

Norbert SZMOLKE¹

AUDYTORSKIE SPOJRZENIE NA WENTYLACJĘ SZKÓŁ

Skuteczna wentylacja budynków szkolnych stanowi złożony problem w ich eksploatacji. Wydaje się, że spośród budynków użyteczności publicznej obiekty szkolne mają chyba najgorzej rozwiązane systemy wentylacji. Skuteczność wentylacji w takim obiekcie ma olbrzymie znaczenie przy uzyskiwaniu komfortu uczenia się dzieci jak i ich ogólnego samopoczucia. Słaba wentylacja to także przyczyna zasłabnięć i omdleń osób przebywających w pomieszczeniach szkolnych, spowodowana nadmiernym stężeniem dwutlenku węgla a czasem również tlenu węgla. Budynek szkolny to także miejsce pracy dla grona pedagogicznego oraz służb technicznych. Niestety zdarzają się przypadki lekceważenia tych problemów w szkołach. W pracy przedstawiono podejście audytora energetycznego do zagadnień wentylacji w placówkach szkolnych. Wskazano, że funkcjonujący system wentylacji pozwala również na usunięcie z budynku nadmiaru wilgoci. Jeśli wentylacja nie działa skutecznie a w pomieszczeniu występuje tzw. „przemarzanie ścian” może dojść do wykroplenia pary wodnej i pojawienia się korozji mykologicznej. Zwrócono również uwagę na tendencje uszczelniania budynków, głównie przez stosowanie hermetycznych okien, które chroniąc przed hałasem i stratami ciepła skutecznie blokują dopływ świeżego powietrza do pomieszczeń. Ponadto omówiono występowanie w przewodach wentylacyjnych tak zwanego ciągu wstecznego, spowodowanego głównie warunkami atmosferycznymi i uszczelnieniem budynku oraz niewłaściwą konstrukcją przewodów wentylacyjnych. Przedstawiono także, najczęściej stosowany, sposób poprawy wentylacji jakim jest przewietrzanie sal lekcyjnych. W końcowej części pracy wskazano na energetyczne aspekty wentylacji w budynkach szkolnych. Całość wzbogacono przykładami niekorzystnych rozwiązań wentylacji w szkołach, które autor tej pracy zauważył, wykonując audyty energetyczne budynków oświatowych, zlokalizowanych w Polsce południowo-zachodniej.

Słowa kluczowe: wentylacja grawitacyjna, energochłonność obiektu, skutki złej wentylacji, sposoby przewietrzania szkół

¹ Dr hab. inż. Norbert Szmolke, prof. PO, Politechnika Opolska, Katedra Inżynierii Środowiska, ul. S. Mikołajczyka 5, 45 – 271 Opole, Tel. 77 449 83 91, e-mail: n.szmolke@po.opole.pl

1. Wprowadzenie

Jak powszechnie wiadomo głównym celem wentylacji jest usunięcie z pomieszczenia powietrza zanieczyszczonego i zastąpienie go powietrzem świeżym. Ten proces dotyczy wszystkich obiektów budowlanych a przede wszystkim przeznaczonych na pobyt ludzi. Dla wielu typów budynków określono nawet szczegółowe warunki, jakie muszą być spełnione przez systemy wentylacyjne w nich funkcjonujące. Niestety, dla budynków szkolnych, będących przedmiotem tej publikacji obecnie brak takich jednoznacznych warunków. Co prawda w [3] w paragrafie 9 znajduje się zapis „*W pomieszczeniach szkoły i placówki zapewnia się właściwe oświetlenie, wentylację i ogrzewanie*” to jego praktyczna przydatność jest znikoma ze względu na brak szczegółowych wytycznych.

W związku z tym sięga się do warunków ogólnych, zawartych np. w Warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [4] oraz normie PN - 83/B-03430 [1]. W tej ponad trzydziestoletniej, a wciąż obowiązującej, normie znaleźć można zalecenie takiego projektowania systemów wentylacji, aby w budynkach użyteczności publicznej (także szkolnych) została zapewniona wymiana powietrza na poziomie $20 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobę. To na tych dokumentach opiera się ocena systemów wentylacji, wykonywana przez audytora energetycznego, co stanowi treść tej publikacji.

