

REVIEW PAPER

Teachers' Health Status About Air Quality (Temperature, Relative Humidity, and Ventilation) in Educational Centers: A Systematic Review

Farideh Golbabaee, Mohammad Javad SheikhMozafari, Jamal Biganeh, Soqrat Omari Shekaftik*

Department of Occupational Health Engineering, School of health, Tehran University of medical sciences, Tehran, Iran

Received: 2023-6-24

Accepted: 2023-9-2

ABSTRACT

Introduction: Studies have demonstrated that teaching carries a substantial burden of health risks. Prevalent health issues among teachers include asthma, respiratory diseases, musculoskeletal problems, and mental disorders. These problems can be attributed to the specific attributes of their work environment. Consequently, this study aims to investigate the correlation between air quality within educational establishments and the overall health of teachers.

Material and Methods: This systematic review aims to examine the impact of temperature, humidity, and ventilation rates within educational environments on teachers' health status and thermal comfort. Relevant studies were searched for using the PubMed and Web of Science databases, employing keywords such as teacher, temperature, humidity, ventilation, school, classroom, health symptoms, and thermal comfort (2000-2022). The inclusion criterion was that articles examined teachers' health and comfort with temperature, relative humidity, and ventilation of the educational place.

Results: Out of the 103 articles found in the initial search, 13 articles were finally reviewed. Six studies investigated the voice abnormalities of teachers due to various factors (including temperature, relative humidity, and the ventilation rate of the educational place) and found that these abnormalities were affected by these factors. Two studies explored the relationship between the prevalence and exacerbation of respiratory symptoms and quality parameters of the indoor environment of educational places. Additionally, five studies investigated the relationship of air quality parameters of educational places with common non-specific symptoms among teachers.

Conclusion: Teachers frequently experience symptoms such as voice disorders, respiratory difficulties, allergies, and other nonspecific ailments, which may be associated with the quality parameters of the indoor environment in educational settings. These parameters include temperature, humidity, and ventilation rate. Consequently, controlling and regulating these parameters within the recommended values can help prevent the onset or exacerbation of these symptoms.

Keywords: Systematic review, Teacher, Temperature, Relative humidity, Ventilation, Health

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Golbabaee F, SheikhMozafari MJ, Biganeh J, Omari Shekaftik S. Teachers' Health Status About Air Quality (Temperature, Relative Humidity, and Ventilation) in Educational Centers: A Systematic Review. *J Health Saf Work*. 2023; 13(3): 645-662.

1. INTRODUCTION

The perception of teaching as a comfortable and safe profession with minimal health risks contrasts starkly with research findings. Teachers

exhibit a higher prevalence of asthma, similar to that of blue-collar workers, dispelling the notion of low health hazards associated with the profession. Furthermore, musculoskeletal and psychological issues, such as stress, anxiety, and burnout, are

* Corresponding Author Email: s-omarish@razi.tums.ac.ir

notably prevalent among teachers, particularly elementary educators, highlighting significant challenges that need to be addressed. Moreover, the heightened risk of voice disorders, stemming from the heavy reliance on vocal communication, adds to their well-being concerns.

Classroom-specific factors significantly impact teachers' health, and one such factor is poor indoor air quality, which is often more pronounced in educational settings compared to homes and offices due to deficient or absent HVAC systems. These issues lead to variations in crucial indoor air parameters, including humidity, temperature, and ventilation. Research conducted outside of the education sector has corroborated the links between higher humidity and exacerbated asthma symptoms, as well as the association of lower humidity with skin and mucous membrane irritation.

Additionally, excessively high or low indoor temperatures have been shown to contribute to illness-related anxiety disorders and flu-like symptoms. Notably, there exists a correlation between elevated indoor heat and academic decline in educational contexts. Adequate ventilation, crucial not only for maintaining optimal temperature and humidity but also for limiting the propagation of pathogens, has the potential to reduce student and staff illnesses and absences.

Therefore, the primary objective of this study is to comprehensively examine the existing research on how temperature, humidity, and ventilation collectively impact the health of teachers within school settings. The widely held perception of teaching as a low-risk profession stands in contradiction to the findings outlined above, underlining the necessity for a thorough reconsideration of indoor environmental conditions to ensure the well-being of educators.

2. MATERIAL AND METHODS

Aligned with the research objectives, the Population, Exposure, Comparison, and Outcome (PECO) framework for this study is delineated as follows: Population (P): Teachers Exposure (E): Ambient temperature, relative humidity, and ventilation rate within the educational setting Comparison ©: Not applicable Outcome (O): Incidence of any reported health effects among teachers

The search for relevant studies was conducted by utilizing the PubMed and Web of Science databases,

employing keywords such as teacher, temperature, humidity, ventilation, school, classroom, health symptoms, and thermal comfort. The search strategy is as follows: PubMed: ((teacher[tiab] OR school[tiab] OR classroom[tiab]) AND (temperature[tiab] OR humidity[tiab] OR ventilation[tiab]) AND ("health symptoms"[tiab] OR "thermal comfort"[tiab])) Web of Science: TI AND AB = (("teacher" OR "school" OR "classroom") AND ("temperature" OR "humidity" OR "ventilation") AND ("health symptoms" OR "thermal comfort"))

The selected timeframe for the study encompassed the years 2000 to 2022. The inclusion criteria for this study required that the selected research studies investigated various aspects of teachers' health and comfort concerning the temperature, relative humidity, and ventilation conditions within educational settings and that the full paper was available in English.

To ensure comprehensive search results, additional resources such as the "related articles," "similar articles," and "cited by" options available in Google Scholar and ResearchGate were utilized for each of the articles reviewed in this study. Another method employed to ensure the accuracy of the search results was the examination of references cited within the included articles.

Once the primary articles were identified, a systematic information extraction process was conducted by two individuals independently, utilizing a checklist. Subsequently, the extracted data were meticulously compared, and any discrepancies were resolved through discussion and the involvement of a third party.

The quality evaluation of original articles involved two independent assessors using the Newcastle-Ottawa checklist. Discrepancies were resolved through discussion. The assessment covered three main domains: "selection of study groups," "comparability," and "determination of exposure and outcome." The maximum points varied for each domain. Overall scores ranged from 0 (weakest) to 9 (strongest) after completion of the reviews.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Initially, a total of 103 articles were identified, with 56 from PubMed and 47 from Web of Science. After the removal of duplicate entries, the screening process began with the evaluation of study titles. Subsequently, abstracts of the remaining studies

were reviewed, followed by a meticulous assessment of full texts. As a result of this rigorous screening, 13 studies aligned with the predefined inclusion criteria were ultimately selected for this study.

Voice Symptoms and Abnormalities

Among the 13 studies incorporated in this analysis, six explored the impact of various factors, including ambient temperature, relative humidity, and ventilation rate within educational environments, on teachers' voice-related issues. In a notable 2012 study conducted in Belgium, a comprehensive questionnaire was administered to a sample of 994 teachers. The findings revealed that a significant 51.2% of the participants reported experiencing some form of voice disorder. Noteworthy was the observation that the prevalence of these disorders exhibited a substantial gender difference, with female teachers (56.4%) reporting higher occurrences in comparison to their male counterparts (40.4%) ($p=0.017$). Furthermore, the study delved into the factors influencing the prevalence of these disorders and identified a noteworthy correlation between temperature fluctuations in the classroom environment and the manifestation of voice disorders ($p=0.017$).

In a subsequent study from 2015, a cross-sectional approach involving a questionnaire was employed, encompassing 621 elementary school teachers and 61 individuals in non-teaching professions in Colombia. The outcomes disclosed a higher prevalence of voice disorders among teachers (71%) in contrast to non-teachers (54%). Nevertheless, upon investigating the factors influencing the occurrence of these disorders, no significant correlation emerged between classroom temperature, relative humidity, and their prevalence.

The collective population examined across these studies totaled over 5093 individuals, primarily composed of at least 4099 female elementary and kindergarten teachers. Only one study encompassed educators from all educational tiers and both genders, involving 670 female and 324 male teachers. The rationale underlying the emphasis on female teachers in the majority of these studies, except one, could be attributed to findings that underscored a substantial connection between gender and the prevalence of voice disorders. This finding highlighted a greater incidence of these disorders among women than men. However, considering that a majority of

elementary school teachers are women, this skew in gender representation is possibly due to the nature of teaching at this level. The traits of tolerance and patience, often essential for successful teaching in this context, tend to be more pronounced among women. Nonetheless, it's imperative to note that this observation doesn't negate the significance of acknowledging the occurrence of voice disorders among male teachers. This apparent research gap calls for dedicated exploration in future studies, recognizing the importance of a holistic comprehension of the topic that encompasses male teachers as well. Additionally, it's essential to acknowledge that the limited participation or non-cooperation of male teachers in these studies might also contribute to this skewed gender representation.

Respiratory Symptoms and Issues

The correlation between relative humidity and respiratory problems has been extensively investigated across various occupational settings and environments. Among the diverse range of professions, teachers stand out for experiencing a notably high prevalence of respiratory symptoms, particularly asthma. Teaching is recognized as one of the non-labor occupations with the highest incidence of respiratory challenges.

In a 2016 study led by Gaetz et al., a cohort comprising 122 elementary school teachers underwent examination. The study centered on scrutinizing the impact of prolonged exposure to elevated or diminished relative humidity levels on the occurrence of respiratory symptoms among teachers. Through a meticulous analysis of the respiratory symptoms self-reported by the participants, coupled with a thorough comparison with the corresponding relative humidity levels quantified within the classrooms, the researchers inferred that exposure to humidity levels surpassing 50% or falling below 30% within the classroom environment posed a heightened risk for respiratory symptoms. This contrasted with humidity levels ranging between 30% and 50%.

