Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 6, Issue 3, Autumn 2019, Pages: 74-80

Original Article

doi: 10.52547/johe.6.3.74

Validation of Heat Stress Indices at Oil Terminals in Northern and Southern Iran

Azam Biabani[1], Iraj Alimohammadi[2], Mohsen Falahati[3,*], Mojtaba Zokaie[3]

[1] *MSc, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Social Determinants of Health Research Center, Saveh University of Medical Sciences, Saveh, Iran*

[2] *Associate Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Faculty of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

[3] *Assistant Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Social Determinants of Health Research Center, Saveh University of Medical Sciences, Saveh, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Mohsen Falahati, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Social Determinants of Health Research Center, Saveh University of Medical Sciences, Saveh, Iran. Email: M.falahati@savehums.ac.ir*

Received: 23/06/2019
Accepted: 05/12/2019

How to Cite this Article:
Biabani A, Alimohammadi I, Falahati M, Zokaie M. Validation of Heat Stress Indices at Oil Terminals in Northern and Southern Iran. *J Occup Hyg Eng*. 2019; 6(3): 74-80. DOI: 10.52547/johe.6.3.74

Abstract

Background and Objective: Heat stress is one of the major safety and health concern in the oil and gas industry. The main purpose of this study was to compare the heat stress of oil terminals in northern and southern Iran. In addition, two physiological parameters were utilized in order to validate these indices.

Materials and Methods: This descriptive-analytical study was performed on 130 employees working at two oil terminals in Iran (i.e., Kharg and Neka). Initially, heat stress indices including Hang Seng Index (HIS), Allow Exposure Time (AET), WetBulb Globe Temperature (WBGT), and Predicted Four Hour Sweat Rate (P4SR) were measured in this study. Subsequently, the oral and tympanic temperature of the participants were taken in order to validate the mentioned indices using Pearson correlation test. The data were analyzed in SPSS software (version 22).

Results: The results showed a significant correlation between the heat stress indices of the indoor workplace in Kharg, Iran, and physiological parameters ($P<0.05$). Moreover, a positive correlation was observed between the indices and the parameters, except for HSI. Regarding the oil terminal in Neka, the oral parameter was also correlated significantly with AET, WBGT, P4SR. However, there was no significant correlation between the tympanic temperature and the aforementioned indices ($P> 0.05$).

Conclusion: According to the results, WBGT and AET are valid indices to assess heat stress in oil terminals. In addition, it was revealed that the heat stress in indoor workplace in Kharg oil terminal was higher than that in Neka oil terminal.

Keywords: Analytical Indices; Experimental Indices; Heat Stress Index; Oil Terminals

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-21]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.74]

Copyright © 2019 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: 10.52547/johe.6.3.74

اعتبارسنجی شاخص‌های استرس حرارتی در پایانه‌های نفتی شمال و جنوب ایران

اعظم بیابانی[۱]، ایرج علیمحمدی[۲]، محسن فلاحتی[۳،*]، مجتبی ذکایی[۳]

[۱] کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز تحقیقات مؤلفه‌های اجتماعی مؤثر بر سلامت ساوه، دانشکده علوم پزشکی ساوه، ساوه، ایران

[۲] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

[۳] استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز تحقیقات مؤلفه‌های اجتماعی مؤثر بر سلامت ساوه، دانشکده علوم پزشکی ساوه، ساوه، ایران

* **نویسنده مسئول:** محسن فلاحتی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز تحقیقات مؤلفه‌های اجتماعی مؤثر بر سلامت ساوه، دانشکده علوم پزشکی ساوه، ساوه، ایران. ایمیل: M.falahati@savehums.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۰۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۱۴

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: استرس گرمایی افراد شاغل در صنایع نفت و گاز ایران یکی از دغدغه‌های مهم ایمنی و بهداشت شغلی می‌باشد. در این ارتباط، مطالعه حاضر با هدف مقایسه استرس گرمایی پایانه‌های نفتی شمال و جنوب ایران و نیز اعتبارسنجی شاخص‌های اندازه‌گیری استرس حرارتی با استفاده از پارامترهای فیزیولوژیک انجام شد.

مواد و روش‌ها: پژوهش توصیفی- تحلیلی حاضر در ارتباط با ۱۳۰ نفر از افراد شاغل در دو پایانه نفتی جزیره خارگ و نکا انجام شد. در این پژوهش شاخص‌های HSI (Hang Seng Index)، AET (Allow Exposure Time)، WBGT (WetBulb Globe Temperature) و P4SR (Predicted Four Hour Sweat Rate) محاسبه گردیدند. به‌منظور اعتبارسنجی شاخص‌های مذکور، همبستگی نتایج شاخص‌ها با دمای دهانی و دمای پرده صماخ افراد از طریق آزمون همبستگی Pearson با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 بررسی گشت.