Wszystkie, zamieszczone w dalszej części zdjęcia zostały wykonane przez autora publikacji w placówkach szkolnych, zlokalizowanych w Polsce południowo-zachodniej.

2. Przyczyny i skutki niewłaściwej wentylacji w budynkach szkolnych

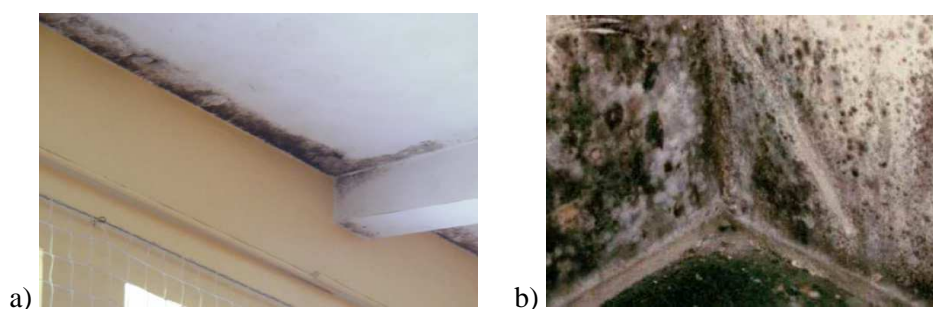
Systemy wentylacji mają spełniać podstawowe zadanie, jakim jest usuwanie powietrza zanieczyszczonego z pomieszczeń oraz doprowadzenie powietrza świeżego. W klasie, w której w czasie lekcji przebywa wiele osób, wzrasta ilość dwutlenku węgla a maleje ilość tlenu (czasem również CO). Wzrost stężenia dwutlenku węgla w zamkniętym pomieszczeniu powoduje negatywne skutki, takie jak senność, ból głowy.

Słaba wentylacja to także przyczyna zasłabnięć i omdleń osób przebywających w pomieszczeniach szkolnych. Należy wspomnieć, że budynek szkolny to także miejsce pracy dla grona pedagogicznego oraz służb technicznych.

Dobrze funkcjonujący system wentylacji pozwala również na usunięcie z budynku nadmiaru wilgoci. Jeśli wentylacja nie działa skutecznie a w pomieszczeniu występuje tzw. „przemarzanie ścian” może dojść do wykroplenia pary wodnej i pojawienia się korozji mykologicznej tak, jak przedstawiono na rys. 1. Niestety zdarzają się przypadki lekceważenia tych problemów w szkołach.

Większość klas szkolnych wentylowanych jest w sposób naturalny. Jedynie w niektórych współcześnie budowanych obiektach stosuje się wentylację mechaniczną a zastosowanie odzysku ciepła wciąż należy do rzadkości; głównie z powodu wysokich kosztów realizacji takiej inwestycji. Chociaż w tej kwestii widać poprawę spowodowaną, zdaniem autora tej publikacji, zmianą pokoleniową na stanowiskach dyrektorskich; zarządzanie oświatą powoli przejmują ludzie którzy rozumieją potrzebę poprawy warunków higienicznych w kierowanych placówkach.

Innym problemem jest występowanie wilgoci i pleśni na wewnętrznych powierzchniach ścian co może być wynikiem słabej izolacji cieplnej lub jej braku, ale też złej wentylacji oraz niedostatecznego ogrzewania, co w praktyce oznacza niewłaściwy sposób eksploatacji i konserwacji obiektu.



