

Dariusz SUSZANOWICZ<sup>1</sup> i Izabela PIETKUN-GREBER<sup>1</sup>

## **BADANIA SKUTECZNOŚCI WENTYLACJI POMIESZCZEŃ SYPIALNI W WIELORODZINNYCH BUDYMKACH MIESZKALNYCH**

### **RESEARCH ON THE INFLUENCE OF BEDROOM VENTILATION IN MULTI-FAMILY RESIDENTIAL BUILDINGS**

**Abstrakt:** Skuteczność systemów wentylacji budynków mieszkalnych kontrolowana jest jedynie poprzez pomiar prędkości strumienia powietrza w kanale wentylacyjnym, co nie gwarantuje odpowiedniej kontroli jakości powietrza. W pracy przedstawiono wyniki badań skuteczności wentylacji naturalnej wielorodzinnych budynków mieszkalnych, stanowiącej najczęściej spotykane rozwiązanie w budynkach mieszkalnych w Polsce. Szczególną uwagę zwrócono na wentylację pomieszczenia sypialni, jako pomieszczenia, w którym spędza się około 1/3 czasu w ciągu dnia. Badano wpływ skuteczności systemu wentylacji na podstawowe parametry charakteryzujące jakość powietrza, tj. stężenie ditlenku węgla, wilgotność względną oraz temperaturę. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, iż w przypadku sypialni w lokalach mieszkalnych wielorodzinnych budynków mieszkalnych systemy wentylacji naturalnej nie spełniają swojej funkcji i powinny zostać zastąpione przez systemy wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.

**Słowa kluczowe:** system wentylacji, sypialnia, budynek wielorodzinny, jakość powietrza, stężenie ditlenku węgla, odzysk ciepła

### **Wprowadzenie**

Człowiek spędza w swoim domu lub mieszkaniu co najmniej 1/3 swojego życia. Bardzo istotne jest więc zapewnienie jakości powietrza wewnątrz lokalu mieszkalnego, a szczególnie w pomieszczeniu sypialni, zgodnej z wymaganiami określonymi w Polskiej Normie PN-B-03430:1983/Az3:2000: Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej - Wymagania [1]. Według ww. normy, parametrami powietrza, wpływającymi na komfort klimatu w pomieszczeniach, są: temperatura powietrza, wilgotność powietrza, jakość fizyczna i biologiczna powietrza oraz stężenia ditlenku węgla (CO<sub>2</sub>). Zanieczyszczenia pogarszające jakość powietrza wynikają głównie z funkcji życiowych człowieka - w procesie oddychania, w którym wydychany jest ditlenek węgla oraz para wodna. W celu zapewnienia odpowiedniej jakości powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych niezbędna jest wymiana powietrza poprzez sprawnie działający system wentylacji gwarantujący odprowadzenia powietrza zużytego i wprowadzenie do pomieszczeń mieszkalnych powietrza świeżego z otoczenia budynku. Według normy PN-B-03430:1983/Az3:2000 [1], układ wentylacji lokalu mieszkalnego w budynku wielorodzinnym powinien zapewniać doprowadzanie powietrza zewnętrznego do pokoi mieszkalnych oraz usuwanie powietrza zużytego z kuchni, łazienki, oddzielnego ustępu oraz ewentualnego pomocniczego pomieszczenia bezokiennego. W pomieszczeniach, w których przebywają ludzie (a w szczególności w sypialniach), ww. czynników pogarszających jakość powietrza nie da się całkowicie wyeliminować.

<sup>1</sup> Samodzielna Katedra Inżynierii Procesowej, Uniwersytet Opolski, ul. R. Dmowskiego 7-9, 45-365 Opole, tel. 77 401 66 90, email: d.suszanowicz@uni.opole.pl

Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 17, Polanica Zdrój, 4-7.10.2017

Dlatego już po kilku godzinach przebywania człowieka w sypialni może dojść do przekroczenia zalecanego przez WHO dopuszczalnego stężenia ditlenku węgla w pomieszczeniach, wynoszącego 1000 ppm [2-6].

Aby móc ocenić skuteczność wentylacji pomieszczeń sypialni w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych, konieczne jest określenie mierzalnych parametrów przepływowych, takich jak: lokalne rozkłady prędkości i temperatury powietrza, rozkłady stężenia zanieczyszczeń itp. charakteryzujących istotne cechy rozdziału powietrza i jego docelowe efekty i osiągi [7-9]. Po wstępnej analizie literaturowej podjęto decyzję o przeprowadzeniu badań mających na celu określenie skuteczności wentylacji pomieszczeń sypialni w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych, wyposażonych w system wentylacji naturalnej [10, 11]. Dokonując wyboru obiektu badawczego, zdecydowano, iż ma to być budynek wielorodzinny wysoki, wykonany w technologii wielkiej płyty oraz wyposażony w system wentylacji naturalnej. Wynikało to z faktu, iż tego typu budynki są powszechne w polskich miastach i jednocześnie system wentylacji jest najczęściej spotykanym rozwiązaniem w Polsce.

### Metodyka badań

Wybrany obiekt badawczy, w którym zdecydowano przeprowadzić badania skuteczności systemu wentylacji naturalnej pomieszczeń sypialni, to lokal mieszkalny o powierzchni użytkowej 56 m<sup>2</sup>, znajdujący się na 3 kondygnacji w 11-kondygnacyjnym budynku wielorodzinnym, wykonany w technologii wielkiej płyty. W wybranym lokalu mieszkają dwie osoby dorosłe. Rzut lokalu mieszkalnego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Rzut lokalu mieszkalnego: KW - kanały wentylacji naturalnej, ⊗ - punkty pomiarowe w pomieszczeniu sypialni

Fig. 1. Floor plan of facility: KW - ventilation ducts, ⊗ - measuring points in the bedroom

Budynek, w którym znajduje się lokal badawczy, wyposażony jest w kanałowy system wentylacji naturalnej. W budynkach o wysokości do 25 m (do 7 kondygnacji) nad poziomem terenu można stosować wentylację grawitacyjną lub mechaniczną. Z kolei dla budynków powyżej 25 m powinna być stosowana jedynie wentylacja mechaniczna. Lokal mieszkalny wybrany jako obiekt badawczy, mimo iż jest wyższy niż 25 m, nie został wyposażony w wentylację mechaniczną. Wynika to z faktu, iż został on wybudowany w latach 70., gdy obowiązujące ówczesnie normy pozwalały na wykonywanie w tak wysokim budynkach wentylacji naturalnej.

Zakres prowadzonych badań skuteczności wentylacji pomieszczenia sypialni obejmował:

- pomiary stężenia ditlenku węgla w godzinach nocnych w pomieszczeniu, w którym spali mieszkańcy, zarówno w trakcie, jak i poza sezonem grzewczym;
- pomiary wpływu skuteczności systemu wentylacyjnego na poziom wilgotności względnej powietrza oraz temperaturę powietrza w pomieszczeniu sypialni.

Pomiar ww. parametrów powietrza wewnątrz budynków jest powszechnie stosowanym sposobem analizy skuteczności systemów wentylacji, przyjętym przez wielu badaczy [12-15].

Pomiarów dokonywano w czterech punktach pomieszczenia sypialni (w miejscach zaznaczonych na rys. 1), a następnie wyznaczano wartość średnią dla całego pomieszczenia. Pomiary prowadzono w cyklach pięciodniowych w godzinach 22:00-6:00, rejestrując w sposób ciągły stężenie ditlenku węgla, natomiast pozostałe parametry powietrza co 5 minut. Badania realizowane były jedynie w dni robocze, gdy dobowy cykl aktywności mieszkańców był niemalże identyczny. Takie podejście pozwoliło na porównywanie otrzymanych wyników badań prowadzonych w różnych porach roku oraz przy różnych warunkach pogodowych. Badania systemu wentylacji i parametrów powietrza w analizowanym lokalu mieszkalnym prowadzone były w okresie od września 2015 roku do maja 2017 r., czyli w trakcie sezonu grzewczego, a także poza sezonem grzewczym. W celu zbadania różnych warunków, w jakich może być realizowana wentylacja naturalna pomieszczenia sypialni, zdecydowano o prowadzeniu pomiarów w pięciu różnych wariantach przepływu strumienia powietrza wentylacyjnego przez pomieszczenia:

- 1) zamknięte okno i drzwi,
- 2) zamknięte okno i otwarte drzwi,
- 3) zamknięte drzwi i otwarta mikrowentylacja zamontowana w oknie,
- 4) otwarte drzwi i mikrowentylacja przez okno,
- 5) otwarte okno i drzwi.

Stężenie ditlenku węgla rejestrowano w wyznaczonych miejscach pomiarowych pomieszczenia przy użyciu wielofunkcyjnego miernika ditlenku węgla AZ 77535 z dokładnością do 30 ppm  $\pm 5\%$  wartości odczytu. Pomiaru prędkości powietrza dokonywano co 5 minut za pomocą anemometru Kestrel 2000, z rozdzielczością pomiaru do 0,1 m/s oraz dokładnością pomiaru  $\pm 3\%$  [5]. Równocześnie z pomiarem strumienia powietrza wentylacyjnego prowadzone były pomiary temperatury powietrza wewnątrz lokalu ( $T_w$ ) oraz wilgotności względnej powietrza wewnątrz lokalu ( $\phi_w$ ). Jednocześnie prowadzono pomiary parametrów powietrza w otoczeniu budynku - temperatury ( $T_z$ ), wilgotności względnej ( $\phi_z$ ) oraz ciśnienia powietrza atmosferycznego ( $p$ ). Parametry powietrza w otoczeniu budynku mają znaczący wpływ na efektywność wentylacji

naturalnej budynków mieszkalnych [16]. Pomiar ten wykonywano przy użyciu termohigrobarometru Commeter C4130 z dokładnością odczytu temperatury do  $0,4^{\circ}\text{C}$ , wilgotności względnej  $\pm 2,5\%$  oraz ciśnienia atmosferycznego  $\pm 2\text{ hPa}$  [5].

## Dyskusja wyników

Na podstawie wykonanych w trakcie realizowanych badań parametrów otoczenia budynku, w którym zlokalizowany był obiekt badawczy, wyznaczono, że tło  $\text{CO}_2$  w powietrzu zewnętrznym osiąga średnią wartość na poziomie 540 ppm. Wartość ditlenku węgla wynika w dużej mierze z lokalizacji budynku, znajdującego się w centrum miasta, w pobliżu ulicy o średnim natężeniu ruchu. Natomiast wyznaczone w trakcie badań średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego odpowiadają wartościom podawanym w bazie danych klimatycznych dla Polski opracowanej przez IMGW dla stacji meteorologicznej Opole [17].

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sporządzono wykresy zmienności stężenia ditlenku węgla w pomieszczeniu sypialni, w której w godzinach 22:00-6:00 spały dwie dorosłe osoby. Przykładowe przebiegi zmienności średniego stężenia ditlenku węgla w sypialni badanego obiektu, przy pięciu wariantach realizacji procesu wentylacji pomieszczenia, tj.: a) zamknięte okno i drzwi, b) zamknięte okno i otwarte drzwi, c) zamknięte drzwi i otwarta mikrowentylacja zamontowana w oknie, d) otwarte drzwi i mikrowentylacja przez okno, e) otwarte okno i drzwi, przedstawiono na rysunku 2.

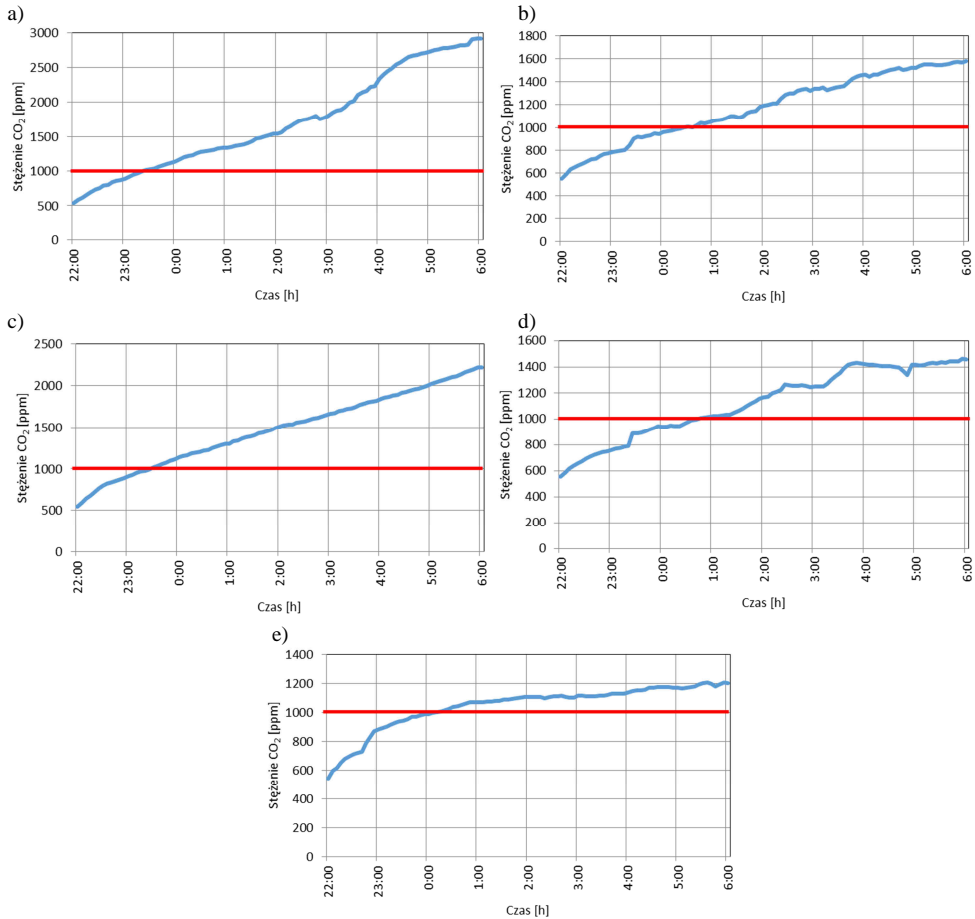
Z analizy danych z rysunku 2 wynika, że mimo zastosowanego systemu wentylacji naturalnej lokalu wykonanego zgodnie z wymogami Polskiej Normy PN-B-03430:1983/Az3:2000 [1], po 3 godzinach ciągłego przebywania mieszkańców w sypialni, niezależnie od sposobu realizacji procesu wentylacji pomieszczenia, stężenie ditlenku węgla przekraczało wartości zalecane przez europejski oddział Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) - wynoszące 1000 ppm. Natomiast wartość wilgotności względnej powietrza, mimo że w trakcie przebywania mieszkańców w lokalu wzrastała, to nie osiągała wartości zalecanej, tj. 50-60%.

Na podstawie uzyskanych wyników badań wyznaczono, iż każda osoba przebywająca w analizowanym lokalu mieszkalnym jest źródłem emisji ditlenku węgla średnio  $12,0\text{ dm}^3$  na godzinę. Wyznaczona wartość średniej emisji  $\text{CO}_2$  dla pojedynczego mieszkańca lokalu pozwoliła na określenie optymalnej krotności wymiany powietrza w lokalu realizowanej przez system wentylacji.

W trakcie prowadzonych badań rejestrowano również strumień powietrza wentylacyjnego dla całego lokalu mieszkalnego. Przykładowe przebiegi zmienności strumienia wentylacyjnego w badanym lokalu mieszkalnym, zarejestrowane przy otwartym oraz przy zamkniętym oknie w sypialni, przedstawiono na rysunku 3.

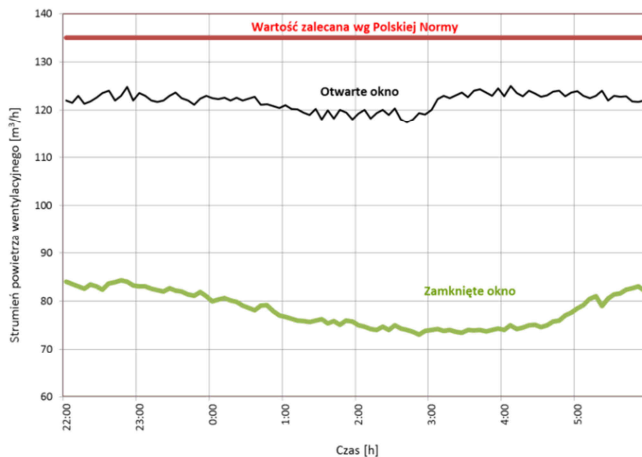
Należy zwrócić uwagę, iż przy zamkniętym oknie w sypialni strumień powietrza wentylacyjnego w analizowanym lokalu znacząco odbiegał od wartości zalecanej w Polskiej Normie PN-B-03430:1983/Az3:2000 [1]. Otwarcie okna w sypialni poprawiło skuteczność wymiany powietrza, lecz i w tym przypadku strumień powietrza wentylacyjnego jest mniejszy od zalecanego. Przy otwartym oknie w nocy mieszkańcy lokalu uskarżali się na hałas dobiegającego z otoczenia budynku (szczególnie od samochodów przejeżdżających po pobliskiej ulicy), otwarcie okna przez całą noc okazuje

się więc zbyt uciążliwe. W trakcie sezonu grzewczego otwarcie okna w sypialni w celu zwiększenia strumienia powietrza wentylacyjnego powodowało także znaczące zwiększenia zapotrzebowania energii na ogrzewanie pomieszczenia [18, 19]. Można to zaobserwować na zdjęciu wykonanym kamerą termowizyjną (przedstawionym na rys. 4) w trakcie, gdy otwarte było okno w celu poprawienia efektywności wentylacji pomieszczenia.



Rys. 2. Stężenie CO<sub>2</sub> w sypialni: a) zamknięte okno i drzwi, b) zamknięte okno i otwarte drzwi, c) zamknięte drzwi i otwarta mikrowentylacja zamontowana w oknie, d) otwarte drzwi i mikrowentylacja przez okno, e) otwarte okno i drzwi

Fig. 2. Concentration CO<sub>2</sub> in the bedroom: a) closed window and door, b) closed window and open door, c) closed door and micro ventilation through the window, d) open door and micro ventilation through the window, e) open window and door



Rys. 3. Przykładowe przebiegi zmienności strumienia wentylacyjnego w badanym lokalu  
 Fig. 3. Selected ventilation stream variation in the studied object



Rys. 4. Zdjęcie otwartego okna wykonane kamerą termowizyjną  
 Fig. 4. Infrared image of open window

Zwiększenie zapotrzebowania ciepła na ogrzewanie pomieszczenia sypialni wynika z bezpośredniego wprowadzania do pomieszczenia powietrza o bardzo niskiej temperaturze oraz z faktu umiejscowienia grzejnika ściennego bezpośrednio pod otwartym oknem.

Aby w analizowanym lokalu zapewnić wymagany według normy strumień powietrza wentylacyjnego i jednocześnie nie spowodować dużych strat ciepła wykorzystywanego do ogrzewania, należy przeprowadzić modernizację badanego lokalu mieszkalnego, polegającą na zmianie istniejącego systemu wentylacji naturalnej na indywidualną wentylację z odzyskiem ciepła za pomocą rekuperatorów. W przypadku budynków wielorodzinnych można wykonać indywidualną dla każdego lokalu mieszkalnego wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła, stosując rekuperatory ściennie. Rekuperator ścienny to wymiennik

ciepła z przepływem świeżego powietrza przez ścianę budynku oddzielnie dla każdego pomieszczenia (rys. 5).



Rys. 5. Schemat budowy rekuperatora ściennego [17]

Fig. 5. Scheme of the heat recovery inside wall [17]

W rekuperatorze ściennym zużyte ciepłe powietrze jest wyrzucane z pomieszczenia na zewnątrz, jednocześnie ogrzewając element ceramiczny. Następnie urządzenie zmienia kierunek przepływu powietrza i świeże powietrze pobierane jest z otoczenia budynku do wnętrza pomieszczenia i ogrzewane jest przez ciepło zmagazynowane w elemencie ceramicznym. Zastosowanie tego typu rekuperatorów ściennych we wszystkich pomieszczeniach lokalu mieszkalnego pozwala odzyskać do 85% ciepła z powietrza odprowadzanego z lokalu mieszkalnego do otoczenia w porównaniu do obecnego systemu wentylacji badanego obiektu [20]. Zastosowanie rekuperatora ściennego w pomieszczeniu, w którym śpią mieszkańcy lokalu, zapewni utrzymanie optymalnego stężenia ditlenku węgla przy jednoczesnym zapewnieniu komfortu termicznego i obniżeniu strat ciepła z budynku.

Montaż centralnej wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła w tak dużym obiekcie jest technicznie bardzo trudny w realizacji, natomiast wykonując oddzielne systemy wentylacji dla każdego lokalu, wyposażone w rekuperatory ścienne, można wykonać modernizację systemu wentylacji bez dużego remontu całego budynku [21, 22]. Zapewni to również możliwość sterowania parametrami pracy systemu wentylacji w każdym lokalu dopasowanymi do liczby mieszkańców oraz ich aktywności.

W oparciu o wyznaczone w trakcie badań współczynnik emisji ditlenku węgla oraz określony optymalny zakres krotności wymiany powietrza w pomieszczeniach wynoszący  $0,5 \text{ h}^{-1}$  można tak dobrać wydajność, okresy pracy oraz przekroje poprzeczne rekuperatorów ściennych, aby zapewnić optymalną wymianę powietrza gwarantującą jakość klimatu w pomieszczeniach mieszkalnych zalecaną przez Polską Normę [1].

## Wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, iż systemy wentylacji naturalnej budynków wielorodzinnych nie spełniają swojej roli. Brak możliwości regulacji strumienia powietrza wentylacyjnego, ograniczony napływ powietrza świeżego (w sezonie grzewczym wynikający ze szczelnego zamykania okien w lokalach mieszkalnych w celu minimalizacji strat ciepła) wpływają na ograniczenie dopływu tlenu do pomieszczeń sypialni. Powoduje to szybkie zwiększenie stężenia ditlenku węgla w powietrzu i negatywnie wpływa na mikroklimat pomieszczeń oraz samopoczucie mieszkańców.

Na podstawie otrzymanych wyników badań wyznaczono, iż każda osoba przebywająca w analizowanym lokalu mieszkalnym jest źródłem emisji ditlenku węgla na poziomie  $12,0 \text{ dm}^3$  na godzinę. Określony w trakcie badań optymalny zakres krotności wymiany powietrza w pomieszczeniu wynosi  $0,5 \text{ h}^{-1}$ .

Rozszczelnienie pomieszczenia sypialni poprzez otwieranie okna pozwala na zwiększenie dopływu powietrza świeżego do lokalu, jednak znacząco obniża komfort termiczny w pomieszczeniu i powoduje znaczne straty ciepła. Dla analizowanego lokalu mieszkalnego optymalnym rozwiązaniem jest zmiana istniejącego systemu wentylacji naturalnej na indywidualną wentylację z odzyskiem ciepła za pomocą rekuperatorów ściennych. Pozwoli to na zmniejszenie o 85% ilości ciepła zużywanego do ogrzewania przy zapewnieniu jakości powietrza zgodnej z wymaganiami Polskiej Normy PN-B-03430:1983/Az3:2000 [1].

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują również na konieczność dokonania zmian w aktach prawnych dotyczących budownictwa, wymuszających na właścicielach istniejących wysokich budynków wielorodzinnych zamianę systemów wentylacji naturalnej na systemy wentylacji mechanicznej, najlepiej z odzyskiem ciepła.

## Literatura

- [1] Polska Norma PN-B-03430:1983/Az3:2000: Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. 2000. <http://sklep.pkn.pl/pn-b-03430-1983-az3-2000p.html>.
- [2] Satish U, Mendell M, Shekhar K, Hotchi T, Sullivan D, Streufert S, et al. *Environ Health Perspect*. 2012;120:1-35. DOI: 10.1289/ehp.11.04789.
- [3] Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. (Health evaluation of carbon dioxide in indoor air) *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2008;51(11):1358-1369. DOI: 10.1007/s00103-008-0707-2.
- [4] Frontczak M, Wargocki P. *Build Environ*. 2011;46(4):922-937. DOI: 10.1016/j.buildenv.2010.10.021.
- [5] Słodczyk E, Suszanowicz D. *Ecol Chem Eng A*. 2016;23(3):275-285. DOI: 10.2428/ecea.2016.23(3)27.
- [6] Al Horr Y, Arif M, Kafatygiotou M, Mazroei A, Kaushik A, Elsarrag E. *Int J Sust Build Environ*. 2016;5:1-11. DOI: 10.1016/j.ijsbe.2016.03.006.
- [7] Nowak-Dzieszko K, Rojewska-Warchał M. *J Civil Eng Environ Architect*. 2015;62:293-302. DOI: 10.7862/rb.2015.114.
- [8] Kapalo P, Voznyak O. *J Civil En Environ Architect*. 2015;32(62):201-210. DOI: 10.7862/rb.2015.189.
- [9] Cao G, Awbi H, Yao R, Fan Y, Sirén K, Kosonen R, et al. *Build Environ*. 2014;73:171-186. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.12.009.
- [10] Foit H, Świerc A, Lubina P, Foit W, Tąta D. *Ciepłow Ogrzew Wentyl*. 2017;48(4):173-180. DOI: 10.15199/9.2017.4.8.
- [11] Gaczol T. *J Civil Eng Environ Architect*. 2015;32(62):81-88. DOI: 10.7862/rb.2015.38.
- [12] Frontczak M, Vinther Andersen R, Wargocki P. *Build Environ*. 2012;50:56-64. DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.10.012.
- [13] Nazaroff WW. *Indoor Air*. 2004;14:175-183. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2004.00286.x.
- [14] Olszowski T. *Ecol Chem Eng S*. 2013;20(4):719-732. DOI: 10.2478/eces-2013-0050.
- [15] Pinto M, Viegas J, Freitas V. *Energy Buildings*. 2017;152:534-546. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.07.048.
- [16] Zender-Świerc E. *Int J Environ Sci Technol*. 2017;14:1583-1590. DOI: 10.1007/s13762-017-1275-5.
- [17] PN-B-02025:2001 Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego. 2001. <http://sklep.pkn.pl/pn-b-02025-2001p.html>.
- [18] de Deara Gail RJ, Brager S. *Energy Buildings*. 2002;34:549-561. DOI: 10.1016/S0378-7788(02)00005-1.
- [19] Cosar-Jorda P, Buswell RA. *Energy Procedia* 2015;78:573-578. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.738.
- [20] <http://www.marley-germany.com>



- [21] Albers J, Dommel R, Montaldo-Ventsam H, Nedo H, Uberlacker E, Wagner J. Zentralheizungs- und Lüftungsbau für Anlagenmechaniker SHK. (Central heating and ventilation systems mechanic for SHK) Hamburg: Verlag Handwerk und Technik; 2014. ISBN: 9783582031235
- [22] Dadoo A, Gustavsson L, Sathre R. Energy Buildings. 2011;43(7):1566-1572. DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.02.019.

## **RESEARCH ON THE INFLUENCE OF BEDROOM VENTILATION IN MULTI-FAMILY RESIDENTIAL BUILDINGS**

Chair of Process Engineering, University of Opole, Opole

**Abstract:** The effectiveness of ventilation in multi-family residential buildings is controlled only by the measuring the velocity of the air stream in the ventilation ducts. It does not guarantee adequate control of air quality. This paper presents a study of the effectiveness of natural ventilation of multi-family residential buildings. Particular attention has been paid to the ventilation of the bedroom as a place where a person spends 1/3 of the time during the day. The effectiveness of ventilation systems and their influence on basic properties of air quality, i.e. carbon dioxide concentration, relative humidity and temperature were examined. The results obtained from the research show that, in the case of bedroom in the multi-family residential buildings, natural ventilation does not function effectively and should be replaced by mechanical ventilation - preferably intake and exhaust ventilation with heat recovery.

**Keywords:** ventilation, bedroom, multi-family building, air quality, carbon dioxide concentration, heat recovery