Non-Specific Symptoms

Of the studies subjected to examination, five distinctly delved into the occurrence of non-specific symptoms and ailments among teachers. In 2015, Kielb et al. conducted a study encompassing 501 elementary school teachers, employing telephone interviews as a data collection

method. Participants were prompted to report any experienced symptoms and provide insights into their job characteristics, classroom surroundings, and school context. Outcomes revealed that sinus issues (16.8%), headaches (15.0%), allergies/cramps (14.8%), and throat irritation (14.6%) were the most frequently reported symptoms among the teachers. Further analyses unveiled a substantial association between the prevalence of many of these symptoms and the closure of ventilation valves, indicative of inadequate ventilation.

In a 2018 study by Jarvi et al., a sample of 105 Finnish teachers and 1264 students, alongside an online questionnaire, were employed for investigation. The results indicated that teachers encountered a higher frequency of issues and symptoms linked to temperature and relative humidity in comparison to students. Allergic symptoms emerged as the most commonly reported among both groups, with a prevalence of 45.7% among teachers and 23.3% among students.

These non-specific symptoms, intrinsically tied to building-related attributes, notably air conditioning, offer the potential for deeper exploration within the framework of Sick Building Syndrome. The findings underscore the necessity to probe the intricate interplay between temperature, humidity, and ventilation concerning the non-specific symptoms reported by teachers within the

context of Sick Building Syndrome.

One noteworthy limitation of this study pertains to the unavailability of access to the Scopus database for conducting searches. However, measures were taken to mitigate the potential of overlooking pertinent articles, including a thorough examination of article references.

4. CONCLUSIONS

This systematic review meticulously examined the ramifications of temperature, humidity, and ventilation within educational institutions on the health of teachers. The outcomes suggest that teachers encounter health risks, such as voice disorders and respiratory symptoms, owing to suboptimal indoor environmental quality. The enhancement of HVAC systems, ventilation, and the maintenance of optimal conditions emerge as pivotal factors in promoting the well-being and performance of teachers. Future research endeavors should concentrate on interventions aimed at elevating the environmental quality of educational settings, reaping benefits for both teachers and students. Policymakers and administrators are urged to invest in the creation of healthier learning environments, thus fostering the professional growth and holistic well-being of teachers and, by extension, the entire educational community

وضعیت سلامت معلمان در ارتباط با کیفیت هوا (دما، رطوبت و تهویه) در مراکز آموزشی: یک مرور نظام‌مند

فریده گل‌بابایی، محمدجواد شیخ مظفری، جمال بیگانه، سقراط عمری شکفتیک*

گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۱

چکیده

مقدمه: مطالعات نشان داده‌اند که معلمی از جمله مشاغل با ریسک بالای سلامتی است. آسم و دیگر بیماری‌های تنفسی، مشکلات اسکلتی عضلانی و عوارض روانی در میان معلمان شایع هستند. علل این مشکلات را می‌توان در ویژگی‌های محیط کاری آنان جستجو کرد. لذا مطالعه حاضر به بررسی ارتباط کیفیت هوای محیط‌های آموزشی و سلامت معلمان می‌پردازد.

روش کار: مطالعه مروری حاضر به منظور بررسی ارتباط میان سلامتی معلمان با ویژگی‌های فیزیکی هوا شامل دما، رطوبت نسبی و نرخ تهویه محیط‌های آموزشی انجام گرفته است. جستجو، در پایگاه‌های PubMed و Web of Science، با استفاده از کلیدواژه‌های teacher، temperature، humidity، ventilation، school، classroom، health symptoms و thermal comfort انجام گرفت. محدوده زمانی مطالعه، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ بوده است.

یافته‌ها: از ۱۰۳ مقاله اولیه، در نهایت ۱۳ مقاله مورد بررسی نهایی قرار گرفتند. ۶ مطالعه به بررسی ناهنجاری‌های صوتی معلمان در ارتباط با عوامل مختلف پرداخته بودند. ۲ مطالعه، ارتباط بین شیوع و تشدید علائم تنفسی و دما، رطوبت نسبی و نرخ تهویه مکان‌های آموزشی را مورد بررسی قرار داده بودند و نشان دادند که تهویه و رطوبت نسبی با این علائم در ارتباط هستند. ۵ مطالعه نیز ارتباط آنها با علائم غیراختصاصی شایع در بین معلمان، مانند سردرد، استرس، مشکلات سینوسی، مشکلات آلرژیک و ... بررسی کرده بودند. نتایج نشان داد که شیوع این علائم بالا و در برخی موارد مرتبط با پارامترهای مذکور بوده است.

نتیجه‌گیری: علائم و اختلالات صوتی، تنفسی، علائم آلرژیک و سایر علائم غیراختصاصی درمیان معلمان شایع‌اند و می‌توانند با پارامترهای کیفیت محیط داخلی مکان‌های آموزشی (از جمله دما، رطوبت نسبی و نرخ تهویه) مرتبط باشند و لذا با کنترل و تنظیم این پارامترها در مقادیر توصیه شده، می‌توان از شیوع و یا تشدید آنها جلوگیری کرد.

کلمات کلیدی: مطالعه مروری، معلم، دما، رطوبت نسبی، تهویه، سلامتی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: s-omarish@razi.tums.ac.ir

مقدمه

در باور عامه مردم، معلمی از جمله مشاغل راحت، با درآمد قابل قبول و ریسک‌های سلامتی اندک محسوب می‌شود. اما به نظر می‌رسد این باور، چندان با یافته‌های علمی سازگار نباشد. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که میزان شیوع آسم در میان معلمان بیشتر از دیگر مشاغل غیرصنعتی و برابر با میزان شیوع آن در میان کارگران یقه آبی است (۲،۱). مشکلات اسکلتی عضلانی و عوارض روانی، مانند استرس شغلی، اضطراب و نیز فرسودگی شغلی در میان معلمان ابتدایی، از جمله مشکلات اثبات شده در شغل معلمی هستند (۴،۳). از نظر اختلالات صوتی نیز، معلمان به عنوان کسانی که صدا و صحبت کردن، ابزار اولیه آن‌ها برای انجام وظایف شغلی شان است، در معرض مخاطرات بیشتری، نسبت به جمعیت عمومی، هستند (۵).

چندین عامل که ویژه محیط مدارس و کلاس‌های درس هستند، می‌توانند بر سلامت معلمان اثرگذار باشند. کیفیت هوای داخلی در مدارس نسبت به دیگر مکان‌ها، مانند خانه‌ها و ساختمان‌های اداری، بسیار پایین‌تر است؛ چراکه به طور متوسط تراکم جمعیت در محیط‌های آموزشی، ۴ برابر محیط‌های اداری است (۶). در بسیاری از مدارس عمومی، سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه کارایی کافی را ندارند، معیوب هستند و یا به کلی وجود ندارند (۷). برای مثال، نصف مدارس آمریکا با مشکلات کیفیت هوای داخلی مواجه هستند (۸). این موارد باعث می‌شوند که پارامترهای مهم کیفیت هوای داخلی، مانند رطوبت نسبی، دما و نرخ تهویه، در مکان‌های آموزشی متغیر و از مقادیر توصیه شده فاصله داشته باشند.

براساس مقطع زمانی از سال که فعال هستند و نیز کیفیت فعالیت سیستم‌های تهویه مطبوع، محیط‌های آموزشی ممکن است با کاهش شدید رطوبت داخلی و یا افزایش شدید آن مواجه شوند که هر دو آن‌ها می‌توانند مشکلاتی را برای سلامت معلمان بوجود بیاورند (۹). در مطالعاتی که در محیط‌های غیرآموزشی صورت گرفته‌اند، ارتباط بین رطوبت بالا با بدتر شدن علائم آسم، سرفه،

خس خس سینه و عفونت قسمت‌های فوقانی سیستم تنفسی به اثبات رسیده است (۱۰). رطوبت پایین نیز با خشکی و تحریک پوست و غشاهای موکوسی در ارتباط است (۱۱). سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA)، مقدار مناسب رطوبت نسبی در مکان‌های آموزشی را بین ۵۰-۳۰ درصد و یا حداقل زیر ۶۰ درصد اعلام کرده است (۱۲). استاندارد ملی ایران نیز به شماره ۲۰۸۶ و تحت عنوان "بهداشت مدارس"، میزان رطوبت نسبی مناسب برای کلاس درس را ۷۰-۳۰ درصد بیان کرده است (۱۳). افزایش جهانی دمای هوا، باعث ایجاد تغییراتی در الگوهای اقلیمی شده است که اثرات نامطلوبی را بر سلامت عمومی تحمیل می‌کند (۱۴). این موضوع و مشکلات مرتبط با گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع، کنترل دما در محیط‌های سرپسته را در مقداری مطلوب، با چالش روبه رو کرده است. نشان داده شده است که دماهای بالا و پایین هوای داخلی، باعث اختلالات ناشی از نگرانی رخداد بیماری (Illness anxiety disorder) در افراد می‌گردد (۱۵). همچنین دمای بالای هوای داخلی باعث ایجاد علائمی شبیه به آنفولانزا در افراد شده (۱۵) و در مکان‌های آموزشی نیز با کاهش موفقیت تحصیلی ارتباط معنادار داشته است (۱۶). سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (به نقل از ASHRAE)، دمای مناسب در کلاس‌ها را برای دو فصل سرد و گرم در رطوبت نسبی ۶۰ درصد، به ترتیب ۱۹/۷ تا ۲۳/۳ و ۲۲/۷ تا ۲۵/۸ درجه سلسیوس اعلام کرده است (۱۲). در استاندارد ملی ایران، این مقدار به صورت کلی ۲۱-۱۸ درجه سلسیوس اعلام شده است (۱۳). نرخ تهویه مناسب، علاوه بر اینکه باعث گردش مقادیر مناسب هوا در محیط می‌شود، میزان آلاینده‌های هوا را تعدیل و میزان CO₂ را کاهش می‌دهد و در ایجاد راحتی دمایی و کنترل میزان رطوبت هوا نیز بسیار موثر است (۱۷). مطالعات نشان داده‌اند که نرخ تهویه مناسب در محیط‌های آموزشی، با موفقیت‌های تحصیلی ارتباط مستقیم دارد (۱۸). تهویه مناسب، دما و رطوبت محیط را نیز معتدل می‌کند، لذا شرایط را برای رشد عوامل بیماری‌زا نامطلوب کرده و از این طریق میزان ابتلا به بیماری‌های

