





VPLYV MIKROKLÍMY NA KVALITU A BEZPEČNOSŤ PRACOVNÉHO PROSTREDIA


Ružena KRÁLIKOVÁ¹ – Laura DZUNOVÁ²


FACTORS AFFECTING THE QUALITY AND SAFETY OF THE WORK ENVIRONMENT



¹ Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, KIP, Košice, Slovenská republika  Email: ruzena.kralikova@tuke.sk, tel. 055 602 2825.  ORCID iD: 0000-0002-9231-7886

² Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, KIP, Košice, Slovenská republika  Email: laura.dzunova@tuke.sk, tel. 055 602 2643.  ORCID iD: 0000-0001-5863-4602


 Competing interests : The author declare no competing interests.

 Publisher's Note: Slovak Society for Environment stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations. Copyright: © 2021 by the authors.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

This license allows reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use.

 Review text in the conference proceeding: Contributions published in proceedings were reviewed by members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.

ABSTRAKT

Článok je zameraný na posúdenie vplyvu mikroklimatických parametrov prostredia na pracovnú pohodu, zdravie a produktivitu zamestnancov vybranej prevádzky. Cieľom výskumu prezentovaného v príspevku bolo zhodnotiť mieru vplyvu tepelo-vlhkostných parametrov na pracovnú pohodu/nepohodu zamestnancov pri zohľadnení ich vzájomného pôsobenia. Pre komplexné hodnotenie vplyvu pracovného prostredia na zamestnancov bol použitý matematický model.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: pracovná pohoda, teplota, vlhkosť, prúdenie vzduchu, mikroklima

ABSTRACT

The article is aimed at assessing the possible negative impact of microclimate factors on work wellbeing, health and work productivity of the employees of the selected operation. The aim of the research presented in the paper was to evaluate the degree of influence of thermal comfort factors on the wellbeing of employees. A mathematical model was used for a comprehensive assessment of the work environment's impact on employees.

KEY WORDS: comfort, temperature, humidity, air flow, thermal comfort

1. ÚVOD

Zlepšovať kvalitatívnu hodnotu pracovného prostredia a nad minimálnu úroveň stanovenú legislatívou sa usilujú nielen vlády, ale aj sociálni partneri v Európskej únii, pretože si uvedomujú, že na-



priek veľkému počtu smerníc EÚ a predpisov zameraných na zlepšenie bezpečnosti na pracoviskách, zostáva situácia neuspokojivá [1]. Zvlášť nepriaznivé pracovné podmienky naďalej pretrvávajú v oblasti mikroklimatických podmienok, kde pracovné aktivity spôsobujú zamestnancom neúnosné zaťaženie ich organizmu počas pracovnej doby a môžu zapríčiniť aj riziká ri práci. Pre mikroklimatické parametre je charakteristická ich vzájomná závislosť, kde zmena jedného parametra môže spôsobiť aj zmenu ďalších. Extrémne hodnoty tepelno - vlhkosťnej mikroklímy (TVM) by mali byť vnímané ako potenciálne zdraviu škodlivé a s možnými zdravotnými a bezpečnostnými dôsledkami.

Pre účel zistenia stavu vnímania parametrov tepelno - vlhkosťnej mikroklímy pracovníkmi a zhodnotenie ich vplyvu bol realizovaný výskum, ktorého cieľom bolo určenie faktora, ktorý možno považovať za najdominantnejší z hľadiska jeho vplyvu na komfort resp. diskomfort zamestnancov vrátane určenia ich bezpečnosti pri práci.

2. MATEMATICKÝ MODEL HODNOTENIA ZAŤAŽENIA ZAMESTNANCOV

Pomocou metód matematickej štatistiky bol vypracovaný originálny matematický model, ktorý umožňuje vyjadriť účinok negatívneho pôsobenia TVM a vyhodnotiť zaťaženie zamestnancov mikroklimatickými podmienkami počas pracovnej doby (8 hod.) [7]. Celkovú záťaž (Z) týchto faktorov sme vyjadrili výslednicou pôsobenia jednotlivých zaťažujúcich faktorov vzťahom:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n \quad (1)$$

kde: $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ predstavujú zaťažujúce faktory.

