

TEORIJSKA I PRAKTIČKA NEOPRAVDANOST NAŠIH NORMATIVA TOPLINSKE OKOLINE

F. Valić, M. Cigula

Škola narodnog zdravlja »Andrija Štampar«, Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

(Primljeno 24. III. 1988)

Na konkretnim primjerima iz prakse upozorava se na teorijske slabosti i praktičke poteškoće u primjeni naših normativa za toplinske uvjete na radnom mjestu.

Normativi su izraženi graničnim vrijednostima zasebno za temperaturu, vlažnost, brzinu strujanja zraka i temperaturu zračenja, zanemarujući da je fiziološka reakcija čovjeka na toplinski podražaj integrirana funkcija tih parametara. Primjenom tih normativa na mjerenja toplinskih faktora na 106 radnih mjesta u sedam različitih industrija upozorava se na nekonzistentnost pa i kontradiktornost interpretacije rezultata mjerenja našim normativima, što u nekim slučajevima može dovesti do nepotrebnog opterećenja privrede prerigoroznim zahtjevima. Rezultatima se dokazuje i neopravdanost primjene graničnih vrijednosti za mjesto rada ne uzimajući u obzir vrijeme koje radnik na tom mjestu provodi u toku smjene.

Predlaže se uvođenje fiziološki opravdanih »toplinskih indeksa« u naše normative i upotreba »vaganih« vrijednosti za izražavanje ekspozicije u toku radne smjene. Analizom rezultata mjerenja na svih 106 radnih mjesta dobivene su visoke interkorelacije toplinskih indeksa ET, KET i IVGT ($r > 0,9$; $P < 0,01$). Međutim, regresijske analize povezanosti IVGT s KET odnosno s ET za široki raspon temperature zraka, vlažnosti i temperature zračenja pokazale su da su odnosi između IVGT i KET vrlo slični dok se odnos između IVGT i ET značajno mijenja ne samo uz visoku temperaturu zračenja nego i uz nisku vlažnost. Na temelju toga se zaključuje da IVGT i KET podjednako zadovoljavaju pa se zato predlaže promjena naših normativa uvođenjem najjednostavnijeg »indeksa vlažne i globus temperature« kojeg je dodatna prednost da se može »vagati«.

Naši normativi odnosno pravila zaštite na radu u vezi s toplinskom okolinom uključuju niz teorijskih i praktičnih slabosti. Normativi su najvećim dijelom donošeni nedovoljno ili uopće ne uzimajući u obzir fiziološke reakcije čovjeka na ekspoziciju toplinskim faktorima, a pogotovo zanemarujući činjenicu da ti faktori na organizam djeluju simultano dovodeći do integriranih učinaka. Osim toga,

normativi određuju toplinske uvjete samo za određeno mjesto rada ili dio tehnološkog procesa zanemarujući moguću promjenu lokacije čovjeka odnosno promjenu toplinskih uvjeta za vrijeme rada, tj. stvarnu ukupnu ekspoziciju tijekom smjene.

Izmjerali smo temperaturu zraka, vlažnu temperaturu, prirodnu vlažnu temperaturu, brzinu strujanja zraka i globus temperaturu, te odredili efektivnu temperaturu, korigiranu efektivnu temperaturu, Belding-Hatchov indeks toplinskog opterećenja i indeks vlažne i globus temperature na 106 radnih mjesta u sedam različitih industrija. Analizom tih rezultata upozoravamo na teorijske slabosti i neodržive interpretacije u primjeni naših normativa za toplinske uvjete na radnom mjestu i na osnovi dobivenih rezultata predlažemo novi pristup uz upotrebu toplinskih indeksa.

METODE I LOKACIJE MJERENJA

Instrumenti

Temperatura zraka i vlažna temperatura mjerene su Assmannovim aspiracijskim psihrometrom, brzina strujanja zraka termoanemometrom (Wilh. Lambrecht KG), a globus temperatura Vernonovim globus termometrom (promjer 15 cm). Prirodna vlažna temperatura (t_{pvl}) mjerena je živinim termometrom kojemu je rezervoar obavijen tkaninom uronjenom u destiliranu vodu (1).

Toplinski indeksi

Efektivna temperatura (ET) i korigirana efektivna temperatura (KET) određene su upotrebom Bedfordovih nomograma (2). Belding-Hatchov indeks toplinskog opterećenja (BHI) izračunat je po izrazima autora (3) modificiranim po *McKarnsu i Briefu* (4). Indeks vlažne i globus temperature (IVGT) izračunat je po izrazima koje je prihvatila Američka konferencija državnih industrijskih higijeničara (5).

