene metalurgije, na šest radnih mesta — A, B, C, D, E, F — radnici su izloženi jakom uticaju toplote prilikom izvođenja radnih operacija. Uzrok tome je toplotno zračenje iz industrijskih peći u kojima se prži ruda, topi ili rafinira metal. Utvrđeno je da na radnim mestima A, D, E, F postoji toplotni stres. Radi procene toplotnog opterećenja radnika, koji rade na tim mestima, korišćena je Jokl-Roubalova metoda. Prednost metode je u tome što se može primeniti direktno na radnim mestima.

Za ispitivanje je izabrano 30 radnika. Rezultati testiranja određenih fizioloških parametara i merenja standardnih mikroklimatskih činilaca ukazuju na opasnost od hipertermije na radnim mestima A, E, F i na izrazito toplotno opterećenje organizma radnika na radnim mestima A, D, E, F.

Na osnovu rezultata razmene toplote između organizma radnika i radne okoline predlažu se ciklusi rada i periodi odmora, čime se osigurava efikasnije delovanje termoregulacije i ostalih fizioloških mehanizama.

Rešavanje raznih problema, vezanih za mikroklimatske uslove i toplotni komfor, podrazumeva prethodnu procenu toplotnog stresa i toplotnog opterećenja. Velik broj postojećih kriterijuma (efektivne temperature, rezultatna temperatura, toplotni indeksi i dr.) obuhvata razne kombinacije mikroklimatskih i drugih parametara. Međutim, većina kriterijuma, manje-više zbog raznolikosti kombinacija, trpi od izvesnih nedostataka i zato je stalno prisutna težnja da se oni prilagođavaju i usavršavaju. Takvi pokušaji, do danas, nisu u potpunosti uspeli.

Podesni kriterijumi moraju dati mogućnost da se ustanove dozvoljene granice maksimalnih vrednosti za prosečno (dugotrajno) i trenutno (kratkotrajno) opterećenje čoveka toplotom iz radne okoline. Pored toga, kriterijumi ne smeju da zanemare i druge elemente kao što su odevanje, aklimatizacija, intenzitet i režim rada, faktori radne okoline itd. Iz toga proizlazi da su zahtevi za podesnim kriterijumima veoma složeni.

U proceni dejstva toplote koriste se fizičke mere i fizički postupci, koji se obično temelje na diferencijaciji vrednosti mikroklimatskih činilaca radne okoline i na registrovanju fizioloških reakcija organizma čoveka. Ti kriterijumi i metode uglavnom su zasnovani na laboratorijskim procedurama u klima-komori i na rezultatima fizioloških ispitivanja, pretežno mladih osoba. Otuda, ti rezultati imaju više teorijski karakter, u izvesnoj meri. U laboratorijskim uslovima teško je ostvariti sve varijacije i kombinacije faktora radne okoline i toplote, odnosno stvoriti uslove koji su identični sa onima u industriji, posebno na svakom radnom mestu. Ako bi se toplotni stres i toplotno opterećenje mogli ispitivati direktno na radnim mestima, dobili bi se vredni podaci veoma bliski stvarnom stanju. Čehoslovački autori *Jokl* i *Roubal* (1, 2) su izgleda na pravom putu, pa je u ovom radu i primenjena njihova metoda.

Kako se pojedini fiziološki faktori teško mogu precizno odrediti, *Jokl* (1) zastupa gledište da se fiziološki faktori ne mogu direktno koristiti kao kriterijumi za toplotno opterećenje. »Zbog toga se pri proceni opterećenja čoveka uglavnom koriste fizički, odnosno fiziološko-fizički kvantiteti. Oni se lako mogu odrediti iz izmerenih vrednosti (temperature i relativne vlažnosti vazduha, brzine vazdušnog strujanja itd.) i gde god je izvodljivo pokušavamo registrovati najveći moguć broj čisto fizioloških faktora, kao indikatore individualnih razlika u toplotnom opterećenju raznih osoba.«

MATERIJAL I METODE

U jednom preduzeću obojene metalurgije sprovedeno je ispitivanje radnika koji rade u »toplom pogonima«, zbog poznatog uticaja toplote na proizvodnost, efikasnost u radu, morbiditet i sl. Ispitivanje je imalo dva cilja:

1. utvrđivanje mogućih razlika u ponašanju važnijih fizioloških parametara (kardiovaskularnih i respiratornih, potrošnji kiseonika, energetske potrošnji, fizičkom radnom kapacitetu i dr.) pri radu u toploti i pri radu u komfornim uslovima, i
2. procenu toplotnog stresa i toplotnog opterećenja na izabranim radnim mestima, metodama koje se klasično primenjuju u bioenergetici.

Za ispitivanje je odabrano 30 radnika prosečne starosti 35,27 godina, prosečnih vrednosti telesne visine 170,85 cm, telesne težine 77,96 kg i površine tela 1,89 m². Radni staž ispitanika je iznosio 10 do 15 godina. Proverom zdravstvenog stanja, posebno funkcionihih kapaciteta kardiovaskularnog i respiratornog sistema, utvrđeno je da su svi zdravi.

Rezultati čitavog ispitivanja su ranije objavljeni na drugom mestu (7). Ovde će se tretirati pokušaj da se primenom metode *Jokla* i *Roubala* (1, 2) preciznije odredi toplotno opterećenje.

Pre navedeno bilo je u skladu sa *Joklovim* navodima (2) koji kažu: »Ispitivanje se obično mora izvesti direktno na radnom mestu. Rad se

mora opisati (uključujući precizan raspored vremena), prema mogućnostima treba indirektno izmeriti proizvodnju toplote u telu, sastav odele takođe treba opisati, izmeriti klimatske faktore (temperaturu, relativnu vlažnost, brzinu vazdušnog strujanja, temperaturu globus-termometra) i, ako je moguće, odrediti druge faktore (temperaturu kože, frekvenciju pulsa, telesnu temperaturu, količinu znoja, stepen aklimatizacije, starost, visinu i težinu radnika).«

U cilju ispitivanja toplotnog stresa, u jednom pogonu, izabrano je šest radnih mesta na kojima su radnici očigledno izloženi uticaju toplote: plamena peć (A, B), konvertori (C), aglomeracija (D), žaketna peć (E) i poncen (F). Izvori i emiteri toplote u radnoj okolini su industrijske peći za prženje rude i topljenje, odnosno rafinaciju metala. Radna mesta se nalaze u neposrednoj blizini otvora peći, bilo kad se peći »šaržiraju« materijalom ili kada se »izliva šarža«.

Na svakom radnom mestu, u jednom danu, obavljena su jednokratna mikroklimatska merenja: temperatura vazduha, temperatura globus-termometra, brzina vazdušnog strujanja i pritisak vodene pare u vazduhu. Zatim su izračunati: relativna vlažnost vazduha, srednja temperatura zračenja, korigovana efektivna temperatura, pritisak vodene pare na temperaturi vazduha i na površini kože, otpori pri prenosu toplote i dr. (tablica 1. i 2). U tablici 2. vrednosti pritiska vodene pare, otpora odele i okoline iskazane su originalnim jedinicama Jokla i Roubala (1).

Tablica 1

Mikroklimatski faktori na radnim mestima A, B, C, D, E, F
(spoljna klima: $t_s = 21^\circ\text{C}$, $t_v = 17^\circ\text{C}$, $\text{RV} = 65\%$, barometarski pritisak 736 mm Hg)

Radno mesto	t_s $^\circ\text{C}$	t_v $^\circ\text{C}$	t_g $^\circ\text{C}$	T_r $^\circ\text{C}$	RV, %	W m/s	PH ₂ O mm Hg	korig. T_{eff} $^\circ\text{C}$
A	30,5	23,0	91	150	51	1,01	32,8	34,5
B	28,0	22,0	43	62	52	0,76	28,3	28,2
C	29,0	23,5	32	41	61	1,23	30,0	26,0
D	28,0	21,8	60	87	58	0,35	23,8	31,8
E	30,5	24,0	88	126	57	0,33	32,8	34,2
F	35,0	26,0	112	160	47	0,50	41,5	36,0

Legenda:

- t_s = temperatura suvog termometra
- t_v = temperatura vlažnog termometra
- t_g = temperatura globus-termometra
- T_r = srednja temperatura zračenja
- RV = relativna vlažnost vazduha
- W = brzina vazdušnog strujanja
- PH₂O = pritisak vodene pare
- korig. T_{eff} = korigovana efektivna temperatura

Tablica 2

Vrednost pritiska vodene pare u vazduhu (PvH_2O i Ppv) i na površini kože (PkH_2O i Ppk), vrednost otpora odela (R_i) i okoline (R) prema prenosu toplote

Radno mesto	t_a °C	PvH_2O mm Hg	$10^2 Ppk$ N m ⁻²	PkH_2O mm Hg	$10^2 Ppk$ N m ⁻²	$\frac{R_i}{W^{-1}m^{-2}}$ °C	R kg ⁻¹ s N
A	30,5	16,7	22,25	42	56,19	0,15	46
B	28,0	14,7	19,63	42	56,19	0,18	48
C	29,0	18,3	24,41	42	56,19	0,14	45
D	28,0	16,4	21,90	42	56,19	0,21	53
E	30,5	18,8	24,87	42	56,19	0,21	53
F	35,0	19,8	26,41	42	56,19	0,19	51

Za procenu mikroklimatskih uslova na radnim mestima najpre je korišćen *Hugon-Traversov* indeks (cit. *Jokl i Roubal*, 1) radi utvrđivanja optimalne temperature vazduha za rad u toploti. Sledeća jednačina važi za letnji period:

$$(t_e - t_i) \leq 0,6 (37 - t_e) \quad (1)$$

gde je t_e = spoljna temperatura vazduha (°C)

t_i = temperatura vazduha u prostoriji (°C).

Tablica 3

Vrednost WBGT-indeksa prema radnim mestima

Radno mjesto	A	B	C	D	E	F
WBGT °C	43,0	28,0	25,8	32,9	42,8	51,3

Kako temperatura globus-termometra i srednja temperatura zračenja (tablica 1) prevazilaze dozvoljene vrednosti, korišten je standard za rad u toploti, WBGT-indeks, koji preporučuje NIOSH (3). WBGT-indeks je računat po formuli:

$$WBGT = 0,7 t_v + 0,3 t_g \quad (2)$$

gde je t_v = temperatura vlažnog termometra (°C)

t_g = temperatura globus-termometra (°C)

Prema *Minardu i Beldingu* (4), normalne vrednosti WBGT-indeksa zavise od vrste rada:

	rad kcal h ⁻¹	WBGT °C
lak	do 200	30,0 do 32,2
srednje težak	200 do 350	26,7 do 31,1
težak	350 do 500	25,0 do 30,0

Za procenu toplotnog opterećenja radnika korišćene su originalne Jokl-Roubalove formule (1, 2):

Ukupno hipertermijsko opterećenje:

$$q\Sigma_{hyp} = q_m + q_x + q_e \quad (3)$$

$$\text{gde je } q_x = \frac{1}{R_t} (t_c - t_s) \quad (3a)$$

$$q_e = \frac{i}{R} r (P_{pv} - P_{pk}) \quad (3b)$$

Ukupno toplotno opterećenje:

$$q\Sigma = q_m + q_x + q_h \quad (4)$$

gde je

$$q_h = h (q_{ha} + q_{hb}) \quad (4a)$$

Objašnjenje znakova:

- q_m = metabolička toplota ($W m^{-2}$)
- q_x = klimatska toplota ($W m^{-2}$)
- R_t = otpor odela pri provođenju toplote ($W^{-1} m^{-2} ^\circ C$)
- R = otpor okoline pri prenosu toplote ($kg^{-1} s N$)
- t_c = temperatura globus-termometra ($^\circ C$)
- t_s = srednja temperatura kože ($^\circ C$)
- q_e = toplota isparavanja ($W m^{-2}$)
- r = latentna toplota isparavanja znoja (J/kg)
- P_{pv} = pritisak vodene pare u vazduhu ($N m^{-2}$)
- P_{pk} = pritisak vodene pare na temperaturi kože ($N m^{-2}$)
- q_h = toplota vlažnosti ($W m^{-2}$)
- $q_{ha} = 14 W m^{-2}$
- q_{hb} = deo toplote vlažnosti ($W m^{-2}$)
- h = koeficijent vlažnosti

Izračunate vrednosti jednačina (3) i (4) pretvorene su u $kcal m^{-2} h$ (1 $kcal = 4,184 kJ$) i prikazane na tablici 4.