Každý z faktorov sa na celkovej záťaži podieľa rovnakou váhou respektíve mierou. Z tohto dôvodu je preto možné predpokladať, že zaťažujúci faktor Z_1 sa na celkovej záťaži bude podieľať hodnotou ukazovateľa α_1 , zaťažujúci faktor Z_2 mierou α_2 , až po zaťažujúci faktor Z_n s mierou α_n . Musí byť zabezpečené splnenie tejto podmienky:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1 \quad (2)$$

$$\alpha_j \in (0, 1)$$

kde: $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ - koeficienty závažnosti vplyvu jednotlivých faktorov.

Uvedené koeficienty charakterizujú mieru zaťaženia na ľudský organizmus. Pri zhodnotení významnosti týchto koeficientov sa postupuje podľa nasledovnej podmienky:

$$\begin{aligned} \alpha_j \text{ blízke } 0 &\Rightarrow \text{nevýrazný vplyv } Z_j, \\ \alpha_j \text{ blízke } 1 &\Rightarrow \text{výrazný vplyv } Z_j. \end{aligned}$$

Hodnoty jednotlivých koeficientov závažnosti sa určujú pomocou bodovej metódy, ktorá je založená na pridelovaní bodov (0 až 10) pre každý druh parciálneho zaťaženia (Z_j) a na jednotlivé orgány ľudského organizmu (T_i) pri konkrétnej pracovnej činnosti.

Nech celková záťaž určitého pracovného prostredia je výslednicou pôsobenia jednotlivých zaťažujúcich faktorov Z_1, Z_2, \dots, Z_n , a nech toto pracovné prostredie zaťažujúco pôsobí na orgány ľudského organizmu T_1, T_2, \dots, T_m , kde $m, n \in \mathbb{N}$ podľa nasledujúcej schémy [3]:

- Pôsobenie zaťažujúceho faktora Z_1 na telový orgán T_1 je pri dodržaní a rešpektovaní vyššie uvedených noriem a predpisov ohodnotené bodovou hodnotou $b_1=1$, na telový orgán T_2 bodovou hodnotou $b_2=1$, až po telový orgán T_m s bodovou hodnotou $b_m=1$.
- Následne sa postupuje analogicky a pôsobenie zaťažujúceho faktora Z_2 na telový orgán T_1 je ohodnotené bodovou hodnotou $b_1=2$, na telový orgán T_2 bodovou hodnotou $b_2=2$ až po telový orgán T_m s bodovou hodnotou $b_m=2$.

Takýmto spôsobom je možné získať maticu:

$$B = (b_{ij}) \tag{3}$$

kde: b_{ij} - priradená bodová hodnota záťaže Z_j na telový orgán T_i , $i = 1, 2, \dots, m$

Princíp popísanej bodovej metódy a určovanie koeficientov závažnosti pre jednotlivé zaťažujúce faktory daného pracovného prostredia je znázornený v tabuľke Tab.1.

Tab.1 Princíp bodovej metódy

		ZÁŤAŽ				
		Z_1	Z_2	Z_3	...	Z_n
TELOVÝ ORGÁN	T_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	...	b_{1n}
	T_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	...	b_{2n}
	T_3	b_{31}	b_{32}	b_{33}	...	b_{3n}

	T_m	b_{m1}	b_{m2}	b_{m3}	...	b_{mn}
		$\sum_{i=1}^m b_{ij}$	$\sum_{i=1}^m b_{i2}$	$\sum_{i=1}^m b_{i3}$...	$\sum_{i=1}^m b_{in}$

Model vychádza z výpočtu koeficientu významnosti, ktorý je vyjadrený nasledujúcim vzťahom:

$$\alpha_j = \frac{\sum_{i=1}^m b_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m b_{ij}}, \alpha_1 = \frac{\sum_{i=1}^m b_{i1}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m b_{ij}}, \alpha_2 = \frac{\sum_{i=1}^m b_{i2}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m b_{ij}}, \dots, \alpha_n = \frac{\sum_{i=1}^m b_{in}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m b_{ij}} \tag{4}$$

Prezentovaný model na určenie komplexného zaťaženia organizmu človeka počas nepretržitej práce umožňuje použiť pri bodovej metóde na určovanie koeficientov závažnosti spôsobom objektívneho, ako aj subjektívneho hodnotenia. [3,5]

3 BODOVÁ METÓDA VÝPOČTU

Na získanie informácií o pociť zamestnancov vplyvom tepelno-vlhkostných parametrov pracovného prostredia na základe dotazníkového prieskumu bola použitá bodová metóda hodnotenia. Dotazníkového prieskumu sa zúčastnilo 5 dobrovoľníkov z celkového počtu 15 zamestnancov skúmaného pracoviska zvarovne. Na pracovisku zvarovne s plochou cca 200 m² prevažujú zvaracie operácie spojené s pomocnými a prípravnými operáciami [6].

