

WPLYW WIATRU NA DZIAŁANIE WENTYLACJI GRAWITACYJNEJ W WIELORODZINNYM BUDYNKU MIESZKALNYM

Jerzy SOWA, Kamil NIEMIRKA

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa
Nowowiejska 20, 00-635 Warszawa, e-mail: jerzy.sowa@is.pw.edu.pl

Streszczenie: Artykuł przedstawia wpływ jaki wywiera wiatr na działanie wentylacji grawitacyjnej w wielorodzinnym budynku mieszkalnym. Do ilustracji tego zjawiska posłużono się symulacją komputerową (program CONTAMW) przepływu powietrza w hipotetycznym pięciokondygnacyjnym budynku. Wnioski o charakterze jakościowym i ilościowym opracowano na podstawie dużej liczby przeanalizowanych scenariuszy. Wykazano, że działanie wiatru może zmienić zarówno kierunek przepływu powietrza jak i wartości strumieni objętości powietrza (nawet do 300%). Duża ilość wartościowych informacji uzyskanych w trakcie symulacji komputerowych wykazała, iż powinny być one wykorzystywane bardziej powszechnie zarówno w trakcie projektowania jak i kontroli. We wnioskach końcowych podkreślono konieczność wyposażania instalacji wentylacji grawitacyjnej w efektywne elementy regulacyjne.

Słowa kluczowe: Wentylacja grawitacyjna, wiatr, symulacja komputerowa, CONTAMW

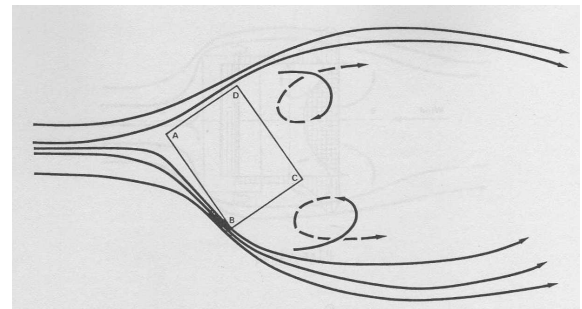
1. WSTĘP

Wentylacja grawitacyjna jest powszechnie stosowanym sposobem zapewnienia wymiany powietrza w budownictwie mieszkaniowym. Pomimo znaczenia wentylacji zarówno dla zdrowia i dobrego samopoczucia ludzi oraz znacznego udziału wentylacji w zużyciu energii w budynkach do prawidłowego projektowania wentylacji grawitacyjnej nie jest przykładana praktycznie żadna uwaga. Przekroje przewodów wentylacyjnych oraz charakterystyki elementów doprowadzających powietrze zewnętrzne nie są przyjmowane na podstawie obliczeń ale na podstawie tradycji i przyzwyczajzeń. W tej sytuacji powszechne nie spełnianie wymagań prawnych odsyłających do Polskiej Normy PN-83/B-03430/Az3:2000 [5] nie powinno nikogo dziwić.

W tym kontekście podane w tej normie warunki obliczeniowe dla wentylacji grawitacyjnej (temperatura powie-

trza zewnętrznego +12°C i pomijanie oddziaływanie wiatru) pozostają jedynie pustym zapisem.

Warto jednak zastanowić się jaki wpływ na działanie wentylacji wywiera w rzeczywistości, rekomendowane do pomijania, zjawisko opływu budynku przez wiatr.



Rys. 1. Przepływ powietrza wokół prostokątnego budynku przy wietrze nacierającym na jedną z krawędzi, [1].

Fig. 1. Airflows around rectangle building when wind is blowing towards one of the edges, [1].

Średnie ciśnienie, P_{sr} , działające na budynek w danym punkcie obudowy może być traktowane jako suma ciśnienia statycznego i dynamicznego.

$$P_{sr} = P_{at} + C_{Psr} \frac{\rho v_r^2}{2} \quad (1)$$

gdzie:

P_{sr} - średnie ciśnienie działające na budynek,

P_{at} - ciśnienie atmosferyczne,

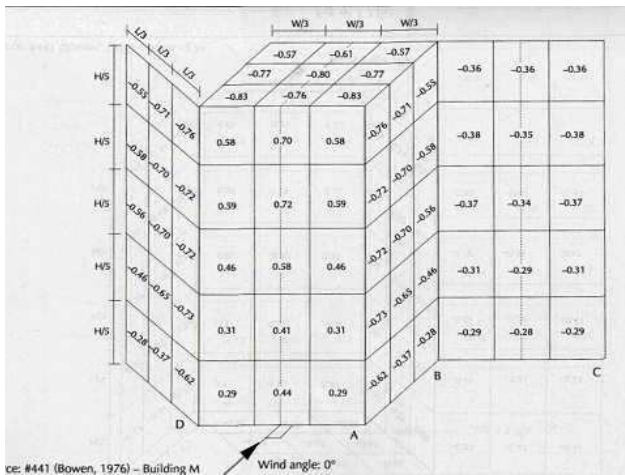
C_{Psr} - współczynnik przetworzenia energii kinetycznej wiatru na energię potencjalną,

v_r - średnia prędkość wiatru na wysokości budynku,

ρ - gęstość powietrza.

Określenie prędkości wiatru na wysokości dachu budynku odbywa się zazwyczaj poprzez przeliczenie danych z najbliższej stacji meteorologicznej uwzględniające chropowatość terenu oraz występujące przeszkody.

Wartość bezwymiarowego współczynnika C_{Psr} , zwanego współczynnikiem przetworzenia energii kinetycznej wiatru na energię potencjalną (w skrócie współczynnik przetworzenia), jest uzależniona od położenia punktu na obudowie budynku oraz od kierunku wiatru w odniesieniu do orientacji budynku i przysłonięcia budynku przez przeszkody. Przykładowy rozkład wartości współczynnika przetworzenia dla budynku o kształcie prostopadłościanu przedstawia rys. 2 ([2]).