یافته‌ها: در این مطالعه مشخص گردید که شاخص‌های استرس حرارتی در محیط مسقف خارگ، همبستگی معناداری با شاخص‌های فیزیولوژیک دارند؛ این همبستگی در محیط روباز خارگ نیز به‌جز شاخص HSI، برای سایر پارامترها مشاهده گردید. در پایانه نکا نیز همبستگی بین شاخص‌های AET، WBGT و P4SR با دمای دهانی معنادار بود؛ اما بین دمای پرده صماخ با شاخص‌های مذکور، همبستگی معناداری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان دادند که شاخص‌های WBGT و AET، شاخص‌های معتبری برای ارزیابی استرس گرمایی در پایانه‌های نفتی می‌باشند. همچنین با توجه به دو شاخص مذکور مشخص گردید که استرس گرمایی در پایانه نفتی خارگ در محیط روباز، بالاتر از نکا می‌باشد.

واژگان کلیدی: استرس حرارتی؛ پایانه‌های نفتی؛ شاخص‌های تجربی؛ شاخص‌های تحلیلی

مقدمه

گرما یکی از مهم‌ترین خطرات فیزیکی است که در بسیاری از فرایندهای صنعتی وجود داشته و کارگرانی که در معرض آن قرار دارند، ممکن است با مشکلات و اختلالات بهداشتی مواجه باشند که این عوارض به‌عنوان یک مشکل عمده بهداشتی در سراسر جهان به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه مطرح می‌باشند [۱،۲]. با توجه به شرایط آب و هوایی و طبیعت داغ ایران، برخی از فرایندهای صنعتی در برخی از مشاغل با مشکلات مربوط به گرما مواجه هستند [۳]. مواجهه با گرما در محیط‌های سربسته مانند ریخته‌گری و کار در فضای باز مانند صنایع معدنی و ساختمانی مشاهده می‌شود [۴]. بسیاری از فعالیت‌های تولیدی و عمرانی در حوزه نفت و گاز کشور در مناطق گرمسیری قرار دارند؛ در نتیجه انتظار می‌رود که اختلالات تنش گرما در میان این گروه از کارگران نیز وجود داشته باشد [۵]. استرس گرمایی، ترکیبی از عوامل داخلی (دمای داخلی بدن، میزان متابولیسم و غیره) و خارجی (دمای هوا، تابش حرارتی و غیره) است که موجب ایجاد بیماری‌های مرتبط با گرما می‌شود [۶،۷]. استرس گرمایی در صنایع نفت و گاز، یکی از دغدغه‌های مهم ایمنی و بهداشت می‌باشد. در این راستا، ارزیابی‌هایی با استفاده از شاخص‌های استرس حرارتی مختلف در این مناطق صورت گرفته است [۸]. از سال ۱۹۰۵ تاکنون، شاخص‌های گرمایی بسیاری برای ارزیابی

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-21]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.74]