Zo získaných hodnôt o sledovaných parametroch je možné analyzovať mieru vplyvu teploty, vlhkosti a prúdenia vzduchu na jednotlivé časti organizmu tak ako ich vnímali zamestnanci. Pri výpočte priemerných hodnôt vplyvu parametrov na zamestnanca bol použitý vzťah:

$$\frac{a_{m1} + a_{m2} + a_{m3} + a_{m4} + a_{m5}}{n} \tag{5}$$

kde: $n = 5$, $m = 1, 2, 3, 4, 5$. Výsledky bodovej metódy sú zobrazené v Tab. 2 :

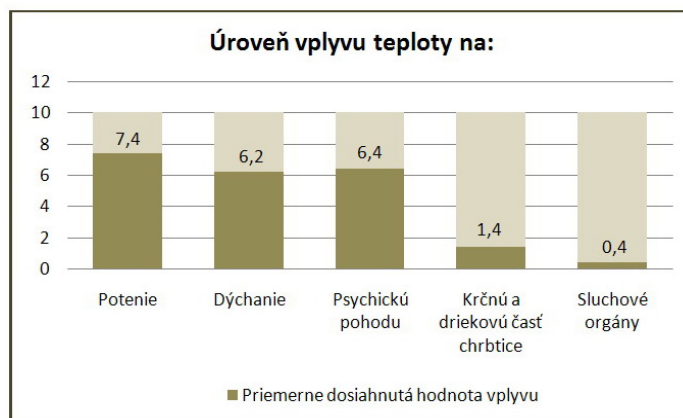
Tab.2 Výsledky bodovej metódy

Teplota		Poradové číslo					Φ
		1	2	3	4	5	
Vplyv na te- lový orgán	T1	8	7	7	7	8	7,4
	T2	6	6	7	6	6	6,2
	T3	6	6	7	7	6	6,4
	T4	2	1	1	2	1	1,4
	T5	1	0	0	0	1	0,4
Vlhkosť		Poradové číslo					Φ
		1	2	3	4	5	
Vplyv na te- lový orgán	T1	4	3	4	4	5	4
	T2	5	3	4	4	5	4,2
	T3	3	4	4	3	3	3,4
	T4	1	1	1	1	0	0,8
	T5	1	0	0	1	0	0,4
Prúdenie vzdu- chu		Poradové číslo					Φ
		1	2	3	4	5	
Vplyv na te- lový orgán	T1	2	3	3	2	2	2,4
	T2	2	3	3	3	3	2,8
	T3	2	4	3	3	2	2,8
	T4	3	5	5	5	5	4,6
	T5	8	8	7	8	7	7,6

Prvým hodnoteným faktorom bola teplota. Podľa výsledkov zvolenej metódy má teplota značný vplyv na neprimerané potenie sa pri práci, nadmerné dýchanie a v neposlednom rade má významný vplyv na pracovnú pohodu a tým aj sústredenie, výkonnosť a bezpečnosť pri práci.

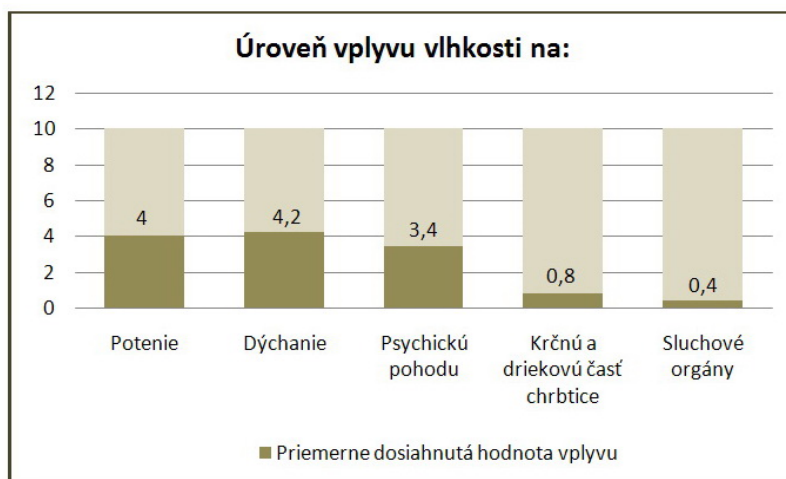
4 GRAFICKÁ INTERPRETÁCIA

Grafická interpretácia výsledkov výskumu z údajov vypočítaných hodnôt uvedených v Tab. 2 je zobrazená na obrázkoch č.4. – č. 6. Obrázok č.4 graficky ilustruje úroveň vplyvu teploty pracovného prostredia na psychickú a senzorickú záťaž zamestnancov.