Rys. 2. Rozkład wartości współczynnika przetworzenia dla budynku o kształcie prostopadłościanu. (przykład wg. [2]).
Fig. 2. Distribution of wind conversion coefficient for a building of shape (example by [2]).

Większość współczynników przetworzenia dla wysokich budynków zlokalizowanych w pobliżu niskich budynków będzie miała większą wartość, niż współczynniki przetworzenia dla wysokich budynków zlokalizowanych w pobliżu budynków o podobnej wysokości. W dodatku współczynniki przetworzenia zmieniają się w zależności od układu przestrzennego pobliskich przeszkód [4].

2. ZAŁOŻENIA I DANE DO SYMULACJI

Symulację wpływu wiatru na działanie wentylacji grawitacyjnej przeprowadzono przy wykorzystaniu programu CONTAMW. Budynek posiada 5 powtarzalnych kondygnacji, każda o wysokości 2,6 m w świetle. Strop posiada grubość 0,3 m. Budynek ma wymiary 15 x 10 m, oraz wysokość 14,5 m. Pierwsza kondygnacja znajduje się na poziomie gruntu. Dach jest płaski i znajduje się na wysokości 14,5 m. Kierunek północny, 0°, znajduje się na górze ekranu (schematyczny rzut na rys. 3). W pokojach, kuchniach i WC przyjęto obliczeniowe wartości tempera-

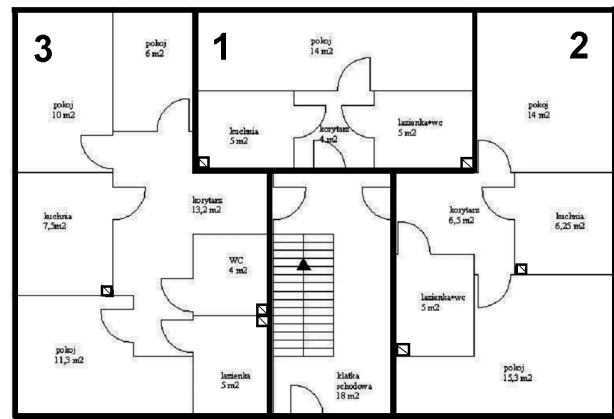
tury wynoszące 20°C. W łazienkach obliczeniowe wartości temperatury wynoszą 24°C.

Budynek zlokalizowany jest w strefie podmiejskiej w Warszawie, otoczony jest przez budynki niskie.

Na każdej kondygnacji znajdują się trzy mieszkania:

- mieszkanie nr 1: jest to kawalerka. pokój, kuchnia oraz łazienka połączona z WC,
- mieszkanie nr 2: dwa pokoje, kuchnia oraz łazienka połączona z WC,
- mieszkanie nr 3: trzy pokoje, kuchnia, łazienka oraz oddzielny WC.

Schematyczny rzut pierwszej kondygnacji budynku oraz powierzchnie pomieszczeń przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Schematyczny rzut pierwszej kondygnacji analizowanego budynku (na podstawie [3]).
Fig. 3. Schematic plan of first floor of analysed building (based on [3]).

We wszystkich mieszkaniach okna znajdują się w pokojach i kuchni (z wyjątkiem mieszkania nr 1). W łazienkach i WC nie ma okien. W mniejszych pomieszczeniach (kuchnie i mniejsze pokoje) znajdują się okna o powierzchni 1,5 x 1,5 m, natomiast w większych pomieszczeniach (większe pokoje) okna mają powierzchnię 2,0 x 1,5 m. W pokoju mieszkania nr 1 znajdują się dwa okna o powierzchni 1,5 x 1,5 m każde. Okna posiadają współczynnik infiltracji wynoszący $0,5 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{daPa}^{2/3})$.

Drzwi w mieszkaniach posiadają wymiary 2,0 x 0,8 m (pokoje i kuchnie) oraz 2,0 x 0,7 m (łazienki i WC). Drzwi wejściowe do budynku oraz drzwi wejściowe do poszczególnych mieszkań posiadają wymiary 2,0 x 1,0 m, oraz współczynnik infiltracji wynoszący $1,0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{daPa}^{2/3})$. W drzwiach do łazienek, kuchni oraz WC znajdują się kratki o powierzchni netto wynoszącej 200 cm^2 zlokalizowane w dolnej części drzwi.

Klatka schodowa jest typu otwartego, tzn. potraktowana jest jako jedno pomieszczenie. W jej górnej części znajduje się otwór o powierzchni 200 cm^2 wraz z przewodem

wentylacyjnym wyprowadzonym ponad dach. Na każdym piętrze znajduje się okno o wymiarach 1,5 x 1,5 m.

W kuchniach, łazienkach i WC znajdują się kratki wentylacji grawitacyjnej wraz z przewodami wyprowadzonymi ponad dach. Środek kratki wentylacyjne znajduje się 20 cm pod stropem. Przewody wentylacyjne zbudowane są z cegły, i wyprowadzone są 1m ponad poziom dachu.

Symulacje oddziaływania wiatru na działanie wentylacji grawitacyjnej przeprowadzone zostały dla warunków ustalonych dla różnych wartości temperatury zewnętrznych, różnych kierunków i prędkości wiatru.

Przyjęto współczynniki przetworzenia dla budynku wysokiego w kształcie graniastosłupa o stosunku szerokości do głębokości 1,5:1, płaskim dachu, znajdującego się pośród budynków niskich.

Przyjęte są dwie wersje doprowadzenia powietrza zewnętrznego do analizowanego budynku:

- doprowadzenie powietrza przez nieszczelności w stolarze okiennej,
- doprowadzenie powietrza przez nawiewniki zapewniające dopływ strumienia 30 m³/h przy różnicy ciśnienia wynoszącej 10 Pa.

