

**Katarzyna GŁADYSZEWSKA-FIEDORUK<sup>1</sup>, Antonio RODERO-SERRANO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Politechnika Białostocka, Katedra Ciepłownictwa, Ogrzewnictwa i Wentylacji  
ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

<sup>2</sup> University of Cordoba, School of Engineering Sciences of Belmez, Spain  
e-mail: k.gladyszewska@pb.edu.pl

## **Zależność stężenia dwutlenku węgla i wilgotności względnej w sali dydaktycznej - studium przypadku**

**Dependence of Carbon Dioxide Concentration and Relative Humidity in Didactic Room - Case Study**

Indoor air quality could influence on people health, fettle, ability to work and ability to learning. IAQ characteristics include the concentrations of pollutants (especially carbon dioxide concentration) in indoor air, as well as air temperature and humidity. General guidelines concerning the quality of air inside education rooms facilities are contained in the PN-EN 13779:2008 standard, drawn up on the basis of EU directives which are in effect in most European countries. Recommended concentration of carbon dioxide in confined spaces equals 1000 ppm. Standards show humidity from 40 to 60%. This minimum sanitary requirement is recommended by the European Office of WHO and by ASHRAE. Public buildings (education buildings) are an institution in which people the learning has a group character. As far as the quality of indoor air is concerned, education buildings have been often neglected. In countries all over the world there are public buildings which make use of different kinds of natural ventilation, and do not possess any mechanical ventilation systems. The article presents the measurement results of carbon dioxide concentration, relative humidity and interior air temperature. The measurements were taken only in one classroom, on a given day and with a varied number of people present. They are thus to be treated as a pilot study. In the classroom, natural ventilation does not provide sufficient air exchange; the air inside the classroom is dry and polluted with carbon dioxide. The correlation of humidity and carbon dioxide concentration in the classroom was examined and a strong interdependence was observed. The correlation results may be applied to how the control of ventilation. The problem of appropriate indoor air quality is significant because the correlation between the IAQ and potential energy costs reduction is more complicated than in other types of buildings. Conducting public buildings, in particular, educational buildings we must remember not only about energy savings, but also about maintaining proper indoor air quality.

**Keywords:** correlation, indoor air quality, carbon dioxide concentration, humidity

### **Wstęp**

Korelację stężenia dwutlenku węgla i wilgotności względnej określono we wcześniejszych publikacjach [1, 2]. Zjawisko korelacji wspomnianych parametrów w pomieszczeniach nieposiadających wentylacji mechanicznej jest związane

tylko z fizjologią człowieka. Poprzednie badania [1, 2], podobnie jak badania innych autorów [3], koncentrowały się na salach przedszkolnych. Obecny projekt koncentruje się na salach dydaktycznych, w których przebywają dorośli ludzie.

W podsumowaniu [1, 2] stwierdzono, że wentylacją naturalną można sterować w inny sposób, niż to się odbywa aktualnie. Wniosek ten dotyczył tylko sal przedszkolnych, ponieważ nieoparty był badaniami przy udziale osób dorosłych.

Obecnie przy bardzo szczelnych budynkach (szczelne, zaizolowane termicznie ściany oraz szczelna stolarka okienna i drzwiowa) ilość zużytej energii na cele wentylacyjne, zarówno w budynkach mieszkalnych, jak i budynkach użyteczności publicznej, zbliża się do 80%. Dlatego też odpowiednie sterowanie wentylacją ma bardzo duży wpływ na efektywność energetyczną budynków. Przekłada się to równocześnie na koszty eksploatacyjne budynków [4, 5].

Ludzie spędzają 80÷90% doby w pomieszczeniach zamkniętych [6]. Według badań własnych wykonanych w pięciu różnych uczelniach w Białymstoku, sale dydaktyczne wyposażone są w wentylację naturalną (tylko okna) w 5÷10%, wentylację grawitacyjną w 30÷40%, w wentylację mechaniczną w 30÷40% i w klimatyzację w 5÷10% [7].