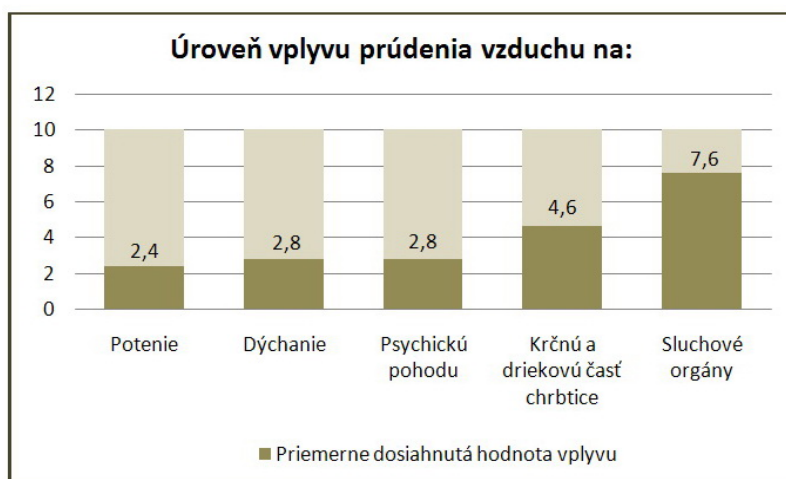
Obr. 4 Vplyv teploty

Z výsledkov bodovej metódy pri hodnotení vplyvu vlhkosti na pracovníkov môžeme konštatovať, že väčšina častí organizmu nie je na tomto pracovisku významne negatívne ovplyvnená. Prípadná zvýšená vlhkosť na pracovisku sa podľa oslovených zamestnancov prejavuje na problémoch s dýchaním, nadmernou mierou potenia a únavou pri práci. Prehľad získaných výsledkov je na Obr. 5.



Obr. 5 Vplyv vlhkosti vzduchu

Prúdenie vzduchu vo výrobnjej hale negatívne pôsobí najmä na nechránené sluchové orgány, krčnú a driekovú časť chrbtice (Obr.6). Pracovníci sa sťažovali najmä na problémy súvisiace s ušami a bolesťami v krížovej oblasti. Takéto zaťaženie organizmu môže spôsobiť dlhodobé zdravotné komplikácie až prípadnú práceneschopnosť, ktoré v konečnom dôsledku vplyvajú nie len na zdravie a komfort, ale aj bezpečnosť pri práci.



Obr. 6 Oplyvnenie zamestnancov prúdením vzduchu

4. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV

Cieľom výskumu bolo zhodnotiť mieru vplyvu parametrov tepelno-vlhkostnej zamestnancov pri zohľadnení ich vzájomného pôsobenia. Pre komplexné hodnotenie tepelno-vlhkostných parametrov pracoviska bol použitý prezentovaný matematický model (6). Výsledky hodnotenia sú uvedené v Tab. 3 a Tab.4.

Tab.3 Výpočtová tabuľka

	FAKTOR			SUMA
	Teplota	Vlhkosť	Rýchlosť prúdenia vzduchu	
VPLYV NA ORGANIZMUS	Body (Φ)	Body (Φ)	Body (Φ)	
Potenie	7	4	2	13
Dýchanie	6	4	3	13
Psychická pohoda	6	3	3	12
Krčná a drieková časť chrbtice	1	1	5	7
Sluchové orgány (vnútorná časť ucha)	0	0	8	8
SUMA	20	12	21	53

Výpočet komplexného zaťaženia podľa vzťahu (4):

$$\alpha_1 = \frac{\sum_{i=1}^m b_{i1}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m b_{ij}}, \alpha_2 = \frac{\sum_{i=1}^m b_{i2}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m b_{ij}}, \alpha_3 = \frac{\sum_{i=1}^m b_{i3}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m b_{ij}} \quad (6)$$

