

## WPLYW ELEMENTÓW WSPOMAGAJĄCYCH WENTYLACJĘ GRAWITACYJNĄ NA WARUNKI MIKROKLIMATU.

TELEJKO Marek <sup>1</sup>

PIOTROWSKI Jerzy Zbigniew <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Samodzielny Zakład Budownictwa Ogólnego, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Świętokrzyska

<sup>2</sup> Samodzielny Zakład Ekonomiki i Marketingu w Budownictwie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Świętokrzyska

### ABSTRACT

Applying tight concrete lining due to energetic factors, as well as applying tight window joinery caused the necessity of using air intakes and passive or effective ventilation assistance. They are used as the supplement to the system of ventilation in flats. In spite of such a solution, there occur some serious problems in functioning of the ventilation.

Results of the studies presented in the article concern all the chosen flats which were built in the last five years. The flats were equipped with the tight window joinery, air intakes and passive or effective ventilation assistance.

### STRESZCZENIE

Zastosowanie szczelnej obudowy budynków oraz szczelnej stolarki podyktowane względami ekonomicznymi spowodowało konieczność zastosowania nawiewników powietrza oraz nasad kominowych jako elementu uzupełnienia systemu wentylacji grawitacyjnej. Pomimo zastosowania tych rozwiązań w dalszym ciągu zauważa się jednak pewne nieprawidłowości w działaniu systemu wentylacji.

W artykule przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych na obiektach mieszkalnych wybudowanych w ciągu ostatnich pięciu lat i wyposażonych w szczelną stolarkę okienną, nawiewniki powietrza oraz nasady kominowe.

### 1. WPROWADZENIE

Wzrost cen energii potrzebnej na ogrzanie budynków spowodował duże zmiany w technologii wykonania budynków, a projektanci skupili swoją uwagę na wyeliminowaniu wszelkich miejsc niekontrolowanego wypływu ogrzanego powietrza wewnętrznego na zewnątrz (szczelna stolarka oraz obudowa budynku). Działania te spowodowały jednocześnie ograniczenie napływu powietrza zewnętrznego do pomieszczeń, niezbędnego do wentylacji, ale również do zapewnienia należytego komfortu mikroklimatycznego, w tym w szczególności odpowiedniej wymiany powietrza. Wyznacznikiem należytego komfortu mikroklimatycznego jest minimalny poziom  $0,5 \text{ h}^{-1}$  [2, 6] wymiany powietrza średnio na mieszkanie. Jest to minimum zapewniające nie tylko świeże powietrze ze względów higienicznych, do procesów spalania i procesów technologicznych. To

niezbędna ilość do rozcieńczenia i usunięcia zanieczyszczeń powietrza, nadmiaru wilgoci, mikroorganizmów oraz związków chemicznych. Dla zapewnienia odpowiedniego mikroklimatu wewnętrznego producenci stolarki oraz systemów wentylacji zaczęli poszukiwać nowych rozwiązań, które umożliwiłyby realizację tego zadania przy jednoczesnym pozostawieniu bardzo szczelnej obudowy budynku. Dziś należy postawić więc pytanie jaki jest obecny stan mikroklimatu mieszkań regulowanego między innymi wymianą powietrza, czy odczuwana jest korzystna jakościowo zmiana na przestrzeni okresu ostatniej dekady czy też konieczne jest dalsze poszukiwanie nowych, bardziej skutecznych rozwiązań.

W artykule przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w wybranych lokalach mieszkalnych, wybudowanych w ostatnich pięciu latach, posiadających szczelną stolarkę i wyposażonych w różne rozwiązania poprawiające działanie wentylacji grawitacyjnej. Zwrócono szczególną uwagę na lokale, w których wystąpiły nieprawidłowości w działaniu wentylacji rzutujące na negatywne odczucia użytkowników i zaburzenia mikroklimatu wewnętrznego.