Ponadto występuje po cztery warianty przeprowadzania symulacji dla każdej wersji:

- otwarte okna (lub nawiewniki), pozamykane drzwi,
 - zamknięte okna (lub nawiewniki), otwarte drzwi,
 - otwarte okna (lub nawiewniki), otwarte drzwi,
 - zamknięte okna (lub nawiewniki), pozamykane drzwi.
- Zamknięcie nawiewników oznacza przymknięcie ich, tak aby dostarczały 30% nominalnego strumienia powietrza. Otwieranie okien polega na uchylaniu jednego skrzydła.

3. METODYKA ANALIZY WYNIKÓW SYMULACJI

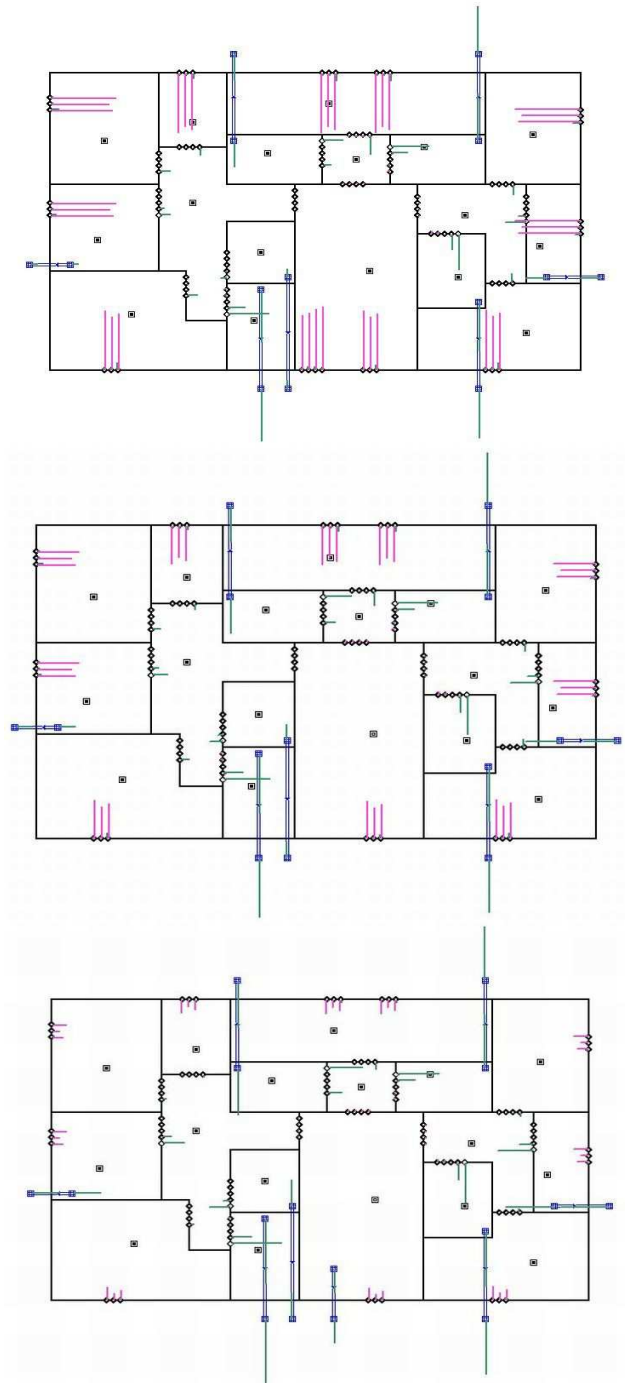
3.1. Charakter rozkładu ciśnienia oraz przepływu powietrza w budynku

Symulacja przeprowadzona została dla warunków bezwietrznych, a także dla wiatru o prędkości 3 m/s oraz 10 m/s. W przypadku warunków bezwietrznych przyjęte zostały cztery wartości temperatury powietrza zewnętrznego: -20°C, 12°C, 20°C oraz 30°C.

W przypadku wiatru wiejącego z prędkością 3 m/s przyjęta została temperatura zewnętrzna 12°C oraz cztery różne kierunki wiatru: N, E, S i W.

W przypadku wiatru o prędkości 10 m/s analizowany jest jedynie kierunek północny przy temperaturze zewnętrznej 12°C. Dodatkowo przeprowadzona została symulacja dla przypadków gdy otwarte są drzwi wewnętrzne w mieszkaniach, uchylone są okna lub oba przypadki jednocześnie przy założonej temperaturze zewnętrznej wynoszącej 12°C oraz wietrze północnym o prędkości 4 m/s.

Założenia te pozwalają określić ogólny charakter przepływu powietrza pomiędzy pomieszczeniami wywołany różnymi warunkami atmosferycznymi.



Rys. 4: Przepływ powietrza pomiędzy pomieszczeniami na kondygnacjach 1, 3 i 5 (od góry). Założenia temperatura zewnętrzna 12°C, braku wiatru, brak nawiewników powietrza [3].

Fig. 4. Airflows between zones at floors 1, 3 and 5 (from top). Assumptions; outdoor temperature 12°C, no wind, no air vents [3].

Wyniki symulacji podane są w postaci uproszczonej jako linie przedstawiające wartość przepływu powietrza (linie zielone), oraz różnicy ciśnienia (linie czerwone lub różowe) obliczone przez program dla poszczególnych ścieżek przepływu. Linie te są generowane przez program na obszarze rysunkowym (SketchPad) po zakończeniu symulacji. Ich długość jest proporcjonalna do wartości określonego przez nie parametru, a ich kierunek określa kierunek przepływu lub gradientu ciśnienia. Przykładem podawania wyników przeprowadzonej symulacji jest rys. 4 gdzie przedstawione są przepływy powietrza pomiędzy pomieszczeniami na kondygnacjach przy temperaturze zewnętrznej wynoszącej 12°C oraz braku wiatru przy doprowadzeniu powietrza za pomocą nieuszczelnienia w stolarze okiennej. W celu dalszego ograniczenia ilości analizowanych danych wyniki symulacji podane są dla trzech wybranych kondygnacji: pierwszej, trzeciej oraz piątej.