استرس گرمایی در محیط‌های کاری گرم ارائه شده‌اند که در سه گروه شاخص‌های تحلیلی، تجربی و مستقیم طبقه‌بندی می‌شوند [۹]. تعداد اندکی از این شاخص‌ها به‌صورت استاندارد جهانی معرفی شده و در سطح وسیع مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۰]. شاخص‌های تحلیلی گرما براساس تعادل گرمایی انسان با محیط پایه‌ریزی می‌شوند و برای محاسبه آن‌ها چهار عامل جوی (دما، تابش، سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی)، پوشش (لباس) و فعالیت فیزیکی فرد مورد سنجش قرار می‌گیرند. این درحالی می‌باشد که شاخص‌های تجربی گرما براساس ارتباط بین دو یا چند عامل گرمایی و پاسخ انسان به این عوامل پایه‌ریزی می‌شوند و این ارتباط عموماً بر مبنای تجربیاتی که در ارتباط با انسان به‌دست آمده است، برآورد می‌گردد [۱۱]. از مهم‌ترین شاخص‌های تحلیلی می‌توان به SWreq (Required Sweat Rate Index)، ITS (Index of Thermal Stress) و AET اشاره کرد که شاخص SWreq به‌عنوان پایه شاخص HSI، یکی از شاخص‌هایی می‌باشد که توسط برخی از منابع معتبر توصیه شده است [۱۲]. از معروف‌ترین شاخص‌های تجربی نیز می‌توان به WBGT (Wet Globe Temperature)، P4SR و OXFORD اشاره نمود [۱۳،۱۴]. در این راستا، در مطالعه‌ای که توسط دهقانی‌پور و همکاران با هدف تعیین شاخص بهینه استرس‌های حرارتی در صنایع ریخته‌گری، دایکاست و راه‌سازی انجام شد، شاخص‌های WBGT و P4SR در هر سه صنعت به‌ترتیب رتبه اول و دوم را به خود اختصاص دادند [۱۵]. Derby نیز در مطالعه خود شاخص HSI را شاخصی مناسب برای هرگونه وضعیت آب و هوایی به‌منظور تعیین میانگین استرس روزانه دانسته است [۱۶]. از سوی دیگر، در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۸ توسط پورمهابادیان و همکاران صورت گرفت، نشان داده شد که بین شاخص‌های HSI، WBGT و ET (Effective Temperature) ارتباط مثبتی وجود دارد؛ اما با شاخص AET ارتباطی منفی مشاهده گردید [۱۷]. در پژوهش حاضر از نتایج مطالعات مختلف مبنی بر اهمیت و کاربرد شاخص‌های مذکور در محیط‌های متفاوت بهره گرفته شد و اعتبارسنجی آن‌ها در پایانه‌های نفتی مورد مطالعه قرار گرفت. به‌منظور ارزیابی عملکرد شاخص‌های استرس حرارتی در محیط‌های کاری، عموماً همبستگی شاخص استرس حرارتی با استفاده از پارامترهای فیزیولوژیکی مربوطه مطالعه می‌شود [۱۸]. در پژوهش گلبابایی و همکاران که در ارتباط با مشاغل روباز شهرستان شبستر انجام شد، بین شاخص WBGT و شاخص‌های فیزیولوژیکی، ارتباط مستقیم و مثبتی مشاهده گردید [۴]. پارامتر فیزیولوژیکی دمای پرده صماخ و دمای دهانی نسبت به دیگر دماهای عمقی، غیرتهاجمی بوده و خللی را در کار کارگر ایجاد نمی‌کند و می‌تواند به‌عنوان یک شاخص کاربردی‌تر نسبت به دیگر دماهای عمقی برای اندازه‌گیری واکنش فیزیولوژیکی در محیط کاری گرم مورد استفاده قرار بگیرد [۱۹]؛ از این رو در پژوهش حاضر به‌منظور اعتبارسنجی شاخص‌های مذکور، دمای دهانی و دمای پرده صماخ افراد بررسی گردید. در این مطالعه به ارزیابی استرس حرارتی در دو پایانه نفتی خارگ و نکا پرداخته شد. با توجه به نوع فعالیت و محیط کاری (مسقف و روباز) کارکنانی که در پایانه‌های نفتی مشغول به کار هستند و نیز از آنجایی که مطالعه‌ای مبنی بر مقایسه استرس گرمایی در این پایانه‌ها با استفاده از شاخص‌های مختلف صورت نگرفته است، مطالعه حاضر با هدف مقایسه استرس گرمایی موجود در محیط‌های کاری مسقف و روباز در دو پایانه نفتی شمال و جنوب ایران با استفاده از شاخص‌های P4SR، WBGT، AET و HSI و همچنین اعتبارسنجی این شاخص‌ها با بهره‌گیری از پارامترهای فیزیولوژیکی دمای دهانی و دمای پرده صماخ انجام شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه توصیفی- تحلیلی حاضر در دو پایانه نفتی در جزایر خارگ و نکا در فصل تابستان انجام شد. پایانه نفتی خارگ عملیات دریافت، ذخیره‌سازی، اندازه‌گیری، صادرات و تسویه حساب گمرکی بیش از ۹۰ درصد از نفت خام صادراتی کشور را پوشش می‌دهد. شرکت پایانه‌های صادرات مواد نفتی در جزیره خارگ، نفت سبک، سنگین و فروزان را تحویل می‌دهد که از کل میزان تحویل سالانه، حدود ۳۳ درصد مربوط به نفت سبک، ۵۴ درصد از آن نفت سنگین و ۱۳ درصد متعلق به نفت مخلوط فروزان می‌باشد. پایانه نفتی شمال (نکا) در جنوب شرقی دریای خزر، در فاصله ۲۳ کیلومتری شمال شهرستان نکا، جنب نیروگاه حرارتی نکا قرار دارد. این پایانه برای دریافت نفت از کشورهای حوزه دریای خزر (روسیه، ترکمنستان و قزاقستان) به‌منظور طرح معاوضه در زمینی به مساحت ۶۲ هکتار احداث گردید. اسکله موجود در پایانه نفتی شمال جهت دریافت نفت خام، شامل سه پهلوگاه فعال می‌باشد که این اسکله‌ها قابلیت پهلوگیری کشتی تا ظرفیت ۶۰۰۰ تن را دارا می‌باشند. جمعیت مورد بررسی در این مطالعه، ۱۳۰ نفر از کارکنان شاغل در واحدهای عملیاتی از قبیل واحد تعمیرات صنعتی، ترابری، تعمیرات اماکن و تأسیسات، عملیات دریایی، HSE (Health and Safety Executive)، عملیات و صادرات، اسکله، حراست، آزمایشگاه و واحد خدمات و پشتیبانی شرکت پایانه‌های نفتی بودند. شایان ذکر است که پایانه نفتی نکا با توجه به کوچک‌بودن محیط و کم‌بودن تعداد کارکنان آن نسبت به پایانه خارگ، فاقد تعدادی از واحدهای نامبرده می‌باشد. از نظر تعداد نمونه‌های اندازه‌گیری‌شده نیز نمونه‌های مربوط به این پایانه کمتر از پایانه نفتی خارگ است. به‌منظور انجام این طرح، ابتدا اطلاعات فردی از طریق تکمیل پرسشنامه جمع‌آوری شدند و در ادامه، شاخص‌های تحلیلی و تجربی مورد نظر انتخاب گردیدند. سپس اندازه‌گیری پارامترهای محیطی (دمای خشک، دمای تر، دمای تشعشعی، رطوبت نسبی، فشار بخار آب و سرعت جریان هوا) با توجه به شرایط محیطی هریک