## 2. ZABURZENIA MIKROKLIMATYCZNE

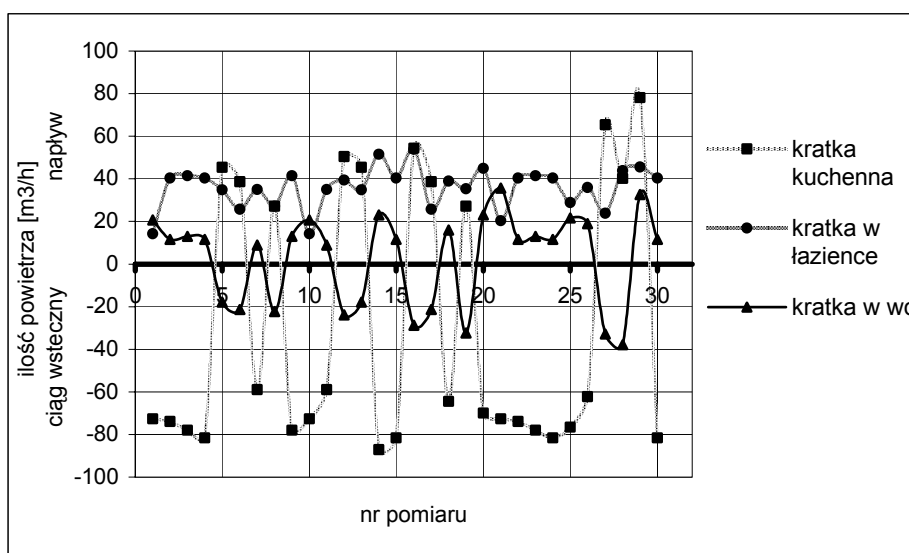
Budynki z badanymi mieszkaniami posiadały do 4 kondygnacji, stolarkę okienną o podwyższonej szczelności, ze współczynnikiem przepuszczania powietrza osiągającym dolne wartości przedziału  $a_o = <0.5 - 1.0> \text{ m}^3/\text{mhdaPa}^{0.7}$  ( $0.00014 - 0.00028 \text{ m}^3/\text{msdaPa}^{0.7}$ ), z drzwiami wejściowymi do mieszkań dobrze uszczelnionymi, o współczynniku  $a_d = <2.0 - 3.5> \text{ m}^3/\text{m-h-daPa}^{0.7}$  ( $0.00056 - 0,00097 \text{ m}^3/\text{msdaPa}^{0.7}$ ). Pomiary przeprowadzono w okresie jesiennym i zimowym, w przedziale temperatury  $t_z = < - 8 \div +10> \text{ }^\circ\text{C}$ , przy zmiennym wietrze o prędkości  $v = <0 - 5> \text{ m/s}$ . Badano wymianę powietrza poprzez pomiar strumienia przepływającego przez kratki wentylacyjne i nawiewniki. Mierzono również zmianę temperatury wewnętrznej, wilgotności, prędkości powietrza, zmiany stężenia  $\text{CO}_2$ .

Wyniki badań w przypadkach, gdzie wystąpiły zaburzenia mikroklimatyczne można podzielić na dwie grupy:

- wsteczne ciągi w kanałach wentylacyjnych, szczególnie dwóch ostatnich kondygnacji, wtłaczanie chłodnego powietrza kanałami z wstecznymi ciągami i wychładzanie pomieszczeń, niski poziom średniej wymiany powietrza,
- niska temperatura i znaczna prędkość powietrza nawiewanego w przypadku nawiewników o dużym przekroju otworu.

Zastosowanie szczelnej obudowy budynku w tym stolarki spowodowało iż ograniczona została do minimum ilość powietrza napływającego do pomieszczeń. Z rachunku bilansu wynika, że ilość powietrza usuniętego z mieszkania oraz zużytego do spalania paliwa w urządzeniach domowych musi zostać zrównoważona poprzez identyczną ilość powietrza napływającego do wnętrza. W sytuacji nadmiernego uszczelnienia funkcję elementu dostarczającego powietrze zewnętrzne przejmuje najczęściej jeden z kanałów wentylacyjnych. Charakterystyczna jest zmiana kierunku przepływu powietrza w kanałach co podyktowane jest kierunkiem wiejących wiatrów. Na rysunku 1 przedstawiono krzywe obrazujące ilość powietrza przepływającego przez poszczególne kratki w miesiącu lutym w

przykładowych mieszkaniach wyposażonych w szczelną stolarkę i nie posiadających nawiewników powietrza. Wartości ujemne oznaczają wsteczny ciąg w kratkach wentylacyjnych.

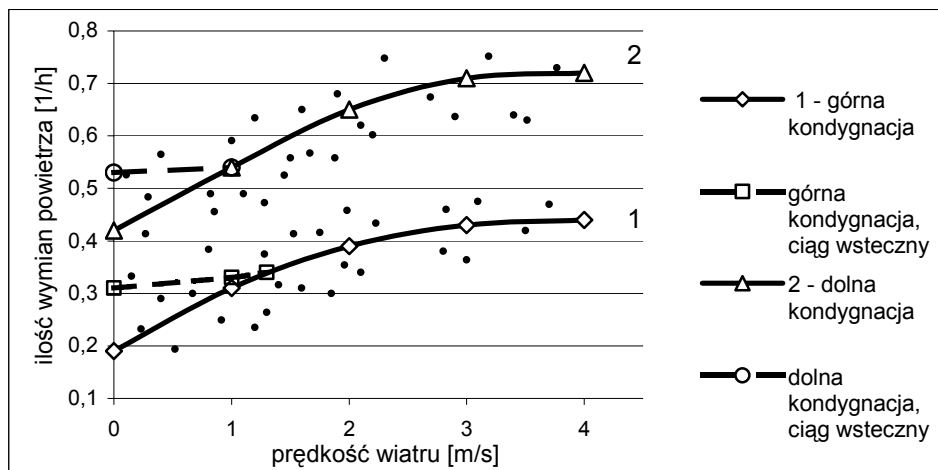


Rys. 1. Ilość powietrza przepływającego przez poszczególne kratki wentylacyjne

Pominąwszy tutaj już sam fakt pojawienia się ciągu wstecznego w kratce powstaje dodatkowy problem dystrybucji świeżego powietrza w mieszkaniu. W przypadku odpowiedniej infiltracji powietrza przez przegrody czy nawiewniki okienne, przepływa ono przez niemal całe mieszkanie i jest usuwane przez kratki wentylacyjne. W zaistniałym przypadku świeże powietrze, które dostaje się jedną kratką zostaje usunięte inną, przy czym bardzo często znajdują się one w bardzo bliskim sąsiedztwie. Tak więc do niektórych pomieszczeń może ono w ogóle nie docierać.