AND ("health symptoms"[tiab] OR "thermal comfort"[tiab]))

Web of Science: TI AND AB= (("teacher" OR "school" OR "classroom") AND ("temperature" OR "humidity" OR "ventilation") AND ("health symptoms" OR "thermal comfort"))

محدوده زمانی مطالعه، از سال ۲۰۰۰ تا پایان ۲۰۲۲ بوده است. معیار ورود به مطالعه عبارت بود از اینکه مقاله مورد نظر یکی از جنبه‌های سلامتی و راحتی معلمان را در ارتباط با دما، رطوبت نسبی و تهویه مکان آموزشی، مورد بررسی قرار داده باشد، متن کامل آن در دسترس باشد و نیز به زبان انگلیسی نوشته شده باشد. برای اطمینان از نتایج جستجو، برای هر یک از مقالات بررسی شده در این مطالعه از گزینه‌های "related articles"، "similar articles" و "cited by" در Google Scholar و ResearchGate نیز استفاده شد. بررسی فرس‌های مقالات مرتبط، دیگر روش حصول اطمینان از درستی نتایج جستجو بود. پس از مشخص شدن مقالات اصلی، استخراج اطلاعات براساس چک لیسی که نمونه اولیه جدول ۲ بود، و به وسیله دو نفر، به صورت جداگانه، انجام گرفت. سپس داده‌های استخراجی باهم مقایسه و موارد اختلاف با بحث و دخالت نفر سوم، حل و فصل شد. ارزیابی کیفیت مقالات اصلی، با استفاده از چک لیست Newcastle-Ottawa و بوسیله دو نفر، به صورت جداگانه، انجام گرفت. در نهایت، نتایج ارزیابی کیفیت با هم مقایسه شدند و موارد اختلاف با بحث و گفتگو به سرانجام رسیدند. در این روش، مقالات در سه حیطه گسترده مورد قضاوت قرار می‌گیرند: "انتخاب گروه‌های مورد مطالعه"، "مقایسه پذیری" و "تعیین مواجهه و پیامد". در حیطه اول، که شامل آیتم‌های "گویابودن نمونه‌ها"، "حجم نمونه"، "عدم پاسخ‌دهی" و "تعیین میزان مواجهه/عامل خطر" است، مقالات حداکثر می‌توانند ۵ امتیاز دریافت کنند. به حیطه دوم حداکثر ۲ امتیاز تعلق می‌گیرد. حیطه سوم (نتایج) شامل آیتم‌های "ارزیابی پیامد" و "آنالیز آماری" است که حداکثر ۲ امتیاز به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین بعد از

واگیردار و غیبت‌های ناشی از آن را کاهش می‌دهد (۱۹). در استاندارد ملی ایران، نرخ تهویه مناسب در کلاس‌های درس ۴/۵-۶ لیتر بر ساعت اعلام شده است (۱۳). در حالی که سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا، با استناد به ASHRAE، حداقل مقدار تهویه مناسب برای کلاس درس را ۱۵ فوت مکعب بر دقیقه می‌داند (۱۲).

با توجه به آنچه گفته شد، معلمی شغلی با ریسک متوسط به بالا است و عوامل متعددی سلامت معلمان را تهدید می‌کنند. از جمله عوامل تهدیدکننده سلامت معلمان، استاندارد نبودن دما، رطوبت نسبی و تهویه محیط‌های آموزشی (محل کار معلمان) است. لذا مطالعه حاضر به منظور مرور یافته‌ها در ارتباط با اثرات دما، رطوبت نسبی و نرخ تهویه محیط مدارس بر وضعیت سلامتی معلمان انجام گرفته است.

روش کار

مطالعه حاضر، یک مطالعه مروری نظام مند است که به منظور بررسی اثرات دما، رطوبت نسبی و نرخ تهویه محیط‌های آموزشی، بر وضعیت سلامتی و راحتی حرارتی معلمان انجام گرفته است. با توجه به هدف پژوهش، PECO این مطالعه به قرار زیر است:

جمعیت (P): معلمان

مواجهه (E): دما، رطوبت و نرخ تهویه محیط آموزشی
مقایسه (C): ندارد

نتیجه (O): هر نوع اثری سلامتی که در معلمان گزارش شده است

جستجو برای مقالات مورد نظر، در پایگاه‌های PubMed و Web of Science، با استفاده از کلیدواژه‌های teacher, thermal, school, classroom, ventilation, humidity, temperature, symptoms health AND ("teacher"[tiab] OR "school"[tiab] OR "classroom"[tiab]) AND ("temperature"[tiab] OR "humidity"[tiab] OR "ventilation"[tiab])

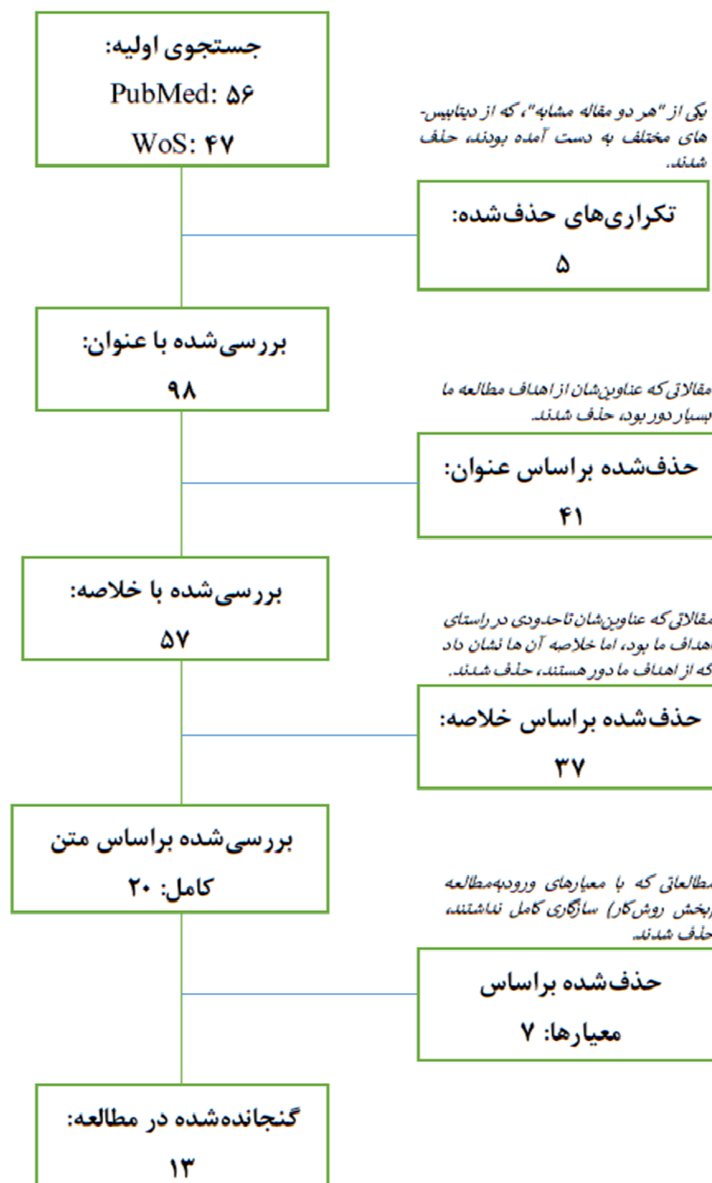
پایگاه‌های مذکور، به قرار زیر است:
PubMed: ((teacher[tiab] OR school[tiab] OR classroom[tiab]) AND (temperature[tiab] OR humidity[tiab] OR ventilation[tiab]))

به مرور آن‌ها پرداختیم؛ در مرحله بعد خلاصه مقالات باقی مانده را بررسی کردیم؛ سپس متن کامل مقالات باقی مانده از مرحله اخیر، مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، مقالات باقی مانده با معیار ورود به مطالعه مطابقت داده شد و ۱۳ مقاله وارد مطالعه ما شد. روند این بررسی‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. جدول ۱ نیز نتایج بررسی کیفیت مقالات بررسی شده را نشان می‌دهد.

اتمام بررسی‌ها، مطالعات از صفر (ضعیف‌ترین) تا ۹ (قوی‌ترین) امتیاز بندی می‌شوند (۲۰).