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-21]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.74]

از سمت‌های شغلی در دو محیط مسقف و روباز در طول شیفت کاری در هر دو پایانه ذکرشده صورت گرفت. با توجه به تغییرات شرایط جوی در طول روز، اندازه‌گیری دو بار در صبح و دو بار در بعد از ظهر انجام شد. پیش از اندازه‌گیری پارامترهای محیطی و فیزیولوژیکی، لیستی از مشاغل عملیاتی موجود تهیه گردید. سپس بر مبنای یک مطالعه میدانی از سایت کار، محل و تعداد نقاط اندازه‌گیری برای هریک از سمت‌های شغلی انتخاب شد. در این پژوهش از دو شاخص HSI و AET به‌عنوان شاخص‌های تحلیلی و دو شاخص WBGT و P4SR به‌عنوان شاخص‌های تجربی استفاده گردید. همچنین به‌منظور اندازه‌گیری پارامترهای محیطی از WBGT Meter دیجیتال (مدل MK-42VJY، ساخت شرکت Casella) و آنمومتر حرارتی (مدل 50VT، ساخت شرکت Kimo) استفاده شد. لازم به ذکر است که به‌منظور محاسبه شاخص WBGT علاوه بر روش قرائت مستقیم توسط دستگاه WBGT Meter، از استاندارد ISO-۷۲۴۳ که توسط کمیته کلینیکی ارگونومی تدوین گردیده است، بهره گرفته شد [۱۱]. در ادامه، میزان فعالیت کارگران بررسی شد و میزان متابولیسم با استفاده از ISO 8996 برآورد گردید [۲۰]. میزان مقاومت حرارتی پوشش کارگران (کلو) نیز با استفاده از جدول ارائه‌شده توسط ISO9920 استخراج گشت [۲۰،۲۱]. در نهایت با بهره‌گیری از مقادیر پارامترهای جوی و فردی اندازه‌گیری‌شده، مقدار شاخص‌های WBGT، ET، CET (Correct Effective tempreture)، P4SR، HSI و AET محاسبه گردید و نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS آنالیز شدند. به‌منظور انتخاب آزمون آماری مناسب برای تعیین همبستگی مذکور در یک شیفت کاری، نرمال‌بودن توزیع آماری متغیرها با استفاد از آزمون‌های ناپارامتریک t تک نمونه‌ای و Kolmogorov-Smirnov مورد آزمون قرار گرفت که با توجه به غیرنرمال‌بودن تمامی متغیرهای مستقل، برای پایانه نفتی خارگ از آزمون همبستگی Spearman بهره گرفته شد. در پایانه نفتی نکا نیز به‌جز شاخص HSI در منطقه روباز که به دلیل نرمال‌بودن آن از آزمون Pearson استفاده گردید، برای متغیرهای دیگر از آزمون Spearman بهره گرفته شد. در این مطالعه به‌منظور اعتبارسنجی شاخص‌های تحلیلی و تجربی، دمای دهانی و دمای پرده صماخ افراد مورد مطالعه نیز



شکل ۱: دماسنج دیجیتالی مدل Centel temp 510 جهت اندازه گیری دمای گوش

بررسی گردید. اندازه‌گیری دمای دهانی و دمای پرده صماخ همزمان با اندازه‌گیری پارامترهای جوی انجام شد. باید خاطرنشان ساخت که به‌منظور افزایش دقت در اندازه‌گیری دمای دهانی، ۱۵ دقیقه قبل از اندازه‌گیری، فرد مورد نظر از خوردن و نوشیدن منع گردید. مدت قرارگرفتن دماسنج در زیر زبان، ۳ تا ۵ دقیقه بود. باید توجه داشت که پیش از اندازه‌گیری، دمای دماسنج نباید بالاتر از ۳۷ درجه سانتی‌گراد باشد. بدین‌منظور، دماسنج‌های طبی داخل یک فلاسک آب خنک قرار داده شدند. برای اندازه‌گیری دمای پرده صماخ نیز از دماسنج دیجیتالی مادون قرمز استفاده شد. هنگام اندازه‌گیری، سنسور دماسنج به‌طور کامل در داخل کانال گوش قرار می‌گرفت و پس از چند ثانیه زدن دکمه، میزان دمای پرده صماخ بر حسب سانتی‌گراد بر صفحه ظاهر می‌شد. در این مطالعه دمای دهانی با استفاده از دماسنج طبی (مدل pcs12) در محدوده ۴۲-۳۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری گردید و دمای گوش با استفاده از دماسنج دیجیتالی (مدل centel temp 510، مارک OMRON) ارزیابی شد (شکل ۱).