Jak można zaobserwować przepływy w przewodach wentylacji grawitacyjnej rosną wraz z wysokością budynku lecz jest to słabo widoczne na przedstawionych rysunkach. Jest to przepływ w odwrotnym kierunku. Wartości strumieni powietrza przepływającego w przewodach wentylacyjnych znajdują się w tabeli 1.

Wartości ujemne określają wartość przepływu powietrza gdy następuje odwrócenie kierunku przepływu powietrza w przewodzie. W żadnym przewodzie nie występuje wymagany przez PN [5] przepływ powietrza (50 m³/h dla kuchni i łazienek, oraz 30 m³/h dla WC).

Tabela 1: Przepływ w przewodach wentylacyjnych na kondygnacjach 1, 3 i 5. Założenia: temperatura zewnętrzna 12°C, brak wiatru, brak nawiewników powietrza.

Table 1. Airflows in air ducts at floors 1,3 and 5. Assumptions: outdoor temperature 12°C, no wind, no air vents.

Pomieszczenie		Przepływ w przewodach wentylacyjnych, m ³ /h		
		Kond. 1	Kond. 3	Kond. 5
Mieszkanie nr 1	Kuchnia	-9,4	-12,6	-16,5
	Łazienka	17,6	18,5	19,8
Mieszkanie nr 2	Kuchnia	-7,1	-11,0	-16,1
	Łazienka	18,1	18,9	20,0
Mieszkanie nr 3	Kuchnia	-2,5	-5,2	-9,4
	Łazienka	19,0	20,5	23,3
	WC	-3,0	-5,7	-9,6

Wszystkie analizowane przypadki, wraz z ich opisem, przedstawione są w pracy [3].

3.2. Przepływy powietrza w przewodach wentylacyjnych

W analizowanym budynku znajduje się 35 przewodów wentylacyjnych. Do szczegółowego przedstawienia wybrano dwa charakterystyczne przewody wentylacyjne. Pełna analiza dotyczy wszystkich przypadków rozpatrywanych w rozdziale 2 w zakresie temperatury od -20 do +20°C, oraz wiatru o prędkości 0, 3 i 10 m/s wiejącego z czterech kierunków (północnego, wschodniego, południowego i zachodniego). Analizowane przewody wentylacyjne zlokalizowane są w kuchni w mieszkaniu nr 1 oraz w WC w mieszkaniu nr 3. Są to przewody wentylacyjne zlokalizowane w mieszkaniach o odmiennej charakterystyce przepływu powietrza pomiędzy pomieszczeniami.

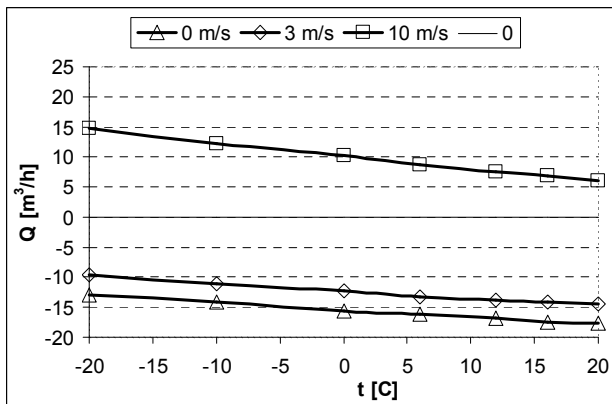
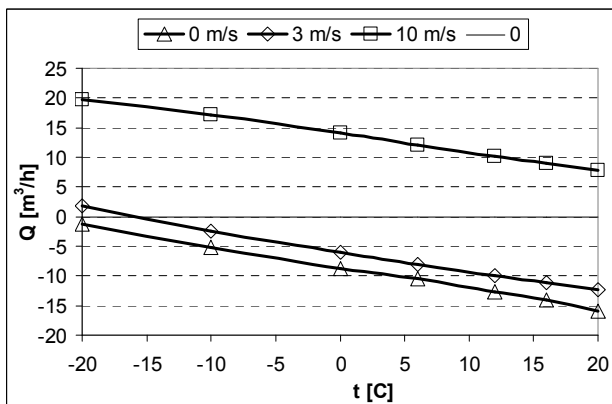
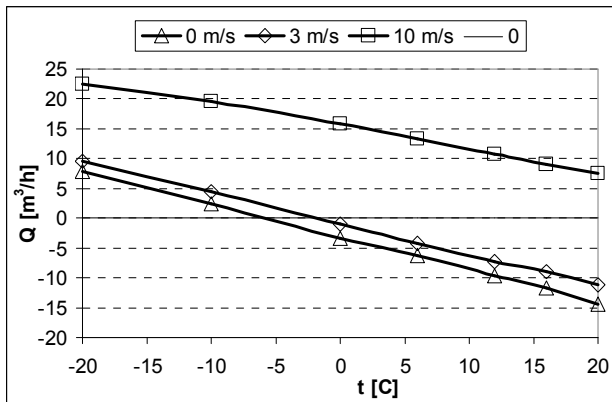
W mieszkaniu nr 1 powietrze przepływa z zewnątrz do pokoju, z pokoju na korytarz, a następnie do łazienki lub kuchni skąd usuwane jest przez przewód wentylacyjny. Jest to sytuacja gdy w przewodach wentylacyjnych występuje prawidłowy kierunek przepływu. Odwrócenie kierunku przepływu następuje w tym mieszkaniu w przewodzie wentylacyjnym zlokalizowanym w kuchni. Spowodowane jest to niższą temperaturą niż w łazience (dla kuchni 20°C, dla łazienki 24°C). Ponadto w kuchni nie ma okien, więc powietrze posiada dwie drogi przepływu: kuchnia – przewód wentylacyjny oraz kuchnia – korytarz. W mieszkaniu nr 3 przepływ powietrza pomiędzy pomieszczeniami jest bardziej skomplikowany. Powietrze napływające z zewnątrz do pokoju przepływa następnie na korytarz, a stamtąd może płynąć do kuchni, łazienki oraz do WC. Dodatkowo w kuchni znajduje się okno co zwiększa wartość strumienia powietrza dopływającego do kuchni.