یافته‌ها

جستجوی اولیه به ۱۰۳ مقاله ختم شد (۵۶ مقاله از PubMed و ۴۷ مقاله از Web of Science). پس از حذف موارد تکراری، در مرحله اول، با استفاده از عنوان مقالات،



شکل ۱: روند مرور مطالعات

علائم و ناهنجاری‌های صوتی

ایجاد این ناهنجاری‌ها (مدت زمان مکالمه، فاکتورهای فیزیکی، فاکتورهای روانی-هیجانی و فاکتورهای محیطی) در اختیار شرکت کنندگان قرار داده شد و از آن‌ها خواسته شد که فاکتورهای مورد نظرشان را انتخاب کنند. ۶۵/۵ درصد از دانشجومعلم‌ان و ۴۶/۸ درصد از معلمان اعتقاد داشتند که رطوبت نسبی کلاس در ایجاد مشکلات صوتی موثر است. در ارتباط با دانشجومعلم‌ان این درصد معنادار بود ($p=0/020$). نظر ۵۵/۳ درصد از معلمان و ۴۰/۱ درصد از دانشجومعلم‌ان این بود که دمای کلاس در ایجاد ناهنجاری‌های صوتی موثر است، اما این هیچکدام از این درصدها از منظر آماری معنادار نبودند

از ۱۳ مقاله‌ای که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته‌اند، ۶ مطالعه به بررسی مشکلات مربوط به صدای معلمان (اختلالات صوتی) و تاثیر عوامل مختلف (از جمله دما، رطوبت نسبی و نرخ تهویه مکان آموزشی) بر آن‌ها پرداخته‌اند. در مطالعه‌ای که توماس و همکاران، با استفاده از پرسشنامه، در سال ۲۰۰۶ و در میان ۵۳۶ نفر از معلمان و دانشجومعلم‌ان ابتدایی زن در هلند انجام دادند، معلوم شد که ۳۹/۷ درصد از دانشجومعلم‌ان و ۵۸/۸ درصد از معلمان مورد بررسی، از نوعی از مشکلات صوتی رنج می‌برند. در ادامه، مجموعه‌ای از فاکتورهای محتمل در

جدول ۱: نتایج بررسی کیفیت مقالات

ردیف	نویسندگان/سال	فرآیند انتخاب			نتایج			
		گویا بودن نمونه‌ها	حجم نمونه	عدم پاسخ دهی	تعیین میزان مواجهه/عامل خطر	مقایسه پذیری	ارزیابی پیامد	نمره نهایی
۱	توماس و همکاران/۲۰۰۶ (۲۱)	*	**	---	*	*	*	۷
۲	اسلیوینسکا-کوالسکا و همکاران/۲۰۰۶ (۲۲)	*	**	*	*	**	*	۹
۳	دی‌مدیروس و همکاران/۲۰۰۸ (۲۳)	*	*	*	*	*	*	۷
۴	وان‌هوت و همکاران/۲۰۱۲ (۲۴)	*	*	*	*	*	*	۷
۵	کوتیوا و باردورف/۲۰۱۵ (۲۵)	*	*	*	*	*	*	۷
۶	تائو و همکاران/۲۰۲۰ (۲۶)	*	**	*	*	*	*	۸
۷	آنجلون گاتز و همکاران/۲۰۱۶ (۲۷)	*	**	*	*	*	*	۸
۸	کلودیو و همکاران/۲۰۱۶ (۲۸)	*	*	*	*	*	---	۶
۹	کیلب و همکاران/۲۰۱۵ (۲۹)	*	*	*	*	**	*	۸
۱۰	جاروی و همکاران/۲۰۱۸ (۳۰)	---	*	*	*	*	*	۶
۱۱	لین و همکاران/۲۰۲۰ (۳۱)	*	*	*	---	*	*	۶
۱۲	ردل-ماسیاس و همکاران/۲۰۲۱ (۳۲)	*	*	---	*	*	---	۵
۱۳	بویکس-ویلا و همکاران/۲۰۲۱ (۳۳)	---	*	---	*	*	*	۵

(۲۱). اسلیوینسکا-کوالسکا و همکاران نیز در سال ۲۰۰۶ در مطالعه‌ای مورد-شاهدی، به بررسی مشکلات صوتی در میان معلمان ابتدایی لهستان پرداختند. در این مطالعه، ۴۲۵ معلم ابتدایی زن و ۸۳ زن غیرمعلم (به عنوان کنترل)، با استفاده از پرسشنامه و تست‌های آزمایشگاهی، مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شیوع علائم صوتی در میان معلمان (۶۹ درصد) تقریباً دو برابر گروه کنترل (۳۶ درصد) است. همچنین میانگین تعداد علائم صوتی در میان معلمان (۳/۲۱) از گروه کنترل (۱/۹۸) فراتر بود. بررسی‌ها نشان داد که هیچ یک از مصادیق ناهنجاری‌های صوتی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته بودند، با پارامترهای محیطی، مانند دما و رطوبت نسبی کلاس، رابطه معناداری نداشتند و این موارد جزو ریسک فاکتورهای ایجادکننده و یا تشدیدکننده ناهنجاری‌ها به حساب نیامدند (۲۲). در سال ۲۰۰۸، در برزیل، مطالعه‌ای با استفاده از پرسشنامه در میان ۲۱۰۳ نفر از معلمان ابتدایی زن، انجام گرفت. پرسشنامه آن‌ها به گونه‌ای طراحی شده بود که با استفاده از پاسخ‌های داده شده به چند سوال توسط معلمان، احتمال وجود اختلال صوتی در سه سطح "نبود"، "ممکن" و "محتمل"، دسته بندی می‌شد. علاوه بر این، پرسشنامه شامل سوالاتی برای کشف علل احتمالی اختلالات صوتی در گروه‌های "دموگرافیک و اجتماعی"، "سلامت عمومی جسمی و روانی" و "سازمان و محیط کار" بود. نتایج نشان داد که ۳۳ درصد شرکت کنندگان از "نبود" اختلالات صوتی سخن گفته‌اند، ۱۵ درصد آن‌ها شیوع این اختلالات را "ممکن" دانسته‌اند و ۵۲ درصد، شیوع آن‌ها را "محتمل" اعلام کرده‌اند. بررسی فاکتورهای موثر نیز نشان داد که تهویه نامناسب، به صورت معناداری با شیوع‌های گزارش شده، ارتباط دارد (۲۳). مطالعه‌ای در بلژیک، در سال ۲۰۱۲، ۹۹۴ معلم از مقاطع مختلف را به صورت پرسشنامه‌ای مورد بررسی قرار داد. ۵۱/۲ درصد از آن‌ها، حداقل نوعی از اختلال صوتی را گزارش کردند (درحالی که شیوع این اختلالات در میان زنان (۵۶/۴ درصد) به صورت معناداری بیشتر از مردان (۴۰/۴ درصد) بود ($p = 0/017$). در بررسی

فاکتورهای موثر بر شیوع این اختلالات نیز مشخص شد که تغییرات دمایی در محیط کلاس، به صورت معناداری با شیوع آن‌ها ارتباط دارد ($p = 0/017$) (۲۴). مطالعه مقطعی و پرسشنامه‌ای که در میان ۶۲۱ معلم ابتدایی و ۶۱ غیر معلم در کلمبیا و در سال ۲۰۱۵ انجام گرفت، نشان داد که شیوع اختلالات صوتی در میان معلمان (۷۱ درصد) بیشتر از غیرمعلمان (۵۴ درصد) است. در بررسی فاکتورهای موثر بر این اختلالات، مشخص شد که دما و رطوبت نسبی کلاس، ارتباط معناداری با شیوع آن‌ها ندارند (۲۵). تائو و همکاران به تازگی مطالعه‌ای را در میان ۲۱۱ مربی مهدکودک و ۲۰۳ معلم ابتدایی در چین انجام داده‌اند. نتایج این مطالعه پرسشنامه‌ای نشان داد که میزان شیوع اختلالات صوتی در میان معلمان ابتدایی (۶۵/۵ درصد) به شکل معناداری بیشتر از مربیان مهدکودک (۵۹/۷ درصد) است. همچنین، رطوبت نسبی کلاس درس به عنوان یکی از فاکتورهای موثر بر اختلالات صوتی تشخیص داده شد و ۶۴/۳ درصد از شرکت کنندگان اعلام کردند که رطوبت نسبی کلاس تاثیر منفی روی صدای آن‌ها دارد و سطح رطوبت نسبی کلاس با شیوع اختلالات صوتی در میان شرکت کنندگان، ارتباط معنادار داشت (۲۶). به طور خلاصه، نتایج این ۶ مطالعه نشان می‌دهند که میزان شیوع اختلالات صوتی در میان معلمان بیشتر از جمعیت عمومی و غیرمعلمان است. معلمان ابتدایی بیشتر از سایر مقاطع مورد بررسی قرار گرفته‌اند (و احتمالاً میزان شیوع اختلالات صوتی در میان معلمان ابتدایی بیشتر از معلمان سایر مقاطع است) و همچنین، میزان شیوع این اختلالات در میان معلمان زن بیشتر از مردان است. به نظر می‌رسد می‌توان فاکتورهای دما، رطوبت نسبی و تهویه محیط آموزشی را از عوامل احتمالی ایجاد و یا تشدید این اختلالات در نظر گرفت.