Tab.4 Hodnotové vyjadrenie ukazovateľov

Ukazovateľ	Číselná hodnota	Percentuálna hodnota
α_1	0,377358491	37,74%
α_2	0,226415094	22,64%
α_3	0,396226415	39,62%

Kde:

$$(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) \cdot 100 = 100 [\%] \quad (7)$$

Z výpočtu vyplýva, že faktorom, ktorý v najvyššej miere negatívne ovplyvňoval zamestnancov výrobných bolo prúdenie vzduchu. Hodnota faktora $\alpha_3 = 0,3962$ predstavuje podiel rýchlosti prúdenia vzduchu na celkovom pôsobení faktorov približne, t.j. 39,62%. Ďalším významným faktorom z hľadiska jeho pôsobenia na zdravie a pohodu na pracovisku je rýchlosť prúdenia vzduchu a tzv. suchá teplota vzduchu. Vypočítaná hodnota α_1 predstavuje 37,73%. Rozdiel medzi týmito faktormi je nepatrný a preto možno považovať vplyv teploty vzduchu za rovnako závažný ako vplyv rýchlosti prúdenia vzduchu.

V letných mesiacoch môžu teploty vzduchu dosahovať ešte vyššie hodnoty a pri absencii klimatizácie a nedostatočnej výmene vzduchu je pravdepodobné, že zamestnanci budú pociťovať pracovnú nepohodu. Z výsledkov výskumu ďalej vyplýva, že najmenej zaťažujúcim parametrom TVM bola vlhkosť ovzdušia a podieľala sa na celkovom vplyve na zamestnancov len 22%-ami.

4. ZÁVER

Človek je najcitlivejším článkom výrobného procesu a jeho kognitívne schopnosti sú zatiaľ nenahraditeľné, preto je potrebné vytvárať pracovníkom optimálne podmienky na pracovisku, aby mohli plne využívať svoj pracovný potenciál. Vhodné pracovné prostredie je významným ukazovateľom kultúrnej vyspelosti organizácií, prispieva nie len k pohode na pracovisku, ale má značný vplyv aj na zdravie ľudí a bezpečnosť pri práci, ktorá môže byť ovplyvnená nepozornosťou zamestnancov



v dôsledku nie len fyzickej, ale aj psychickej a senzorickej záťaže. Zahŕňajú aj vplyvy na výkonnosť organizácie z hľadiska straty produktivity, či nákladov v súvislosti s absentizmom.

Pod'akovanie [zaradenie príspevku]

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu KEGA 011TUKE-4/2021, ktorý je riešený na Strojníckej fakulte Technickej univerzity v Košiciach.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1]. DŽUŇOVÁ, L. - KRÁLIKOVÁ, R.: Analýza faktorov pracovného prostredia v priemyselných prevádzkach. In: Novus Scientia 2019. Košice: Technická univerzita v Košiciach s. 125-128 [CD-ROM]. ISBN 978-80-553-3249-9.
- [2]. HANKER, J. a kol.: Ergonómia v priemysle, ALFA Bratislava, 1978, MDT 331.015.11, 383 s.
- [3]. KAPUSTOVÁ, Mária : Aplikácia matematických metód pri ekologizácii pracovného prostredia v strojárskych prevádzkach [online], MfF, Trnava. [cit.2019-02-03]. Dostupné na internete: <http://www.mtf.stuba.sk/docs//internetovy_casopis/2004/2/kapustova.pdf>.
- [4]. Vyhláška MZ SR č. 99/2016 Z.z.o podrobnostiach o ochrane zdravia pred záťažou teplom a chladom pri práci.
- [5]. KRÁLIKOVÁ R., PIŇOSOVÁ M.: Hodnotenie tepelno-vlhkostných parametrov, 2017. In: Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 7, č. 2 (2017), s. 69-74. - ISSN 1338-3922.
- [6]. KRÁLIKOVÁ, R. - ANDREJIOVÁ, M: Dotazníkový prieskum ako podklad pre hodnotenie tepelno-vlhkostnej mikroklímy. 2014. In: Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 4, č. 2 (2014), s. 46-49. - ISSN 1338-3922.
- [7]. KRÁLIKOVÁ, R. - MAĐORANOVÁ, M.: Modely tepelného komfortu pracovného prostredia :2015. In: Bezpečnosť - Kvalita - Spôľahlivosť. - Košice : TU, 2015 S. 117-120. - ISBN 978-80-553-2044-1.