Ponadto mieszkanie nr 1 posiada okna tylko z jednej strony budynku (strona północna), a mieszkanie nr 3 z trzech stron budynku (południowa, zachodnia i północna). Fakt ten wprowadza więcej możliwości przepływu powietrza w mieszkaniu nr 3, np. w sytuacji gdy uchylone są okna powietrze wpływa w jednym pokoju, przepływa na korytarz, a następnie do innego pokoju aby w końcu wypłynąć przez okna z pominięciem przewodów wentylacyjnych. Dotyczy to oczywiście części przepływającego strumienia powietrza, gdyż podciśnienie powstające w przewodach wentylacyjnych powodować będzie przepływ powietrza przez przewody.

Sytuacja taka nie jest natomiast możliwa w mieszkaniu nr 1 gdzie przepływ powietrza zawsze odbywa się na drodze: otoczenie – pokój – korytarz – kuchnia / łazienka – przewód, lub przewód w kuchni – kuchnia – korytarz (dopływ powietrza z pokoju) – łazienka – przewód.

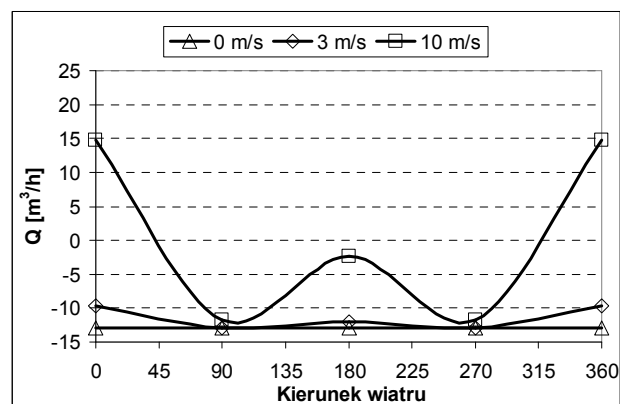
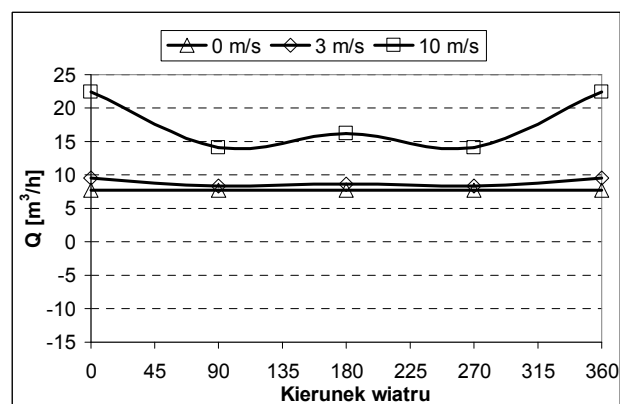
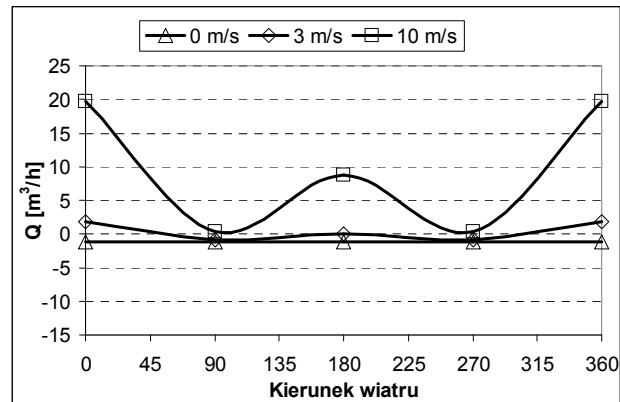
Na rys. 5 i 6 przedstawiono jest sposób prezentacji analizowanych danych.

Wszystkie rozpatrywane przypadki wraz z ich analizą przedstawione są w pracy [3].



Rys. 5. Przepływy w przewodzie wentylacyjnym zlokalizowanym w kuchni w mieszkaniu nr 1 na kondygnacjach 1, 3 i 5 (od góry) w zależności od temperatury zewnętrznej. Zamknięte drzwi i okna [3].

Fig. 5. Airflows in air duct located in kitchen apartment 1 at floors 1, 3 and 5 (from top) as a function of outdoor temperature. Doors and windows closed [3].



Rys. 6. Przepływy w przewodzie wentylacyjnym zlokalizowanym w kuchni w mieszkaniu nr 1 na kondygnacjach 1, 3 i 5 (od góry) w zależności od kierunku wiatru przy temperaturze zewnętrznej -20°C . Zamknięte drzwi i okna [3].

Fig. 6. Airflows in air duct located in kitchen apartment 1 at floors 1, 3 and 5 (from top) as a function of wind direction at outdoor temperature -20°C . Doors and windows closed [3].

4. DYSKUSJA WYNIKÓW SYMULACJI

Analiza wyników symulacji badanego budynku potwierdza zjawisko silnego wpływu wiatru na działanie wentylacji grawitacyjnej, a także na charakter przepływu powie-

trza pomiędzy poszczególnymi pomieszczeniami w budynku. Parametry decydujące o wpływie wiatru można podzielić na trzy grupy:

- a) parametry charakteryzujące sam wiatr (warunki atmosferyczne); kierunek i prędkość,
- b) czynniki dotyczące budynku i jego lokalizacji; przysłonięcie budynku i jego kształt,

czynniki dotyczące wnętrza budynku; układ pomieszczeń w budynku, temperatura powietrza w poszczególnych pomieszczeniach, opory przepływu pomiędzy pomieszczeniami oraz opory przepływu powietrza z budynku.