علائم و مشکلات تنفسی

مطالعه آنجلون گاتز و همکاران در میان ۱۲۲ معلم ابتدایی در سال ۲۰۱۶ نشان داد که مواجهه طولانی مدت با رطوبت نسبی بالا یا پایین، ریسک بروز علائم تنفسی را در

دما و رطوبت نسبی مرتبط بوده اند. علائم آلرژیک، برای هردو گروه، معلمان (۴۵/۷ درصد) و دانش آموزان (۲۳/۳ درصد)، شایعترین علائم بودند (۳۰). در مطالعه لین و همکاران، علائم سلامتی‌ای که می‌توانستند مرتبط با وضعیت ساختمان باشند (عطسه، تحریک گلو، تحریک چشم، تحریک پوست، سردرد، آلرژی، خس خس سینه، سرفه بدون سرماخوردگی، مشکلات سینوسی، آنفلوآنزا/ سرماخوردگی پی درپی، خستگی، عدم تمرکز، تهوع و حملات آسمی)، در میان ۵۰۱ نفر از معلمان ابتدایی نیویورک مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از آن‌ها در مورد شرایط محیط کاری‌شان سوال شد. ۷۷/۸ درصد از معلمان گزارش کرده بودند که توانایی تنظیم دمای کلاس را ندارند. بیش از ۵۰ درصد آن‌ها اعلام کردند که در طول کار، علائم‌شان بدتر می‌شود. ۲۲/۲ درصد از معلمان هوای کلاس را "بسیار خشک" معرفی کرده بودند که از نظر آماری با علائم مرتبط با آلرژی، ارتباط معنادار داشت (۳۱). در مطالعه‌ای که در اسپانیا و بوسلیه ردل-ماسیاس و همکاران در بین ۱۸۳ معلم رقص انجام گرفت، مشخص شد که مهمترین مشکلاتی که معلمان رقص با آن‌ها روبه‌رو هستند، عبارت‌اند از ناراحتی عمومی (۵۸/۹۰ درصد)، سردرد (۵۵/۴۰ درصد)، مشکلات صوتی (۵۲/۰۰ درصد) و استرس (۵۱/۴۰ درصد). هرچند، ارتباط معناداری بین این مشکلات و شرایط محیط کار از لحاظ دما، رطوبت نسبی و تهویه مشاهده نشد؛ اما درکل مشخص شد که محیط‌های بررسی شده، برای این فعالیت، به‌ویژه در طول تابستان، مناسب نیستند (۳۲). با توجه به نتایج مطالعات این قسمت و قسمت قبلی (علائم و مشکلات تنفسی)، به نظر می‌رسد بتوان علائم مربوط به راه‌های تنفسی را مربوط به پارامترهای مانند خشکی هوا، دمای بالا و عدم تهویه مناسب دانست. همچنین دیگر علائم آلرژیک و سردردها دیگر کاندیدهای ارتباط با پارامترهای هوای محیط‌های آموزشی هستند.

جدول ۲، خلاصه‌ای از ۱۳ مطالعه بررسی شده را در اختیار قرار می‌دهد.

میان معلمان افزایش می‌دهد. آن‌ها با بررسی علائم تنفسی گزارش شده توسط معلمان در طول زمان مطالعه و مقایسه آن‌ها با مقادیر رطوبت نسبی ثبت شده در کلاس‌ها، به این نتیجه رسیدند که مواجهه با رطوبت بالای ۵۰ درصد و یا زیر ۳۰ درصد در کلاس‌های درس، ریسک بیشتری را برای بروز علائم تنفسی، نسبت به رطوبت ۳۰-۵۰ درصد، تحمیل می‌کند (۲۷). مطالعه دیگری که به بررسی علائم تنفسی معلمان پرداخته بود، مطالعه کلودیو و همکاران بود که در سال ۲۰۱۶ و در میان ۷۹۷ معلم ابتدایی در آمریکا انجام گرفته بود. این مطالعه نشان داد که تهویه نامناسب کلاس درس (نبود پنجره در کلاس و یا عدم امکان بازکردن پنجره‌های موجود، به عنوان ملاک تهویه نامناسب در نظر گرفته شده بود)، با شیوع علائم تنفسی در میان معلمان ارتباط معنادار دارد (۲۸). با توجه به تعداد کم مقالات در این زمینه، نمی‌توان با قطعیت درباره نقش پارامترهای هوای محیط آموزشی بر علائم تنفسی معلمان، نظر داد؛ اما نتایج این دو مطالعه به گونه‌ای است که بررسی‌های بیشتر در این زمینه را ایجاب می‌کند.

علائم غیراختصاصی

در سال ۲۰۱۵، کیلب و همکاران با استفاده از مصاحبه تلفنی، ۵۰۱ نفر از معلمان ابتدایی را در مطالعه خود شرکت دادند. از معلمان درباره علائمی که احساس می‌کردند و نیز ویژگی‌های شغلی و کلاس‌های درس و مدرسه پرسیده شد. نتایج نشان داد که مشکلات سینوسی (۱۶/۸ درصد)، سردرد (۱۵/۰ درصد)، آلرژی/اگرگتی (۱۴/۸ درصد) و تحریک گلو (۱۴/۶ درصد) از شایع‌ترین علائم بین معلمان هستند. بررسی‌ها نشان داد که ریسک شیوع بسیاری از علائم بررسی شده، با بسته بودن دریچه‌های تهویه (عدم تهویه مناسب)، ارتباط معنادار دارد (۲۹). جاروی و همکاران در مطالعه خود در سال ۲۰۱۸ بر روی ۱۰۵ معلم و ۱۲۶۴ دانش‌آموز فنلاندی، با استفاده از یک پرسشنامه آنلاین، به این نتیجه رسیدند که مشکلات و علائم معلمان بیشتر از دانش‌آموزان با

جدول ۲: خلاصه مقالات بررسی شده

خلاصه نتایج	ابزار مطالعه	نوع مطالعه	شركت کنندگان	فاکتورهای محیطی مورد بررسی	کشور/سال	نویسندگان	اثرات مورد بررسی
دانشجومعلم ها، در مقایسه با معلمان ابتدایی، بیشتر معتقد بودند که رطوبت کلاس ها روی صدای آن ها تاثیر منفی دارد ($p=0.020$)	پرسشنامه	مقطعی	۴۵۴ دانشجومعلم و ۸۲ معلم ابتدایی	دما، رطوبت	هند/۲۰۰۶	توماس و همکاران (۲۱)	توماس و همکاران (۲۱)
رابطه معناداری بین متغیرهای محیطی مانند رطوبت و دمای کلاس، با شیوع علام صوتی در معلمان یافت نشد.	پرسشنامه/معاینه	نمونه-شاهد	۴۲۵ معلم ابتدایی و غیرمعلم	دما، رطوبت	لهستان/۲۰۰۶	اسلویینسکا-کوالسکا و همکاران (۲۲)	اسلویینسکا-کوالسکا و همکاران (۲۲)
تپویه نامناسب در کلاس درس، به صورت معناداری با نرخ ناهنجاری های صوتی، از رطوبت داشت.	پرسشنامه	مقطعی	۱۱۰۳ معلم ابتدایی	تپویه	برزیل/۲۰۰۸	دی مندروس و همکاران (۲۳)	دی مندروس و همکاران (۲۳)
از میان فاکتورهای محیطی مورد بررسی، دمای کلاس به صورت معناداری با شیوع اختلالات صوتی در میان معلمان، ارتباط داشت.	پرسشنامه	مقطعی	۹۹۴ معلم از همه مقاطع	دما، تپویه	پاریس/۲۰۱۲	وان هوت و همکاران (۲۴)	وان هوت و همکاران (۲۴)
ارتباط معناداری بین شیوع اختلالات صوتی و مقادیر اندازه گیری شده دما و رطوبت کلاس، مشاهده نشد.	پرسشنامه	مقطعی	۶۲۱ معلم ابتدایی و ۶۱ غیرمعلم	دما، رطوبت	کلمبیا/۲۰۱۵	کوتیوا و باذوروف (۲۵)	کوتیوا و باذوروف (۲۵)
۶۴٪ درصد از شرکت کنندگان اعلام کردند که رطوبت کلاس تاثیر منفی روی صدای آن ها دارد. سطح رطوبت کلاس با شیوع اختلالات صوتی در میان شرکت کنندگان، ارتباط معنادار داشت.	پرسشنامه	مقطعی	۲۱۱ مربی مهدکودک و ۲۰۳ معلم ابتدایی	رطوبت	چین/۲۰۲۰	تاو و همکاران (۲۶)	تاو و همکاران (۲۶)
مواجهه طولانی مدت با رطوبت بالا و یا پایین در محیط کلاس، با افزایش علام تنفسی در میان معلمان ارتباط دارد (از لحاظ آماری معنادار نبود).	پرسشنامه و معاینه	Follow-up	۱۲۲ معلم ابتدایی	رطوبت	آمریکا/۲۰۱۶	آنجلون گاتز و همکاران (۲۷)	آنجلون گاتز و همکاران (۲۷)
"گذاشتن پنجره" و یا "گذاشتن پنجره هایی که باز نمی شوند"، با شیوع علام تنفسی در میان معلمان ارتباط معنادار داشت.	پرسشنامه	مقطعی	۷۹۷ معلم ابتدایی	تپویه	آمریکا/۲۰۱۶	کلودیو و همکاران (۲۸)	کلودیو و همکاران (۲۸)
شایع ترین علامت گزارش شده عبارت بود از مشکلات سینوسی (۱۶/۸ درصد)، سردرد (۱۵/۰ درصد)، آرنجی آگونی (۱۴/۸ درصد) و تحریک گلو (۱۴/۶ درصد). بررسی ها نشان داد که ریسک شیوع بسیاری از علامت، با بسته بودن دریچه های تپویه (عدم تپویه مناسب)، ارتباط معنادار دارد.	مصاحبه تلفنی	مقطعی	۵۰۱ معلم ابتدایی	تپویه	آمریکا/۲۰۱۵	کیلب و همکاران (۲۹)	کیلب و همکاران (۲۹)
۴۵/۷ درصد از معلمان و ۲۳/۳ درصد از دانش آموزان از وجود علامت آرنجیک خبر دادند. نتایج نشان داد که معلمان مشکلات و علامت مرتبط با دما و رطوبت بیشتری را نسبت به دانش آموزان گزارش کرده اند.	پرسشنامه آنلاین	مقطعی	۱۰۵ معلم و ۱۲۶۴ دانش آموز	دما، رطوبت	فنلاند/۲۰۱۸	چاروی و همکاران (۳۰)	چاروی و همکاران (۳۰)
۷۷/۸ درصد از معلمان گزارش کرده بودند که توانایی تنظیم دمای کلاس را ندارند. بیش از ۵۰ درصد آن ها اعلام کردند که در طول کار، علائمشان بدتر می شود. ۲۳/۲ درصد از معلمان هوای کلاس را "بسیار خشک" معرفی کرده بودند که از نظر آماری با علامت مرتبط با آرنجی، ارتباط معنادار داشت.	مصاحبه تلفنی	مقطعی	۵۰۱ معلم ابتدایی	دما، رطوبت	آمریکا/۲۰۲۰	لین و همکاران (۳۱)	لین و همکاران (۳۱)
مهمترین مشکلاتی که معلمان رقی به آن ها اشاره کردند، عبارت بودند از نازاحتی عمومی (۵۸/۹۰ درصد)، سردرد (۵۵/۴۰ درصد)، مشکلات صوتی (۵۲/۰ درصد) و استرس (۵۱/۴۰ درصد).	پرسشنامه/اندازه گیری محیطی	مقطعی	۱۸۳ معلم رقی	دما، رطوبت، تپویه	اسپانیا/۲۰۲۱	رلد ماسیاس و همکاران (۳۲)	رلد ماسیاس و همکاران (۳۲)
نتایج نشان داد که میان دما و احساسات معلمان و نیز درک آن ها از رفتار دانش آموزان و نیز عملکرد دانش آموزان، ارتباط معنادار وجود دارد. به این صورت که دماهای بالا با ایجاد احساسات منفی در معلمان، درک نادرست از رفتار دانش آموزان و کاهش عملکرد دانش آموزان، ارتباط داشت.	پرسشنامه/اندازه گیری محیطی	مقطعی	۲۵ معلم ابتدایی	دما، رطوبت	اسپانین/۲۰۲۱	بویکس ویلا و همکاران (۳۳)	بویکس ویلا و همکاران (۳۳)