یافته‌ها

در این مطالعه مطابق با روش پژوهش، همبستگی بین شاخص‌های استرس حرارتی با پارامترهای فیزیولوژیکی در محیط‌های کاری مختلف بررسی گردید.

جدول ۱ آزمون همبستگی بین شاخص‌های استرس

جدول ۱: اعتبارسنجی شاخص‌های تجربی و تحلیلی خارگ با استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک

متغیرهای فیزیولوژیک	آزمون آماری	شاخص‌های استرس حرارتی							
		WBGT روباز	WBGT مسقف	P4SR روباز	P4SR مسقف	HSI روباز	HSI مسقف	AET روباز	AET مسقف
دمای پرده صماخ	R^2	۰/۴	–	۰/۴۸	–	۰/۰۳۴	–	۰/۱۸۹	–
روباز	سطح معناداری	۰	–	۰	–	۰/۷۴	–	۰/۰۶	–
دمای پرده صماخ	R2	–	۰/۶۲۹	–	۰/۶۲۱	–	۰/۴۶۷	–	۰/۲۳
مسقف	سطح معناداری	–	۰	–	۰	–	۰	–	۰/۰۲۵
دمای دهانی روباز	R2	۰/۳۹	–	۰/۴	–	۰/۰۴	–	۰/۴۳	–
	سطح معناداری	۰	–	۰	–	۰/۶۷	–	۰	–

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-21]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.74]

دمای دهانی	R2	–	۰/۶۲۹	–	۰/۶۲۷	–	۰/۴۹	–	۰/۲
مسقف	سطح معناداری	–	۰	–	۰	–	۰	–	۰/۰۳

جدول ۲: اعتبارسنجی شاخص‌های تجربی و تحلیلی نکا با استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک

متغیرهای فیزیولوژیک	آزمون آماری	شاخص‌های استرس حرارتی							
		WBGT روباز	WBGT مسقف	P4SR روباز	P4SR مسقف	HSI روباز	HSI مسقف	AET روباز	AET مسقف
دمای پرده صماخ روباز	R2	۰/۱۴	–	۰/۰۴	–	۰/۱	–	۰/۰۹	–
	سطح معناداری	۰/۴	–	۰/۸	–	۰/۵۳	–	۰/۵۸	–
دمای پرده صماخ مسقف	R2	–	۰/۳۷	–	۰/۴۶	–	۰/۰۶۳	–	۰/۴۱
	سطح معناداری	–	۰/۰۲	–	۰/۰۰۴	–	۰/۷	–	۰/۰۱۳
دمای دهانی روباز	R2	۰/۲۹	–	۰/۰۳۸	–	۰/۱۵	–	۰/۴۳	–
	سطح معناداری	۰/۰۸	–	۰/۰۲	–	۰/۳۵	–	۰/۰۰۹	–
دمای دهانی مسقف	R2	–	۰/۳۷	–	۰/۳۳	–	۰/۰۲۷	–	۰/۴۰۶
	سطح معناداری	–	۰/۰۲	–	۰/۰۴	–	۰/۸	–	۰/۰۱۴

جدول ۳: مقایسه شاخص‌های تحلیلی و تجربی خارگ و نکا در دو محیط مسقف و روباز

شاخص استرس حرارتی	محیط مورد مطالعه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	سطح معناداری
WBGT	روباز خارگ	۹۴	۳۶/۸۱	۶/۱۴	۰/۰۰۵
	روباز نکا	۳۶	۳۴/۹۹	۱/۵۲	
	مسقف خارگ	۹۴	۲۹/۸۶	۷/۳	۰/۰۲
	مسقف نکا	۳۶	۳۲/۵۵	۱/۸	
P4SR	روباز خارگ	۹۴	۶/۶۸	۲/۵	۰/۰۰۱
	روباز نکا	۳۶	۷/۴	۱/۸	
	مسقف خارگ	۹۴	۳/۸	۳/۲	۰/۳۳
	مسقف نکا	۳۶	۶/۳	۲/۵	
AET	روباز خارگ	۹۴	۱۹	۲۷/۹۵	۰/۰۱۸
	روباز نکا	۳۶	۹/۶۳	۳/۴۴	
	مسقف خارگ	۹۴	۲۵/۸	۲۶/۴	۰/۰۰۸
	مسقف نکا	۳۶	۱۲/۸۱	۶/۸۲	
HSI	روباز خارگ	۹۴	۱۳۸/۱۸	۶/۹۵	۰/۸۹
	روباز نکا	۳۶	۳۳۲/۵	۵۰/۰۱	
	مسقف خارگ	۹۴	۱۲۹/۰۹	۲۶/۲۴	۰/۰۹
	مسقف نکا	۳۶	۲۹۸/۲	۱۳۵/۳	

حرارتی بـا پارامترهـای فیزیولوژیکی را در دو نوع شرایط کاری مسقف و روباز در پایانه نفتی خارگ نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظـــه می‌گردد، میزان همبستگی دمای پرده صماخ و دمای دهانی با شاخص‌های تجربی و تحلیلی در محیط مسقف معنادار می‌باشـــد (P<۰/۰۵). در محیط روباز نیز این همبســـتگی برای تـمام پارامتر های مذکور بهجز شـــاخص HSI وجود دارد (P<۰/۰۵).

نتایج اعتبار سنجی شاخص‌های تجربی و تحلیلی با استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک دمای دهانی و دمای پرده صماخ در پایانه نفتی نکا در جدول ۲ ارائه گردیده اســـت. بر مبنای نتایج، میزان همبستگی دمای پرده صماخ و دمای دهانی با شاخص‌های تجربی و تحلیلی در محیط مسقف معنادار می‌باشد (P<۰/۰۵)؛ اما با شـــاخص HSI ارتباط معناداری ندارند (P>۰/۰۵). در محیط روباز نیز بهجز شـــاخص HSI، همبســـتگی بین دمای دهانی و ســـایر شـــاخص‌های حرارتی معنادار بود؛ اما همبســـتگی بین دمای پرده صـــماخ با شـــاخص‌های مذکور معنادار نبود (P>۰/۰۵).

جـدول ۳ میـــانگین و انحـــراف معیـــار شاخص‌های استرس حرارتـی را در دو شرایط محیطی مسقف و روباز در دو پایانه خارگ و نکا نشان می‌دهـد. نتایج آزمون آماری t زوجی حاکی از آن هستند که مقادیر شاخص‌های WBGT و AET در هر دو محیط با شرایط یکسان (مسقف و روباز) در پایانه‌های نکا و خارگ، اختلاف معناداری با یکدیگر دارند (P<۰/۰۵). علاوه‌براین، نتایج نشان‌دهنده آن هستند که شاخص HSI در هیچ‌یک از دو محیط در پایانه‌های مذکور، اختلاف معناداری ندارد. شاخص P4SR نیز در محیط‌های مسقف دو پایانه، فاقد اختلاف معنادار

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-21]
[DOI: 10.52547/johe.6.3.74]

بود (P>۰/۰۵).