Celem opracowania jest zbadanie parametrów powietrza wewnętrznego w salach dydaktycznych i określenie na ich podstawie siły związku pomiędzy wilgotnością względną i stężeniem dwutlenku węgla. Parametry te w pomieszczeniach bez wentylacji mechanicznej, gdzie głównym źródłem zanieczyszczeń są ludzie, wilgotność względną i stężenie dwutlenku węgla, są skorelowane. Nieznana jest siła tej korelacji. Celem pracy jest również sprawdzenie, czy obecnie prowadzone badania odpowiadają wynikom eksperymentu i korelacji określonych we wcześniejszych pracach [1, 2].

Jeżeli korelacja jest wysoka lub bardzo wysoka, powyższe parametry mogą być stosowane zamiennie podczas regulacji instalacji wentylacyjnej. Nie ma potrzeby pomiaru obu parametrów równocześnie.

Człowiek, oddychając, wydziela parę wodną i dwutlenek węgla. Powietrze wydychane przez człowieka ma inny skład niż powietrze, którym człowiek oddycha. W powietrzu wydychanym azot stanowi 78% i jego udział procentowy nie zmienia się w procesie oddychania, podobnie jak innych gazów (nie dotyczy dwutlenku węgla), które i tu stanowią 1%. Zmieniają się proporcje tlenu (tu 17 z 21%) i dwutlenku węgla (tu 4 z niespełna 0,4% w czystym powietrzu zewnętrznym). Powietrze wydychane charakteryzuje się również inną temperaturą i wilgotnością [8].

Ilość wydychanego przez człowieka do otoczenia dwutlenku węgla zależna jest od rodzaju wykonywanej przez niego czynności (od jego aktywności fizycznej i umysłowej). Zależy ona również od temperatury i wilgotności względnej powietrza.

Obowiązującą obecnie klasyfikację jakości powietrza wewnętrznego podaje PN-EN 13779:2008 [9]. Wprowadzone zostały cztery główne kategorie jakości powietrza, którym odpowiadają odpowiednie strumienie powietrza wentylacyjnego i przyrost stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniu w stosunku do stężenia dwutlenku węgla w powietrzu zewnętrznym.

Jakość powietrza wewnętrznego zapewniana przez wentylację naturalną jest ściśle zależna od jakości powietrza zewnętrznego. Powietrze zewnętrzne dostaje się do pomieszczenia przez nieszczelności w miejsce powietrza zużytego, usuwanego za pomocą wentylacji grawitacyjnej. Jakość powietrza zewnętrznego klasyfikowana jest również przez normę PN-EN 13779:2008 [9].

Chemik i higienista Max von Pettenkofer stwierdził, że warunki do nauki mogą być lepsze, gdy „zawartość dwutlenku węgla (w powietrzu) nie będzie wynosiła powyżej jednego promila” (1000 ppm) [10, 11].

Odczucia ludzi w zależności od warunków w pomieszczeniu badał Fanger [12]. I tak, wilgotność względna powietrza, która jest odniesieniem ilości pary wodnej zawartej w powietrzu do jej ilości maksymalnej, przy danej temperaturze, ma istotny wpływ na odczucia ludzi. Optymalne warunki wilgotności powietrza są zależne w dużym stopniu od temperatury w pomieszczeniu. Przykładowo człowiek będzie miał dobre samopoczucie, jeżeli: w temperaturze 12°C wilgotność względna powietrza będzie w zakresie 50÷70%; w temperaturze 20°C wilgotność względna powietrza będzie wahać się w przedziale 40÷50%, natomiast w temperaturze 25°C będzie wynosić 35÷40% [9].

Wymagania dotyczące jakości powietrza wewnętrznego, w tym stężenia dwutlenku węgla poniżej 1000 ppm oraz wilgotności względnej w zakresie 40÷60%, są ujęte w normach obowiązujących w większości krajów świata [9, 13, 14].