Rys. 1. Skutki: a) wadliwej wentylacji sali gimnastycznej, b) i mostka termicznego w sali lekcyjnej, zlokalizowanej w przyziemiu

Fig. 1. Effects: a) of faulty ventilation in a gymnastic hall, b) and a thermal bridge in a classroom located in the basement

Niedostateczna izolacyjność cieplna przegród powoduje utrzymywanie się na ich powierzchni zbyt niskiej temperatury, co w chłodnych okresach roku w licznych przypadkach doprowadza do kondensacji pary wodnej na powierzchni. Kondensacja następuje wskutek tego, że powietrze stykające się ze ścianą ochładza się poniżej temperatury punktu rosy i nadmiar pary wodnej musi się skroplić.

Wilgoć w przegrodach staje się przyczyną zwiększenia strat ciepła i obniżenia temperatury w pomieszczeniach. W wyniku tego w pomieszczeniach rozwijają się różne mikroorganizmy, które oddziałują na zdrowie ludzi (są przyczyną kłopotów z układem oddechowym, alergiami a nawet zaczątkiem chorób nowotworowych). Pojawia się tzw. syndrom chorego budynku. Powstają szkodliwe warunki higieniczne w takim budynku; usunięcie ich skutków jest trudne, czasochłonne i kosztowne.

Należy wyraźnie zaznaczyć, że kolejnym z celów wentylacji, poza wymianą powietrza, jest usunięcie pary wodnej z pomieszczeń. Sprawna wentylacja zdecydowanie zmniejsza zagrożenie wykrapłania się pary wodnej.

W Polsce w ostatnich latach widoczna jest tendencja do uszczelniania budynków, głównie przez stosowanie hermetycznych okien. Wiele produkowanych i montowanych obecnie jest zbyt szczelnych. Co prawda świetnie chronią nas od środowiska zewnętrznego, np. hałasu, lecz skutecznie zapobiegają doprowadzaniu świeżego powietrza drogą infiltracji.

Problem jest istotny na tyle, że w obowiązujących Warunkach technicznych [4] pojawił się zapis, nakazujący montaż nawiewników w oknach lub innych częściach przegród zewnętrznych w przypadku zastosowania w pomieszczeniach innego rodzaju wentylacji niż wentylacja mechaniczna nawiewna lub nawiewno-wywiewna.

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, iż o ile w odniesieniu do wszystkich budynków naturalny dopływ powietrza zewnętrznego może być realizowany do wielkości nie przekraczającej 2 wymian na godzinę, to w drodze wyjątku dla pomieszczeń w szkołach i przedszkolach dopuszcza się w uzasadnionych przypadkach doprowadzanie powietrza zewnętrznego pod wpływem podciśnienia w ilościach do 3 wymian na godzinę [1].

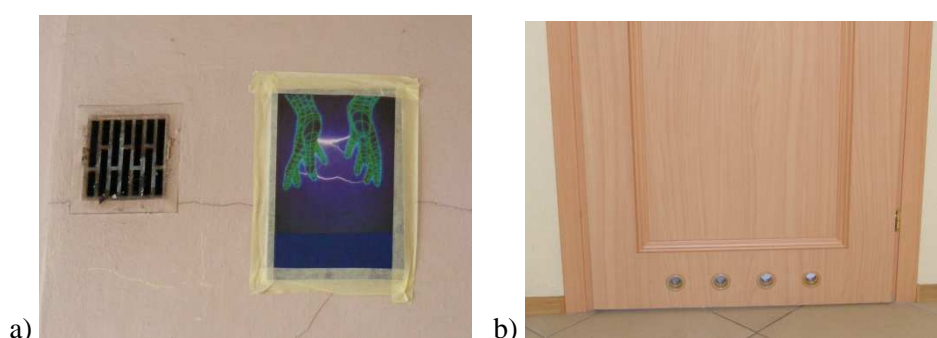
Uszczelnianie budynku w obawie przed nadmiernymi stratami ciepła odbywa się zarówno na etapie projektowania, budowy jak i eksploatacji; może doprowadzić do niespełnienia wymagań stawianych układom wentylacyjnym. Zbyt duża i bezkrytyczna hermetyzacja budynków wpływa negatywnie na jakość powietrza w pomieszczeniach, a tym samym na ich mikroklimat.

Inna przyczyna złej wentylacji w budynkach szkolnych to tzw. ciąg wsteczny spowodowany głównie warunkami atmosferycznymi i uszczelnieniem budynku oraz niewłaściwą konstrukcją przewodów wentylacyjnych. Nadmierne uszczelnienie budynku, skutkujące drastycznym zmniejszeniem ilości powietrza dostarczanego do niego, może spowodować tzw. „cofkę kominową” tj. przez przewód wentylacyjny dostarczane jest świeże powietrze do budynku, a powinno być z niego usuwane. Działania „naprawcze” obsługi budynku polegają przeważnie na zasłonięciu kratki wentylacyjnych (rys. 2a) co nie eliminuje tego problemu. Wymagana jest pełna diagnostyka systemu wentylacji, której celem jest zdefiniowanie przyczyn takiego stanu i wskazanie właściwych rozwiązań. Trzeba mieć również na uwadze fakt, że montowane na kominach nasady nie rozwiązują problemu jeśli ich zastosowanie nie będzie uzależnione od wymaganej przepustowości przewodu wentylacyjnego.

Zdarza się, że powodem niesprawnej wentylacji jest za niski komin; wtedy wymagane jest jego przedłużenie np. poprzez zamontowanie wkładu kominowego, koniecznie ocieplonego. W nieocieplonym, wyższym kominie dochodzi do wychłodzenia powietrza co powoduje dalsze obniżenie ciągu.

Nie mniej istotnym problemem jest wentylacja sanitariatów. Wymagają one, zgodnie z [3], wentylacji na poziomie co najmniej $30\text{m}^3/\text{h}$ na jeden ustęp. Wyprowadzenie takiej ilości powietrza na zewnątrz budynku jest możliwe tylko w przypadku, gdy jest zapewniony odpowiedni dopływ powietrza do pomieszczenia oraz wystarczająca ilość sprawnych przewodów wentylacyjnych. Infil-

tracja powietrza do takich pomieszczeń często sprowadza się do jego napływu przez drzwi. Dlatego drzwi wejściowe powinny być zaopatrzone w otwory o powierzchni co najmniej 200 cm^2 , umieszczone w ich dolnej części. W praktyce spotyka się niestety takie rozwiązania jak pokazane na rys.2b. W tym przypadku suma powierzchni otworów i powierzchnia szczeliny pomiędzy dolną krawędzią drzwi a podłogą nie zapewniają odpowiedniego dopływu powietrza. Dodatkowo coraz powszechniej montowane w drzwiach wewnętrznych uszczelki przylgowe utrudniają infiltrację powietrza do wnętrza takiego pomieszczenia.



Rys. 2. Skuteczny sposób ograniczenia wentylacji: a) zasłonięcie kratki wentylacyjnej, spowodowane ciągiem wstecznym, b) zbyt mała powierzchnia otworów nawiewnych w drzwiach, prowadzących do sanitariatów

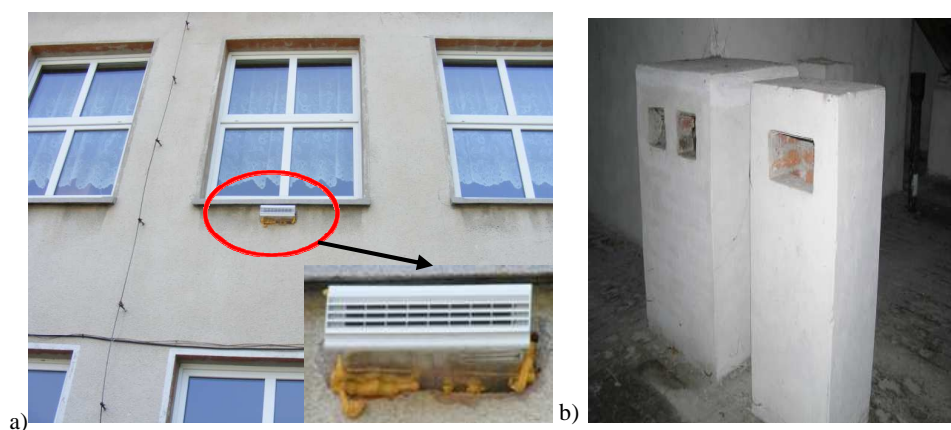
Fig. 2. An effective way of limiting ventilation as a result of: a) obstruction of the ventilation grill, caused by back air draw in the shaft, b) too small a surface of the inlet holes in the doors leading to toilets

Czasem zauważa się zamontowane nawiewniki w oknach pomieszczeń sanitarnych. Zdaniem autora tej publikacji jest to postępowanie niewłaściwe, ponieważ przy niedoborze powietrza w budynku może dojść do jego infiltracji z sanitariatu do pozostałej kubatury budynku, powodując zanieczyszczenie powietrza. W takim przypadku wchodząc do budynku i posługując się jedynie węchem bez problemu można zlokalizować WC i inne pomieszczenia sanitarne. Niejednokrotnie taka sytuacja dotyczy również sal gimnastycznych.

Na rysunku 3a pokazano próbę poprawy wentylacji klasy poprzez montaż nawietrzaka ściennego. Wymiana stolarki okiennej w tym pomieszczeniu spowodowała jego hermetyzację, która dość szybko doprowadziła do pojawienia się pleśni na ścianie zewnętrznej. Montaż nawietrzaka poprawił stan higieniczny klasy lecz obniżył komfort uczenia się dzieciom, które siedziały blisko jego mocowania; dochodziło do lokalnego obniżenia temperatury w tym miejscu co skutkowało przeziębianiem się uczniów. W konsekwencji zlikwidowano nawietrzak, a w stolarce okiennej zamontowano nawiewniki.

Na kolejnym rysunku (rys.3b) pokazano, spotykany głównie w budynkach przedwojennych, przypadek zakończenia przewodów wentylacyjnych na pod-

daszu. Nie jest to rozwiązanie prawnie dopuszczalne, lecz wydaje się być skuteczne szczególnie, gdy poddasze posiada dużą kubaturę a pokrycie dachowe pozwala na wymianę powietrza poprzez infiltrację.



Rys. 3. Przykłady rozwiązań wentylacji w szkołach: a) nawiewnik ścienny, b) zakończenie przewodów wentylacyjnych na poddaszu

Fig. 3. Ventilation solutions in schools: a) air intake wall, b) ends of ventilation ducts in the attic

3. Przewietrzanie sal lekcyjnych

Poprawę skuteczności wentylacji w szkole można osiągnąć poprzez okresowe przewietrzanie sal lekcyjnych. Można je realizować na kilka sposobów (tabela 1). Najskuteczniejsze są dwa: przewietrzanie przy szeroko otwartych oknach i drzwiach oraz jedynie przy szeroko otwartych oknach.

Krótki czas przewietrzania pozwala na efektywną wymianę powietrza podczas przerw międzylekcyjnych. Przy okazji realizowany jest zapis o konieczności wietrzenia sal w czasie przerwy, zawarty w rozporządzeniu [3].

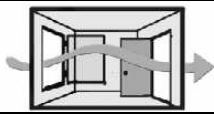
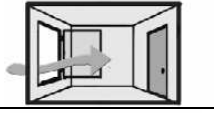
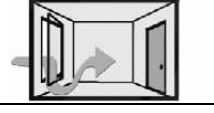
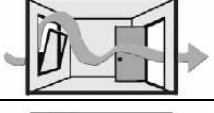

Niestety są to działania krótkotrwałe; jeśli podczas dziesięciminutowej przerwy klasa zostanie skutecznie przewietrzona to efekt tego działania znika po 10-15 minutach lekcji, gdy wejdzie do niej 25-30 uczniów, co z kolei nie jest rzadkością w wielu oddziałach szkolnych. Praktycznie w polskiej oświacie nie stosuje się przerw w czasie lekcji, wykorzystywanych do przewietrzenia klasy.

4. Aspekt energetyczny wentylacji w budynkach szkolnych

Audytor energetyczny dokonujący oceny energetycznej budynku szkoły stwierdzi, że obiekt dużo energii traci poprzez wentylację a po jego ociepleniu i wymianie okien udział strat wentylacyjnych w stratach całkowitych ciepła znacznie wzrośnie co pokazano na rysunku 4.

Tabela 1. Przewietrzanie sal lekcyjnych, wg [5,6]

Table 1. Classroom airing standards in accordance with [5,6]

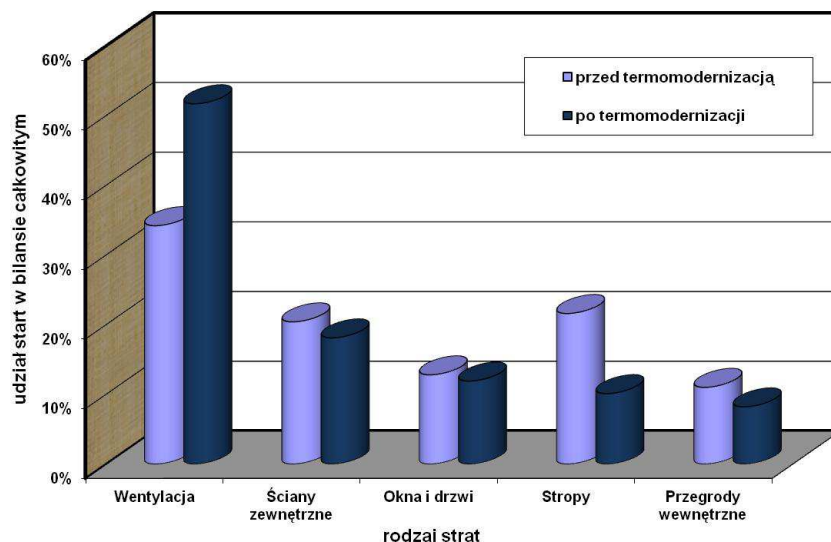
Sposób przewietrzania	Czas realizacji	Ilustracja sposobu
szeroko otwarte okna i drzwi	3 – 5 min.	
szeroko otwarte okna	5 – 10 min.	
uchylone okna	10 – 15 min.	
uchylone okna i otwarte drzwi	15 – 20 min.	
uchylone okna	20 – 30 min.	

Istotnym powodem powstawania dużych, lecz jedynie obliczeniowych, strat ciepła jest metoda ich wyznaczenia. Zgodnie z obowiązującą normą PN-83/B-03430 w budynkach oświatowych należy przyjmować wymianę ciepła na poziomie $20 \text{ m}^3/\text{h}$ na jednego ucznia czy nauczyciela przez całą dobę. Dodatkowo należy uwzględnić $30 \text{ m}^3/\text{h}$ na pojedynczy sanitariat, $50 \text{ m}^3/\text{h}$ dla łazienki (z ustępem lub bez), 1,5 – 2 wymiany powietrza w ciągu godziny dla kuchni i stołówki oraz wiele dodatkowych składników tego bilansu.

Uwzględniając obliczeniowe temperatury wewnętrzne (20°C) oraz zewnętrzne (zależnie od strefy klimatycznej wahają się od -16°C do -24°C) otrzymuje się znaczne straty ciepła na wentylację. Np. dla obiektu nieocieplonego o konstrukcji tradycyjnej murowanej, powierzchni ogrzewanej 2100 m^2 i kubaturze 5895 m^3 przy niemodernizowanym systemie centralnego ogrzewania wynieść mogą one nawet ponad 500 GJ w ciągu roku.

Powyższy wynik uzyskano wykonując obliczenia zgodnie z normą PN-EN ISO 13790 [2].

Należy zwrócić uwagę na fakt, że wielkość strat na wentylację silnie zależy od liczby użytkowników obiektu. W przypadku znacznego zmniejszenia liczby uczniów i pracowników szkoły pokazane na rys. 4 proporcje mogą ulec zasadniczym zmianom.



Rys. 4. Straty ciepła w przykładowym budynku szkolnym przed i po wykonaniu termomodernizacji
 Fig. 4. Heat losses in an examples school building before and after its thermal upgrading

5. Podsumowanie

Uzyskanie skutecznej wentylacji w placówkach szkolnych jest zadaniem niełatwym szczególnie, gdy realizowana jest ona w sposób naturalny (grawitacyjnie). Zależy ona nie tylko od geometrii kanałów wentylacyjnych i konstrukcji budynku, ale także od rozmieszczenia pomieszczeń i otoczenia budynku oraz od warunków atmosferycznych.

W wielu przypadkach jedyną możliwością poprawy skuteczności wentylacji jest otwieranie okien, co czasem jest niemożliwe np. ze względu na panujący w okolicy budynku hałas uliczny. Stąd bierze się konieczność upowszechniania stosowania nawiewników.

Nawiewniki okienne są najczęściej wystarczającym elementem uzupełniającym istniejący system wentylacji grawitacyjnej. Montowane w górnej części okna dostarczają do pomieszczenia świeże powietrze; powietrze zanieczyszczone i wilgotne skutecznie usuwane zostaje przez system wentylacji grawitacyjnej.

Przy wykonywaniu prac termomodernizacyjnych wskazane byłoby montowanie wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła, lecz pociąga to za sobą duże koszty. Publiczne placówki szkolne nie stać na takie rozwiązania.

Ciągle nierozstrzygnięty jest problem: wentylować czy oszczędzać. Biorąc pod uwagę potencjalne skutki zdrowotne złej wentylacji odpowiedź na to pytanie jest oczywista: wentylować!

Literatura

- [1] PN-83/B-03430, 1983: Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.
- [2] PN-EN ISO 13790: 2009: Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia.
- [3] Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 31 grudnia 2002 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny w publicznych i niepublicznych szkołach i placówkach (Dz. U. z 2002 r., nr 6, poz.69 z późn. zm.).
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. nr 75, poz. 690 z późn. zm.).
- [5] Szmolke N.: Wentylacja w placówkach oświatowych okiem audytora energetycznego. Rozdział w monografii Nowoczesne systemy odprowadzania spalin w zjednoczonej Europie. Fakty, trendy i argumenty, s. 115, Wyd. Schiedel Polska, Opole 2009.
- [6] www.teachers4energy.eu [dostęp w dniu 5 sierpnia 2013 r.].

AN AUDITOR'S LOOK ON VENTILATION IN SCHOOLS

Summary

Ventilation of school buildings forms a complex issue during their exploitation. The effectiveness of air conditioning plays an important role both to the benefit of the comfort of children learning at school and their general well-being. Poor ventilation also forms a reason for instances of loss of consciousness and fainting of people who stay inside school buildings, caused by the excessive concentration of carbon dioxide and lack of oxygen. This paper presents the approach of an energy auditor towards the issues regarding ventilation inside a school building. It was indicated that the operating system does not enable the removal of sufficient moisture from a building. If a ventilation does not operate adequately and the conditions enable frost penetration, it is possible that the phenomenon of water vapor condensing and occurrence of mycological corrosion will have to be faced. Another issue addressed in the paper involved the tendency to make the buildings extremely tight, mainly as a result of applying hermetic windows, which due to their purpose of protecting from noise and heat losses tend to completely impede access to fresh air inside the building. The most common technique used for improving air circulation, which involves quick window ventilation of classrooms is discussed in the paper. The final part of the paper indicates the energy aspects of ventilation of school buildings. The paper is complemented by examples of incorrect ventilation solutions in schools noted by the author during his work as energy auditor in educational facilities located in south-western Poland.

Keywords: gravitational ventilation, energy consumption of buildings, effects of poor ventilation, ways of airing schools

Przesłano do redakcji: 22.02.2015 r.

Przyjęto do druku: 22.06.2015 r.

DOI:10.7862/rb.2015.75

