

The Factors the School Environment during the Teaching Process

Objektivizácia faktorov školského prostredia počas vyučovacieho procesu

Ivana Tureková^{1,*}, Jozef Harangozó¹

¹ Constantine the Philosopher University in Nitra, Faculty of Education, Department of Technology and Information technologies, Tr. A. Hlinku 1, 949 01 Nitra, Slovak Republic; email: iturekova@ukf.sk, harangozo@ukf.sk

* Corresponding author: iturekova@ukf.sk

Case Study

Received: December 10, 2020; Accepted: December 22, 2020; Published: December 31, 2020

Abstract

The internal climate of buildings is also partly maintaining the physical and mental health of students. The article deals with investigating an internal environment – the factors that affect creative work demanding concentration. There are microclimatic conditions, illumination during visually demanding work, noise, or chemical factors. Standardized research methods for measuring temperature, humidity, airflow, and illumination using the relevant device base were used to characterise these factors during the selected university classroom lessons. The results were compared with the limit values published in standards and legislation. The complex of these "external" factors influences psychological wellbeing, and might burden activities requiring information admittance, processing, concentrating and creativity. The psychological burden was assessed by a subjective method, such as a standardized questionnaire and its evaluation. The obtained results showed that there was a correlation between the external factors of the environment and the psychological well-being of the students. If the teacher knows the factors that affect his/her health and the health of students, he/she can predict their negative impact on performance and take preventive measures such that the factors of the internal environment are within the recommended limits. In practical life, this can mean achieving higher performance by managing environmental factors.

Keywords: indoor environment quality; lighting; microclimate; carbon dioxide; questionnaire

1 Introduction

People spend on average 80-95 % of their time indoors in different buildings; 62% at home, 25 % at work, at school, in administrative and purpose buildings and around 8% in vehicles [1], [2]. The basic user parameter of each building designed for long-term residence of people is the quality of the inner microclimate, which is defined as "thermal, light, acoustic comfort" [3]. These indoor building factors are described by physical or chemical variables. Their maintenance within

1 Úvod

Priemerne človek trávi 80 – 95 % svojho času vo vnútorných priestoroch rôznych budov; 62 % doma, 25 % v práci, v škole, v administratívnych a účelových budovách a približne 8 % v dopravných prostriedkoch [1], [2]. Základný užívateľský parameter každej stavby, určenej pre dlhodobý pobyt ľudí, je kvalita vnútornej mikroklimy, ktorá je definovaná ako „tepelná, svetelná, akustická pohoda“ [3]. Tieto faktory vnútorného prostredia budov sa popisujú fyzikálnymi alebo chemickými veličinami. Ich udržanie

the defined limits is a condition of the functionality of the buildings and the creation of a healthy environment for the human being, as well as for the technological process [4], [5]. The improvement of the quality of emerging and new buildings and thus contributing to disease prevention, health improvement, and satisfaction of target groups, requires an internal environment control system focusing on the factors most affected by the physiological effect (Fig.1) [6].

School buildings can have a significant impact on students and teachers' health and performance through their internal environment such as noise level, indoor temperature, air quality and light [7]. According to Heath et al. (2000), there has always been concern regarding the indoor environment of schools due to shortage of funding for school buildings, because poor environments have a greater impact on children than on adults [8], [9], [10].

v definovaných limitoch (medziach) je podmienkou funkčnosti budov a vytvorenie zdravého prostredia pre človeka, prípadne aj pre technologický proces [4], [5]. Zlepšiť kvalitu existujúcich a nových budov a prispieť tak k prevencii ochorení, zlepšenia zdravia a spokojnosti cieľových skupín si vyžaduje vytvoriť systém kontroly vnútorného prostredia so zameraním na faktory, ktoré najviac ovplyvňujú fyziologický efekt (Obrázok.1) [6].

Školské budovy môžu mať významný vplyv na zdravie a výkonnosť študentov a učiteľov prostredníctvom ich vnútorného prostredia, ako je napríklad hladina hluku, vnútorná teplota, kvalita vzduchu a svetlo [7]. Podľa Heath et al. (2000), vždy existovali úvahy týkajúce sa kvality vnútorného prostredia škôl z dôvodu nedostatku financií, pretože nevhodné vnútorné prostredie má väčší vplyv na deti ako na dospelých [8], [9], [10].