Warunki atmosferyczne są z natury silnie zmienne. Zarówno prędkość wiatru jak i jego kierunek wykazują dużą losowość. Dodatkowym czynnikiem o częściowo losowym charakterze jest temperatura powietrza zewnętrznego. Jest to jeden z parametrów powodujących powstawanie wiatru gdy jest on rozpatrywany w większej skali (dużego obszaru, np. kraju czy kontynentu). Gdy temperaturę powietrza zewnętrznego i wiatr rozpatrujemy w małej skali, konkretnie analizowanego budynku, to oba zjawiska mogą być traktowane niezależnie.

Czynniki dotyczące budynku i jego lokalizacji określają rozkład wartości współczynnika przetworzenia na przegrodach zewnętrznych budynku. Kształt budynku determinuje sposób w jaki powietrze opływa budynek, czyli układ stref nadciśnienia i podciśnienia wywołanego przez wiatr oraz lokalne turbulencje wywołane przez wystające elementy budynku. Przysłonięcie budynku określa charakter wiatru oddziałującego na budynek, czyli zakłócenia jego lokalnej prędkości i kierunku spowodowane przysłonięciem przez przeszkody terenowe lub inne budynki.

Czynniki dotyczące wnętrza budynku określają przepływ powietrza wewnątrz budynku oraz zjawiska infiltracji i eksfiltracji.

Analiza wyników symulacji szczegółowych doprowadziła do wniosków iż, w przypadku analizowanego budynku obecność wiatru poprawia działanie wentylacji grawitacyjnej. Spowodowane jest to występowaniem podciśnienia na dachu budynku gdzie wyprowadzone są przewody wentylacyjne.

Inny jest wpływ wiatru na przewody grawitacyjne, w których zawsze występuje prawidłowy kierunek przepływu powietrza (łazienki). Wiatr o prędkości 3 m/s zwiększa w tych przewodach przepływ powietrza o 0,5 ~ 10% w przypadku doprowadzenia powietrza zewnętrznego przez nieszczelności w stolarni okiennej oraz o 1~15% przy doprowadzeniu powietrza przez nawiewniki. Wiatr o prędkości 10 m/s powoduje wzrost przepływu o 4~ 30% w przypadku doprowadzenia powietrza zewnętrznego przez nieszczelności w stolarni okiennej oraz o 19~95% przy doprowadzeniu powietrza przez nawiewniki.

W przypadku przewodów wentylacyjnych, w których występuje częste odwracanie kierunku przepływu powietrza (kuchnie i WC) występuje kilku (wiatr o prędkości 3 m/s) lub nawet kilkunastokrotne (wiatr o prędkości 10

m/s) zwiększenie przepływu powietrza w przewodzie. Tak duże różnice pomiędzy tymi przewodami spowodowane są wzrostem ilości powietrza napływającego do budynku na skutek oddziaływania wiatru, co powoduje zmianę kierunku przepływu powietrza w tych przewodach na prawidłowy.

Otwieranie drzwi wewnętrznych powoduje wzrost przepływu w przewodach wentylacyjnych łazienek o 0 ÷ 5%.

W przypadku uchYLENIA okien przepływ w przewodach wentylacyjnych łazienek wzrasta o 65 ÷ 300%.

Jednoczesne uchYLENIE okien i otwarcie drzwi powoduje wzrost przepływu w przewodach wentylacyjnych łazienek o 140 ÷ 360%.

Montaż nawiewników powietrza powoduje wzrost przepływu powietrza w przewodach wentylacyjnych łazienek rzędu 5 ÷ 10%. Pełne ich otwarcie powoduje kolejny wzrost przepływu w przewodach o 5 ÷ 50%. Jednoczesne otwarcie drzwi w mieszkaniach i nawiewników powoduje wzrost przepływu w przewodach łazienek o 5 ÷ 60%.

Wzrost przepływu powietrza w przewodach zlokalizowanych w WC i kuchniach jest nawet dziesięciokrotnie większy niż w przypadku łazienek.

Powyższe zwiększenie przepływu powietrza w przewodach wentylacyjnych w przypadkach gdy zmieniane są opory napływu powietrza do budynku i przepływu pomiędzy pomieszczeniami wywołane są przez wiatr o prędkości 3 m/s.

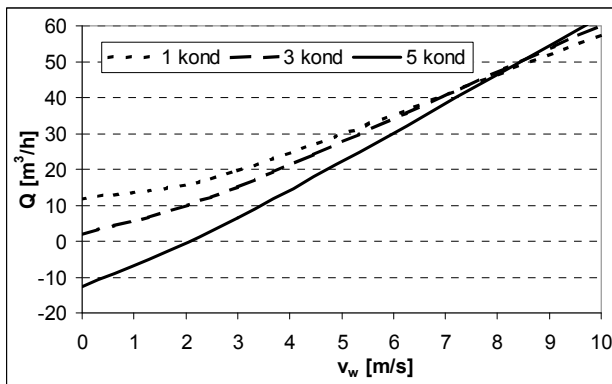
Zmiana kierunku wiatru powoduje zmianę przepływu powietrza w przewodach wentylacyjnych o 2 ÷ 120%. Bardziej zmienny jest przepływ w przewodzie zlokalizowanym w kuchni w mieszkaniu nr 1 niż w przewodzie zlokalizowanym w WC w mieszkaniu nr 3. Ponadto, zaobserwować można większą zmienność przepływu na wyższych kondygnacjach. Omówione zostanie to na rys. 7.

Najważniejsze zagadnienia w kwestii charakteru oddziaływania wiatru na wentylację grawitacyjną najprościej opisać na podstawie rys. 7-9. Na rys. 7 przedstawiona jest zależność natężenia strumienia powietrza przepływającego przez przewód wentylacyjny zlokalizowany w kuchni w mieszkaniu nr 1 od prędkości wiatru przy temperaturze zewnętrznej wynoszącej 12°C. Powietrze doprowadzone jest przez przymknięte nawiewniki. Trzy krzywe określające wartość strumienia przepływającego powietrza w przewodzie odpowiadają kondygnacji pierwszej, trzeciej i piątej.