Badania jakości powietrza wewnętrznego w salach dydaktycznych zajmują wielu naukowców w kraju [3, 15, 16] i zagranicą [17-19].

## 1. Metodyka badań

### 1.1. Opis budynku i sali dydaktycznej

Sala dydaktyczna, w której wykonano pomiary, znajduje się w budynku WBiŚ PB w Białymstoku (rys. 1).



Rys. 1. Badana sala (zbiory własne)

Fig. 1. Classroom (private collection)

W badanej sali jest tylko wentylacja naturalna (wentylacja grawitacyjna kanałowa i infiltracja przez szczeliny wokół drzwi na obszerny korytarz). Stolarka okienna jest szczelna ( $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), wykonana z PCV, została wymieniona w 2007 roku.

Wentylacja grawitacyjna w dniu pomiarów usuwała strumień powietrza wynoszący  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ , co daje 0,5 wymiany na godzinę. Wymieniany strumień powietrza w pomieszczeniu jest zdecydowanie zbyt mały, co zapewne wpływa na słabą jakość powietrza wewnętrznego.

Sala przeznaczona jest na 46 osób, jej powierzchnia wynosi  $67,25 \text{ m}^2$ , a kubatura  $201,75 \text{ m}^3$ .

## 1.2. Współczynnik korelacji r

Współczynnik korelacji określa, w jakim stopniu zmienne są współzależne. Współczynnik ten zawiera się w przedziale  $0 \div 1$ . Określając zależność korelacyjną pomiędzy dwiema zmiennymi, otrzymujemy wartość, nazywaną siłą korelacji, siłą związku między dwiema zmiennymi.

Najczęściej stosowane są dwie skale określające siłę związku - skala Guilforda i skala Stanisza. Według skali Guilforda, siłę związku pomiędzy zmiennymi należy zinterpretować w zależności od wartości zamieszczonych w tabeli 1. Według skali Stanisza natomiast, siłę związku należy przedstawić jako zależność zaprezentowaną w tabeli 2.

Tabela 1. Siła korelacji według skali Guilforda [20]

Table 1. Correlation strength (Guilford's scale) [20]

Przedział	Zależność	Współczynnik
$0,00 \pm 0,20$	Słaba	Prawie nic nieznaczący
$0,20 \pm 0,40$	Niska	Wyrażna, ale słaba
$0,40 \pm 0,70$	Umiarkowana	Rzeczywisty
$0,70 \pm 0,90$	Wysoka	Znaczny
$0,90 \pm 1,00$	Bardzo wysoka	Pewny

Tabela 2. Siła korelacji według skali Stanisza [20]

Table 2. Correlation strength (Stanisz's scale) [20]

Przedział	Zależność
$r = 0$	zmienne nie są skorelowane
$0 < r \leq 0,1$	korelacja nikła
$0,1 < r \leq 0,3$	korelacja słaba
$0,3 \leq r \leq 0,5$	korelacja przeciętna
$0,5 \leq r \leq 0,7$	korelacja wysoka
$0,7 \leq r \leq 0,9$	korelacja bardzo wysoka
$0,9 \leq r \leq 1$	korelacja prawie pewna

### 1.3. Współczynnik determinacji $R^2$

Współczynnik determinacji  $R^2$ , zwany współczynnikiem zbieżności, jest jedną z miar jakości dopasowania modelu. Współczynnik determinacji jest to inaczej kwadrat współczynnika korelacji. Mówi on o tym, jaki procent jednej zmiennej wyjaśnia zmienność drugiej zmiennej. Przyjmuje on wartości z przedziału od 0 do 1. Dopasowanie modelu jest tym lepsze, im wartość  $R^2$  jest bliższa jedności [20, 21].

Wartość współczynnika determinacji  $R^2$  określa następujące dopasowanie:

0,0÷0,5 - dopasowanie niezadowalające,

0,5÷0,6 - dopasowanie słabe,

0,6÷0,8 - dopasowanie zadowalające,

0,8÷0,9 - dopasowanie dobre,

0,9÷1,0 - dopasowanie bardzo dobre.