بحث

نتایج مطالعه حاضر در پایانه خارگ نشان دادند که بین شاخص‌های تحلیلی و تجربی با پارامترهای فیزیولوژیکی دمای دهانی و پرده صماخ همبستگی معناداری وجود دارد. با توجه به مطالعات قبلی انجام‌شده که در آن‌ها دمای عمقی بدن (دمای دهانی و پرده صماخ) به‌عنوان بهترین پارامتر برای ارزیابی سطوح گرمایی معرفی گردیده است [۲۲-۲۴]، در مطالعه حاضر نیز از این دو شاخص برای اعتبارسنجی شاخص‌های استرس حرارتی استفاده گردید. در این راستا، در پژوهشی که توسط فلاحتی و همکاران با هدف بررسی میزان دقت و اعتبار شاخص‌های P4SR و WBGT از طریق مقایسه آن‌ها با دمای عمقی بدن در یک پایانه نفتی انجام شد، مشخص گردید که میزان همبستگی بین شاخص‌های مذکور با دمای دهانی و پرده صماخ معنادار می‌باشد [۲۵]. نتایج ارزیابی شاخص‌ها در پایانه نکا در پژوهش حاضر نشان دادند که همبستگی بین شاخص‌های استرس حرارتی با دمای دهانی نسبت به دمای پرده صماخ بالاتر می‌باشد. در این ارتباط، در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۳ با هدف اعتبارسنجی شاخص درجه حرارت (HSSI: Heat Strain Score Index) در شرایط گرم انجام شد، از دو شاخص فیزیولوژیک فشار خون و دمای دهانی استفاده گردید. بر مبنای نتایج، همبستگی بالایی بین شاخص‌های فیزیولوژیک مذکور با شاخص‌های WBGT و HSSI وجود داشت [۲۶]. با وجود اینکه شاخص‌های دمای دهانی و پرده صماخ نشان‌دهنده دمای عمقی بدن می‌باشند؛ اما نتایج حاصل از این مطالعه نشان دادند که اندازه‌گیری دمای دهانی به‌عنوان یک پارامتر فیزیولوژیک، همبستگی بیشتری را نسبت به دمای پرده صماخ با پارامترهای محیطی نشان می‌دهد که از دلایل مهم آن می‌توان به چگونگی اندازه‌گیری این شاخص‌ها اشاره کرد. با توجه به این نکته که اندازه‌گیری دمای پرده صماخ نسبت به دمای دهانی، روش تهاجمی‌تری می‌باشد، ممکن است منجر به اذیت‌شدن کارگر هنگام اندازه‌گیری دمای پرده صماخ و عدم همکاری وی گردد و یا حتی به دلیل تفاوت در ویژگی های مجرای بیرونی گوش افراد، دماسنج به‌طور صحیح داخل گوش قرار نگیرد. در پژوهش حاضر مقادیر شاخص‌های استرس حرارتی در محیط‌های کاری یکسان (روباز و مسقف) در دو پایانه مختلف مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ ارائه گردیده است. نتایج حاکی از آن بودند که از بین دو شاخص تجربی WBGT و P4SR، شاخص WBGT شاخص معتبرتری برای هر دو پایانه می‌باشد؛ زیرا این شاخص نه‌تنها همبستگی بالایی با شاخص‌های فیزیولوژیک در تمام محیط های مورد مطالعه داشت؛ بلکه مقایسه آن در محیط‌های مختلف نیز ارتباط معنادار و همبستگی بالا بین شاخص‌های فیزیولوژیک و شاخص WBGT را نشان داد. این یافته‌ها با نتایج مطالعه انجام‌شده توسط Wästerlund که در آن شاخص WBGT به‌عنوان شاخصی معتبر برای ارزیابی شرایط گرمایی با تابش بالا معرفی گردید، همخوانی دارد [۲۷]. همچنین در پژوهشی که توسط Kralikova و همکاران در سال ۲۰۱۴ با عنوان "ارزیابی استرس حرارتی در محیط کار" انجام شد، شاخص WBGT به‌عنوان پرکاربردترین و مورد قبول‌ترین شاخص در صنعت معرفی گردید [۲۸]. بر مبنای نتایج، از بین دو شاخص تحلیلی مورد بررسی، شاخص AETنسبت به شاخص HSI معیار مناسب‌تری برای بررسی استرس گرمایی در پایانه‌های نفتی می‌باشد؛ زیرا شاخص HSI نه‌تنها همبستگی معناداری با شاخص‌های فیزیولوژیک نداشت؛ بلکه اختلاف معناداری را در محیط‌های مورد بررسی نشان نداد. نتایج مطالعه حاضر با یافته های پژوهش دهقانی‌پور و همکاران که با هدف تعیین شاخص بهینه استرس حرارتی در سه صنعت متفاوت انجام شد، همسویی دارند. در پژوهش مذکور، شاخص WBGT به‌عنوان بهترین شاخص معرفی شد و شاخص HSI رتبه آخر را به خود اختصاص داد [۱۵] که از دلایل آن می‌توان به سختی محاسبات و تفسیر نتایج این شاخص اشاره کرد (این امر در مورد بیشتر شاخص‌ها صادق می‌باشد). در پایان، با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته مشخص گردید که شاخص‌های WBGT و AET در مناطق روباز خارگ، دارای مقادیر بیشتری نسبت به مناطق روباز نکا می‌باشند. در مجموع، می‌توان بیان نمود که میزان استرس گرمایی در پایانه‌های روباز خارگ، بیشتر از پایانه‌های روباز نکا می‌باشد که از دلایل اصلی آن می‌توان به شرایط اقلیمی دو محیط اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که بین شاخص‌های فیزیولوژیک دمای دهانی و پرده صماخ در پایانه نفتی خارگ با بیشتر شاخص‌های استرس گرمایی همبستگی معناداری وجود دارد؛ اما در پایانه نفتی نکا، همبستگی مذکور کاهش یافته و دمای دهانی، همبستگی بهتری را نسبت به دمای پرده صماخ نشان داد. علاوه‌براین، بر مبنای نتایج مشخص گردید که شاخص WBGT به‌عنوان یک شاخص تجربی و شاخص AET به‌عنوان یک شاخص تحلیلی، شاخص‌های معتبری برای ارزیابی استرس گرمایی در پایانه‌های نفتی می‌باشند. با توجه به این دو شاخص، میزان استرس گرمایی در پایانه نفتی خارگ در محیط روباز، بالاتر از نکا بود که از نظر مقایسه شرایط اقلیمی نیز این یافته مورد تأیید می‌باشد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دفاع‌شده در دانشگاه علوم پزشکی تهران می‌باشد. بدین‌وسیله نویسندگان

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-21]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.74]

از تمامی کارکنان پایانه‌های نفتی نکا و خارگ و تمامی افرادی که در راستای انجام این پژوهش با پژوهشگران همکاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