Można zaobserwować iż krzywe te posiadają punkt załamania w okolicy prędkości wiatru wynoszącej 3 m/s. Powyżej tej prędkości wzrost natężenia przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym następuje liniowo względem wzrostu prędkości wiatru.

Ponadto, zaobserwować można różne nachylenie tych krzywych dla poszczególnych kondygnacji. Najbardziej nachylona jest krzywa odnosząca się do piątej kondygnacji, a najmniej nachylona jest krzywa odnosząca się do

pierwszej kondygnacji. Te różnice w nachyleniu ilustrują wzrost wpływu wiatru wraz z numerem kondygnacji. Spowodowane jest to jednoczesnym udziałem wyporu termicznego i wpływu wiatru w procesie powstawania podciśnienia w przewodzie wentylacyjnym. Wraz ze wzrostem numeru kondygnacji maleje długość przewodu wentylacyjnego przez co maleje udział wyporu termicznego. Potwierdza to fakt, że krzywe odnoszące się do kondygnacji przecinają się przy prędkości wiatru około 8 m/s. Powyżej tej prędkości wiatr wywołuje większy przepływ w przewodzie zlokalizowanym na kondygnacji piątej niż w przewodzie zlokalizowanym na kondygnacji pierwszej.



Rys. 7. Zależność przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym zlokalizowanym w kuchni w mieszkaniu nr 1 od prędkości wiatru przy temperaturze zewnętrznej 12°C. Doprowadzenie powietrza zewnętrznego przez przymknięte nawiewniki.
Fig. 7. Dependence of airflow in air duct located in kitchen (apartment 1) on wind velocity at outdoor temperature 12°C. Outdoor air supply through partly closed air vents

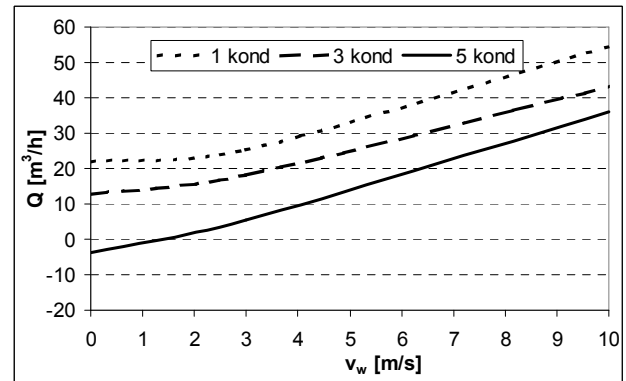
W przypadku niższej temperatury powietrza zewnętrznego przecięcie tych krzywych następuje przy wyższej prędkości wiatru, w przypadku wyższej temperatury powietrza zewnętrznego - przy niższej prędkości wiatru.

Na rys. 8 przedstawiona jest zależność przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym zlokalizowanym w WC w mieszkaniu nr 3. Pozostałe założenia są takie same jak w przypadku rys. 7. W przeciwieństwie do przypadku przedstawionego na rys 7 na rys. 8 krzywe się nie przecinają, przy wyższych prędkościach wiatru są do siebie prawie równoległe.

Można na tej podstawie stwierdzić, iż numer kondygnacji w mniejszym stopniu decyduje na wpływ wiatru na działanie wentylacji grawitacyjnej w mieszkaniu nr 3. Różnice te spowodowane są charakterem obu mieszkań. W mieszkaniu nr 1 okna zlokalizowane są jedynie w pokoju na północnej fasadzie budynku, a w kuchni nie ma w ogóle okna. W mieszkaniu nr 3 okna znajdują się na trzech fasadach budynku: południowej, zachodniej oraz północnej (rys. 3). Ponadto, w mieszkaniu nr 3 znajdują się trzy

przewody wentylacyjne (w kuchni, łazience oraz WC), a w mieszkaniu nr 1 jedynie dwa przewody (w kuchni i łazience).

Wszystko to powoduje odmienny charakter przepływu powietrza oraz inny charakter wpływu wiatru na działanie wentylacji grawitacyjnej w obu mieszkaniach.



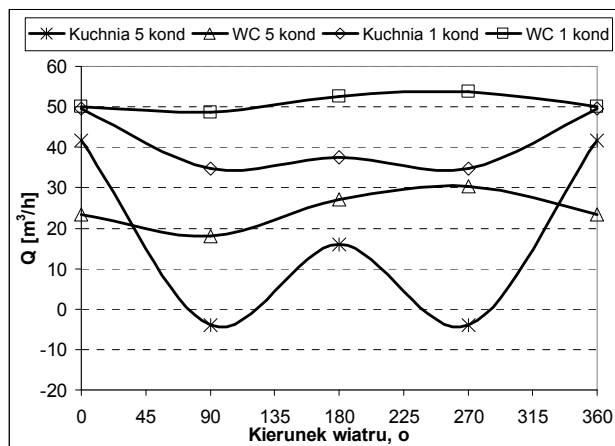
Rys. 8. Zależność przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym zlokalizowanym w WC w mieszkaniu nr 3 od prędkości wiatru przy temperaturze zewnętrznej 12°C. Doprowadzenie powietrza zewnętrznego przez przymknięte nawiewniki.
Fig. 8. Dependence of airflow in air duct located in WC (apartment 3) on wind velocity at outdoor temperature 12°C. Outdoor air supply through partly closed air vents

Do lepszego opisu tego zagadnienia pomocny będzie rys. 9. Przedstawiony jest na nim przepływ powietrza w przewodach wentylacyjnych w kuchni w mieszkaniu nr 1 oraz w WC w mieszkaniu nr 3, w zależności od kierunku wiatru. Przedstawione charakterystyki przepływu odnoszą się do pierwszej i trzeciej kondygnacji przy doprowadzeniu powietrza za pomocą przymkniętych nawiewników. Można zauważyć, iż wpływ kierunku wiatru na przepływ w tych przewodach posiada zupełnie inny charakter. W przypadku kuchni zlokalizowanej w mieszkaniu nr 1 przepływ powietrza w przewodzie przypomina kształtem literę „W” co jest odzwierciedleniem kształtu zmienności współczynnika przetworzenia od kierunku wiatru.