Lokacije

Mjerenja su obavljena u toplom i hladnom razdoblju na 106 radnih mjesta u industriji stakla, industriji keramičkih proizvoda, ciglani, lakirnici metalnih proizvoda, bojadisaonici tekstila, proizvodnji kože i prehrambenoj industriji.

Statistička analiza

Statistička obrada rezultata provedena je pomoću programskog paketa MICROSTAT na osobnom računalu IBM XT. Za analizu odnosa između vrijednosti pojedinih toplinskih indeksa upotrijebljene su jednadžbe linearne regresije oblika $y = a + bx$ izračunate metodom najmanjih kvadrata. Izračunati su i koeficijenti korelacije.

plinski osjet u čovjeka, određena je korigirana efektivna temperatura za oba slučaja; kao što se vidi iz gornjeg dijela tablice, na oba radna mjesta dobivena je jednaka vrijednost korigirane efektivne temperature (KET 23°C), tj. radilo se o termoekvivalentnim uvjetima. To drugim riječima znači da će najveći broj ljudi na mjestima A i B imati jednak toplinski osjet unatoč razlici u pojedinačnim vrijednostima toplinskih faktora. Toplinski uvjeti na radnim mjestima A i B interpretirani su pomoću jugoslavenskog normativa iz 1967. godine (6). Rezultati interpretacije prikazani su na tablici 1. iz koje je vidljivo da su temperature i brzine strujanja zraka na obje lokacije bile u skladu s normativom (oznaka +), ali da je relativna vlažnost na lokaciji A bila u skladu, a na lokaciji B nije bila u skladu s jugoslavenskim normativom (oznaka -). To drugim riječima znači da se dotičnoj radnoj organizaciji za radno mjesto B ne bi moglo izdati uvjerenje o ispunjavanju zahtjeva pravila zaštite na radu, premda su toplinski uvjeti na toj lo-

Tablica 2.

Toplinski uvjeti pri bojadisanju metala prskanjem u hladnom razdoblju (srednje teški rad)

Temperatura zraka °C	Relativna vlažnost %	Strujanje zraka m/s	Temperatura zračenja °C
16	50	0,2	16

Jugoslavenski normativ (1967)

15-17 + do 55 + do 0,5 +

Pravilnik SRH (1984)

Redni broj	Namjena prostorije	Temperatura zraka °C	Relativna vlažnost %
5	Bojadisaonice	16-24 +	85 +
42	Lakirnice - prostorije za prskanje	22-25 -	55-65 -
85	Fabrike i radne prostorije - za srednje teški rad - lakirnice i bojadisaonice s prskanjem	14-18 + 25-40 -	50-60 + 65-80 -