Tablica 4

Ukupno hipertermijsko ($q\Sigma_{hyp}$) i ukupno toplotno opterećenje ($q\Sigma$), sa elementima koji ih čine, prema radnim mestima

Radno mesto	q_m	q_x	q_e	q_h	$q\Sigma_{hyp}$	$q\Sigma$
	$kcal m^{-2}h$	$kcal m^{-2}h$	$kcal m^{-2}h$	$kcal m^{-2}h$	$kcal m^{-2}h$	$kcal m^{-2}h$
A	212,27	435,50	-208,83	195,19	438,94	842,26
B	214,88	51,77	-215,83	132,24	50,82	398,89
C	228,76	-24,95	-206,09	28,68	-2,28	232,49
D	237,39	138,75	-183,29	111,94	192,85	488,08
E	257,93	292,18	-167,44	195,19	382,67	745,30
F	246,46	472,23	-165,45	250,69	553,24	969,38

Radi uspoređivanja rezultata korišćeni su laboratorijski eksperimenti Gaggea i sar. (5, 6) i njihove formule:

Akumulacija toplote u telu:

$$S = M - [E + 6,0 (t_s - t_a)] \quad (5)$$

Promene telesne temperature:

$$\Delta T_b = \frac{S}{40} \quad (6)$$

Toplota izgubljena znojenjem:

$$S_{sw} = E - 0,8 M - 5 \quad (7)$$

Ovlažena površina tela:

$$W_a = \frac{100 (E - 0,8 M)}{(9,5 - 4,5) \cdot 2 \cdot (42 - \varphi P_a)}$$

Provodljivost toplote kroz kožu:

$$K = \frac{S_{sw} + 9,5 (t_s - t_a)}{t_{re} - t_s}$$

gde je S = akumulacija toplote (kcal/m² h)

ΔT_b = promena telesne temperature (°C/h)

M = metabolička toplota (kcal/m² h)

E = toplota isparavanja (kcal/m²h)

S_{sw} = toplota znojenja (kcal/m² h)

t_s = srednja temperatura kože (°C)

t_a = temperatura vazduha (°C)

W_a = područje ovlažene kože (‰)

φ = relativna vlažnost vazduha (‰)

K = provodljivost toplote kroz kožu (kcal/m² h)

P_a = pritisak vodene pare u vazduhu (mm Hg)

t_{re} = rektalna temperatura (°C)

Rezultati izračunavanja formula (5) do (9) prikazani su na tablici 5 (1 kcal = 4,184 kJ).

REZULTATI I DISKUSIJA

U pogledu procene mikroklimatskih uslova na ispitivanim radnim mestima, vrednosti *Hugon-Traversovog* indeksa pokazuju da su uslovi svagde normalni, jer su u jednačini (1) vrednosti na levoj strani manje od vrednosti na desnoj strani. Kako taj indeks zanemaruje toplotno zračenje, ne može se smatrati pogodnim za procenu toplotnog stresa

Tablica 5

Akumulacija toplote (S), promene temperature tela (ΔT_b), toplota isparavanja (S_{sw}), ovlaženost površine tela (W_a) i provodljivost toplote kroz kožu (K) — prema radnim mestima

Radno mesto	S	ΔT_b	S_{sw}	W_a	K
	kcal/m ² h	°C/h	kcal/m ² h	%	kcal/m ² h
A	17,79	+0,4	201,08	81,8	81,26
B	50,49	+1,3	184,20	69,3	83,56
C	-38,19	-0,9	279,65	120,1	122,22
D	156,89	+3,9	98,51	40,0	55,00
E	175,58	+4,4	82,72	37,8	41,86
F	119,23	+2,9	102,51	48,4	34,17

na mestima gde zračenje postoji. Nasuprot tome, vrednost WBGT-indeksa (tablica 3) je na radnom mestu D nešto iznad gornje granice normalnih vrednosti. Na radnim mestima B, C vrednosti indeksa su u okviru normalnih. Valja napomenuti da je, po prethodno određenoj energetskej potrošnji, rad svrstan u srednje težak.

Mikroklimatska merenja su urađena jednokratno, uz uvažavanje da su moguće oscilacije u toku prepodneva, jer se pošlo od toga da izvori toplote neće mnogo uticati na izmenu stanja utvrđenog jednokratnim merenjem. Sigurno je da bi višekratna merenja ili čak kontinuirana imala veći značaj i dala preciznije podatke, ukoliko ih je moguće izvesti na radnim mestima.

Procenom toplotnog opterećenja čoveka bave se mnogi stručnjaci, od kojih jedino Jokl i Roubal (1, 2) prate uticaj toplote s obzirom na hipertermijsko opterećenje i »ukupno toplotno opterećenje« organizma čoveka.

Ukupno hipertermijsko opterećenje — jednačina (3) — predstavlja ukupan toplotni fluks akumulisan u telu čoveka, odnosno eliminisan iz tela, u odnosu na jedinicu površine tela, a sastavljeno je od zbira metaboličke toplote, klimatske toplote i toplote isparavanja.

Ukupno toplotno opterećenje — jednačina (4) — predstavlja ukupan toplotni fluks u telu, direktno srazmeran kvantitetu izlučenog znoja, u odnosu na jedinicu površine tela, koji stoji pod uticajem vlažnosti vazduha, a sastavljeno je od zbira metaboličke toplote, klimatske toplote i toplote vlažnosti.

Metabolička toplota je toplota proizvedena metaboličkim oksidativnim procesima i mišićnim radom čoveka. Klimatska toplota je zbir toplotnog fluksa konvencije i zračenja. Toplota isparavanja označava toplotni fluks koji nastaje isparavanjem znoja, možda čak i kondenzacijom, na površini kože. Toplota vlažnosti predstavlja toplotni fluks koji odgovara isparavanju naknadno izlučene količine znoja, zbog prisutnosti veće količine vodene pare u vazduhu. Jednačine (3a), (3b) i (4a) mogu se, takođe, koristiti kao parcijalni kriterijumi, ako je to potrebno

Autori izražavaju rezultate po kvadratnom metru površine tela, čime izjednačavaju odnose koji su uslovljeni različitom morfološkom građom pojedinaca. Kao jedinice mere oni koriste: watt na kvadratni metar površine tela ($W m^{-2}$), joule na kilogram telesne težine (J/kg), newton na kvadratni metar površine ($N m^{-2}$) i sl. Takav način izražavanja rezultata može da pričini izvesne teškoće prilikom konverzije vrednosti, kao i pri uspoređivanju sa rezultatima izraženim uobičajenim jedinicama u bioenergetici.

Transfer toplote između organizma i okoline zavisi velikim delom od odeće koju radnici nose pri radu. Kod radnika ispitivane grupe, pri izračunavanju otpora u transferu toplote, uzeto je u obzir dvoslojno odelo (donje rublje i radni kombinezon). Prema *Joklovom* nalazu (2) više slojeva odeće treba radnici da nose ukoliko rezultanta temperature okoline prelazi $50^{\circ}C$.

Gagge i sar. (5, 6) procenjuju toplotno opterećenje s obzirom na promene telesne temperature — jednačina (6), vezane za toplotu izgublenu znojenjem — jednačina (7), sa ovlažene površine tela — jednačina (8), i uz odgovarajući kapacitet provodljivosti toplote kroz kožu — jednačina (9).

Prosečno građan muškarac u sedećem položaju i u mirovanju prima ili eliminiše približno $40 kcal/m^2 h$ toplote, čiji je ekvivalent promena telesne temperature po stopi od $1^{\circ}C/h$. Kao što su zapazili *Gagge* i sar. (6), taj nivo se održava relativno konstantnim u širokom intervalu temperatura okoline. Međutim, mišićni rad uslovljava povećanje metaboličke toplote čak 4 do 6 puta, što se vidi iz podataka na tablici 4. Za termalne uslove oko $28^{\circ}C$, prosečan prenos toplote kroz kožu ispitanih koji miruje iznosi $10 kcal/m^2 h$ (6). No, mišićni rad uslovljava povećanje prenosa toplote i do 12 puta, kao što je nađeno u ovom ispitivanju (tablica 5).

Ako se, iz tablice 4, rezultati klimatske toplote (q_x) povežu sa rezultatom procene toplotnog stresa, postaje jasno da je za toplotno opterećenje radnika zračenje najviše odgovorno. Vrednosti klimatske toplote ukazuju da organizam radnika na radnim mestima A, D, E, F prima toplotu iz okoline u većoj meri, a na radnom mestu B u manjoj. Na radnom mestu C organizam radnika čak ima mogućnosti da se oslobodi suviška toplote — konvekcijom i zračenjem. Toplota isparavanja (q_e), ukazuje na slabiju tendenciju isparavanja znoja kod radnika na radnim mestima D, E, F. To se slaže i sa rezultatima iz tablice 5 (S_{sw} i W_a). Zbog toga, provodljivost toplote kroz kožu (K), tj. protok krvi kroz sudove kože, pokazuje niže vrednosti kod radnika na radnim mestima D, E, F. Prema tome, umanjen kapacitet isparavanja znoja, uz povećanje vrednosti klimatske toplote i toplote vlažnosti, govori da organizam radnika na radnim mestima D, E, F nije u stanju da održi toplotnu ravnotežu.

Konačno, ukupno hipertermijsko opterećenje, kao kriterijum za kratkotrajno opterećenje radnika na radnim mestima A, E, F ukazuje na opasnost od nastajanja hipertermije. Ukupno toplotno opterećenje, kao kriterijum za dugotrajno opterećenje radnika, na radnim mestima A, D, E, F ukazuje na izrazito opterećenje radnika toplotom okoline.

Tablica 6
Norme za rad na ispitivanim radnim mestima

Radno mesto	τ min	broj ciklusa	τ_{ef}/h	$\tau_{ef}x/h$
A	9,3	12	1,9	4,2
B	50,4	5	4,2	...
C	94,5	4	6,3	4,3
D	17,4	10	2,9	4,8
E	9,3	12	1,9	4,2
F	7,6	12	1,9	5,0

τ = trajanje rada po jednom ciklusu

τ_{ef} = potrebno trajanje rada u toku 8 časova (ukupno)

τ_{ef}^x = postojeće trajanje rada u toku 8 časova (ukupno)

Pošto je ustanovljeno da na većini radnih mesta postoji toplotni stres, koji znatno utiče na fiziološke reakcije organizma radnika, smatralo se neophodnim preispitati režim rada. Tehnološki proces podrazumeva da se radne operacije izvode sa prekidima, ali ciklusi rada nisu dobro raspoređeni na pojedine radnike. Zbog toga su jedni bili prinuđeni da se izlažu toplotnom stresu više nego drugi. Na osnovu prethodnih hronometrijskih merenja, rezultata dobijenih u ovom ispitivanju i na osnovu preporuku Jokla (2) i NIOSH (3), izračunato je da na radnim mestima A, D, E, F rad treba da se sastoji od 10 i 12 ciklusa, od kojih svaki treba da traje od 7,6 do 17,4 minuta (tablica 6). Prema tome, efektivan period rada u toku smene trajao bi 1,9 do 2,9 časova, odnosno prosečno 2,15 časova. Sadašnje trajanje rada na tim radnim mestima iznosi od 4,2 do 5,0 časova, odnosno prosečno 4,8 časova. Na radnim mestima B, C rad treba da se obavlja u 4 i 5 ciklusa, u trajanju od 50,4 i 94,5 minuta. Efektivan period rada u toku smene iznosio bi 4,2 i 6,3 časova, odnosno prosečno 6,25 časova. Sadašnje trajanje rada na radnom mestu C iznosi manje nego ono koje se predviđa (tablica 6).

Procena toplotnog opterećenja radnika po ciklusu rada ili po radnom času nije rađena, jer zahteva višekratna mikroklimatska merenja, što u ovom ispitivanju nije bilo ostvarljivo. Preporučeno trajanje rada na ugroženim radnim mestima i za celokupno radno vreme kraće je od sadašnjeg za približno jedan i po čas. Pretpostavlja se da to skraćenje neće remetiti tehnološki proces, a sigurno je da se ciklusi rada mogu racionalnije koristiti i rasporediti. Periodi odmora mogu se iskoristiti za bolju rekuperaciju radnika, čime će se postići zadovoljavajuće rastećenje fizioloških mehanizama radnika.

ZAKLJUČCI

Iz ispitivanja toplotnog stresa i toplotnog opterećenja radnika, koja su sprovedena na radnim mestima, mogu se izvući sledeći zaključci:

1. Na radnim mestima A, D, E, F postoji znatan toplotni stres, uzrokovan jakim toplotnim zračenjem iz industrijskih peći, što je potvrđeno vrednostima WBGT-indeksa. Za procenu toplotnog stresa u radnoj okolini, u kojoj nema toplotnog zračenja, pogodan je indeks *Hugona* i *Traversa*.

2. Kriterijumi *Jokla* i *Roubala*, za procenu toplotnog opterećenja radnika, pogodni su za rutinski rad jer uzimaju u obzir više faktora nego postojeći toplotni indeksi. Metoda u celini garantuje dovoljnu preciznost, pogotovu što je vezana za radna mesta. Složenost postupka izračunavanja i konverzije rezultata može da pričini izvesne teškoće.

3. Radnici na radnim mestima A, D, E, F izloženi su toplotnom stresu, bilo da rade ili samo borave u stresnim uslovima na radnom mestu. Radnici na radnim mestima B, C nisu izloženi toplotnom stresu okoline.

4. Toplotno opterećenje radnika, utvrđeno na radnim mestima A, D, E, F, nagoveštava opasnost od nastajanja toplotnih poremećaja. Radnici na radnim mestima A, E, F posebno su ugroženi, zbog preteće hipertermije, u izrazito toplim letnjim danima.

5. Uslovi radne okoline, na ugroženim radnim mestima verovatno ne bi predstavljali problem ako bi se tehničkim i drugim zahvatima uspešno smanjiti toplota zračenja iz industrijskih peći.

6. Rad sa prekidima, na ugroženim radnim mestima, predstavlja faktor koji doprinosi delimičnom rasterećenju organizma radnika od toplote. Periode odmora, između ciklusa rada, radnici bi morali da provode u kondicioniranoj prostoriji. Takođe je neophodna nadoknada tečnosti i elektrolita.

7. Vremenski ciklusi rada i odmora nisu ranije bili usklađeni sa fiziološkim reakcijama radnika, pa se mora utvrditi njihov ritam i režim, posebno na svakom od ugroženih radnih mesta.

8. Primena *Jokl-Roubalove* metode za procenu toplotnog opterećenja na radnim mestima treba da se nastavi, kako bi se zaista utvrdila njena podobnost na tom području i eventualna prednost pred klasičnim metodama.

Literatura

1. *Jokl, M., Roubal, J.*: J. Hyg., Epidemiol., Microbiol., Immunol., 10 (1966) 429.
2. *Jokl, M., Roubal, J.*: J. Hyg. Epidemiol., Microbiol., Immunol., 11 (1967) 483.
3. Occupational Exposure to Hot Environments, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), SAD, (1972).
4. *Minard, D., Belding, H. S.*: A Guide for Assessing Heat Stress and Strains, Workshop on Evaluation of Hot Jobs, Pittsburgh, Pennsylvania, 1971.
5. *Gagge, A. P., Stolwijk, J. A. J., Saltin, B.*: Environ. Res., 2 (1969) 209.
6. *Gagge, A. P., Stolwijk, J. A. J., Hardy, J. D.*: Environ. Res., 1 (1967) 1.
7. *Jovanović, Lj.*: Tehnika — Organizacija rada, 10 (1974) 19.

*Summary***JOKL-ROUBAL'S METHOD FOR EVALUATION OF HEAT LOAD**

At six work places (A, B, C, D, E, F) in a copperplate plant workers are continually exposed to increased heat load while performing their daily tasks. This is due to the radiant heat energy emitted by smelting and roasting furnaces and by various procedures of metal refining.

Heat stress was found at places A, D, E, and F. Workers' heat load was estimated with the Jokl-Roubal's method which is suitable for direct use at work places.

The study included 30 workers. At places A, E and F the workers were exposed to a risk of hyperthermia. It was found that all workers at places A, D, E and F would not be able to maintain heat balance if they should perform their job continually during the whole shift.

According to the results of measurements of the rate of heat exchange between worker's body and his surroundings it is suggested to establish work-rest periods which would ensure better thermoregulation and a more efficient action of other physiological mechanisms.

*Institute for Professional and Special
Training of Health Workers, Beograd*

*Received for publication
April 25, 1974*