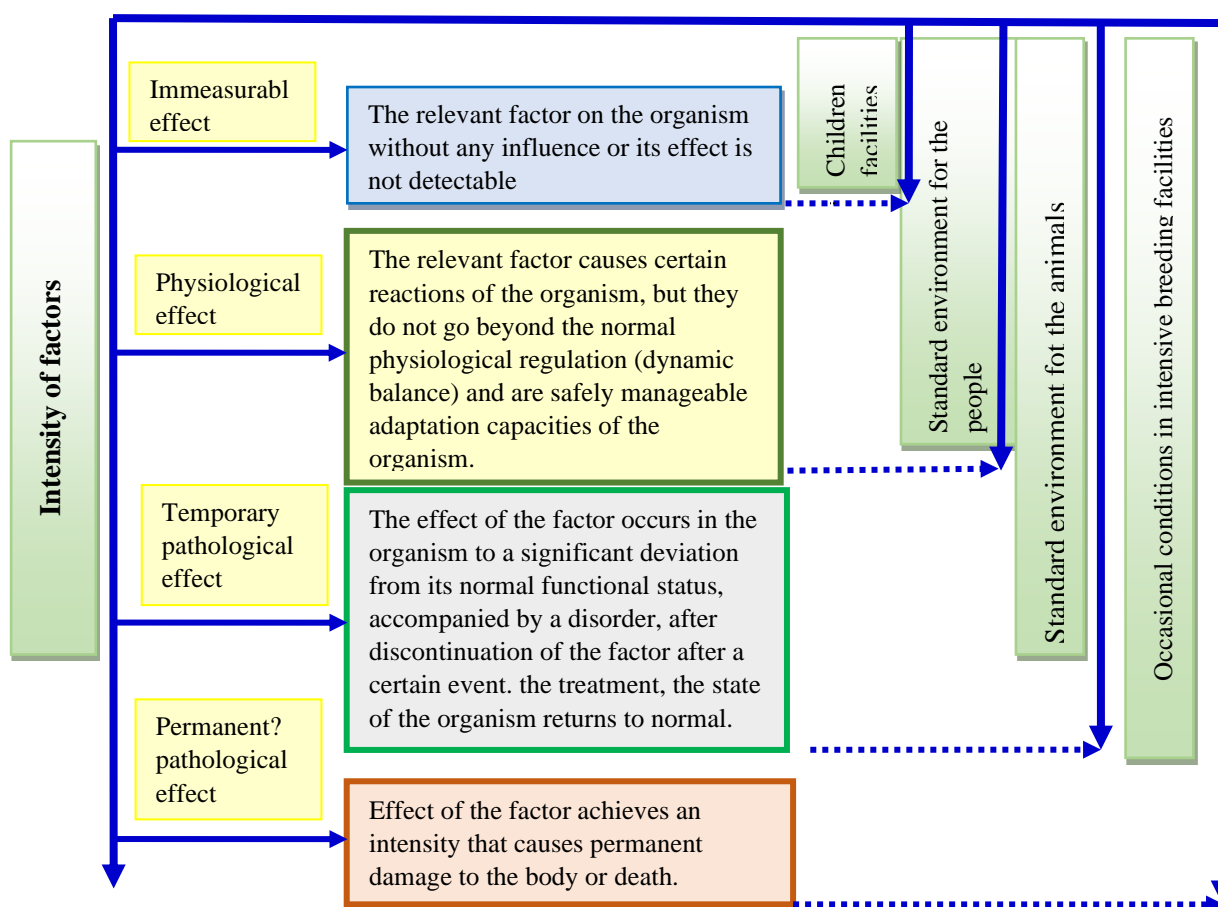
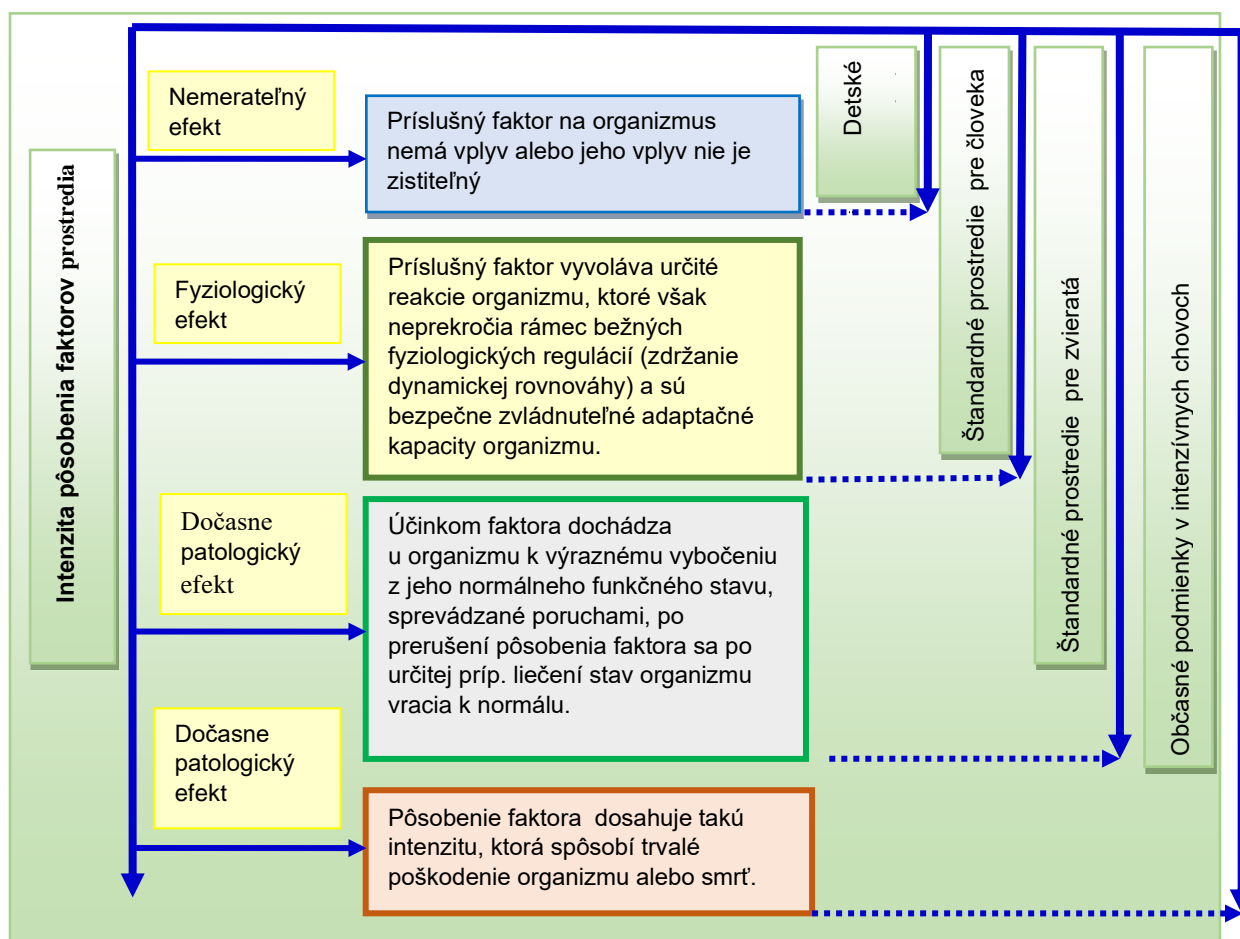


Fig. 1 Effects of environmental factors and their impact on human health [6]



Obr. 1 Pôsobenie faktorov prostredia a ich vplyv na zdravie človeka [6]

The SINPHONIE project was a pilot research project on health and the environment that monitored an indoor air in schools. 114 elementary schools from 23 European countries, including Slovakia, were involved in this project. The SINPHONIE project results analysis has confirmed that indoor air quality (IAQ) in schools is a very important issue and has an impact on children's health, including respiratory problems such as asthma and allergies, as well as attendance and performance. It has been found that indoor air pollution in schools is complex and variable and it can be of different origin (exterior, interior) and character (physical, chemical and biological). It can be caused by many sources (such as combustion processes, building materials or components, and consumer products). Air pollutants were found in classes in concentrations that in some cases exceeded WHO recommended values and which were detrimental to the health of schoolchildren [11], [12].

SINPHONIE projekt bol pilotný výskumný projekt v oblasti zdravia a životného prostredia, ktorý sledoval vnútorné ovzdušie v školách. Do tohto projektu bolo zapojených 114 základných škôl v 23 európskych krajinách vrátane Slovenska. Analýza výsledkov projektu SINPHONIE potvrdila, že (indoor air quality) IAQ v školách je veľmi dôležitou otázkou a má vplyv na zdravie detí vrátane dýchacích problémov ako sú napríklad astma a alergie, ako aj na školskú dochádzku a výkonnosť detí. Bolo zistené, že znečistenie vnútorného ovzdušia v školách je komplexné a premenlivé a môže byť rôzneho pôvodu (exteriér, interiér) a charakteru (fyzikálne, chemické a biologické). Môže byť spôsobené mnohými zdrojmi (ako sú spaľovacie procesy, materiály budov alebo komponenty a spotrebné produkty). Látky znečisťujúce ovzdušie boli zistené v triedach v koncentráciách, ktoré v niekoľkých prípadoch presiahli odporúčané hodnoty WHO, a ktorých koncentrácie boli škodlivé pre zdravie školákov [11], [12].

1.1 Physical and chemical factors in the school environment

Microclimatic or thermal-humidity conditions of an indoor building environment are determined by three basic physical factors:

- relative humidity,
- temperature a
- air flow [13], [14], [15].

An important role plays, depending on the difficulty of the work and the need for mental focusing, the lighting in the place of visual performance and noise. Other factors are physical factors such as the concentration of pollutants in the class (carbon dioxide, formaldehyde, benzene, volumes of organic compounds (VOC) and 2,5 μm dust particles, referred to as PM_{2.5}) and biological factors. The proportions of these factors determine the quality of the inner environment, the subjective feeling of well-being or the discomfort of a person [16], [17].

One of the basic conditions for a healthy environment in schools is adequate ventilation of the indoor environment. In schools, mostly fresh air gets into the building mostly in an unregulated way, through window and door joints or through joints in packaging constructions. During cold days it is necessary to provide natural ventilation by opening windows. To deal with the problem of air exchange in school buildings, the hygienic limits for the necessary amounts of air according to the season are applicable (Table 1).

1.1 Fyzikálne a chemické faktory v školskom prostredí

Mikroklimatické alebo inak nazvané tepelno-vlhkostné podmienky vnútorného prostredia budov sú určené tromi základnými fyzikálnymi faktormi:

- relatívnou vlhkosťou vzduchu,
- teplotou a
- prúdením vzduchu [13], [14], [15].

Významnú úlohu zohráva v závislosti od náročnosti práce a potreby psychického sústredenia aj osvetlenosť v mieste výkonu zrakovej úlohy a rovnako aj hlučnosť. Ďalším faktorom sú chemické faktory, ku ktorým patrí napríklad koncentrácia škodlivín v triede (oxid uhličitý, formaldehyd, benzén, VOC (Volatilaile organic compounds) a prachové častice o veľkosti 2,5 μm označované ako PM_{2.5} a biologické faktory. Pomerom týchto faktorov sa určuje kvalita vnútorného prostredia, subjektívny pocit pohody alebo nepohody človeka [16], [17].

Jednou zo základných podmienok zdravého prostredia v školách je dostatočné vetranie vnútorného prostredia. V školách sa väčšinou čerstvý vzduch dostáva do objektu zväčša neregulovaným spôsobom a to cez škáry okien a dverí alebo cez škáry v obalových konštrukciách. Počas chladných dní je potrebné zabezpečiť prirodzené vetranie otváraním okien. Pri riešení problému výmeny vzduchu v školských budovách platia hygienické limity pre nevyhnutné množstvá vzduchu podľa ročného obdobia (Tabuľka 1).

Tab. 1 Air exchange in the rooms of school buildings in the winter [18]

Tab. 1 Výmena vzduchu v priestoroch školských budov v zimnom období [18]

The purpose of the rooms / Účel priestoru	Temperature in winter / Teplota v zime (°C)	Air exchange / Výmena vzduchu		Type of ventilation / Druh vetrania
		(l.h ⁻¹)	(m ³ .h ⁻¹)	
Universal and vocational classrooms, classrooms for arts and music education / Univerzálne a odborné učebne, pracovne výtvarnej a hudobnej prípravy	20	3- 8	15 - 40	Natural – summer / Prirodzené - leto Forced suction – winter / Nútené odsávanie - zima
Offices / Kabinety	20	-	-	Natural / Prirodzené

Tab. 1 continue

Tab. 1 pokračovanie

The purpose of the rooms / Účel priestoru	Temperature in winter / Teplota v zime (°C)	Air exchange / Výmena vzduchu		Type of ventilation / Druh vetrania
		(l.h ⁻¹)	(m ³ .h ⁻¹)	
Universal and vocational classrooms, classrooms for arts and music education / Univerzálne a odborné učebne, pracovne výtvarnej a hudobnej prípravy	20	3- 8	15 - 40	Natural – summer / Prirodzené - leto Forced suction – winter / Nútené odsávanie - zima
Offices / Kabinety	20	-	-	Natural / Prirodzené
Professional workshops, laboratories / Odborné pracovne, laboratóriá	20	5 - 10	15 - 40	Forced / Nútené
Reading rooms and clubs / Čítárne a klubovne	20	3 - 5	20 - 30	Natural / Prirodzené
Toilets for students / WC pre žiakov	15	10	-	Natural / Prirodzené
Halls for stays and rests / Chodby pre pobyt a odpočinok	15	3 - 5	-	Natural / Prirodzené

The objectification of microclimatic conditions by physical factors in the school environment is carried out by measurements using thermometers, anemometers, psychrometers or moisture meters [19]. The values obtained are then compared with the limit values given in the legislation. Due to the heat and workload of an employee in the work environment, we can assess the physical load of the body through the following evaluations:

- physiological, based on the response of the body to the working environment, such as the heart rate, the amount of sweat excreted, the body temperature,
- technical-hygienic (predictive) when we predict the impact of microclimatic conditions in the work environment through individual indicators (e.g. air temperature) on the burden of the employee [20].

Objektivizácia mikroklimatických podmienok pomocou fyzikálnych faktorov v školskom prostredí sa realizuje meraním pomocou teplomerov, anemometrov, psychrometrov alebo vlhkomerov [19]. Získané hodnoty sa potom porovnávajú s limitnými hodnotami uvedené v legislatívnych predpisoch. Vzhľadom na tepelnú a pracovnú záťaž človeka v pracovnom prostredí môžeme posúdiť fyzické zaťaženie organizmu prostredníctvom nasledovných hodnotení:

- fyziologického, pri ktorom vychádzame z reakcie telesných ukazovateľov (napr. srdcová frekvencia, množstvo vylúčeného potu, telesná teplota) organizmu na pracovné prostredie,
- technicko-hygienického (predikčného), kedy predpovedáme prostredníctvom jednotlivých ukazovateľov (napr. teplota vzduchu) vplyv mikroklimatických podmienok v pracovnom prostredí na zaťaženie zamestnanca [20].

2 Methods

The aim of the assessment of the internal environment in a representative university classroom was to measure factors that significantly influence the quality of the teaching process. The factors were as follows:

- a) lighting,
- b) relative air humidity,
- c) the temperature,
- d) the concentration of carbon dioxide.

Measurement was performed by a light meter Testo 545 (Figure 2a). It was an extremely accurate measurement since the permissible deviation defined by the manufacturer was $\pm 2\%$ (according to DIN 5032, part 6).

The machine EXTECH® Anemometer AN 340 was used to objectify the temperature and relative humidity (Figure 2b). The concentration of carbon dioxide in the classroom was objectified with TESTO 315-3 CO / CO₂ (Figure 2c).

The measurement object was a classroom for exercise. Its location was in the reconstructed building of the Faculty of Education of the Constantine the Philosopher University in Nitra on the ground floor of a separate building. The basic characteristics of the representative classroom are shown in Table 2 and the internal layout is in Fig. 3.