Temperatura zračenja: do 40 °C

Brzina kretanja zraka (hladno razdoblje): do 0,5 m/s

+ u skladu s normativom

- nije u skladu s normativom

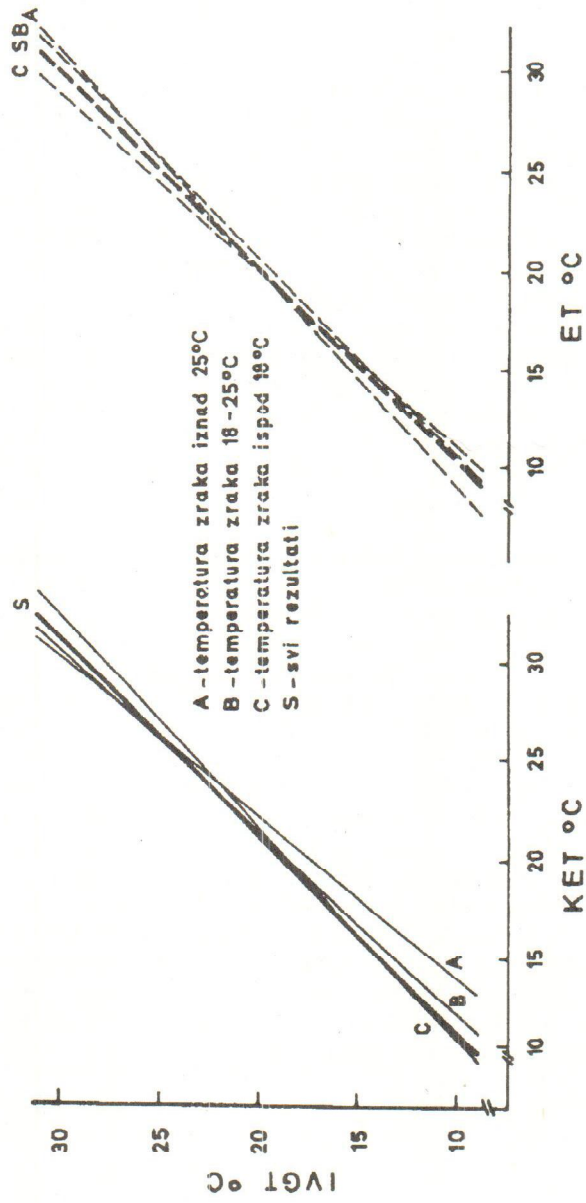
kaciji fiziološki termoekvivalentni s onima na lokaciji A. Još se bolje može ilustrirati pogrešan pristup naših normativa interpretacijom rezultata analiza toplinskih uvjeta na istim lokacijama A i B uz upotrebu Pravilnika SRH iz 1984. god. (7), koji za granične vrijednosti temperature zraka i vlažnosti prihvaća vrijednosti dane na tablici 7. jugoslavenskog standarda U.J5.600/1980 (8). Kao što se vidi iz tablice 1, bojadisanje kao djelatnost može se na navedenoj tablici 7 («Temperature i relativna vlažnost vazduha u prostorijama za proračun difuzije vodene pare») JUS-a U.J5.600 naći na četiri različita mjesta prema namjeni prostorije (redni brojevi 5, 42 i 85), a za svako taj standard predviđa neopravdano drugačije granice temperature i relativne vlažnosti. Uvjeti toplinske okoline na lokacijama A i B (tablica 1) mogu se interpretirati kao obje u skladu s barem jednim od normativa, A u skladu a B ne odgovarajući normativu (jugoslavenskom normativu iz 1967), B odgovarajući a A ne odgovarajući (Pravilnik SRH, broj 85 u JUS-u U.J5.600) i obje lokacije kao neodgovarajuće zahtjevima normativa (Pravilnik SRH, brojevi 5 i 42 u JUS-u U.J5.600). Zbog nestručno i nespretno konstruiranog normativa može se pri evaluaciji izmjerenih toplinskih uvjeta izabrati zaključak prema dobroj volji i interesu onog koji izvodi evaluaciju.

Na tablici 2. prikazani su rezultati mjerenja u istoj bojadisaonici u hladnom razdoblju. Kao što je vidljivo iz tablice, po jugoslavenskom normativu toplinski su uvjeti na prikazanim radnim mjestima prihvatljivi. Ako se međutim rezultati interpretiraju po Pravilniku SRH, uzimajući u obzir vrijednost bilo pod red. br. 42 (lakirnice-prostorije za prskanje) bilo pod red.br. 85 (lakirnice i bojadisaonice s prskanjem), toplinski uvjeti nisu prihvatljivi, a da istodobno uz upotrebu vrijednosti pod red. br. 5 (bojadisaonice) ili red. br. 85 (srednje teški rad) uvjeti postaju prihvatljivi.

Neminovna gore prikazana nekonzistentnost rezultata evaluacije toplinskih uvjeta uz upotrebu graničnih vrijednosti za svaki pojedini toplinski faktor posebno, kao što je propisano u oba naša normativa, mogla bi se izbjeći uvođenjem metode toplinskih indeksa koji su funkcija vrijednosti toplinskih faktora (9, 10). Najčešće u svijetu upotrebljavani toplinski indeksi su efektivna temperatura (ET), korigirana efektivna temperatura (KET), Belding-Hatchov indeks toplinskog opterećenja (BHI) i najnoviji, indeks vlažne i globus temperature (IVGT). Da bismo pokušali usporediti rezultate ocjenjivanja toplinskih uvjeta pojedinim toplinskim indeksima, izračunali smo koeficijente korelacije između parova vrijednosti na temelju naših mjerenja na 106 radnih mjesta. Rezultati su prikazani na tablici 3.

Kao što se vidi iz tablice, koeficijenti korelacije između ET, KET i IVGT su vrlo visoki ($r > 0,9$) i statistički značajni ($P < 0,01$). Nešto su niži koeficijenti korelacije između tih indeksa i indeksa po Beldingu i Hatchu, što valja i očekivati s obzirom na to da je u indeks po Beldingu i Hatchu uključena i energetska potrošnja, tj. težina fizičkog rada, što nije slučaj s prvo spomenuta tri indeksa. Ipak, ni ti koeficijenti nisu niski. Na temelju rezultata može se zaključiti da ET, KET i IVGT vjerojatno daju slične procjene toplinskog opterećenja.

Da bi se podrobnije evaluirali odnosi između IVGT s jedne i KET i ET s druge strane, te da bi se analizirao eventualni utjecaj različitih temperatura zraka, vlažnosti i različitih temperatura zračenja na te odnose, izvedene su regresijske analize povezanosti IVGT s KET odnosno ET, uz različite toplinske uvjete. Dobivene



Sl. 1. Pravci regresije odnosa IVGT s KET i ET u tri temperaturna područja

Tablica 3.

Koeficijenti korelacije između toplinskih indeksa

Toplinski indeks	ET	KET	IVGT	BHI-420	BHI-1250	BHI-1680
ET	1,00	0,95**	0,92**	0,59*	0,84*	0,85*
KET		1,00	0,97**	0,80*	0,85*	0,84*
IVGT			1,00	0,76*	0,72*	0,67*

*N = 62

**N = 106

ET = Efektivna temperatura

KET = Korigirana efektivna temperatura

IVGT = Indeks vlažne i globus temperature

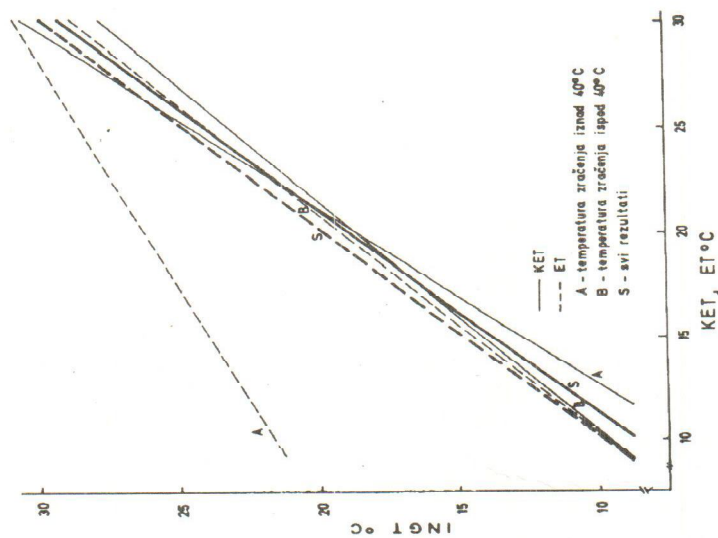
BHI = Belding-Hatchov indeks uz energetska potrošnju od 420, 1250 i 1680 KJ/sat

Jednadžbe regresije prikazane su na tablici 4. za temperature zraka niže od 18°C, 18–25°C te više od 25°C, za relativne vlažnosti niže od 40% i više od 70%, te temperature zračenja niže i više od 40°C. Svi odnosi su bili linearni ($P < 0,001$) s visokim koeficijentima korelacije za odnose IVGT–KET ($r = 0,89-0,98$), a nižim za odnose IVGT–ET ($r = 0,54-0,96$).

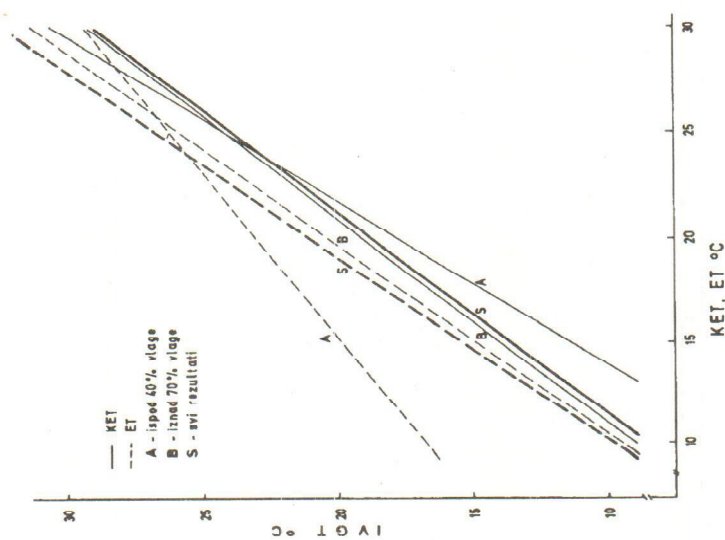
Na slici 1. prikazani su pravci regresije IVGT u ovisnosti o KET odnosno ET dobiveni u tri različita područja temperature zraka (pravci A, B, C) u usporedbi s regresijskim pravcem dobivenim iz svih 106 parova rezultata bez obzira na temperaturu zraka (pravac S). Iz slike se može razabrati da varijacija u temperaturi zraka ne utječe bitno niti na odnose između IVGT i KET niti na odnose između IVGT i ET.