## 2. Opis badań i wyniki pomiarów

Badania wykonano tego samego dnia przy różnej liczbie osób przebywających w sali. Wykonano pomiary parametrów powietrza wewnętrznego, takie jak: pomiar temperatury powietrza, wilgotności względnej i stężenia  $\text{CO}_2$  w pomieszczeniu. Pomiary prowadzono w styczniu, gdy wietrzenie pomieszczeń jest uciążliwe. Prowadzenie pomiarów w okresie zimowym ma swoje dobre strony. Warunki zewnętrzne zarówno dobowe, jak i tygodniowe są najbardziej stabilne w skali roku i nie trzeba do analiz umieszczać poprawek na inne warunki zewnętrzne.

Wykonano pomiary podczas 45 minut trwania zajęć dydaktycznych przy różnej liczbie osób. Pomiędzy seriami pomiarowymi sala była słabo wietrzona. Rejestrację wykonywano co 5 minut i była to wartość średniej arytmetycznej z próbkowania co 30 sekund, czyli z 10 pomiarów. W sali podczas pomiarów przebywało: seria 1 - 16 osób; seria 2 - 23 osoby; seria 3 - 21 osób.

Pomiary parametrów powietrza wewnętrznego zostały wykonane na wysokości głowy siedzącego studenta. Błat ławki, na której umieszczono miernik, znajdował się na wysokości około 0,7÷0,8 m od powierzchni podłogi, w związku z tym głowa przeciętnego studenta znajdowała się na wysokości ok. 1 m (rys. 2). Wszystkie pomiary prowadzono miernikiem Testo 435-4: pomiary temperatury w zakresie od 0 do  $+50^\circ\text{C}$  z dokładnością  $\pm 0,3^\circ\text{C}$ ; pomiary wilgotności względnej w zakresie od +2 do  $+98\%\text{RH}$  z dokładnością  $\pm 2\%\text{RH}$ ; oraz pomiary stężenia dwutlenku węgla w zakresie od 0 do  $+5000\text{ ppm CO}_2$  z dokładnością  $\pm 50\text{ ppm CO}_2 \pm 2\%$  mierzonej wartości.

Na podstawie wyników pomiarów opracowano zależność stężenia dwutlenku węgla i wilgotności względnej w sali dydaktycznej. Analizę wykonano dla trzech różnych serii pomiarowych. Wyniki pomiarów aproksymowano: linią prostą oraz wielomianem drugiego stopnia. Sporządzono równania regresji i określono wartość współczynnika determinacji  $R^2$  dla obu sposobów aproksymacji.



Rys. 2. Ustawienie aparatury pomiarowej

Fig. 2. Settings of the measuring apparatus

Pomiary wykonano przy wartościach parametrów powietrza zewnętrznego (tab. 3). Korelację stężenia dwutlenku węgla i wilgotności względnej opracowano na podstawie wyników pomiarów zamieszczonych w tabeli 4. Podano wyniki badań niezakłóconych przypadkowymi nieprawidłowościami powstającymi na początku i pod koniec zajęć. Do zakłóceń należy zaliczyć rozgardiasz na początku zajęć, wyjmowanie zeszytów oraz pakowanie się przed końcem zajęć i rozmowy podsumowujące zajęcia. Rysunek 3 przedstawia korelację stężenia dwutlenku węgla i wilgotności względnej w sali dydaktycznej podczas różnych serii pomiarowych wraz z liniami trendu aproksymującymi wyniki pomiarów linią prostą.

Tabela 3. Parametry powietrza zewnętrznego (opracowanie własne)

Table 3. Parameters of outside air (own study)

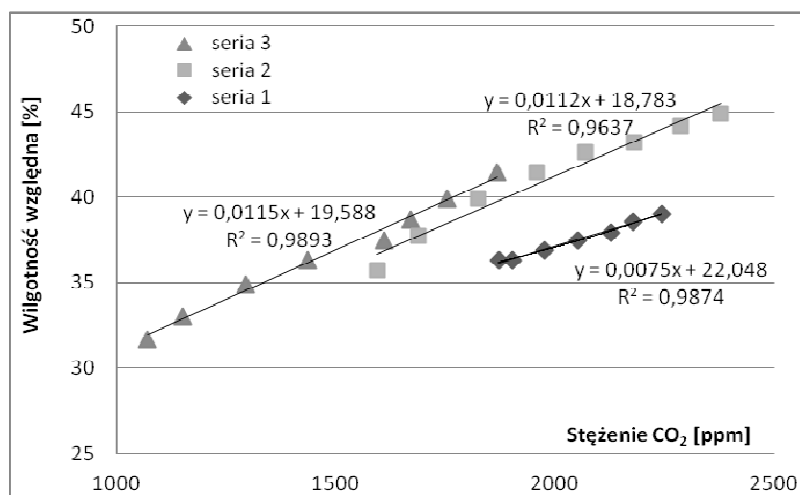
Parametr	Jednostka	Godzina pomiaru		
		11:15-12:00	12:15-13:00	13:15-14:00
Temperatura	°C	-3,0	-2,2	-2,0
Wilgotność względna	%	91,1	80,2	80,0
Ciśnienie atmosferyczne	Pa	1019,4	1019,6	1019,7
Stężenie dwutlenku węgla	ppm	391	380	374

Tabela 3 przedstawia wyniki pomiarów parametrów powietrza zewnętrznego. Wynika z niej, że w dniu pomiarów panował lekki mróz, ciśnienie atmosferyczne było wysokie i stabilne, więc nastrój osób przebywających w pomieszczeniu powinien być dobry [22], wartość stężenia dwutlenku węgla jest niższa od podawanej w literaturze wartości koncentracji tego gazu 390÷400 ppm [23], powietrze jest niezanieczyszczone. Wilgotność względna jest wysoka, czego należy się spodziewać, gdy na zewnątrz pomieszczeń leży śnieg.

Tabela 4. Parametry powietrza wewnętrznego (opracowanie własne)

Table 4. Parameters of indoor air (own study)

Mierzony parametr	Temperatura			Wilgotność względna			Koncentracja CO <sub>2</sub>		
	°C			%			ppm		
Nr serii pomiarowej	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Czas rozpoczęcia poszczególnych serii pomiarowych	11:15	12:15	13:15	11:15	12:15	13:15	11:15	12:15	13:15
1	20,2	19,9	19,4	36,3	35,7	31,7	1872	1594	1070
2	20,6	20,0	19,7	36,3	37,7	33,0	1903	1689	1150
3	20,8	20,2	20,0	36,9	39,9	34,9	1976	1825	1294
4	21,0	20,4	20,2	37,5	41,5	36,3	2051	1959	1435
5	21,0	20,6	20,4	37,9	42,6	37,5	2129	2069	1611
6	21,0	20,7	20,6	38,6	43,2	38,7	2179	2180	1672
7	21,0	20,7	20,7	39,0	44,2	39,9	2244	2288	1755



Rys. 3. Korelacja stężenia dwutlenku węgla i wilgotności względnej w sali dydaktycznej; aproksymację wykonano wielomianem drugiego stopnia (opracowanie własne na podstawie wyników pomiarów)

Fig. 3. Correlation between carbon dioxide concentration and relative humidity in the classrooms; second-degree polynomial approximation (own study based on the results of measurements)

Podczas wszystkich serii pomiarowych temperatura w sali była zgodna z normą [9], powietrze było suche. Stężenie dwutlenku węgla było przekroczone już na początku każdej serii pomiarowej (tab. 4), co świadczy o niedostatecznej wymianie powietrza w pomieszczeniu.

Stężenie dwutlenku węgla w pomieszczeniu jest silnie skorelowane z wilgotnością względną powietrza (rys. 3). Pomiar stężenia tego gazu może służyć do stero-

wania wentylacją. W przeciwieństwie do wilgotności względnej wartość stężenia dwutlenku węgla nie podlega zakłóceniom związanym między innymi z pracą centralnego ogrzewania. W sezonie grzewczym powietrze wewnątrz budynku jest suche i powoduje doprowadzenie do pomieszczenia zbyt małego strumienia powietrza wentylacyjnego przez nawiewniki higrosterowane. Intensywne nasłonecznienie może powodować wysuszenie powietrza w okolicy okna (gdzie najczęściej instalowane są czujniki wilgotności względnej), co może również prowadzić do zmniejszenia doprowadzanego do pomieszczenia strumienia powietrza.

## Wnioski

Badania należy potraktować jako badania pilotażowe. Zostały wykonane tylko w jednej sali dydaktycznej, jednego dnia, przy różnej liczbie osób.

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że wentylacja naturalna zapewnia zbyt małą wymianę powietrza, w związku z tym powietrze wewnętrzne w sali jest suche i zanieczyszczone dwutlenkiem węgla.

W prezentowanych analizach korelacja stężenia dwutlenku węgla i wilgotności względnej jest bardzo wysoka. Współczynnik korelacji dla aproksymacji liniowej zawiera się w przedziale  $0,9817 \div 0,9968$ , natomiast współczynnik determinacji zawiera się w przedziale  $0,9637 \div 0,9893$ .

Wyniki otrzymanej korelacji stężenia dwutlenku węgla i wilgotności względnej w salach dydaktycznych, gdzie przebywają dorośli ludzie, są spójne z wynikami otrzymanymi we wcześniejszych badaniach w salach przedszkolnych, tym samym należy stwierdzić, że wyniki zaprezentowanej korelacji mogą zostać wykorzystane do sterowania wentylacją.

## Podziękowania

*Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/WBIS/04/2014 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSzW oraz Programu współpracy naukowej pomiędzy Politechniką Białostocką w Białymstoku a School of Engineering Sciences of Belmez, University of Córdoba na lata 2015-2020, „Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w kontekście poprawy efektywności energetycznej i jakości powietrza w budynkach i innych obiektach” oraz 44. Virtual and Intensive Course Developing Practical Skills of Future Engineers (VIPSKILLS) Erasmus+, Number of the Grant Agreement 2016-1-PL01-KA203-026152.*

## Literatura

- [1] Gładyszewska-Fiedoruk K., Korelacja wilgotności i stężenia dwutlenku węgla w przedszkolach, Civil and Environ. Eng. 2012, 3, 3127-3131.
- [2] Gładyszewska-Fiedoruk K., Correlations of air humidity and carbon dioxide concentration in the kindergarten, Energy Build. 2013, 62, 45-50.



- [3] Mainka A., Zajusz-Zubek E., Kozielska B., Brągoszewska E., Badanie zanieczyszczeń powietrza oddziałujących na dzieci w przedszkolu miejskim zlokalizowanym przy drodze o dużym natężeniu ruchu, *Inż. i Och. Środ.* 2015, 18, 1, 119-133.
- [4] Krawczyk D.A., Theoretical and real effect of the school's thermal modernization - A case study, *Energy Build.* 2014, 81, 30-37.
- [5] Krawczyk D.A., Gładyszewska-Fiedoruk K., Changes in energy consumption, greenhouse gasses emission and microclimate in classrooms after thermal modernization, *World Congress on New Technologies (NewTech'15)*, Barcelona, Spain - July 2015.
- [6] Gładyszewska-Fiedoruk K., Krawczyk D.A., Ocena przyzwyczajęń Polaków oraz korzystania z wentylacji i klimatyzacji w świetle badań ankietowych, [w:] *Rynek gazu*, pod red. H. Kapronia, Kaprint, Lublin 2014, 135-146.
- [7] Gładyszewska-Fiedoruk K., Ocena powszechności stosowania systemów wentylacji, *TChIK* 2014, 3, 117-119.
- [8] Bogdan A., Wpływ procesu oddychania na kształtowanie środowiska dookoła człowieka, *COW* 2010, 5, 182-184.
- [9] PN-EN 13779:2008 Wentylacja budynków niemieszkalnych. Wymagania dotyczące właściwości instalacji wentylacji i klimatyzacji.
- [10] Pettenkofer M.J., Ueber den Unterschied zwischen Luftheizung und Ofenheizung in ihrer Entwicklung auf die Zusammensetzung der Luft der beheizten Räume, *Polytechnic J.* 1851, 119, 40-51, 282-290.
- [11] Pettenkofer M.J., Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden, München 1858.
- [12] Fanger P.O., *Komfort cieplny*, Arkady, Warszawa 1974.
- [13] World Health Organisation, 2000. *Air Quality Guidelines for Europe*, second ed., WHO Regional Office for Europe Copenhagen, European Series, No. 91, Geneva.
- [14] ANSI/ASHRAE Standard 62-2001 „Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”.
- [15] Danielak M., Jakość powietrza i wentylacja w budynkach szkolnych, *Ryn. Inst.* 2012, 10, 77-79.
- [16] Szulc D., Wargocki P., Fang L., Zhang X.J., Reakcje fizjologiczne w warunkach pogorszonej jakości powietrza, *Instal* 2013, 10, 26-32.
- [17] Branco P.T.B.S., Alvim-Ferraz M.C.M., Martins F.G., Sousa S.I.V., Children's exposure to indoor air in urban nurseries-part I: CO<sub>2</sub> and comfort assessment, *Envir. Res.* 2015, 140, 1-9.
- [18] Griffiths M., Eftekhari M., Control of CO<sub>2</sub> in a naturally ventilated classroom, *Energy Build.* 2008, 40, 556-560.
- [19] Mumovic D., Palmer J., Davies M., Orme M., Ridley I., Oreszczyn T. et al., Winter indoor air quality, thermal comfort and acoustic performance of newly built secondary schools in England, *Build. Environ.* 2009, 44, 1466-1477.
- [20] Stanisz A., *Przystępny kurs statystyki*, StatSoft 2007, t. 1-3.
- [21] Łomnicki A., *Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2009.
- [22] Lewkowicz-Mosiej T., Wpływ pogody na samopoczucie, *Superlinia* 2007, 3.
- [23] Lia Z., Guana J., Yanga X., Linb Ch.-H., Source apportionment of airborne particles in commercial aircraft cabin environment: Contributions from outside and inside of cabin, *Atm. Environ.* 2014, 89, 119-128.

<sup>1</sup> Białystok University of Technology, Department of HVAC Engineering  
ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, Poland

<sup>2</sup> University of Cordoba, School of Engineering Sciences of Belmez, Spain  
e-mail: k.gladyszewska@pb.edu.pl

## Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki pomiarów stężenia dwutlenku węgla i wilgotności względnej oraz temperatury powietrza wewnętrznego. Wykonano badania tylko w jednej sali dydaktycznej, jednego dnia, przy różnej liczbie osób. Należy więc potraktować je jako badania pilotażowe. W badanej sali wentylacja naturalna zapewnia zbyt małą wymianę powietrza, powietrze wewnętrzne jest suche i zanieczyszczone dwutlenkiem węgla. Wykonano korelację wilgotności względnej powietrza i stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniu. Korelacja ta wykazuje bardzo silny związek. Zaprezentowane wyniki korelacji mogą posłużyć do sterowania wentylacją. Obecnie, przy bardzo szczelnych budynkach ilość zużytej energii na cele wentylacyjne, zarówno w budynkach mieszkalnych, jak i budynkach użyteczności publicznej, zbliża się do 80%. Dlatego też odpowiednie sterowanie wentylacją ma bardzo duży wpływ na efektywność energetyczną budynków.

**Słowa kluczowe:** korelacja, jakość powietrza wewnętrznego, stężenie dwutlenku węgla, wilgotność względna powietrza