کیفیت محیط داخلی (IEQ^۱) همه اماکنی که انسان در آن زندگی یا کار می‌کند، از اهمیت بسیاری برخوردار است. مهمترین عوامل دخیل در کیفیت محیط داخلی، عبارت از رطوبت نسبی، دما و نرخ تهویه هستند. IEQ ضعیف علاوه بر اینکه می‌تواند منجر به مشکلات سلامتی متعددی شود، بر راحتی حرارتی نیز تأثیر گذار خواهد بود (۳۴). از آنجایی که تراکم جمعیت در مکان‌های آموزشی بیشتر از اماکن مسکونی و اداری است، اهمیت پارامترهای IEQ در این مکان‌ها چندین برابر می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که علاوه بر مشکلات سلامتی و کاهش راحتی حرارتی، تمرکز و عملکرد دانش آموزان و معلمان نیز در ارتباط با پارامترهای ضعیف IEQ کاهش می‌یابد (۱۲، ۳۵). معلمین به عنوان نیروی اصلی شاغل در مکان‌های آموزشی، به صورت شغلی در معرض این پارامترها هستند و سلامتی، راحتی و عملکرد آن‌ها متاثر می‌شود. لذا مطالعه حاضر به منظور بررسی تحقیقات انجام شده در مورد تأثیر این پارامترها بر سلامتی و راحتی معلمان در محیط‌های آموزشی انجام گرفته است.

معلمی از جمله مشاغلی است که صحبت کردن و استفاده از صدا، ابزار اصلی کار آن‌ها محسوب می‌شود. طبیعی است که مشکلات صوتی درمیان آن‌ها شایع باشد. تخمین‌ها نشان می‌دهند که میزان شیوع این اختلالات در جمعیت عمومی، ۶ تا ۱۵ درصد است. با لحاظ کردن معلمان در جمعیت عمومی، این میزان به ۲۰ تا ۵۰ درصد افزایش می‌یابد؛ درحالی که در میان فقط جمعیت معلمان، شیوع این اختلالات بالای ۸۰ درصد است (۳۶). اما اینکه چه دلایلی می‌تواند این مشکلات صوتی را ایجاد و یا تشدید کند، همچنان درحال بررسی است. از دیگر مشاغلی که افراد را در معرض خطر ابتلا به اختلالات صوتی قرار می‌دهند، می‌توان به فروشنده‌گی، خوانندگی، فعالیت‌های سیاسی و مذهبی و انواع مشاوره‌ها اشاره کرد (۳۷). اما شیوع این اختلالات در میان معلمان بیشتر از همه مشاغل دیگر است (۳۸). ۶ مطالعه از ۱۳ مطالعه

1. Indoor air quality

بررسی شده، به بررسی این مشکلات و عوامل موثر در ایجاد و یا تشدید آن‌ها (دما، رطوبت، تهویه) پرداخته بودند. جمعیت مورد مطالعه در مطالعات مذکور، بالغ بر ۵۰۹۳ نفر بودند که حداقل ۴۰۹۹ نفر از آن‌ها از معلمان زن مقاطع ابتدایی و مهدکودک بودند. تنها یک مطالعه به بررسی معلمان همه مقاطع و از هر دو جنس پرداخته بود (۶۷۰ معلم زن و ۳۲۴ معلم مرد از همه مقاطع) (۲۴). دلیل اینکه همه این مطالعات (به جز یک مطالعه) معلمان و مربی‌های زن را مورد مطالعه قرار داده اند، می‌تواند این واقعیت باشد که مطالعات نشان داده‌اند میزان شیوع اختلالات صوتی با جنسیت ارتباط معنادار دارد و این اختلالات در میان زنان بیشتر از مردان هستند (۳۹، ۲۴). البته عاملی مانند همکاری کمتر (عدم همکاری) معلمان مرد با چنین مطالعاتی نیز می‌تواند در انتخاب افراد مورد مطالعه موثر باشد. از دیگر سو، اکثر معلمان دوره‌های ابتدایی زنان هستند چون تدریس این دوره‌ها نیازمند بردباری و صبر بیشتری است و زنان بیشتر از مردان دارای این ویژگی‌ها هستند. اما این حقیقت نمی‌تواند و نباید دلیل محکمی بر کم توجهی به مشکلات صوتی معلمان مرد باشد و این را می‌توان یک شکاف مطالعاتی در این زمینه در نظر گرفت که نیاز است مورد توجه محققان قرار گیرد. از دیگر سو، اکثر معلمان شرکت‌کننده در این ۶ مطالعه، از میان معلمان ابتدایی و یا مربیان مهدکودک انتخاب شده بودند. اهمیت و سختی آموزش در سالهای اولیه تحصیلی و به تبع آن اهمیت سلامت معلمان این دوره، بر کسی پوشیده نیست؛ اما نباید به نادیده گرفتن سلامت صوتی معلمان سایر مقاطع تحصیلی منجر شود. لذا در مطالعات آتی، بهتر است سلامت صوتی معلمان همه مقاطع و از هر دو جنس مورد بررسی قرار گیرد تا حجم کافی ای از شواهد برای برنامه‌ریزی‌های آینده در اختیار سازمان‌های ذی‌ربط قرار گیرد. در دو مطالعه‌ای نیز که به صورت مورد-شاهد صورت گرفته بود، شیوع این علائم در بین معلمان (مورد) به شکل معناداری بیشتر از شاهدان بود (۶۹ درصد در مقابل ۳۴ درصد و ۷۱ درصد در مقابل ۵۴ درصد) (۲۵، ۲۲). فاکتورهای مختلفی در ارتباط با این

اختلالات، در مطالعات بررسی شده، معنادار بودند که در قسمت نتایج به آن‌ها اشاره شد. در یک مطالعه مروری در سال ۲۰۱۴، نشان داده شد که ساعات کاری زیاد، تعداد زیاد دانش آموزان در هر کلاس، سروصدای محیطی و تسهیلات ناکافی در کلاس‌ها (از جمله تهویه مطبوع)، از مهمترین علل شیوع بالای مشکلات صوتی در میان معلمان هستند (۳۶). تنوع بالای فاکتورهای معنی‌دار، نشان می‌دهد که هنوز حجم شواهد برای نتیجه‌گیری درباره علل اصلی این اختلالات کافی نیست. اما هر سه فاکتور دما، رطوبت نسبی و نرخ تهویه، حداقل در یکی از مطالعات، با شیوع و یا تشدید اختلالات صوتی در میان معلمان ارتباط معنادار داشته‌اند. این نشان می‌دهد که این فاکتورها در بررسی نحوه مدیریت اختلالات صوتی در میان معلمان می‌بایست در نظر گرفته شوند و تعدیل و تنظیم آن‌ها در مقادیر توصیه شده، می‌بایست جزء اولویت‌های محیط‌های آموزشی قرار بگیرد.