Tab. 2 Parameters of classroom

Tab. 2 Základné parametre objektivizovanej učebne

Room / Označenie miestnosti	DRD00080
Dimensions / Rozmery	6,45 x 5,34 m x 3,19 m
Characteristic / Charakteristika	Classroom for Classical Exercise / Učebňa pre klasické cvičenie
Orientation / Orientácia	North / Sever
Locality / Lokalita	Side tract on the ground floor, in the middle of the building / Bočný trakt na prízemí, stred budovy
Number of windows and dimensions / Počet okien a rozmery	2 windows (1,75 x 2,07 m ²) / 2 okná (1,75 x 2,07 m ²)
Number of heaters and dimensions / Počet vykurovacích zariadení a rozmery	2 heaters (1,80 – 60,5 m ²) / 2 radiátory (1,80 – 60,5 m ²)
Number of light sources / Počet svetelných zdrojov	6 light sources / 6 svetidiel

2 Metódy

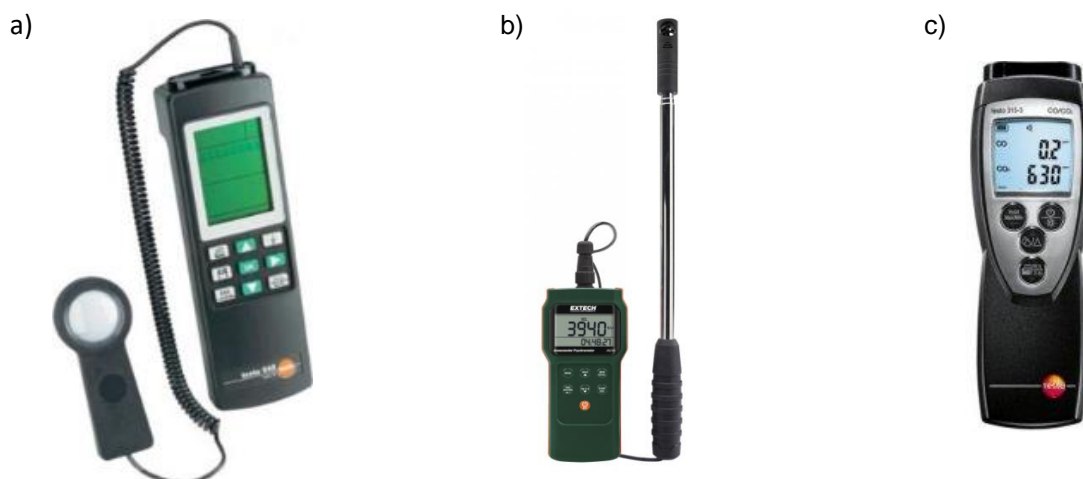
Cieľom posúdenia vnútorného prostredia v reprezentatívnej vysokoškolskej učebni bolo zmerať faktory, ktoré významnou mierou vplyvajú na kvalitu vyučovacieho procesu. Boli objektivizované tieto faktory:

- a) osvetlenosť,
- b) relatívna vlhkosť vzduchu,
- c) teplota,
- d) koncentrácia oxidu uhličitého.

Konkrétne meranie osvetlenosti bolo uskutočnené prístrojom Testo 545 (Obrázok 2a). Prípustná odchýlka definovaná výrobcom prístroja je $\pm 8\%$ (podľa DIN 5032, časť 6).

Merací prístroj EXTECH® - Anemometer AN 340 bol použitý na objektivizáciu teploty a relatívnej vlhkosti bol použitý (Obrázok 2b). Koncentrácia oxidu uhličitého v učebni bola objektivizovaná prístrojom TESTO 315 – 3 CO / CO₂ (Obrázok 2c).

Objektom meraní bola učebňa slúžiaca na cvičenie. Jej lokalizácia je v rekonštruovanej budove Pedagogickej fakulty Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre na prízemí samostatného traktu. Základné charakteristiky reprezentatívnej učebne sú uvedené v Tabuľke 2 a vnútorné usporiadanie je na Obrázku 3.

**Fig. 2** The devices used for measurementsa) Luxmeter Testo 545, b) Anemometer AN 340, c) The measuring device CO/CO₂**Obr. 2** Prístroje použité na meraniea) Luxmeter Testo 545, b) Anemometer AN 340, c) Prístroj na meranie CO/CO₂**Fig. 3** Spatial layout of the classroom**Obr. 3** Priestorové usporiadanie učebne

3. Results

3.1 The measurements of the daylight

The subject of the measurement was the total illuminance on the horizontal comparison plane at a height of 0,85 m above the floor. Illumination measurements were performed in March between 8,00 - 15,00. Throughout the room (total illumination), the illuminance was measured on a horizontal reference plane in a regular square or rectangular network of measuring points. The points were arranged in

3. Výsledky

3.1 Meranie denného svetla

Predmetom merania bola celková osvetlenosť na vodorovnej porovnávacej rovine vo výške 0,85 m nad podlahou. Meranie osvetlenosti bolo uskutočnené v marci 2019 medzi 8,00 – 15,00 hod. podľa STN EN 12464-1: 2012. V celej miestnosti (meranie celkového osvetlenia) sa merala osvetlenosť na vodorovnej porovnávacej rovine v pravidelnej

a floor plan so that the distance of the end points from the wall or boundary of the defined part represents half the distance between the points. In rooms with a floor area of less than 2 m², at least 2 measuring points are measured in the middle of the room (one measuring point), in rooms with an area of 2 to 6 m², at least 2 measuring points, from 6 to 10 m², at least 4 measuring points over 10 m². The distance of the measuring points from the walls or from obstacles exceeding the reference plane must not be less than 0,5 m. In our case, we established a network with 20 checkpoints [21]. The average daylight illuminance values are shown in Figure 4. At 11 o'clock, the illuminance reached its maximum value (507.4 lx). In the morning and afternoon the values were significantly lower (100 - 200 lx).

štvorcovej alebo obdĺžnikovej sieti meracích bodov, rozložených v pôdoryse tak, aby vzdialenosť krajných bodov od steny alebo hranice vymedzenej časti predstavovali polovicou vzdialenosti medzi bodmi. V miestnostiach s pôdorysnou plochou menej ako 2 m² sa stanovuje merací bod v strede miestnosti (jeden merací bod), v miestnostiach s plochou od 2 do 6 m² najmenej 2 meracie body, od 6 do 10 m² 3 meracie body, nad 10 m² najmenej 4 meracie body. Vzdialenosť meracích bodov od stien alebo od prekážok prevyšujúcich porovnávaciu rovinu nemá byť menšia ako 0,5 m. V našom prípade sme stanovili sieť s 20-timi kontrolnými bodmi [21]. Priemerné hodnoty osvetlenia pri dennom svetle sú uvedené na Obrázku 4. O 11,00 hodine dosahovala osvetlenosť maximálne hodnoty (507,4 lx). Ráno a popoludní boli hodnoty podstatne nižšie (100 - 200 lx). Meranie v každom bode bolo vykonané trikrát, zaznamenaný bol priemer týchto meraní.