REFERENCES

1. Dehghan H, Yazdanirad S, Rahimi Y. Heat stress and heat strain score index assessment in the pastry workers of Isfahan city. *J Health Syst Res*. 2014;**9**(12):1321-8. [Persian]
2. Sung TI, Wu PC, Lung SC, Lin CY, Chen MJ, Su HJ. Relationship between heat index and mortality of 6 major cities in Taiwan. *Sci Total Environ*. 2013;**442**:275-81. PMID: 23178831 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.09.068
3. Jafari MJ, Teimori G, Khodakarim S, Assilian-Mahabadi H. Investigation the relationship between heat strain score index and physiological parameters among open pit miners. *Saf Prom Inj Prev*. 2016;**3**(4):213-22. [Persian]
4. Golbabaei F, Rostami Aghdam Shendi M, Monazzam M, Hosseini M. investigation of heat stressbased on wbgt index and its relationship with physiological parameters among outdoor workers of Shabestar city. *Health Saf Work*. 2015;**5**(2):85-94. [Persian]
5. Alimohamadi I, Falahati M, Farshad A, Zokaie M, Sardar A. Evaluation and validation of heat stress indices in Iranian oil terminals. *Int J Occup Hyg*. 2012;**4**(2)2:21-5. [Persian]
6. Asghari M, Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaei F, Arabalibeik H, Shamsipour A, et al. Weighting criteria and prioritizing of heat stress indices in surface mining using a delphi technique and fuzzy AHP-TOPSIS method. *J Environ Health Sci Eng*. 2017;**15**(1):1. PMID: 28101366 DOI: 10.1186/s40201-016-0264-9
7. Di Corleto R, Firth I, Coles G. Heat stress standard & documentation developed for use in the Australian environment. Tullamarine: Australian Institute Of Occupational Hygienists; 2003.
8. Leveritt S. Heat stress in mining. Australia: Work-Safe Australia Ergonomics Review; 1998.
9. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. *Ind Health*. 2006;**44**(3):388-98. PMID: 16922182 DOI: 10.2486/indhealth.44.388
10. Teymuri GH, Jafari MJ, Asilian MH, Khodakarim S. The relationship between wbgt index with physiological responses of open-pit mine workers in hot and dry weather. *J Sabzevar Univ Med Sci*. 2016;**23**(2):360-9. [Persian]
11. ISO7243. Hot environments - estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature) standard. Geneva: International Organization For Standardization; 1989 .
12. Malchaire J. Occupational heat stress assessment by the predicted heat strain model. *Ind Health*. 2006;**44**(3):380-7. PMID: 16922181 DOI: 10.2486/indhealth.44.380
13. ISO Committee TC-159 on Ergonomics. Hot environments: estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). Geneva: International Organization for Standardization; 1999.
14. Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. *Ind Health*. 2006;**44**(3):368-79. PMID: 16922180 DOI: 10.2486/indhealth.44.368
15. Dehghanipoor M, Omidvari M, Golbabaiei F. Determining the optimal index of heat stress in foundry, die casting and road construction industries using FAHP-topsis. *J Health Saf Work*. 2016;**6**(4):75-84. [Persian]
16. Derby JC. The development of a warm weather relative comfort index for environmental analysis. Newark: University of Delaware; 2004. P. 503-13.
17. Pourmahabadian M, Adelkhah M, Azam K. Heat exposure assessment in the working environment of a glass manufacturing unit. *J Environ Health Sci Eng*. 2008; **5**(2):141-7. [Persian]
18. Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaei F, Shamsipour A, Arabalibeik H, Mortezapour AR, et al. Applicability of modified discomfort index (mdi) in outdoor occupational environments: a case study of an open pit mines in Tehran province. *Iran Occup Health*. 2018;**15**(1):136-45. [Persian]
19. Negahban SA, Aliabadi M, Babayi Mesdaraghi Y, Farhadian M, Jalali M, Kalantari B, et al. Investigating the association between heat stress and its psychological response to determine the optimal index of heat strain. *J Occup Hyg Eng*. 2014;**1**(1):8-15. [Persian].
20. ISO Standard. Ergonomics of the thermal environment determination of metabolic heat production. New York: Springer; 2001.
21. ISO Standard 9920. Ergonomics of the thermal environment–estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Geneva: International Standard Organization; 1995.
22. Naghibi A. Evaluation of thermal stress on lead and zinc mine and the determine model for predicting the amount of workers tolerating. Tehran: Tehran University; 1996.
23. Kalantary AM. Evaluation and validation of heat stress 350 indices in a single casting mobarakeh steel. 10th National Congress of Occupational Health & Safety, Gilan, Iran; 2007. [Persian]
24. Logan PW, Bernard TE. Heat stress and strain in an aluminum smelter. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1999;**60**(5):659-65. PMID: 10529998 DOI: 10.1080/00028899908984488
25. Falahati M, Alimohammadi I, Farshad A, Zokaii M, Sardar A. Evaluating The reliability of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature. *Iran Occup Health*. 2012;**9**(3):22-31. [Persian]
26. Dehghan H, Habibi E, Khodarahmi B, Yousefi HA, Hasanzadeh A. The relationship between observational–perceptual heat strain evaluation method and environmental/physiological indices in warm workplace. *Pak J Med Sci*. 2013;**29**(1)Suppl:358-62. DOI: 10.12669/pjms.291(Suppl).3534
27. Wasterlund DS. A review of heat stress research with application to forestry. *Appl Ergon*. 1998;**29**(3):179-83. PMID: 9676334 DOI: 10.1016/s0003-6870(97)00063-x
28. Kralikova R, Sokolova H, Wessely E. Thermal environment evaluation according to indices in industrial workplaces. *Proc Eng*. 2014;**69**:158-67. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.02.216

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-21]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.74]