مجاری تنفسی، برای اینکه فعالیت معمول خود را داشته باشند، می‌بایست همیشه مرطوب باشند. فعالیت در رطوبت نسبی پایین باعث خشکی مجاری تنفسی (بویژه مجاری فوقانی) خواهد شد و بر عملکرد معمول آن‌ها اثر منفی خواهد گذاشت. به همین شکل، رطوبت نسبی بسیار بالا نیز عملکرد معمول دستگاه تنفسی را با مشکل مواجه خواهد کرد که مهمترین دلیل آن تلاش بیشتر دستگاه تنفسی برای جذب اکسیژن در هوای اشباع از بخار آب است (۴۰، ۴۱). ارتباط بین میزان رطوبت نسبی و علائم و مشکلات تنفسی، در مشاغل و اماکن مختلفی بررسی شده است (۴۲، ۴۳). علائم تنفسی و بویژه آسم، در میان معلمان بسیار شایع هستند؛ به گونه‌ای که معلمی به عنوان یکی از مشاغل غیرکارگری با بیشترین شیوع مشکلات تنفسی، شناخته می‌شود (۴۰). از میان مقالات بررسی شده در مطالعه حاضر، دو مطالعه به بررسی مشکلات و علائم تنفسی معلمان و فاکتورهای موثر بر بروز و تشدید آن‌ها پرداخته بودند. در یکی از مطالعات، ارتباط بین رطوبت نسبی پایین (کمتر از ۳۰ درصد) و بالا (بیشتر از ۵۰ درصد) در کلاس، با

علائم شبه آسم و علائم آلرژیک و شبه سرماخوردگی به خوبی نشان داده شد (۲۷) که لزوم تنظیم رطوبت نسبی کلاس را در میزانی استاندارد، گوشزد می‌کند. در مطالعه دیگر، ارتباطی معنی‌دار بین نبودن/بازنبودن پنجره‌های کلاس (تهویه طبیعی نامناسب) و بروز علائم آسم و سرماخوردگی مشاهده شد. در این مطالعه همچنین وجود گردوغبار قابل مشاهده، با علائم تنفسی مختلفی ارتباط معنادار داشت (۲۸). ارتباط میان تهویه نامناسب کلاس درس و علائم تنفسی، پیش‌از این در بین دانش آموزان نیز بررسی و نشان داده شده بود (۴۴). از آنجایی که در هر دو مطالعه مورد بررسی، ارتباط بین شیوع و تشدید علائم تنفسی با رطوبت نسبی و تهویه مکان آموزشی معنادار بود و مطالعات پیشین نیز این ارتباط را تصدیق می‌کنند، به نظر می‌رسد، محیط‌های آموزشی، مستعد ایجاد و یا بدتر کردن علائم تنفسی در میان معلمان و دانش آموزان باشند؛ لذا تنظیم رطوبت نسبی و تهویه این اماکن در مقادیر توصیه شده توسط سازمان‌های ذی‌ربط، می‌تواند به کاهش علائم تنفسی در میان معلمان و دانش آموزان بیانجامد.

پرسشنامه‌های علائم غیراختصاصی، همیشه ابزار مناسبی برای ارزیابی‌های اولیه بوده‌اند. در سال‌های اخیر، علائم غیر اختصاصی در جمعیت‌های مختلف، مبنایی برای ارزیابی انواع استرسورها، مانند صدا (۴۵) و میدان‌های الکترو مغناطیس (۴۶) قرار گرفته‌اند (۴۷). از میان مطالعات بررسی شده، ۵ مطالعه به بررسی علائم و بیماری‌های غیراختصاصی در میان معلمان پرداخته بودند. سردرد و علائم آلرژیک، از مهمترین علائمی بود که معلمان گزارش کرده بودند و برخی این علائم را در ارتباط با بسته بودن دریچه‌های تهویه (عدم تهویه مناسب)، خشکی هوا (رطوبت نسبی نامناسب) و دما دانسته بودند. سندرم بیماری ساختمان، که در اماکن آموزشی و در میان معلمان و دانش آموزان شیوع آن نشان داده شده است، نیز شامل علائم غیراختصاصی مرتبط با ویژگی‌های ساختمان، از جمله تهویه مطبوع، است (۴۸). به نظر می‌رسد بتوان علائم غیراختصاصی ذکر شده در ارتباط با

مطالعه که معلمان همه مقاطع را بررسی کرده بود و نیز مطالعه‌ای که مربیان رقص را مورد توجه قرار داده بود، مابقی مطالعات درباره معلمان ابتدایی بود و سایر مقاطع در نظر گرفته نشده بودند. با وجود تنوع در آموزش و وجود معلم برای کارها و مهارت‌های مختلف، همه مدارس بررسی شده عمومی (دولتی بودند)، به جز یک مورد (معلمان رقص در اسپانیا). با توجه به آنچه گفته شد، می‌توان گفت که معلمان با مشکلات متعددی در محیط کاری شان دست و پنجه نرم می‌کنند که شغل آن‌ها را به یکی از مشاغل با ریسک متوسط به بالا تبدیل کرده است. تاکنون استرسورهای مختلفی (از جمله دما، رطوبت نسبی و نرخ تهویه) برای این مشکلات بیان شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اما به راحتی و با وجود مطالعات کم در این زمینه نمی‌توان نقش قطعی برای هر یک از این استرسورها قائل شد. لذا نیاز به مطالعات بیشتر درباره ارتباط مشکلات معلمان و استرسورهای محیط کاری آن‌ها وجود دارد.

از جمله مهم‌ترین محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم دسترسی به پایگاه Scopus برای انجام جستجو، اشاره کرد؛ اما تلاش شد به روش‌هایی مانند بررسی رفرنس‌های مقالات یافت شده، امکان از دست رفتن مقالات مرتبط را به حداقل برسانیم.

نتیجه گیری

این بررسی سیستماتیک تأثیر دما، رطوبت نسبی و تهویه در محیط‌های آموزشی را بر سلامت معلمان بررسی کرد. یافته‌ها نشان می‌دهد که معلمان در معرض خطرات مختلف سلامتی از جمله اختلالات صوتی، علائم تنفسی و علائم غیر اختصاصی هستند. کیفیت نامناسب محیط داخلی (IEQ) در مدارس می‌تواند رفاه معلمان، رضایت شغلی و عملکرد کلی را به خطر بیندازد. بنابراین، اولویت بندی شرایط بهینه IEQ در محیط‌های آموزشی بسیار مهم است. تحقیقات آینده باید بر توسعه مداخلات و استراتژی‌هایی برای بهبود محیط کار معلمان، مانند تقویت سیستم‌های HVAC، اجرای اقدامات تهویه

دما، رطوبت و تهویه در مطالعات مورد بررسی را، در قالب سندرم بیماری ساختمان مورد بررسی قرار داد. از دیگر سو، بررسی ارتباط مقادیر اندازه‌گیری شده این پارامترها با علائم، نتایج بهتری نسبت به نوع خودگزارشی آن‌ها نشان داده است (۳۰).

در حال حاضر، بیش از ۵۶۰ هزار کلاس درس در کشور وجود دارد که از این تعداد بیش از ۳۱۰ هزار کلاس به مقطع ابتدایی اختصاص دارند. در این کلاس‌ها بیش از ۱۵ میلیون دانش‌آموز در حال تحصیل هستند که بیش از ۸ میلیون نفر از آن‌ها در دوره ابتدایی تحصیل می‌کنند. حدود ۱ میلیون معلم در این مدارس مشغول به تدریس هستند که ۵۳ درصد آن‌ها را بانوان تشکیل می‌دهند. همه این‌ها نشان می‌دهد که جمعیت زیادی در محیط‌های آموزشی زمان زیادی را می‌گذرانند و لازم است این محیط‌ها ویژگی‌های دمایی، تهویه‌ای و رطوبتی مناسبی داشته باشند تا معلمان و دانش‌آموزان دچار مشکلات سلامتی نشوند. این در حالی است که تعداد مطالعات انجام گرفته در این باره کم و دارای محدودیت‌های زیادی هستند. همه مطالعات بررسی شده (به جز یک مطالعه که follow up با دوره کوتاه بود) مقطعی بودند. اگرچه مطالعات مقطعی برای بررسی وجود علائم در بین جمعیت‌ها مطالعات مفیدی هستند، اما برای بررسی و اطمینان از مرتبط بودن علائم، اختلالات و بیماری‌ها با یک یا چند استرسور خاص، نیاز است از مطالعات کوهورت و follow up بلندمدت استفاده شود. به جز دو مطالعه که این موارد را اندازه‌گیری کرده بودند، مابقی مطالعات پارامترهای دما، تهویه و رطوبت نسبی را به صورت خودگزارشی (به شکل ناراحتی حرارتی) از معلمان پرسیده بودند. اگرچه این شیوه در مورد ناراحتی حرارتی درست و پذیرفته شده است، اما برخی نتایج نشان می‌دهد که پارامترهای اندازه‌گیری شده با همان پارامترها به صورت خودگزارشی، همبستگی ندارند (۲۷). لذا نیاز است ضمن توجه به ناراحتی حرارتی، از اندازه‌گیری‌های دقیق پارامترهای مذکور نیز غافل نشویم. به جز یک

ایجاد کنند. با شناخت تأثیر عوامل استرس زای محیط کار معلمان و انجام اقدامات پیشگیرانه، می‌توانیم از رفاه و رشد حرفه‌ای معلمان حمایت کنیم که در نهایت به نفع کل جامعه آموزشی است.

مناسب، و حفظ سطوح توصیه‌شده دما و رطوبت متمرکز شود. سیاست‌گذاران، مدیران مدارس و ذینفعان باید در بهبود زیرساخت‌ها و شرایط محیطی امکانات آموزشی سرمایه‌گذاری کنند تا محیط‌های آموزشی سالم‌تری

REFERENCES

- Eng A, T Mannelte A, Douwes J, Cheng S, McLean D, Ellison-Loschmann L, et al. The New Zealand workforce survey II: occupational risk factors for asthma. *Annals of Occupational Hygiene*. 2010;54(2):154-64.
- Mazurek JM, Filios M, Willis R, Rosenman KD, Reilly MJ, McGreevy K, et al. Work-related asthma in the educational services industry: California, Massachusetts, Michigan, and New Jersey, 1993–2000. *American Journal of Industrial Medicine*. 2008;51(1):47-59.
- Agyapong B, Obuobi-Donkor G, Burbuck L, Wei Y. Stress, burnout, anxiety and depression among teachers: a scoping review. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2022;19(17):10706.
- Abdul Rahim AA, Jeffree MS, Ag Daud DM, Pang N, Sazali MF. Factors Associated with Musculoskeletal Disorders among Regular and Special Education Teachers: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(18):11704.
- Roy N, Merrill RM, Thibeault S, Parsa RA, Gray SD, Smith EM. Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. 2004.
- Kinshella MR, Van Dyke MV, Douglas KE, Martyn JW. Perceptions of indoor air quality associated with ventilation system types in elementary schools. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 2001;16(10):952-60.
- Alexander D, Lewis L. Condition of America's Public School Facilities: 2012-13. First Look. NCES 2014-022. National Center for Education Statistics. 2014.
- Agency USEP. 2018 [Available from: <https://www.Epa.Gov/Schools-Air-Water-Quality/Healthy-Schools-and-Indoor-Air-Quality>].
- Angelon-Gaetz K, Richardson D, Lipton D, Marshall S, Lamb B, LoFrese T. The effects of building-related factors on classroom relative humidity among North Carolina schools participating in the Free to Breathe, Free to Teach study. *Indoor Air*. 2015;25(6):620-30.
- Fisk WJ, Eliseeva EA, Mendell MJ. Association of residential dampness and mold with respiratory tract infections and bronchitis: a meta-analysis. *Environmental Health*. 2010;9(1):1-11.
- Shaman J, Kohn M. Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009;106(9):3243-8.
- Agency USEP. Indoor Air Quality Tools for Schools Reference Guide, IAQ Tools for Schools Action Kit, EPA 402/K-07/008. 2009.
- INSO. Schools hygiene. Tehran: Iran National Standards Organization; 2002.
- Maliva R. Intergovernmental Panel on Climate Change and Global Climate Change Projections. *Climate Change and Groundwater: Planning and Adaptations for a Changing and Uncertain Future*: Springer; 2021. p. 71-88.
- Palumbo JR, Lin S, Lin Z, Neamtui IA, Zhang W, Csobod E, et al. Assessing associations between indoor environment and health symptoms in Romanian school children: an analysis of data from the SINPHONIE project. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018;25(9):9186-93.
- Haverinen-Shaughnessy U, Shaughnessy RJ. Effects of classroom ventilation rate and temperature on students' test scores. *PloS one*. 2015;10(8):e0136165.
- Lee S, Chang M. Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong. *Chemosphere*. 2000;41(1-2):109-13.
- Mendell M, Eliseeva E, Davies M, Lobscheid A. Do classroom ventilation rates in California elementary schools influence standardized test scores? Results from a prospective study. *Indoor Air*. 2016;26(4):546-57.
- Mendell MJ, Eliseeva EA, Davies MM, Spears M, Lobscheid A, Fisk WJ, et al. Association of classroom ventilation with reduced illness absence: A prospective study in California elementary schools. *Indoor Air*. 2013;23(6):515-28.
- Pastorino R, Milovanovic S, Stojanovic J, Efremov L, Amore R, Boccia S. Quality assessment of studies

- published in open access and subscription journals: results of a systematic evaluation. *PLoS One*. 2016;11(5):e0154217.
21. Thomas G, Kooijman PG, Cremers CW, de Jong FI. A comparative study of voice complaints and risk factors for voice complaints in female student teachers and practicing teachers early in their career. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2006;263(4):370-80.
 22. Sliwinska-Kowalska M, Niebudek-Bogusz E, Fiszer M, Los-Spychalska T, Kotylo P, Sznurowska-Przygocka B, et al. The prevalence and risk factors for occupational voice disorders in teachers. *Folia Phoniatr Logop*. 2006;58(2):85-101.
 23. de Medeiros AM, Barreto SM, Assunção AA. Voice disorders (dysphonia) in public school female teachers working in Belo Horizonte: prevalence and associated factors. *J Voice*. 2008;22(6):676-87.
 24. van Houtte E, Claeys S, Wuyts F, van Lierde K. Voice disorders in teachers: occupational risk factors and psycho-emotional factors. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2012;37(3):107-16.
 25. Cutiva LCC, Burdorf A. Effects of noise and acoustics in schools on vocal health in teachers. *NOISE & HEALTH*. 2015;17(74):17-22.
 26. Tao Y, Lee CT, Hu YJ, Liu Q. Relevant Work Factors Associated with Voice Disorders in Early Childhood Teachers: A Comparison between Kindergarten and Elementary School Teachers in Yancheng, China. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(9).
 27. Angelon-Gaetz KA, Richardson DB, Marshall SW, Hernandez ML. Exploration of the effects of classroom humidity levels on teachers' respiratory symptoms. *Int Arch Occup Environ Health*. 2016;89(5):729-37.
 28. Claudio L, Rivera GA, Ramirez OF. Association Between Markers of Classroom Environmental Conditions and Teachers' Respiratory Health. *J Sch Health*. 2016;86(6):444-51.
 29. Kielb C, Lin S, Muscatiello N, Hord W, Rogers-Harrington J, Healy J. Building-related health symptoms and classroom indoor air quality: a survey of school teachers in New York State. *Indoor Air*. 2015;25(4):371-80.
 30. Jarvi K, Vornanen-Winqvist C, Mikkola R, Kurnitski J, Salonen H. Online Questionnaire as a Tool to Assess Symptoms and Perceived Indoor Air Quality in a School Environment. *ATMOSPHERE*. 2018;9(7).
 31. Lin S, Lipton E, Lu Y, Kielb C. Are classroom thermal conditions, lighting, and acoustics related to teacher health symptoms? *Indoor Air*. 2020;30(3):544-52.
 32. Redel-Macias MD, del Rio C, Arezes P, Aparicio-Martinez P, Cubero-Atienza AJ. Environmental Conditions of Dance Rooms and Its Impact on Dance Conservatories Teachers' Health (An Andalusian Study). *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(10).
 33. Boix-Vilella S, Saiz-Clar E, León-Zarceño E, Serrano MA. Influence of air temperature on school teachers' mood and the perception of students' behavior. *Sustainability*. 2021;13(17):9707.
 34. de Gennaro G, Dambruoso PR, Lioi AD, Di Gilio A, Giungato P, Tutino M, et al. Indoor air quality in schools. *Environ Chem Lett*. 2014;12(4):467-82.
 35. Madureira J, Paciência I, Rufo J, Ramos E, Barros H, Teixeira JP, et al. Indoor air quality in schools and its relationship with children's respiratory symptoms. *Atmos Environ*. 2015;118:145-56.
 36. Martins RHG, Pereira ERBN, Hidalgo CB, Tavares ELM. Voice Disorders in Teachers. A Review. *J Voice*. 2014;28(6):716-24.
 37. Williams NR. Occupational groups at risk of voice disorders: a review of the literature. *Occup Med*. 2003;53(7):456-60.
 38. Niebudek-Bogusz E, Śliwińska-Kowalska M. An overview of occupational voice disorders in Poland. *Int J Occup Med Environ Health*. 2013;26:659-69.
 39. Hunter EJ, Tanner K, Smith ME. Gender differences affecting vocal health of women in vocally demanding careers. *Logop Phoniatr Vocolog*. 2011;36(3):128-36.
 40. Vaidya P, Kashyap S, Sharma A, Gupta D, Mohapatra P. Respiratory symptoms and pulmonary function tests in school teachers of Shimla. *Lung India*. 2007;24(1):6-10.
 41. Poland CA, Donaldson K. Chapter 9 - Respiratory System, Part One: Basic Mechanisms. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. *Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition)*: Academic Press; 2017. p. 225-42.
 42. Wolkoff P. Indoor air humidity, air quality, and health—An overview. *Int J Hyg Environ Health*. 2018;221(3):376-90.
 43. Jones ER, Cedeño Laurent JG, Young AS, Coull BA, Spengler JD, Allen JG. Indoor humidity levels and

- associations with reported symptoms in office buildings. *Indoor air*. 2022;32(1):e12961.
44. Mi Y, Norbäck D, Tao J, Mi Y, Ferm M. Current asthma and respiratory symptoms among pupils in Shanghai, China: influence of building ventilation, nitrogen dioxide, ozone, and formaldehyde in classrooms. *Indoor air*. 2006;16(6):454-64.
 45. Zijlema W, Morley D, Stolk R, Rosmalen J. Noise and somatic symptoms: A role for personality traits? *Int J Hyg Environ Health*. 2015;218(6):543-9.
 46. Baliatsas C, Bolte J, Yzermans J, Kelfkens G, Hooiveld M, Lebret E, et al. Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: An epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records. *Int J Hyg Environ Health*. 2015;218(3):331-44.
 47. Yzermans J, Baliatsas C, van Dulmen S, Van Kamp I. Assessing non-specific symptoms in epidemiological studies: Development and validation of the Symptoms and Perceptions (SaP) questionnaire. *Int J Hyg Environ Health*. 2016;219(1):53-65.
 48. Surahman U, Ray H, editors. Sick building syndrome and its effect on health of students and teachers in selected educational buildings in Bandung. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2020: IOP Publishing.