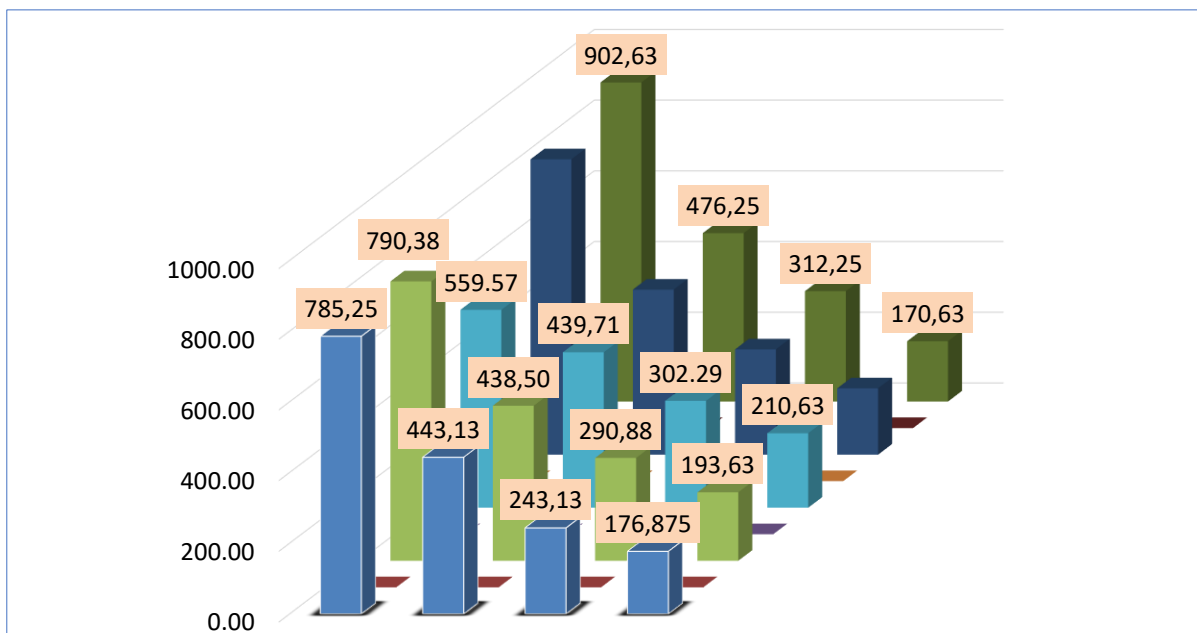


Fig. 4 Average daylight values in the classroom from 8 am to 3 pm in lx
(STN EN 2464-1: Light and Illumination)

Obr. 4 Priemerné hodnoty dennej osvetlenosti v učebni medzi 8:00 a 15:00 hodinou v lx
(STN EN 12464-1:2012 Svetlo a osvetlenie)

Tab. 3 Average illuminance values (\bar{E}), measurement uncertainty (U) and standard requirements

Tab. 3 Priemerné hodnoty osvetlenosti (\bar{E}), neistota merania (U) a požiadavky normy

\bar{E} (lx)	U (%)	$\bar{E} - U$ (lx)	$\bar{E} + U$ (lx)	Illumination requirements by / Požiadavky na osvetlenie podľa STN EN 12464-1
426,13	34,09	392,04	460,22	500 lx

The results showed the discrepancy of the illumination in the room with limit values. Therefore, it is necessary to use artificial light sources during the lessons.

3.2 Measurement of carbon dioxide, humidity and temperature

Measurements of carbon dioxide concentration, relative humidity and temperature were performed discontinuously in twenty-minute intervals during a 90-minute exercise when there were 19 people in the classroom. Windows and doors were closed to indicate an increase of carbon dioxide concentration. The first measurement took place before the lecture began in an empty classroom. The instrument recorded the minimum and maximum carbon dioxide values in ppm units (Table 4).

Tab. 4 Measurement results of concentration CO₂.

Tab. 4 Výsledky merania koncentrácie CO₂

Time of measurement / Čas merania	Minimal value CO ₂ / Minimálna hodnota CO ₂ (ppm)	Maximal value CO ₂ / Maximálna hodnota CO ₂ (ppm)	Mean value CO ₂ / Priemerná hodnota CO ₂ (ppm)	Temperature / Teplota (°C)	Relative humidity / Relatívna vlhkosť (-)
09:00	930	1050	990	24,4	42,5
09:20	1850	2030	1940	25,0	41,3
09:40	2080	2350	2215	25,7	42,9
10:00	3360	3750	3555	26,3	47,6
10:20	3680	3680	3680	26,8	49,8
10:40	4170	4250	4210	27,0	51,7

Výsledky poukazujú na nesúlad osvetlenosti v miestnosti s limitnými hodnotami. Preto je potrebné počas výučby používať umelé zdroje osvetlenia.

3.2 Meranie oxidu uhličitého, vlhkosti a teploty

Measurements of carbon dioxide concentration, relative humidity and temperature were performed discontinuously in twenty-minute intervals during a 90-minute exercise when there were 19 people in the classroom. Windows and doors were closed to indicate an increase of carbon dioxide concentration. The first measurement took place before the lecture began in an empty classroom. The instrument recorded the minimum and maximum carbon dioxide values in ppm units (Table 4).

Carbon dioxide greatly influences students' concentration and comfort. Table 5 shows the relationship between the CO₂ concentration and the organism's response for a given concentration.

Oxid uhličitý významnou mierou vplýva na sústredenosť a komfort študentov. Tabuľka 5 uvádza vzťah medzi koncentráciou CO₂ a odozvou organizmu pre danú koncentráciu.

Tab. 5 Effects of CO₂ on the organism depending on its concentration in the air

Tab. 5 Účinky CO₂ na organizmus v závislosti od jeho koncentrácie v ovzduší

CO ₂ in the air / CO ₂ vo vzduchu		Described effect on organism / Popis účinkov na organizmus
(ppm)	% (obj.)	
350 - 450	0,035 - 0,045	fresh air / čerstvý vzduch
600 - 1200	0,06 - 1,2	indoor air / izbový vzduch
>1000	> 0,1	fatigue and disturbance of concentration / únava a poruchy koncentrácie
1 200 - 2 000	1,2 – 2,0	feeling sleepy and tired / pocit ospalosti a únavy
3000	0,3	fatigue, drowsiness, deep breathing, hearing impairment and headache, increased blood pressure and pulse rate / únava, ospalosť, prehĺbené dýchanie, zhoršenie sluchu a bolesť hlavy, zvýšenie krvného tlaku a zrýchlenie pulzovej frekvencie
5 000	0,5	maximum average permissible exposure limit in working atmosphere / najvyššie prípustný expozičný limit priemerný v pracovnom ovzduší
10 000	1	accelerated breathing, hypoxia / zrýchlené dýchanie, hypoxia
40 000 – 50 000	4-5	respiratory rate is accelerating approximately four times, symptoms of poisoning and feeling of suffocation, acute hypercapnia / frekvencia dýchania je zrýchlená asi štvornásobne, príznaky otravy a pocit dusenia, akútna hyperkapnia
60 000 – 100 000	6 - 10	nausea, unconsciousness, death within a few minutes / nevoľnosť, bezvedomie, smrť v priebehu päť minút

Concentrations of about 0,1 % CO₂ in the air are found, for example, in a crowded lecture room with insufficient ventilation and causing drowsiness. Concentrations of more than 2 % may already show signs of chest pain, and breathing is getting worse. At a concentration of more than 5 %, CO₂ is directly toxic. The results highlighted the need for ventilation during teaching as well as the need to optimize the number of students relative to the classroom dimensions.

Measured temperature and relative air humidity values were compared with the optimum permissible microclimate conditions for the cold season and activity class (included

Koncentrácie okolo 0,1 % CO₂ vo vzduchu sú napríklad v zaplnenej prednáškovej miestnosti s nedostatočným vetraním a spôsobujú ospalosť. Pri koncentrácii viac ako 2 % sa môžu už vyskytnúť príznaky ako je ťažoba na hrudníku a začína sa prehlbovať dýchanie. Frekvencia dýchania sa zdvojnásobí pri koncentrácii 3 % a je štvornásobná pri koncentrácii CO₂ 5 %. Koncentrácie CO₂ okolo 5 % spôsobuje za 30 minút akútnu hyperkapniu, t.j. priamu intoxikáciu. Výsledky poukázali na potrebu vetrania aj počas výučby, ale aj na potrebu optimalizovať počet študentov vzhľadom na rozmery učebne.

in 1a) according to the Decree of the Ministry of Health of the Slovak Republic no. 544/2007 Coll. on details of the protection of health against heat and cold at work. The minimum room temperature measured during the classroom was 24,4 °C, i.e. it was within the permissible temperature range (18 – 26 °C). The maximum measured value during the lesson was 27 °C, that was higher than the maximum allowable temperature. The measurement showed that room temperatures did not meet the optimal temperature requirements for the cold season (20 – 24 °C) [23].

The minimum measured relative humidity in the classroom was 41.3 % and the maximum measured relative humidity in the classroom was 51.7%. Both measured values fall within the allowable relative humidity range for a cold period of the year.

3. 3 Questionnaire survey

A subjective method of evaluating the perception of the internal environment – questionnaire, was used. Respondents group included 15 students who had been taught and filled the questionnaire at the end of lesson. The questionnaire had 15 questions that clarify several areas of climate well-being in space during teaching and one open question. Respondents answered to individual questions according to the extent to which they agreed or disagreed on a 5-point Likert scale from yes, more yes, maybe, no more, no to no. The questionnaire was anonymous. The return rate of the completed questionnaires was 100%.

The aim was to determine the subjective attitude of students to the quality of the environment and to compare the perception of environmental factors with real values. The results of the questionnaire are in Table 6.

Namerané hodnoty teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu boli porovnané s optimálnymi prípustnými podmienkami mikroklimy pre chladné obdobie roka a triedy činnosti (zaradené do 1a) podľa Vyhlášky MZ SR č. 544/2007 Z. z. o podrobnostiach o ochrane zdravia pred záťažou teplom a chladom pri práci. Minimálna nameraná teplota v miestnosti počas priebehu vyučovania bola 24,4 °C, t.j. nachádza sa v rozsahu prípustnej povolenej teploty (18 - 26 °C). Maximálna nameraná hodnota počas vyučovania bola 27 °C, táto hodnota prevyšuje najvyššiu prípustnú hodnotu povolenej teploty. Meranie preukázalo, že hodnoty teploty v učebni nespĺňajú optimálne požiadavky na teplotu pre chladné obdobie roka (20 – 24 °C) [23].

Minimálna nameraná hodnota relatívnej vlhkosti vzduchu v učebni bola 41,3 % a maximálna nameraná hodnota relatívnej vlhkosti vzduchu v učebni boli 51,7 %. Obe namerané hodnoty sú v rozsahu prípustnej relatívnej vlhkosti vzduchu pre chladné obdobie roka.

3. 3 Dotazníkový prieskum

Bola použitá aj subjektívna metóda hodnotenia vnímania vnútorného prostredia - dotazník. Respondentmi bolo 15 študentov, ktorí absolvovali výučbu. Dotazník im bol rozdáný na konci vyučovacej hodiny. Obsahoval 15 otázok, ktoré objasňujú viacero oblastí klimatickej pohody v priestore počas výučby a jednu otvorenú otázku. Respondenti odpovedali na jednotlivé otázky podľa toho, do akej miery s nimi súhlasili alebo nesúhlasili na 5 bodovej Likertovej stupnici od stupňa áno, viac áno, možno, viac nie, až po nie. Dotazník bol anonymný. Návratnosť vyplnených dotazníkov bola 100 %.

Cieľom bolo zistiť subjektívny postoj študentov na kvalitu prostredia a komparáciu vnímania faktorov prostredia s reálnymi hodnotami. Výsledky dotazníka sú v Tabuľke 6.

Tab. 6 Results of the questionnaire survey

Tab. 6 Výsledky dotazníkového prieskumu

Gender / Pohlavie		Women / Ženy	5	Men / Muži	10	
	Yes / Áno	More yes / Viac áno	Maybe / Možno	More no / Viac nie	No / Nie	
1.	Are you satisfied with the intensity of lighting in the classroom? / Vyhovuje Vám intenzita osvetlenia v učebni?	7	6	2	0	0
2.	Do you think the value of 500 lux is sufficient to teaching? / Myslíte si, že hodnota 500 lx je dostatočná na vyučovanie?	4	2	9	0	0
3.	Do you think that ventilation in this room is necessary before teaching? / Je podľa Vás vetranie pred výučbou v tejto miestnosti potrebné?	10	5	0	0	0
4.	Does ventilation hinder you during class? / Prekáža Vám vetranie počas vyučovania?	3	2	0	3	7
5.	Does background noise affect your concentration? / Má okolitý hluk vplyv na Vašu sústredenosť?	9	1	3	0	2
6.	In your opinion, is a noise value of 40 dB permissible for teaching? / Je podľa Vás hodnota 40 dB prípustná pre vyučovanie?	4	4	6	1	0
7.	Does high classroom temperature affect your concentration during the lesson? / Má vysoká teplota v učebni vplyv na Vašu sústredenosť počas vyučovacej hodiny?	12	3	0	0	0
8.	In your opinion, is the heating of classrooms during the winter period sufficient? / Je podľa Vás vykurovanie učebni počas zimného obdobia dostatočné?	10	1	1	1	2
9.	Do you think that humidity affects your breathing? / Myslíte si, že vlhkosť vzduchu vplýva na Vaše dýchanie?	11	2	1	1	0
10.	Does the classroom environment be dusty? / Považujete prostredie učebne za prašné?	1	3	2	5	4

Tab. 6 continue

Tab. 6 pokračovanie

Gender / Pohlavie		Women / Ženy	5	Men / Muži	10	
	Yes / Áno	More yes / Viac áno	Maybe / Možno	More no / Viac nie	No / Nie	
11.	Does dust in your classroom cause breathing difficulties? / Spôsobuje u Vás prach v učebni ťažkosti s dýchaním?	3	0	4	4	4
12.	Do you think that higher CO ₂ values affect your study results, e.g. in handwriting? / Myslíte si, že vyššie hodnoty CO ₂ vplývajú na Vaše študijné výsledky napr. pri písomkách?	5	2	6	0	2
13.	Do you think that high CO ₂ values cause fatigue? / Myslíte si, že vysoké hodnoty CO ₂ spôsobujú únavu?	11	2	2	0	0
14.	In your opinion, does the value of CO ₂ increase with the number of students in the classroom? / Zvyšuje sa podľa Vás hodnota CO ₂ s počtom študentov v učebni?	10	2	3	0	0
15.	In your opinion, does the value of 2000 ppm (CO ₂) have a negative impact on concentration? / Má podľa Vás hodnota 2000 ppm (CO ₂) negatívny dopad na sústredenosť?	6	1	8	0	0
16.	Suggest measures to increase student comfort during lessons / Navrhните opatrenia na zvýšenie komfortu študentov počas výučby					

Results obtained from the output of measuring instruments and calculations from the questionnaire, we found that students mostly attribute significant factors to environmental factors, but do not know the possibilities of improving the indoor environment, because the open question was recommended measures such as more frequent opening windows and doors.. Only two responses were directed to the installation of the building's recuperation system.

13,3% of students answered "maybe" to the importance of lighting in the teaching process. however, even in answer to a control question about the knowledge of lighting in the

Spracovaním výsledkov získaných výstupom z meracích prístrojov a výpočtov z dotazníka sme zistili, že študenti zväčša faktorom prostredia pripisujú významnú mieru, avšak nepoznajú možnosti zlepšenia vnútorného prostredia, pretože v otvorenej otázke boli odporúčacie opatrenia, ako napríklad častejšie vetranie oknami a dverami. Iba dve odpovede boli smerované k inštalácii rekuperačného systému budovy.

13,3 % študentov odpovedalo „možno“ na významnosť osvetlenia pri výučbovom procese. Rovnako aj v odpovedi na kontrolnú otázku o znalosti osvetlenosti na pracovnom mieste pri

workplace in visually demanding work, up to 60 % of students expressed themselves vaguely on the set limit.

53,3% of respondents could not comment on the value of 2000 ppm and the relationship between CO₂ concentration and psychological work. The Slovak legislation does not exhaustively determine the CO₂ limit value for the living environment of buildings. Therefore, the limit value for the concentration of carbon dioxide of 1000 ppm, introduced by Max Joseph von Pettenkofer, a pioneer of modern hygiene and the environment, is used in the interior [22]. From this value, the maximum amount of ventilated air of 25 m³ · h⁻¹ per person in the interior was derived [24]. CO₂ is not toxic, but it has been experimentally shown that even without a decrease in oxygen concentration, CO₂ has a systemic toxic effect. Hemoglobin transports oxygen and CO₂ at the same time, but by different mechanisms. CO₂ is a mediator of autoregulation of blood supply in tissues, its increase causes vasodilation, improves perfusion in tissues [25].

4. Conclusions

The measurement results showed that, except of the relative air humidity, none of the parameters met the required values for optimal or permissible values. Improvement of the lighting can be reached by using artificial lighting, regular cleaning of illumination holes and cleaning of lighting systems. The problem is that the classroom is situated on the northern side and in a close distance of about 5 meters to the next building, so the room is shaded.

The most critical value was the carbon dioxide concentration (the maximum value was 4250 ppm), as the windows and the door were closed during the classroom and the classroom was not equipped with any artificial ventilation system. In CO₂ surveys in California and Texas schoolrooms [26], average CO₂ concentrations above 1000 ppm were measured, many exceeded 2000 ppm, and in 21 % of Texas classes the maximum CO₂ concentration was over 3000 ppm. Such high CO₂ values could have a particularly adverse effect on the concentration.

In general, if many people gather in the room, CO₂ is rapidly increasing and contributes to poor air quality and pollution, in conference

zrakovo náročných prácach až 60 % študentov sa vyjadrilo neurčito na stanovený limit.

Až 53,3 % respondentov sa nevedelo vyjadriť k hodnote 2000 ppm CO₂ a vzťahu koncentrácie CO₂ na psychickú prácu. V slovenskej legislatíve nie je taxatívne určená limitná hodnota CO₂ pre obytné prostredie budov. V interiéri používa limitná hodnota koncentrácie oxidu uhličitého 1 000 ppm, zavedená Max Josephom von Pettenkoferom, priekopníkom modernej hygieny a environmentu [22]. Z tejto hodnoty bolo odvodené maximálne množstvo vetraného vzduchu 25 m³ · hod⁻¹ na osobu v interiéri [24]. CO₂ nie je toxický, ale experimentálne bolo dokázané, že aj bez poklesu koncentrácie kyslíka má CO₂ systémový toxický efekt. Hemoglobín prenáša kyslík aj CO₂ zároveň, ale rôznymi mechanizmami. CO₂ je mediátor autoregulácie krvného zásobenia v tkanivách, jeho zvýšenie spôsobí vazodilatáciu, zlepši perfúziu v tkanivách [25].

4. Záver

Výsledky meraní preukázali, že okrem relatívnej vlhkosti vzduchu ani jeden z parametrov nespĺňali požadované hodnoty určené pre optimálne alebo prípustné hodnoty. Zlepšiť osvetlenie je možné použitím umelého osvetlenia, pravidelným čistením osvetľovacích otvorov a čistením osvetľovacích sústav. Problémom je, že učebňa je situovaná oknami na severnú stranu a v blízkej vzdialenosti cca 5 metrov ju tieni ďalšia budova.

Najkritickejšou hodnotou bola koncentrácia oxidu uhličitého (maximálna hodnota dosiahla 4250 ppm), pretože počas výučby boli zatvorené okná aj dvere a učebňa nie je vybavená žiadnym umelým vetracím systémom. V prieskumoch o koncentráciách CO₂ v školských učebniach v Kalifornii a Texase [26] boli namerané priemerné koncentrácie CO₂ vyššie ako 1000 ppm, mnohé prekročili 2000 ppm a v 21 % texaských tried bola maximálna koncentrácia CO₂ vyššia ako 3000 ppm. Takéto vysoké hodnoty CO₂ by mohli mať obzvlášť nepriaznivý vplyv na koncentráciu žiakov.

Všeobecne platí, že ak sa zhromaždí veľký počet ľudí v miestnosti, CO₂ sa rýchlo zvýši a prispieva k zlej kvalite ovzdušia a k jeho

rooms where more staff are in a longer time in confined spaces. Other places like gyms, shopping centers, cafes, bars, libraries are increasingly recognized as an indoor environment with higher CO₂ that would be suitable to monitor by detectors. A recommended recovery system would be implemented in the reconstructed classroom to ensure a sufficient air supply and maintenance of a lower concentration of carbon dioxide, including sensors, for early detection of dangerous concentrations. At present, the recommendation is to regularly ventilate the room during the lessons.

Classroom temperature has risen and exceeded the acceptable values for the cold period of the year for a particular class of work (1a). Improvement would be to install a thermoregulation on the heaters in the classroom to avoid overheating.

The subjective views and attitudes that emerged from the questionnaire proved only partial consistency with the results achieved. Respondents' susceptibility to adverse effects is significant, whilst the real results as well as the questionnaires answers confirmed that the alarming factor is air quality in a non-ventilated room. However, it can be stated that the questionnaire has shown that students do not know the limit values of the environment parameters in which they work.

Acknowledgements

The article was supported by the Grant Agency Ministry of Education SR KEGA – project No. 014UKF-4/2016 Innovative educational e-modules of work safety in dual education and project No. 012UKF-4/2020 Electronic educational modules for measuring work environment factors.

znečisteniu, napr. v zasadacích miestnostiach, kde sa stretáva viac zamestnancov na dlhší čas v obmedzených priestoroch. Aj ostatné miesta, ako sú telocvične, nákupné centrá, kaviarne, bary, knižnice sa čoraz častejšie uznávajú ako vnútorné prostredie s vyšším CO₂, ktoré by bolo vhodné monitorovať detektormi. Odporúčajúcim záverom je v rámci rekonštrukcie učebne namontovať vhodný rekuperačný systém zabezpečujúci jednak dostatočný prísun vzduchu a udržanie nižšej koncentrácie oxidu uhličitého vrátane senzorov na včasné rozpoznanie nebezpečnej koncentrácie. V súčasnosti je odporúčaním návrhom pravidelné vetranie miestnosti aj počas výučby.

Teplota v učebni narastala a presiahla prípustné hodnoty pre chladné obdobie roka pre príslušnú triedu práce. Zlepšením by bola inštalácia termoregulácie na vykurovacie telesá v učebni, aby sa predišlo k nadmernému prehrievaniu priestorov.

Subjektívne názory a postoje, ktoré nám vyplynuli z dotazníka dokázali čiastočnú zhodu s dosiahnutými výsledkami. Vnímavosť respondentov na nepriaznivo pôsobiace faktory je značná, pričom rovnako ako reálne výsledky aj dotazníkom bolo potvrdené, že alarmujúcim faktorom je kvalita ovzdušia v nevetranej miestnosti. Možno však konštatovať, že dotazníkom bolo preukázané, že študenti nepoznajú limitné hodnoty parametrov prostredia, v ktorom pracujú.

Pod'akovanie

Článok vznikol z podpory projektov KEGA MŠVVaŠ SR č. 014UKF-4/2016 Inovatívne vzdelávacie e-moduly bezpečnosti práce v duálnom vzdelávaní a projektu č. 012UKF-4/2020 Elektronické vzdelávacie moduly pre meranie faktorov pracovného prostredia.

References / Literatúra

- [1] Sessa, R., Di, P. M., Schiavoni, G., Santino, I., Altieri, A., Pinelli, S., & Del, P. M. "Microbiological indoor air quality in healthy buildings". *The new microbiologica*, 25(1), 51-56.
- [2] Heath, G. A., & Mendell, M. J. "Do indoor environments in schools influence student performance? " A review of the literature. In *A Compilation of Papers for the Indoor Air 2002 Conference In Memory of Joan M. Daisey* (Vol. 20).
- [3] Köster, H. "*Dynamika denního osvětlení*". Grada Publishing as.2010.
- [4] Popovičová, A. "Látky nežiaduce vo vnútornom prostredí. Zdroje a faktory ovplyvňujúce ich množstvo a zloženie". *Chem. Listy* 92, pp. 799-806. 1998.
- [5] ASHRAE: "Handbook – Fundamentals". Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Chapter 9, p. 14. 2009.
- [6] Frič, L., Sýkorová, I., Velísková, E., & Rubinová, O. "Quantitative Microbiological Aspects of the Indoor Environment". *Applied Mechanics and Materials*, 824, p. 251. 2016.
- [7] Bettinger, E. P. "The effect of charter schools on charter students and public schools". *Economics of Education Review*, 24(2), 133-147. A.A. Author, "Journal/Conference Article Title," Periodical Title, vol. Volume, no. Issue, pp.-pp., Publication Year. 2005.
- [8] Reijula, K., & Sundman-Digert, C. "Assessment of indoor air problems at work with a questionnaire". *Occupational and environmental medicine*, 61(1), 33-38. 2004.
- [9] World Health Organisation. "*Indoor air quality research*". EURO reports and studies, no. 103. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 1986.
- [10] Záhorec, J., Hašková, A. Bílek, M. "Impact of multimedia assisted teaching on student attitudes to science subjects". *JOURNAL OF BALTIC SCIENCE EDUCATION*. Vol. 13, no. 3, p. 361-380. 2014.
- [11] Csobod, E. et al. SINPHONIE: "*Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe. Final Report*". Luxembourg: Publications Office of the European Union (<http://www.sinphonie.eu/sites/default/files/ExecutiveSummary/lbna26738enn.pdf>, accessed 23 March 2015).
- [12] Pollution, S. I. "Health-SINPHONIE project". 2012.
- [13] Tureková, I. et al. "Evaluation of Microclimate Conditions in Classroom during Learning Process". SGEM 2016. STEF92 Technology, p. 491-498. 2016.
- [14] Tureková, I., Lukáčová, D., Bánesz, G. "*Monitoring of lighting in a school classroom*". WOS 2017. Prague, pp. 339-344, 2017.
- [15] Hroncová, E.: "Small Particles in the Air Pose High Health Risks". *Životné prostredie*, , 51 (3), pp. 131 – 137, 2017.
- [16] Dennekamp, M., Mehenni, O., Cherrie, J. W., Seaton, A. "Exposure to Ultrafine Particles and PM2.5 in Different Micro-Environments". *Annals of Occupational Hygiene*, 46, Supplement 1, pp. 412 – 414. 2002.
- [17] MARKOVÁ, I., OČKAJOVÁ, A. "*Hodnotenie rizika drevných prachov v pracovnom a životnom prostredí*". Belianum, UMB Banská Bystrica, 124 p. 2018.
- [18] STN EN 16798 – 3. "Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems". 2017.
- [19] Lumnitzer, E. et al. "*Implementation of simulation procedures for calculating the spread of solid particles into the teaching process*". ICETA 2014 : 12th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications. pp. 295-297. 2014.
- [20] Lumnitzer, E. et al. Hodnotenie vplyvov fyzikálnych faktorov na zdravie človeka. Košice, 159 p. 2014.

- [21] STN EN 12464-1. "Light and lighting. Lighting of work places". Part 1: Indoor work places. 2012.
- [22] Fanger PO. What is IAQ?. *Indoor Air*. 16:328-34. 2006.
- [23] Vyhláška MZ SR č. 544/2007 Z. z. o podrobnostiach o ochrane zdravia pred záťažou teplom a chladom pri práci
- [24] Jones, B. Metrics of Health Risks from Indoor Air. *The REHVA European HVAC Journal*, 54, 39-44. 2017.
- [25] Allab, Y. et al. Energy and comfort assessment in educational building: Case study in a French university campus. *Energy and Buildings*, 143, pp. 202-219. 2017.
- [26] Corsi, R.L., Torres, V.M., Sanders, M. and Kinney, K.L. "Carbon dioxide levels and dynamics in elementary schools: results of the TESIAs Study". In: *Proceedings of Indoor Air '02: Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Vol. 2, pp. 74-79. 2004.