Strumienie powietrza wypływającego przez przewody wentylacyjne posiadają charakter będący wypadkową strumieni napływających przez szczeliny i nawiewniki zlokalizowane na trzech ścianach zewnętrznych tego mieszkania. Ich kształt jest więc złożeniem trzech „W”.

Na przedstawionym rysunku widoczny jest ponadto wpływ lokalizacji pomieszczenia w budynku na wartość i zachowanie strumienia przepływającego powietrza. Im wyższa kondygnacja, tym większy wpływ wiatru. Zmiana oporów dopływu powietrza do przewodów wentylacyjnych poprzez otwieranie drzwi wewnętrznych, przemykanie nawiewników lub nawet poprzez nie montowanie nawiewników wpływa na wartość strumienia powietrza przepływającego w przewodach wentylacyj-

nych. Działania te nie powodują jednak zmiany opisanego powyżej charakteru wpływu wiatru na wentylację grawitacyjną. Jedynym przypadkiem zmiany tego charakteru jest uchylanie okien.



Rys. 9: Zależność przepływu powietrza w przewodach wentylacyjnych zlokalizowanym w kuchni w mieszkaniu nr 1 i w WC w mieszkaniu nr 3 od kierunku wiatru przy temperaturze zewnętrznej -20°C . Doprowadzenie powietrza zewnętrznego przez przymknięte nawiewniki.

Fig. 9. Dependence of airflow in air duct located in kitchen (apartment 1) on wind velocity at outdoor temperature 12°C . Outdoor air supply through partly closed air vents

Odwracanie kierunku przepływu w przewodach jest silnie związane z przyjętym rozkładem temperatury powietrza w pomieszczeniach. Odwracanie kierunku przepływu w przewodach wentylacyjnych zlokalizowanych w kuchni oraz w WC spowodowane jest przyjęciem niższej temperatury obliczeniowej w pomieszczeniu niż w łazience oraz małym strumieniem powietrza zewnętrznego napływającego do budynku. W przypadku kuchni i WC jest to 20°C , a w przypadku łazienki jest to 24°C .

Kierunek przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym determinuje przepływ powietrza pomiędzy niektórymi pomieszczeniami. Oznacza to że napływ lub odpływ powietrza, oraz natężenie tego przepływu, przez szczeliny w przegrodach wewnętrznych zależy jest od kierunku przepływu powietrza w przewodzie wentylacyjnym i vice versa. Stwierdzenie to dotyczy zwłaszcza pomieszczeń bez okien, takich jak: łazienki, WC oraz kuchnia w mieszkaniu nr 1.

5. PODSUMOWANIE

Zachowanie wentylacji grawitacyjnej jest silnie zależne od czynników lokalnych i z tego względu wszelkie uogólnienia powinny być czynione ze szczególną ostrożnością. W artykule wykazano jednak, w typowym budynku mieszkalnym przyjętym do analizy wiatr bardzo istot-

nie wpływa na wartość strumienia powietrza doprowadzanego i usuwanego z budynku oraz na przepływy powietrza pomiędzy poszczególnymi pomieszczeniami. W pewnych przypadkach, wiatr może powodować odwrócenie kierunku przepływu powietrza w przewodach wentylacyjnych.

Duża rozpiętość uzyskiwanych przepływów powietrza wskazuje na celowość stosowanie urządzeń regulacyjnych będących w stanie stabilizować silnie zmienne przepływy powietrza.

Symulacje komputerowe procesów wentylacji grawitacyjnej są w stanie dostarczyć wielu cennych informacji zarówno na potrzeby projektowania jak i na potrzeby podejmowania działań naprawczych.

THE INFLUENCE OF WIND ON PERFORMANCE OF PASSIVE STACK VENTILATION IN MULTIFAMILY RESIDENTIAL BUILDING

Summary: The paper presents an influence that is induced by wind on performance of passive stack ventilation in multifamily residential building. For illustration of this phenomena computer simulation (program CONTAMW) of airflows in hypothetical five storey building was used. Conclusions of both qualitative and quantitative character were prepared on a basis of big number of analysed scenarios. It has been proved that wind can change direction of air flow in ducts as well as magnitude of airflows (up to 300%). The great number of valuable information from computer simulation indicated that computer simulations should be used more extensively at designing stage or during commissioning. In final conclusions the necessity of utilization of effective control elements in passive stack ventilation was pointed out.

Literatura

- [1] Allen C., 1986: *Wind pressure data requirements for air infiltration calculations*, Technical Note AIC 13, The Air Infiltration Centre, Old Bracknell Lane West, Bracknell, Berkshire, RG12 4AH, Great Britain
- [2] Bowen A.J., 1976: *A wind tunnel investigation using simple building models to obtain mean surface wind pressure coefficients for air infiltration estimates*, National Aeronautical Establishment, National Research Council Canada, report LTR-LA-209.
- [3] Niemirka K. 2007: *Wpływ wiatru na działanie wentylacji grawitacyjnej*, Praca magisterska napisana pod kierunkiem dr inż. Jerzego Sowy, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Warszawa, 2007
- [4] Orme M., Liddament M.W., Wilson A., 1994: *An Analysis and Data Summary of the AIVC's Numerical Database*, Technical Note AIVC 44, University of Warwick Science Park, Great Britain
- [5] PN-83/B-03430/Az3:2000, Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania.