

DZIAŁANIE WENTYLACJI GRAWITACYJNEJ W ZALEŻNOŚCI OD WARUNKÓW ZEWNĘTRZNYCH NA PRZYKŁADZIE DWÓCH POMIESZCZEŃ BIUROWYCH W BUDYNKU UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

EFFECT OF NATURAL VENTILATION DEPENDING ON THE OUTSIDE ON THE EXAMPLE OF TWO OFFICE ROOMS IN PUBLIC BUILDINGS

mgr inż. Weronika RADZIKOWSKA-JUŚ

dr inż. Mariusz OWCZAREK

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji

Artykuł recenzowany

Streszczenie

Wentylacja naturalna (grawitacyjna) stosowana jest od początku historii budownictwa i pozostaje najpopularniejszym sposobem wymiany powietrza w budynkach jednorodzinnych. Jej działanie sterowane jest jednak wyłącznie warunkami naturalnymi. Precyzyjna równowaga ciśnienia powietrza będąca napędem tego typu wentylacji podlega różnym wahanom. Jednym z czynników jest konfiguracja otwartych i zamkniętych przegród w pomieszczeniu. W artykule podjęto próbę sprawdzenia doświadczalnego, w jaki sposób otwarcie okien i drzwi wpływa na działanie wentylacji. Czas eksperymentu podzielono na przedziały, w których zmieniano konfiguracje okien i drzwi. Przez cały czas mierzono przepływ powietrza w kratce wentylacyjnej zapisując wyniki w odstępie sekundowym. Założono, że wentylacja działa prawidłowo jeśli powietrze jest zasysane przez kratkę z jak największą prędkością. Obliczono średnią prędkość przepływu w każdym przedziale i wskazano najlepsze ustawienie otwarcia okien i drzwi według przyjętego kryterium.

Słowa kluczowe: wentylacja naturalna, pomiary wentylacji, komfort cieplny

Summary

Natural (gravity) ventilation is used from the beginning of the history of the building industry and remains the most popular way to exchange air in single-family houses. Its operation is controlled only by natural conditions. The precise balance of air pressure which is a drive of this type of ventilation is subject to different fluctuations. One of the factors is the configuration of open and closed baffles in the room. This article attempts to verify experimentally how open windows and doors affect the operation of ventilation. The experimental time is divided into periods which are varied configurations of windows and doors. Air flow in the air vent is measured every second. It was assumed that ventilation is working properly if the air is sucked in through the grille with the highest possible speed. The mean flow velocity is calculated in each period and the best setting to open windows and doors according to the adopted criterion is pointed out.

Key words: natural ventilation, measurements of ventilation, thermal comfort

1. Wstęp

W dzisiejszych czasach oprócz zainteresowania energooszczędnością i ekologicznymi rozwiązaniami w budynkach, zaczęto coraz większą uwagę poświęcać jakości mikroklimatu pomieszczeń. Decyduje o niej m.in. utrzymanie odpowiedniej temperatury wewnętrznej, jak i stan znajdującego się w nim powietrza. Jeżeli chodzi o utrzymanie odpowiedniej temperatury to przede wszystkim powinniśmy zwrócić uwagę na straty powietrza w pomieszczeniach. Niwelowane są one przez uszczelnianie okien lub wymianę na nowe o lepszych parametrach. Szczelne okna powodują znaczne ograniczenie dostępu świeżego powietrza,

co z punktu widzenia energooszczędności jest korzystne. Z drugiej jednak strony zmniejszenie wpływu powietrza powoduje wzrost wilgotności w pomieszczeniu, a co za tym idzie niebezpieczeństwo rozwoju różnych szkodliwych dla zdrowia organizmów. Ponadto w pomieszczeniach nadmiernie uszczelnionych pogarsza się jakość powietrza, gdyż zapachy pochodzące m.in. z organizmu człowieka, z kuchni, z łazienki i WC, mebli, materiałów budowlanych itp. nie mają możliwości opuszczenia pomieszczeń i zaczynają gromadzić się w budynku. Powszechnie wiadomo, że zbyt mała ilość świeżego powietrza może prowadzić do złego samopoczucia, a nawet chorób osób przebywających w pomieszczeniu. Zatem można stwierdzić, iż kontrola jakości

powietrza wewnątrz jest ważnym czynnikiem decydującym o samopoczuciu psychicznym i fizycznym człowieka. Jakość tę można poprawić jedynie poprzez stałe odnawianie powietrza wewnątrz za pomocą powietrza świeżego (z zewnątrz budynku). Dlatego tak ważne jest by stałe kontrolować systemy wentylacyjne i dążyć do ich usprawniania.

2. Rodzaje wentylacji

Istnieje wiele rodzajów wentylacji i można je sklasyfikować na szereg różnych sposobów. Powszechnie stosowanymi typami wentylacji są przede wszystkim: wentylacja grawitacyjna (naturalna), wentylacja mechaniczna i wentylacja hybrydowa.

W zależności od sposobu wymiany powietrza wentylację mechaniczną możemy podzielić na [5]:

- **ogólną**, czyli zapewniającą równomierną wymianę powietrza w całym pomieszczeniu,
- **miejscową**, przeciwdziałającą zanieczyszczeniu powietrza w miejscu ich wydzielania,

Innego podziału wentylacji mechanicznej dokonujemy w zależności od kierunku ruchu powietrza w stosunku do wentylowanego pomieszczenia. Rozróżniamy wtedy wentylację:

- **nawiewną** – dostarczanie powietrza odbywa się w sposób mechaniczny a usuwanie w sposób naturalny,
- **wywiewną** – tu powietrze dostarczane jest w sposób naturalny a mechanicznie wspomagany jest wywiew,
- **nawiewno – wywiewną** – w tym przypadku dostarczanie i usuwanie powietrza odbywa się w pełni mechanicznie.

W zależności od różnicy ciśnień wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia wentylacja jest:

- **nadciśnieniowa**, przy której strumień objętości powietrza nawiewanego jest większy od strumienia objętości powietrza wywiewanego,
- **podciśnieniowa**, gdzie strumień objętości powietrza nawiewanego jest mniejszy od strumienia objętości powietrza wywiewanego.

Uwzględniając możliwość uzyskania określonych warunków w pomieszczeniach rozróżnia się:

- **wentylację zwykłą** zapewniającą wymaganą temperaturę w pomieszczeniu tylko zimą,
- **wentylację z chłodzeniem**, gdzie utrzymywanie wymaganej temperatury jest możliwe zimą i latem,
- **wentylację z dowilżaniem** – wyposażoną w urządzenia zwiększające wilgotność powietrza w pomieszczeniach,
- **wentylację z osuszaniem** – powodującą zmniejszenie wilgotności powietrza w pomieszczeniu,
- **urządzenia klimatyzacyjne**, za pomocą, których temperaturę i wilgotność względną powietrza w pomieszczeniu może być utrzymana w preferowanym zakresie z odpowiednią (pożądaną) dokładnością.

Wentylacja hybrydowa

W jej skład wchodzi: wentylacja naturalna i wentylacja mechaniczna. System skonstruowany jest tak by zależnie od warunków zewnętrznych działała jedna z nich, ta któ-

ra w danym momencie jest rzeczywiście potrzebna. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu elementów sterujących pracą obu systemów, które za pomocą sprzężonych z układem sterowania czujników monitorują warunki zewnętrzne.

Jeżeli chodzi o budowę samej wentylacji to na wylocie kanału grawitacyjnego osadzona jest nasada kominowa. Jeżeli warunki dla wentylacji naturalnej są sprzyjające to nasadka nie pracuje. Oznacza to, że powietrze jest odprowadzane z pomieszczeń grawitacyjnie, a wiejący wiatr jest wykorzystywany do wytwarzania podciśnienia. Gdy warunki ulegają zmianie (np. z powodu silnego wiatru), system sterujący uruchamia nasadkę. Włącza się wówczas wentylator, który gwarantuje właściwy ciąg a tym samym swoją pracę rozpoczyna wentylacja mechaniczna.

Inne typy wentylacji to:

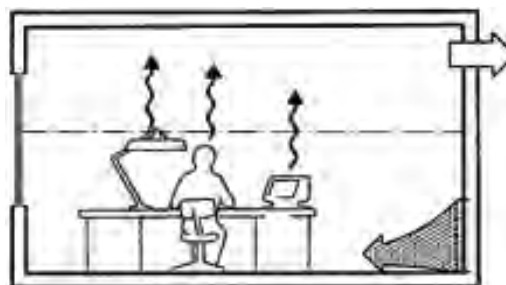
1. Wentylacja wyporowa

Wentylacja wyporowa określana również jako: wentylacja przemieszczająca, wentylacja z termicznie uwarunkowanym przepływem powietrza, wentylacja z nisko burzliwym przepływem powietrza.

Mechanizm działania wentylacji wyporowej opiera się na wykorzystaniu człowieka, jako siłę napędową ruchu powietrza w pomieszczeniu, w którym się on znajduje. Pomieszczenie to dzielone jest na dwie strefy o odmiennych parametrach powietrza. W dolnej części pomieszczenia tworzona jest tzw. „strefa czysta”. Jej wysokość zależna jest od pracy, którą wykonują ludzie znajdujący się w pomieszczeniu. Sięga ona do ok. 1,1 m od podłogi przy pracy siedzącej człowieka (ludzi), a ok. 1,8 m przy pracy stojącej ludzi przebywających w danym pomieszczeniu [7].

Druga strefa znajduje się bezpośrednio nad „strefą czystą” i potocznie nazywana jest „strefą zanieczyszczoną”, gdyż w niej podwyższone jest stężenie zanieczyszczeń w powietrzu.

Przy wentylacji wyporowej świeże powietrze doprowadzane jest przy podłodze, a strumienie konwekcji tworzące się wokół osób oraz przedmiotów o ciepłych powierzchniach porywają je i transportują ponad strefę przebywania ludzi. Tam właśnie umieszcza się wywiewniki [7].



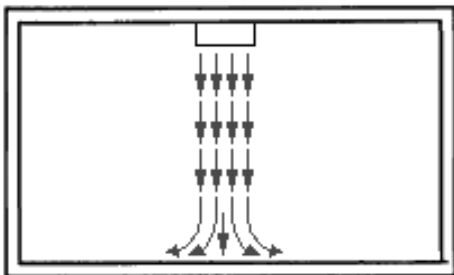
Schemat 1. Przepływu powietrza przez pomieszczenie dla wentylacji wyporowej.

Źródło: <http://wentylacja.org.pl/pages-43.html>

2. Wentylacja laminarna

W tym typie wentylacji powietrze przepływa całym przekrojem pomieszczenia, na przykład od góry do dołu,

tworząc tak jakby tłok wypychający zanieczyszczone powietrze. Niezbędna jest stała prędkość powietrza, około 0,35-0,4 m/s. Przy takich prędkościach przepływ jest laminarny i nie ma mieszania, co daje stabilny efekt tłoka. Taka wentylacja stosowana jest tam gdzie są wysokie wymagania, co do czystości powietrza.



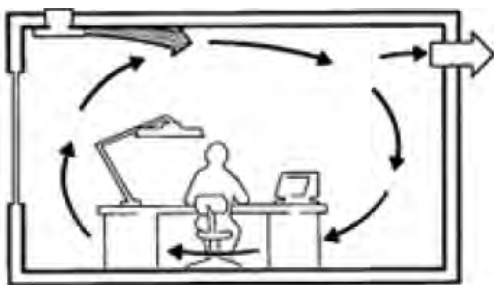
Schemat 2. Przepływu powietrza przez pomieszczenie dla wentylacji laminarnej.

Źródło: <http://www.wentylacja.org.pl/pages-44.html>

3. Wentylacja mieszająca

Sposób działania wentylacji mieszającej bazuje na założeniu, że zanieczyszczenia powietrza wydzielone w pomieszczeniu powinny być równomiernie, jak najszybciej rozcieńczone i rozprowadzone w całej jego objętości, a następnie usunięte. Dlatego też projektuje się ją w taki sposób, by świeże powietrze było nawiewane z dość dużą prędkością powodując ruch praktycznie całego powietrza w pomieszczeniu. Nawiew znajduje się zwykle na poziomie sufitu lub pod oknami. Nawiewana struga powietrza jest silnie rozpraszana, powoduje to intensywne mieszanie i szybki zanik prędkości oraz różnicy temperatur między powietrzem nawiewanym i znajdującym się w pomieszczeniu. O dużej prędkości nawiewu decyduje staranny dobór nawiewników zarówno pod względem zasięgu i profilu strumienia w stosunku do powierzchni pomieszczenia.

Dopuszcza się nawiewanie powietrza z prędkością 10 m/s przy różnicy temp. między powietrzem a pomieszczeniem $\pm 8^{\circ}\text{C}$.



Schemat 3. Przepływu powietrza przez pomieszczenie dla wentylacji mieszającej.

Źródło: <http://mailgrupowy.pl/shared/resources/9327, wentylacja-i-klimatyzacja/18719, wentylacja-i-klimatyzacja-prezentacje;>
 Źródło: <http://wentylacja.org.pl/pages-43.html>

4. Wentylacja higrosterowana

Wentylacja higrosterowana składa się z higrosterowanych nawiewników i kratek wywiewnych wyposażonych

w taśmę z materiału reagującego na niewielkie zmiany wilgotności. Wykorzystana jest tu naturalna właściwość tego materiału, który zmienia swoją długość wraz z poziomem wilgotności. Mechanizm skonstruowany jest tak, iż długość taśmy przekłada się na ruch otwierający lub zamykający przepustnice nawiewników i kratek wywiewnych. Duża wilgotność w pomieszczeniu (np. ludzie wewnątrz) powoduje otwarcie się przepustnic (np. żaluzji, kłapek itp.), a tym samym zwiększenie strumienia napływającego powietrza. Zmniejszenie wilgotności zamyka przepustnice i zmniejsza strumień napływającego powietrza.

Wyróżnia się trzy podstawowe modele rozwiązań wentylacji higrosterowanej [9]:

- **System wentylacji grawitacyjnej higrosterowanej** – do wytworzenia podciśnienia wykorzystywane są siły przyrody (wiatr oraz różnica temperatur między powietrzem wewnętrznym i zewnętrznym). Dzięki tym czynnikom w kanale wentylacyjnym powstaje podciśnienie umożliwiające pracę instalacji wentylacji.
- **System wentylacji hybrydowej higrosterowanej** – do tradycyjnych kanałów wentylacji naturalnej zastosowano wspomaganie mechaniczne.
- **System wentylacji mechanicznej higrosterowanej** – siłą napędową całego układu wentylacji jest działający całą dobę wentylator zbiorczy. Wentylator dzięki zmiennej prędkości obrotowej minimalizuje zużycie energii elektrycznej. Doprowadzenie powietrza zewnętrznego zapewniane jest przez higrosterowane nawiewniki okienne.

3. Charakterystyka wentylacji naturalnej

3.1. Zasada działania wentylacji grawitacyjnej

Wentylacja naturalna zwana też grawitacyjną jest najprostszą instalacją wymiany powietrza. Jej działanie zależy od różnicy temperatury pomiędzy pomieszczeniem a temperaturą zewnętrzną oraz prędkości wiatru. W takiej wentylacji napływ powietrza odbywa się przez okna a odpływ przez kanały wentylacyjne. Pewien wpływ na działanie wentylacji naturalnej ma, więc otwarcie czy zamknięcie okien i drzwi. Wpływ ten może być różny w zależności od konfiguracji pomieszczenia i od chwilowych warunków zewnętrznych.

3.2. Podstawy projektowania

Normowe warunki projektowania wentylacji wywiewnej wymagają odprowadzenia odpowiednich strumieni powietrza z pomieszczeń [3]. W przypadku braku wiatru czynnikiem napędowym jest różnica ciśnień hydrostatycznych. Różnica ta bierze się z mniejszej gęstości cieplejszego powietrza w kanale wentylacyjnym o wysokości h i większej gęstości słupa powietrza o tej wysokości o temperaturze zewnętrznej. Aby wentylacja działała w sposób prawidłowy różnica ta musi być wystarczająca przynajmniej do pokonania oporów przepływu (lokalnych i liniowych) oraz wystarczyć do rozpędzenia powietrza do wymaganej prędkości.

$$\Delta p_{lok} + \Delta p_{lin} h + \frac{\rho w_{rz}^2}{2} = gh(\rho_{zew} - \rho_{wew}) \quad (1)$$

gdzie:

Δp_{lok} – strata ciśnienia na lokalnych oporach przepływu

Δp_{lin} – strata ciśnienia na liniowych oporach przepływu

h – wysokość kanału wentylacyjnego

ρw_{rz}^2 – iloczyn gęstości i prędkości powietrza

g – przyspieszenie ziemskie

ρ_{zew} – gęstość powietrza przy temp zewnętrznej

ρ_{wew} – gęstość powietrza przy temp wewnętrznej

Wielkości występujące we wzorze (1) można wyznaczyć za [1][2]. Na podstawie tego wzoru można określić konieczną wysokość kanału wentylacyjnego, ale będzie ona zależna od temperatury zewnętrznej i wewnętrznej a więc na przykład od pory roku. Ten sposób nie uwzględnia dodatkowego ciśnienia wywieranego przez wiatr. Ciśnienie to może zarówno hamować jak i wzmacniać działanie wentylacji a dodatkowo jest szybko zmienne.

3.3. Współczesne problemy związane z wentylacją grawitacyjną

Prawidłowe działanie wentylacji grawitacyjnej wymaga doprowadzenia powietrza z zewnątrz zewnętrznego – najczęściej przez otwarte lub rozszczelnione okna, które są wspomaganie wentylacji grawitacyjnej – kanałowej i jej uzupełnieniem. W budynkach wznoszonych przed 1990 r. nie obserwowano problemów z dostarczaniem powietrza z zewnątrz zewnętrznego do pomieszczeń. W tamtych czasach, bowiem nie zwracano uwagi na szczelność okien i świeże powietrze miało swobodny dostęp do budynku. Skargi mieszkańców dotyczyły za to zbyt dużych szczelin w oknach i co za tym idzie nadmiernego wyziębienia mieszkań. Poszukiwano metod by temu zaradzić. Na przełomie lat 80 i 90tych XX w. zrewolucjonizowano przemysł okienniczy i zaczęto stosować okna PCV a potem szczelne okna drewniane. Ograniczyło to w prawdzie wyziębienie się mieszkań, ale stworzyło dotąd nieznaną problem zbyt szczelnych okien, które przy nie właściwej eksploatacji są najczęstszą przyczyną złe działającej wentylacji.

Jednym ze sposobów, aby posiadać szczelne okna i jednocześnie pozwolić świeżemu powietrzu by wpływało przez nie wtedy, gdy jest to pożądane, jest wietrzenie pomieszczeń. Dużo wygodniejszym sposobem jest jednak montaż nawietrzników ściennych i nawiewników okiennych [10].

3.4. Skutki nieprawidłowego działania wentylacji grawitacyjnej

Nieprawidłowo działająca wentylacja grawitacyjna oddziałuje niekorzystnie zarówno na człowieka, jak i na wnętrze oraz konstrukcję budynku. Jako podstawowy problem złe działającej wentylacji wymienia się niebezpieczeństwo odwrócenia ciągu, które może spowodować zasysanie spalin wydostających się z przewodów spalinowych oraz dy-

mowych i włączanie ich do budynku. Niewłaściwie działająca wentylacja nie odprowadza gazów, które mogą wydostawać się z wadliwie działających urządzeń grzewczych (np. kuchenki gazowej), co może być przyczyną silnych zatruc a nawet śmierci.

Oprócz niebezpiecznego działania „chwilowego”, długotrwała źle działająca wentylacja powoduje trwałe zmiany w budynku i jego wyposażeniu, do których należą: pęcznienie drewnianych podłóg i mebli, grzyby i pleśnie pod parapetem, nadprożach, ościeżnicach okien i za meblami, wnikanie wilgoci do ścian i stopniowa destrukcja konstrukcji budynku [11].

Jeżeli chodzi o samego człowieka to długotrwanie nieprawidłowo działająca wentylacja może powodować złe samopoczucie: ból głowy, zmęczenie, a także podrażnienia: skóry, błony śluzowej nosa, gardła, różnego rodzaju uczulenia i alergie.

Pierwszymi oznakami złe działającej wentylacji są m.in.: nawiew zimnego powietrza z kratki wentylacyjnych, zaparowane szyby w oknach, skraplająca się para wodna na chłodnych powierzchniach ścian i przedmiotów.

3.5. Wady i zalety wentylacji grawitacyjnej

Zastosowanie wentylacji grawitacyjnej w pomieszczeniach budynków użyteczności publicznej i domach mieszkalnych, w porównaniu z wentylacją mechaniczną, ma i zalety, i wady. Do najważniejszych zalet można zaliczyć [12][13]:

- niski koszt inwestycji: nie wymaga montażu centrali wentylacyjnej, układania przewodów wentylacyjnych nawiewnych i wywiewnych, itp., może korzystać z przewodów wentylacyjnych wymurowanych w jednym kominie razem z przewodami dymowymi czy spalinowymi z kotła c.o.,
- niski koszt eksploatacji (praktycznie zerowy) – działa bez potrzeby pobierania energii, w przeciwieństwie do wentylacji np. wymuszonej, mechanicznej, która by działać, wymaga pracy elektrycznego silnika; w związku z powyższym wentylacja naturalna, działać też będzie także w sytuacji, w której nastąpi przerwa w dostawach prądu,
- bezgłośną pracę.

Głównymi wadami zaś są:

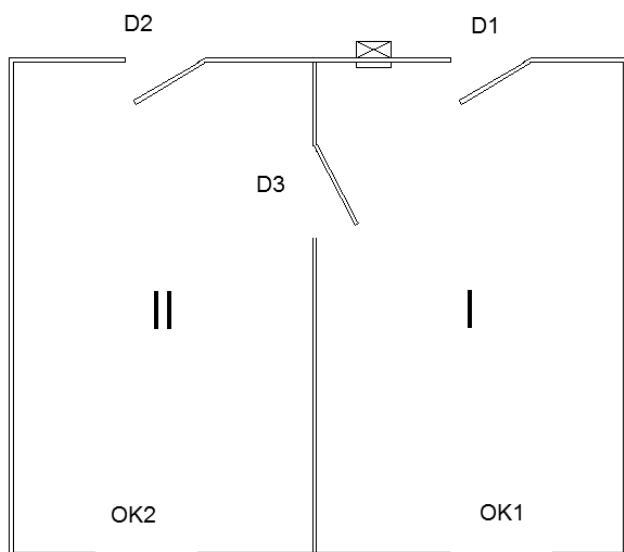
- zależność od warunków pogodowych, na które nie ma się wpływu, co może być przyczyną zaburzeń w pracy wentylacji, lub nawet spowodować okresowe przerwy w jej działaniu,
- niska wydajność.

4. Opis doświadczenia

Celem pracy jest zbadanie wpływu otwierania oraz zamknięcia okien w konkretnym pomieszczeniu na strumień powietrza na wejściu kratki wentylacyjnej. Obiekt rozważań stanowią dwa pomieszczenia biurowe, znajdujące się w jednym ze zmodernizowanych budynków Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowej Akademii Tech-

nicznej (budynku użyteczności publicznej). Połączone są one ze sobą drzwiami wewnętrznymi oraz posiadają drzwi zewnętrzne prowadzące na korytarz. W obu pomieszczeniach znajdują się okna. Przeznaczone są one na czasowy pobyt ludzi. Rzut pomieszczeń przedstawia rysunek 1. Na rysunku opisano symbolami drzwi i okna otwierane i zamknięte podczas eksperymentu.

Kratka wentylacyjna znajduje się na lewo od drzwi D1.



Rysunek 1. Rzut pomieszczeń, w których przeprowadzono doświadczenia

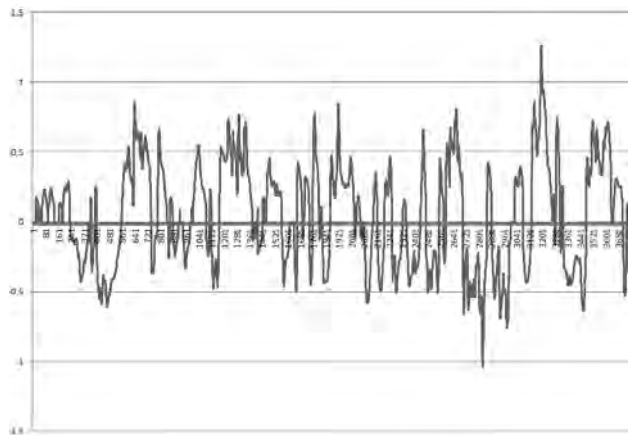
Interpretacja symboli:

- I – pomieszczenie biurowe w którym znajduje się kratka wentylacyjna
- II – pomieszczenie biurowe bezpośrednio połączone z pomieszczeniem nr II
- D1 – drzwi w pomieszczeniu nr 1 prowadzące na korytarz budynku
- D2 – drzwi w pomieszczeniu nr 2 prowadzące na korytarz budynku
- D3 – drzwi wewnętrzne pomiędzy pomieszczeniem nr I i II
- OK1 – okno zewnętrzne znajdujące się w pomieszczeniu nr I
- OK2 – okno zewnętrzne znajdujące się w pomieszczeniu nr II

W pokoju nr I umieszczono przyrząd pomiarowy TESTO 480 [4], do którego podłączono czujniki rejestrujące temperaturę, wilgotność (sonda IAQ) i przepływ powietrza (anemometr skrzydełkowy). Anemometr skrzydełkowy umieszczono przy kratce wentylacyjnej. Charakterystykę zarejestrowanych z okresem sekundowym wartości prędkości powietrza przy wlocie kanału wentylacyjnego przedstawiono na rys. 2.

Na podstawie zmierzonych wartości obliczono strumień powietrza przepływającego oraz wyciągnięto wnioski dotyczące działania wentylacji przy różnych konfiguracjach otwartych drzwi i okien. Skumulowany strumień odebrany przez wentylację w ciągu godziny wyniósł zaledwie 5 m³. Jest to wartość uwzględniająca ujemny strumień pod-

czas odwrócenia ciągu w kanale. Rzeczywista wymiana powietrza w pomieszczeniu była zapewne większa dzięki strumieniom przez okna i drzwi, które nie były mierzone. Innym powodem tak niskiego wyniku był okres letni, w którym wentylacja grawitacyjna działa generalnie gorzej.



Rysunek 2. Zarejestrowane z okresem sekundowym wartości prędkości powietrza przy wlocie kanału wentylacyjnego

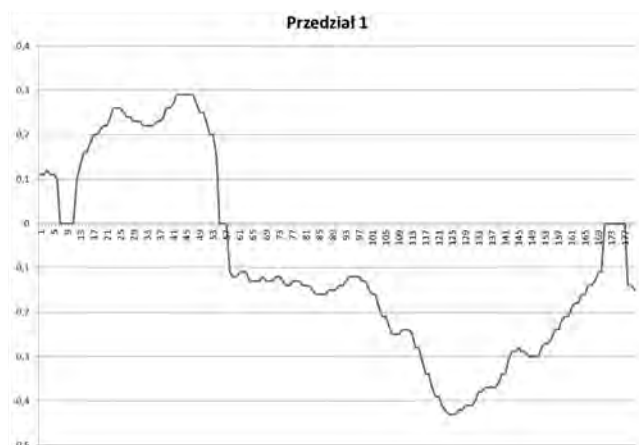
5. Dyskusja wyników

Uzyskane serie wyników w czasie podzielono na przedziały o stałej konfiguracji zamkniętych drzwi i okien. W każdym przedziale obliczono prędkość średnią, minimalną i maksymalną. Dodatnia wartość prędkości oznacza napływ do kratki wentylacyjnej a ujemna od kratki. Przyjęto, że miara poprawności działania wentylacji jest jak największa, dodatnia wartość prędkości średniej. Zwiększanie prędkości średniej jest uważane za poprawę działania wentylacji a jej zmniejszenie za pogorszenie. Zwiększanie prędkości powyżej 2 m/s nie jest korzystne z powodu hałasu i zbyt dużej wymiany powietrza jednak w artykule taka sytuacja nie wystąpiła. Otrzymane wyniki i warunki brzegowe zawiera tabela 1.

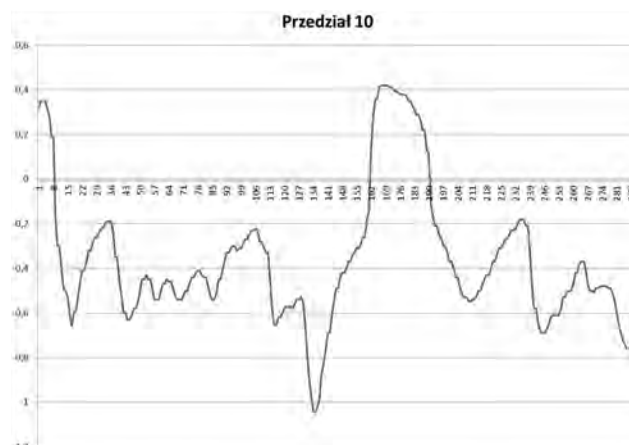
Wyszczególnione przedziały czasowe ponumerowano od 1 do 16. Według wybranego kryterium najlepsze działanie wentylacji obserwowano, podczas gdy zamknięte były wszystkie drzwi a otwarte okna, czyli przedział nr 12. Drugim w kolejności był przedział nr, 5 który różnił się od przedziału nr 12 otwartymi drzwiami D1. Identyczna konfiguracja występowała w przedziale nr 15 i tam wyniki prędkości średniej są zbliżone. Najgorszy wynik, czyli cofanie się powietrza z kanału wentylacyjnego z największą prędkością uzyskano w przedziale dziesiątym. Konfiguracja w tym przedziale różni się od najlepszej jedynie zamknięciem okna OK2. Z drugiej strony porównując przypadek pierwszy i jedenasty również różniący się zamknięciem okna OK2 nie ma ono aż tak dużego wpływu na prędkość w kanale a spowodowało pogorszenie wentylacji. Oba te przypadki charakteryzują się jednak napływem powietrza z wentylacji być może jest to spowodowane stanem pozostałych przegród. Rysunki od 3 do 8 pokazują sekundowe wartości prędkości w wybranych przedziałach. Widoczna jest duża zmienność zarówno kierunku, jak i prędkości przepływu.

Tabela 1. Pomiary wentylacji w badanym pomieszczeniu 03.07.2015

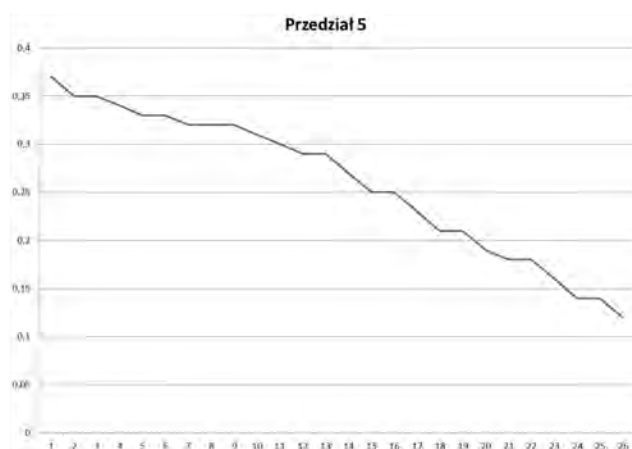
Lp.	Czas początkowy	D1	OK1	D2	OK2	D3	V_{sr} [m/s]	V_{min} [m/s]	V_{max} [m/s]
1	13.31.38	Z	Z	Z	O	Z	-0,087	-0,43	0,3
2	13.34.38	Z	O	Z	O	Z	-0,085	-0,36	0,24
3	13.35.15	O	O	Z	O	Z	0,044	-0,61	0,86
4	13.40.38	O	Z	Z	O	Z	0,165	-0,48	0,77
5	13.51.10	O	O	Z	O	Z	0,260	0,12	0,37
6	13.51.36	O	O	Z	O	O	0,042	-0,5	0,46
7	13.57.20	O	O	O	O	O	0,110	-0,45	0,85
8	14.00.45	O	Z	O	Z	O	-0,040	-0,58	0,68
9	14.09.38	Z	Z	O	Z	O	0,103	-0,66	0,81
10	14.13.54	Z	O	Z	Z	Z	-0,377	-1,04	0,42
11	14.18.25	Z	Z	Z	Z	Z	-0,042	-0,7	0,4
12	14.20.46	Z	O	Z	O	Z	0,516	-0,25	1,26
13	14.23.40	Z	O	Z	O	O	-0,209	-0,45	0,67
14	14.26.00	Wyniki niepewne – niezarejestrowane zmiany							
15	14.27.30	O	O	Z	O	Z	0,239	-0,53	0,72
16	14.31.40	Z	O	Z	O	Z	0,111	-0,12	0,36



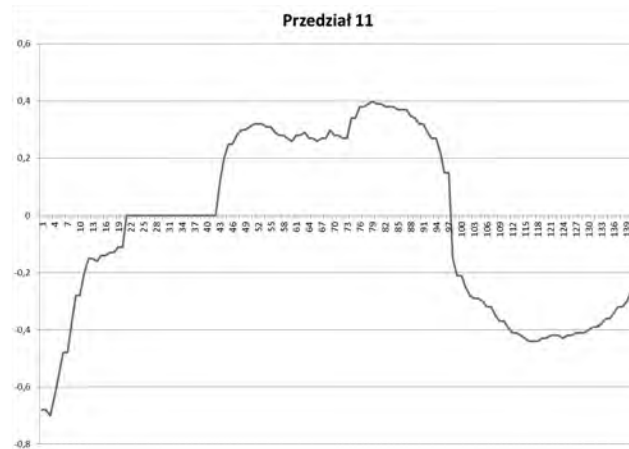
Rysunek 3. Zarejestrowane sekundy wyniki prędkości powietrza przy wlocie do kanału w pierwszym przedziale czasowym



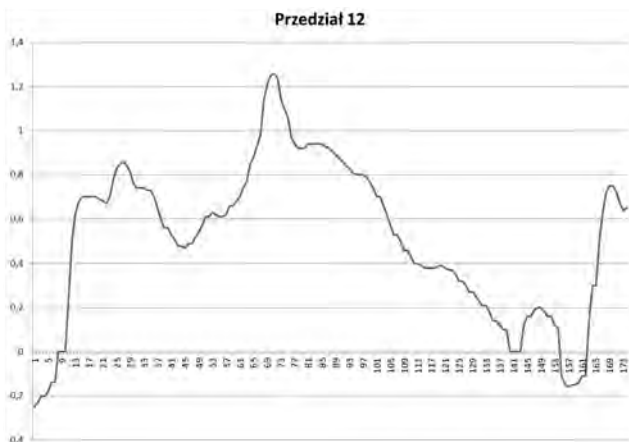
Rysunek 5. Zarejestrowane sekundy wyniki prędkości powietrza przy wlocie do kanału w dziesiątym przedziale czasowym



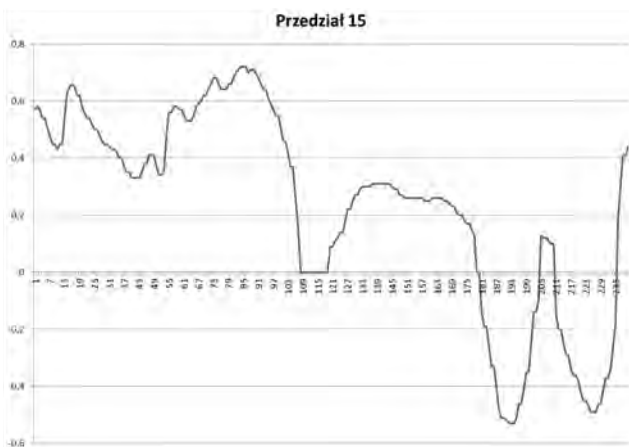
Rysunek 4. Zarejestrowane sekundy wyniki prędkości powietrza przy wlocie do kanału w piątym przedziale czasowym



Rysunek 6. Zarejestrowane sekundy wyniki prędkości powietrza przy wlocie do kanału w jedenastym przedziale czasowym



Rysunek 7. Zarejestrowane sekundowe wyniki prędkości powietrza przy wlocie do kanału w dwunastym przedziale czasowym



Rysunek 8. Zarejestrowane sekundowe wyniki prędkości powietrza przy wlocie do kanału w piętnastym przedziale czasowym

W tabeli 2 przedstawiono porównanie przypadków różniących się otwarciem lub zamknięciem jednej przegrody. Termin polepszenie i pogorszenie wentylacji określony jest jak wcześniej. Zmiana określona jest względem stanu przed otwarciem lub zamknięciem przegrody.

Tabela 2. Wpływ otwierania i zamykania poszczególnych przegród na intensywność wentylacji w kanale

D1			
Zamknięcie		Otwarcie	
przypadki	wpływ	przypadki	wpływ
2-3	gorzej	2-3	lepiej
8-9	lepiej	8-9	gorzej
15-16	gorzej	15-16	lepiej
OK1			
Zamknięcie		Otwarcie	
przypadki	wpływ	przypadki	wpływ
1-2	gorzej	1-2	lepiej
2-4	lepiej	3-4	gorzej
D2			
Zamknięcie		Otwarcie	
przypadki	wpływ	przypadki	wpływ
6-7	gorzej	6-7	lepiej

OK2			
Zamknięcie		Otwarcie	
przypadki	wpływ	przypadki	wpływ
10-12	gorzej	10-12	lepiej
1-11	lepiej	1-11	gorzej
D3			
Zamknięcie		Otwarcie	
przypadki	wpływ	przypadki	wpływ
2-13	lepiej	2-13	gorzej
3-6	brak zmian	3-6	brak zmian
12-13	lepiej	12-13	gorzej

6. Wnioski

Otwieranie i zamykanie otworów okiennych i drzwiowych wpływa na działanie wentylacji w budynku. Obok ciśnienia wiatru jest to czynnik, który może powodować zmiany strumienia powietrza w wentylacji w krótkim czasie. Czynnikiem regulującym zmiany w dłuższym okresie jest temperatura wewnętrzna i zewnętrzna.

Przeprowadzając badania działania wentylacji grawitacyjnej przy interpretacji wyników należy zwrócić uwagę na pogodę, która przejawia znaczący wpływ na wyniki pomiarów. Nie należy też zapominać o tym, że wentylacja naturalna zachowuje się zupełnie inaczej latem a zupełnie inaczej zimą i podczas analizy wyników również mieć to na uwadze.

W trakcie przeprowadzonych pomiarów zauważono, że zamykanie oraz otwieranie poszczególnych przegród nie wpływa jednoznacznie na działanie wentylacji, co pokazuje tabela 2. Wpływ ten zależy od stanu innych przegród. Ze sporym zagrożeniem dla użytkownika może wiązać się zmiana kierunku przepływu powietrza w wentylacji przez, co nie działa ona zgodnie z założeniami projektowymi. O czym szerzej wspomniano w rozdziale 3.4. Zagrożenie to występuje szczególnie w okresie letnim, kiedy różnica temperatury w pomieszczeniu i na zewnątrz jest niewielka a zatem występuje słaby ciąg, który może być łatwo odwrócony na przykład działaniem wiatru. Opis sytuacji sprzyjających przerwaniu lub odwróceniu działania wentylacji można przedstawić za pomocą opisu statystycznego z zastosowaniem teorii prawdopodobieństwa. Przy instalacjach, których złe działanie może wywołać tragiczne skutki (np. zatrucie gazem) można rozważyć indywidualne określenie zaleceń dla jej eksploatacji na podstawie badań podobnych do prezentowanych w niniejszym artykule.

Literatura

1. Pelech A., *Wentylacja i Klimatyzacja*, Oficyna wydawnicza politechniki wrocławskiej, Wrocław, 2009
2. Jones W. P., *Klimatyzacja*, Arkady, Warszawa, 2007
3. PN-83/B-03430/Az3:2000 – Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.
4. http://www.testo.org/resources/media/global_media/produkte/testo_480/testo-480-0981-9184.pdf, dostęp 26.07.2015
5. <http://wentylacja.org.pl/pages-39.html>, dostęp 26.07.2015

6. <http://audytor.epbd.pl/?kat=6&page=70>, dostęp 26.07.2015
7. <http://wentylacja.org.pl/pages-43.html>, dostęp 26.07.2015
8. http://mailgrupowy.pl/shared/resources/9327_wentylacja-i-klimatyzacja/18719_wentylacja-i-klimatyzacja-prezentacje, dostęp 26.07.2015
9. <http://wentylacja.kielce.com/whigro.html>, dostęp 26.07.2015
10. <http://www.sm.klodzko.pl/files/Zasady%20dzialania%20wentylacji%20grawitacyjnej.pdf>, dostęp 26.07.2015
11. <http://www.ekspertbudowlany.pl/artykul/id2544,jakie-sa-skutki-zlej-wentylacji>, dostęp 26.07.2015
12. <http://www.polskiinstalator.com.pl/wentylacja-i-klimatyzacja/66-wentylacja-i-klimatyzacja/446-poprawa-efektywnosci-wentylacji-grawitacyjnej.html>, dostęp 26.07.2015
13. <http://ogrzewanie.drewnozamiastbenzyny.pl/wentylacja-grawitacyjna/>, dostęp 26.07.2015
14. <http://www.polskiinstalator.com.pl/wentylacja-i-klimatyzacja/66-wentylacja-i-klimatyzacja/446-poprawa-efektywnosci-wentylacji-grawitacyjnej.html>, dostęp 26.07.2015

UPRAWNIENIA ENERGETYCZNE

Egzaminy eksploatacja i dozór

Grupa 1 - pkt 2, 3, 4, 7, 9 i 10

Grupa 2 - pkt 2, 4, 5, 6, 7 i 10

Grupa 3 - pkt 6, 7 i 10

Kontakt w sprawie egzaminu:

Biuro Oddziału Warszawskiego SIMP

pon. - pt. 10:00 - 16:00 tel. 22 827 02 44

Adam BARYŁKA tel. 605 660 292

Robert NIWIŃSKI tel. 601 355 403

Dostępne materiały szkoleniowe:



KOMISJA KWALIFIKACYJNA
NR 614
SIMP
Stowarzyszenie Inżynierów
i Techników Mechaników Polskich
Oddział Warszawski
00-043 Warszawa, ul. Czackiego 3/5



KOMISJA KWALIFIKACYJNA
NR 614
SIMP
Stowarzyszenie Inżynierów
i Techników Mechaników
Oddział Warszawski
00-043 Warszawa, ul. Czackiego 3/5



ŚWIADECTWO KWALIFIKACYJNE
nr.....
E
uprawnijące do zajmowania się
eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci
na stanowisku
EKSPLOATACJI

ŚWIADECTWO KWALIFIKACYJNE
nr.....
D
uprawnijące do zajmowania się
eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci
na stanowisku
DOZORU



ŚWIADECTWO KWALIFIKACYJNE
nr.....
D
uprawnijące do zajmowania się
eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci
na stanowisku
DOZORU



**Komisja Egzaminacyjna nr 614 przy Oddziale Warszawskim
Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich**
www.ow-simp.pl/uprawnienia.html