Na slici 2. prikazani su pravci regresije IVGT u ovisnosti o KET odnosno ET uz uvjete niske i visoke relativne vlažnosti (pravci A i B) u usporedbi s regresijskim pravcem dobivenim iz svih 106 parova rezultata bez obzira na relativnu vlažnost zraka (pravci S). Vlažnost zraka ne djeluje na odnos između IVGT i KET, dok je drugačija situacija s odnosom IVGT i ET; uz uvjete suhog zraka (manje od 40% relativne vlažnosti, pravac A) kako regresijski koeficijent tako i odsječak značajno se razlikuju od tih parametara regresijskog pravca izvedenog iz svih 106 parova rezultata koji su obuhvatili cijelo područje vlažnosti.

Pravci regresije IVGT u ovisnosti o KET odnosno ET uz uvjete niske i visoke temperature zračenja (slika 3) upućuju na značajan utjecaj visokog zračenja samo na odnos između IVGT i ET (pravac A za ET). Pravac regresije koji povezuje IVGT i ET značajno se razlikuje i po koeficijentu regresije i po odsječku od svih drugih pravaca koji se međusobno značajno ne razlikuju. Iz svih gornjih regresijskih analiza može se zaključiti da indeks vlažne i globus temperature i korigirana efektivna temperatura daju vrlo slične rezultate u široku rasponu toplinskih uvjeta. Indeks efektivna temperatura daje bitno različite rezultate i uz visoku temperaturu zračenja i uz nisku relativnu vlažnost. Prednost indeksa vlažne i globus temperature je u jednostavnosti mjerenja na terenu.



Sl. 3. Pravci regresije odnosa IVGT s KET i ET u uvjetima višeg i nižeg intenziteta toplinskog zračenja



Sl. 2. Pravci regresije odnosa IVGT s KET i ET u uvjetima više i niže vlažnosti

Tablica 4.
Jednadžbe regresije $IVGT = f(KET)$ i $IVGT = f(ET)$

Kriterij	Broj parova rezultata	Jednadžba regresije $IVGT = a + b \text{ KET} (^{\circ}\text{C})$	Koeficijent korelacije	Jednadžba regresije $IVGT = a + b \text{ ET} (^{\circ}\text{C})$	Koeficijent korelacije
Temperatura zraka $^{\circ}\text{C}$					
<18	25	$IVGT = -0,13 + 0,94 \text{ KET}$	0,89	$IVGT = -0,53 + 0,99 \text{ ET}$	0,89
18-25	35	$IVGT = -3,36 + 1,10 \text{ KET}$	0,95	$IVGT = -2,32 + 1,12 \text{ ET}$	0,59
>25	46	$IVGT = -7,62 + 1,25 \text{ KET}$	0,90	$IVGT = 2,26 + 0,89 \text{ ET}$	0,73
Relativna vlažnost %					
<40	16	$IVGT = -7,55 + 1,26 \text{ KET}$	0,96	$IVGT = 10,60 + 0,62 \text{ ET}$	0,58
>70	12	$IVGT = -0,71 + 0,98 \text{ KET}$	0,96	$IVGT = -1,35 + 1,08 \text{ ET}$	0,97
Temperatura zračenja $^{\circ}\text{C}$					
<40	88	$IVGT = -0,56 + 0,96 \text{ KET}$	0,98	$IVGT = 0,22 + 0,95 \text{ ET}$	0,96
>40	18	$IVGT = -4,94 + 1,18 \text{ KET}$	0,91	$IVGT = 17,12 + 0,46 \text{ ET}$	0,54
Svi rezultati	106	$IVGT = -1,41 + 1,01 \text{ KET}$	0,97	$IVGT = -0,27 + 0,99 \text{ ET}$	0,92

Kao što je već spomenuto, nefiziološki je i zahtjev pravila zaštite na radu da se granične vrijednosti faktora okoline primjenjuju na mjesto rada, a ne na radnika, ne uzimajući u obzir vrijeme koje radnik na tom mjestu provodi u toku radne smjene. Taj bi se »nefiziološki« pristup mogao ispraviti upotrebom »vaganih« vrijednosti za izražavanje ekspozicije u toku radne smjene radnika koji mijenjaju lokaciju rada ili radnika kojima se mijenja razina toplinskog opterećenja tijekom smjene.

Na tablici 5. prikazan je primjer upotrebe indeksa vlage i globus temperature za ocjenjivanje toplinskog opterećenja vozača viljuškara u jednoj ciglani u usporedbi s ocjenom po našim normativima, a na temelju rezultata naših mjerenja toplinskih uvjeta u toj ciglani.

Tablica 5.

Toplinski uvjeti vozača viljuškara u ciglani u hladnom razdoblju (srednje teški rad)

Lokacija	Precuzimanje sirove cigle 2 min	Transport 2,5 min	Sušara 1,5 min
Temperatura zraka °C	18 --+	22 --	38 --
Vlažna temperatura °C	13	15	21
Prirodna vlažna temperatura °C	14	17	27
Relativna vlažnost %	56 ++	47 +-	20 +-
Strujanje zraka m/s	0,3 ++	0,2 ++	0,1 ++
Globus temperatura °C	19	24	40
Temperatura zračenja °C	20,5 ø+	27 ø+	41 ø+
Indeks vlažne i globus temp. °C (IVGT)	9,8	19,1	30,9
Ekspozicija min/sat	20	25	15

$$\begin{aligned}
 IVGT_{\text{vagani}} &= \frac{IVGT_1 \times \text{vrijeme}_1 + IVGT_2 \times \text{vrijeme}_2 + \dots + IVGT_n \times \text{vrijeme}_n}{\text{vrijemc}_1 + \text{vrijemc}_2 + \dots + \text{vrijemc}_n} \\
 &= \frac{9,8 \times 20 + 19,1 \times 25 + 30,9 \times 15}{20 + 25 + 15} \\
 &= 18,5^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

+ u skladu s normativom

- nije u skladu s normativom

ø ne postoji u normativu

prva oznaka - jugoslavenski normativ 1967.

druga oznaka - Pravilnik SRH 1984.

Radi se o vozaču viljuškara koji preuzima i transportira sirove cigle u sušaru. Jedan ciklus traje šest minuta od čega 2 minute otpadaju na preuzimanje sirove cigle, 2,5 na transport a 1,5 minuta na odlaganje u sušari. Takvih ciklusa u jednom satu ima deset. Mjereni su svi toplinski parametri na svakoj od tri spomenute lokacije. Oznaka + odnosno - pokazuje da li je toplinski faktor u skladu s normativom ili nije [prvi znakovi odnose se na JU normativ (6), a drugi na Pravilnik SRH (7)]. Uz primjenu bilo kojeg od ta dva normativa uvjeti u sušari nisu prihvatljivi, što je razumljivo jer je toplinsko opterećenje na toj lokaciji vrlo visoko. Nisu, međutim, prihvatljivi ni toplinski uvjeti za vrijeme transporta, jer temperatura prelazi granice dopuštenih vrijednosti u oba normativa za srednje teški rad u hladnom razdoblju. Jedino su toplinski uvjeti za vrijeme preuzimanja sirove cigle u skladu sa zahtjevima Pravilnika SRH. Prema tome, po našim normativima vozač viljuškara u ciglani je toplinski preopterećen. Na dnu tablice je prikazano izračunavanje vagane vrijednosti indeksa vlažne i globus temperature za opisani rad uzimajući u obzir vrijeme u minutama provedeno na svakoj djelatnosti u toku jednog sata rada. Dobivena vrijednost indeksa je 18,5°C, što je ispod dopuštene granice za kontinuirani rad kroz cijelu radnu smjenu (5), čak i za teški fizički rad (tablica 6), a daleko je ispod granične vrijednosti za srednje teški rad, pa je prema tome toplinsko opterećenje vozača viljuškara u našem primjeru prema američkom normativu potpuno prihvatljivo. Primjer ilustrira slabosti interpretacije rezultata mjerenja pojedinih toplinskih faktora a pogotovo slabosti pristupa ocjenjivanjem uvjeta radnog mjesta ne uzimajući u obzir raspodjelu vremena provedenog na pojedinim lokacijama rada.

Tablica 6.

Indeks vlažne i globus temperature (IVGT)

$$IVGT = 0,7 \times t_{pv1} + 0,3 \times t_g \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$IVGT = 0,7 \times t_{pv1} + 0,2 \times t_g + 0,1 \times t_z \text{ (}^\circ\text{C)} - \text{uz insolaciju}$$

Granična vrijednost toplinskog opterećenja (IVGT °C)

Rad - odmor	Energetska potrošnja KJ/sat		
	<840	840-1470	>1470
Kontinuirani rad	30,0	26,7	25,0
75% rad - 25% odmor svaki sat	30,6	28,0	25,9
50% rad - 50% odmor svaki sat	31,4	29,4	27,9
25% rad - 75% odmor svaki sat	32,2	31,1	30,0
Energetska potrošnja kca/sat	<200	200-350	>350

t_{pv1} = prirodna vlažna temperatura

t_g = globus temperatura

t_z = temperatura zraka

RASPRAVA I ZAKLJUČAK

Navedeni primjeri iz prakse jasno upozoravaju na teorijsku i praktičnu neodrživost naših normativa za toplinsku okolinu. Ne može se primjenom graničnih vrijednosti odijeljeno za svaki toplinski faktor ocijeniti toplinska okolina zanemarujući mehanizme fiziološkog odgovora čovjeka na toplinski podražaj. Reakcija čovjeka je funkcija vrijednosti svih toplinskih faktora koji iz okoline istodobno utječu. Temperatura zraka, vlažnost, brzina strujanja i toplinsko zračenje simultano djeluju na organizam uz velik broj mogućih kombinacija vrijednosti tih faktora. Mnoge kombinacije, unatoč značajno različitim numeričkim vrijednostima faktora, mogu izazvati jednaki toplinski osjet (termoekvivalentni uvjeti). Teorijski je neopravdano zanemariti tu integriranu reakciju organizma, pa pretpostaviti da se mogu postaviti granice za vrijednost svakog faktora toplinske okoline zasebno zanemarujući istovremeni utjecaj drugih.

U praksi primjena normativa izraženih graničnim vrijednostima svakog toplinskog faktora zasebno dovodi do opterećenja privrede neelastičnim zahtjevima, što u mnogim slučajevima znači zahtjev za neopravdano tehnički složenim, pa prema tome skupim rješenjem. Fiziološki je na primjer sasvim prihvatljiva povišena temperatura zraka ako je istovremeno vlaga niska ili povišena vlaga uz nižu temperaturu. Fiziološki je prihvatljiv slobodan izbor radne organizacije da li joj je ekonomičnije ili jednostavnije sniziti temperaturu ili vlagu na radnom mjestu previsokog toplinskog opterećenja, koji izbor nijedan od naših normativa ne dopušta – obavezno je korigirati onaj toplinski faktor koji je izvan normiranih granica.

Primjena toplinskih indeksa, koji su funkcija vrijednosti svih toplinskih faktora, omogućila bi izbjegavanje navedenih slabosti (11-17). Na vlastitim rezultatima dobili smo visoke i statistički značajne ($P < 0,01$) koeficijente korelacije između paraova vrijednosti toplinskih indeksa ET, KET i IVGT (tablica 3), što bi značilo da bi svi približno podjednako zadovoljavali. Međutim, regresijskim analizama povezanosti IVGT s KET odnosno s ET uz različite temperature zraka, vlažnosti i temperature zračenja, pokazali smo da su odnosi između IVGT i KET vrlo slični pri širokom rasponu toplinskih uvjeta, dok se odnos između IVGT i ET značajno mijenja uz visoku temperaturu zračenja i nisku relativnu vlažnost. Predlažemo uvođenje indeksa vlažne i globus temperature s obzirom na jednostavnost mjerenja i jeftinije potrebne terenske instrumente.

Na tablici 6. prikazane su formule za izračunavanje indeksa, posebno u slučaju mjerenja u zatvorenim prostorijama, odnosno na otvorenom uz uvjete bez sunčanog zračenja i posebno za radove na otvorenom uz insolaciju. Iz formula se vidi da je najčešće za izračunavanje IVGT potrebno izmjeriti samo prirodnu vlažnu temperaturu i globus temperaturu, što znači samo očitavanje dviju temperatura na živinim termometrima. Na istoj su tablici prikazane granične vrijednosti IVGT američkog standarda (6) za četiri režima rada: kontinuirani rad kroz cijelu radnu smjenu; 45 minuta rada i 15 minuta odmora svakog sata; 30 minuta rada i 30 minuta odmora svakog sata i 15 minuta rada i 45 minuta odmora svakog sata.

Dodatna prednost indeksa vlažne i globus temperature jest da se može vagati po formuli prikazanoj na tablici 5, pa je zato upotrebljiv za uvjete promjenl-

živih toplinskih opterećenja u toku radne smjene koji mogu biti posljedica ili promjena u tehnološkom procesu ili promjena lokacije radnika tijekom smjene. Ocjenjivanje promjenljivih toplinskih opterećenja tijekom smjene ne može se uopće riješiti primjenom naših normativa. Preporuča se vagati IVGT unutar svakog sata ili najviše dva, a ne preko cijele radne smjene (5). Treba naglasiti da granične vrijednosti prikazane na tablici 6 ne vrijede za radnike koji upotrebljavaju specijalna zaštitna odijela (18).

Ostaju još dva problema koje će trebati riješiti daljim istraživanjima: 1. Ocjeniti odnos između subjektivne težine fizičkog rada i energetske potrošnje u ovisnosti o dobi i spolu. Na primjer, rad koji je za osobu u dobi od 20-29 godina laki rad, za osobu stariju od 60 godina biti će najmanje srednje teški rad; isto tako će žene u prosjeku rad uz utrošak jednake energije osjećati težim nego muškarci odgovarajuće dobi. 2. Trebat će odrediti maksimalne razlike toplinskog opterećenja uz koje se još smiju primjenjivati vagane vrijednosti indeksa vlažne i globus temperature.

Literatura

1. Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to hot environments. Cat. No. HSM 72-10269, US Dept. Health, Education & Welfare, NIOSH, US Govn. Printing Office, Washington, 1972.
2. Vouk, V.: Toplinska mjerenja. Inst. hig. rada JAZU, Zagreb, 1952.
3. Belding, H.S., Hatch, T.F.: Index for evaluating heat stress in terms of the resulting physiological strain. Heat. Piping Air Cond., 27 (1955) 129-136.
4. McKarns, J.S., Brief, R.S.: Nomograph give refined estimates of heat stress index. U: The industrial environment—its evaluation and control, NIOSH, Cincinnati, 1973, 421.
5. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1987-88. ACGIH, Cincinnati, 1987, 68-74.
6. Normativi za temperaturu, relativnu vlažnost i brzinu strujanja zraka u radnim prostorijama. U: Pravilnik o općim mjerama i normativima zaštite na radu za građevinske objekte namijenjene za radne i pomoćne prostorije, Sl.list 27 (1967) 812.
7. Pravilnik o zaštiti na radu za radne i pomoćne prostorije i prostore, Nar. novine 6 (1984) 74-75.
8. Temperature i relativna vlažnost vazduha u prostorijama za proračun difuzije vodene pare. U: Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada, JUS U.J5.600, 1980, 13-23.
9. Brown, J.R., Dunn, G.W.: Thermal stress: The need for an International Standard. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 38 (1977) 180-183.
10. Ramsey, J.D.: Abbreviated guidelines for heat stress exposure. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 39 (1978) 491-495.
11. Mutchler, J.E., Malzahn, D.D., Vecchio, J.L., Soule, R.D.: An improved method for monitoring heat stress levels in the workplace. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 37 (1976) 151-164.
12. Mutchler, J.E., Vecchio, J.L.: Empirical relationships among heat stress indices in 14 hot industries. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 38 (1977) 253-263.
13. Johnson, A.T., Kirk, G.D.: Correlation of WBGT and Botsball sensors. Am.Ind.Hyg.Assoc. J., 41 (1980) 361-366.
14. Beshir, M.Y.: Comprehensive comparison between WBGT and Botsball. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 42 (1981) 81-87.
15. Pulket, C.A., Henschel, A., Burg, W.R., Saltzman, B.E.: A comparison of heat stress indices in a hot-humid environment. Am.Ind.Hyg.Assoc. J., 41 (1980) 442-449.

16. Christenberry, D., Jabara, J.W.: Working in hot environments. *Occup. Health Safety*, 51 (1982) 37-41.
17. *Word Health Organization*: Health factors involved in working under conditions of heat stress. Tech. Rep. Ser. No. 412, Geneva, 1969.
18. Paul, J.M., Rosenthal, F.S.: Heat strain and heat stress for workers wearing protective suits at a hazardous waste site. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 48 (1987) 458-463.

Summary

THEORETICAL AND PRACTICAL WEAKNESSES OF YUGOSLAV STANDARDS OF THE THERMAL ENVIRONMENT

Theoretical weaknesses and practical difficulties in the application of Yugoslav thermal standards are demonstrated by field examples.

The standards are expressed as threshold values separately for temperature, humidity, air velocity and radiant temperature, disregarding the fact that the physiological response of man to thermal stress is an integrated function of these factors. The application of the results of the field measurements of thermal factors at 106 work sites in seven different industries demonstrates unnecessary overburdening of industry with too strict demands. Non-physiological is also the approach of the rules on safety at work requesting that the limiting values of the work environment factors be applied to the work place without consideration given to the worker's time spent at that place during work shift. Introduction of physiologically justified »thermal indices« and use of »weighted« values for the assessment of heat stress during shift in the standards is recommended.

The results of measurements at all 106 work sites demonstrate high intercorrelations between the values of the effective temperature (ET), the corrected effective temperature (CET) and the wet bulb-globe temperature (WBGT) ($r > 0.9$; $P < 0.01$). However, the presented regression equations describing the relationship between WBGT versus CET and ET, respectively, at different conditions of air temperature, humidity and radiant temperature, show that WBGT-CET relationships remain very similar within a broad range of different thermal conditions, whilst WBGT-ET relationship is significantly altered both at high radiant temperature and low humidity. This suggests that both WBGT and CET may be equally satisfactory. For this reason the introduction of the simplest among thermal indices »the wet bulb-globe temperature« is recommended. Additional advantage of the index recommended is that it can be »weighted«.

»Andrija Štampar« School of Public Health,
Medical Faculty, University of Zagreb, Zagreb

Received for publication:
March 24, 1988