Na rys. 2 pokazano przebieg wymiany powietrza w zależności od prędkości wiatru (średniej z wartości chwilowych). Pokazano przykładowe dwie krzywe dla dolnej i górnej kondygnacji w różnych mieszkaniach i budynkach. Linia przerywana oznacza wzrost wymiany powietrza pochodzącej od pojawiającego się wstecznego ciągu w kanałach wentylacyjnych.

Widoczny jest wyraźny spadek wymiany powietrza poniżej minimalnej wartości  $0,5h^{-1}$  w mieszkaniach górnych kondygnacji. Charakterystyczna jest w przypadku obu krzywych dodatkowa gałąź (linia przerywana) oznaczająca występowanie wstecznego ciągu także na kondygnacjach dolnych. Pojawiał się on w przedziale prędkości wiatru  $0 - 2$  m/s, przy czym na parterze (krzywa 2) był ograniczony prędkością wiatru do 1 m/s.



Rys.2. Przebieg wymiany powietrza w zależności od prędkości wiatru

### 3. PROPONOWANE ZMIANY DLA POPRAWY WARUNKÓW MIKROKLIMATYCZNYCH

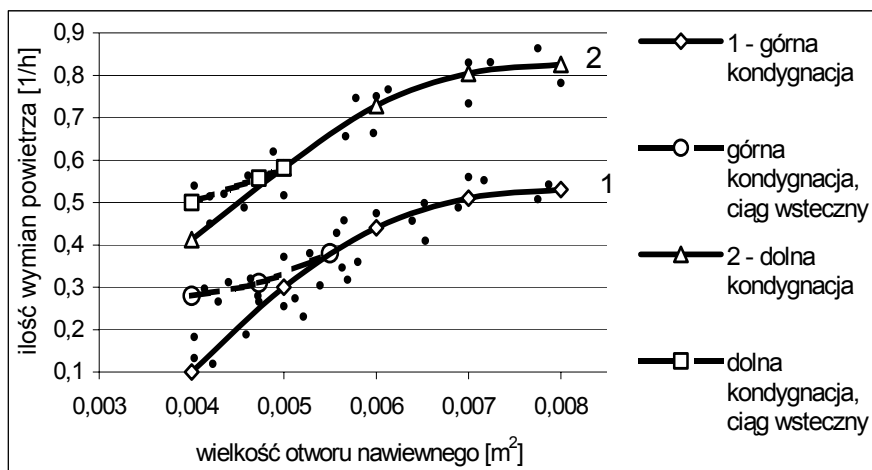
Dla poprawy warunków mikroklimatycznych związanych z wymianą powietrza ustawodawca [5], producenci stolarki i systemów wentylacji zaproponowali dwa rodzaje rozwiązań:

- wprowadzenie nawiewników okiennych,
- montaż urządzeń wspomagających działanie systemu wentylacji grawitacyjnej: nasad kominowych statycznych i dynamicznych (spiromatików) na wylotach kanałów wentylacji grawitacyjnej.

Zastosowanie nawiewników powietrza zdecydowanie poprawiło działanie wentylacji [3, 4]. Jednak niemożliwe jest zapewnienie prawidłowego działania systemu wentylacji grawitacyjnej jedynie poprzez nawiewniki okienne a jak wykazały wstępne wyniki badań [4] ich pole przekroju powinno być uzależnione od lokalizacji mieszkania.

Obecnie przeciętna powierzchnia otworów nawiewnych w pojedynczym mieszkaniu wynosi  $0,004 \text{ m}^2$ . W [4] przeprowadzono badania polegające na próbie zwiększenia tej powierzchni. Powiększenie otworu nawiewnego nie miało znaczenia dla dolnych kondygnacji; osiągnięto jedynie zmniejszenie zakresu występowania wstecznego ciągu (rys. 3, linia przerywana – krzywa 2). Natomiast pogorszeniu uległy warunki mikroklimatyczne – pojawiły się odczuwalne prądy powietrza o dużych prędkościach (powyżej  $0,1 \text{ m/s}$ ) i odczucie dyskomfortu termicznego u użytkowników mieszkań.

W przypadku górnych kondygnacji wyraźna poprawa wymiany powietrza nastąpiła przy ok. 50% powiększeniu otworów nawiewnych. Powyżej tej wartości z kolei zaobserwowano pogorszenie się warunków mikroklimatycznych (pojawiało się odczucie przeciągu).



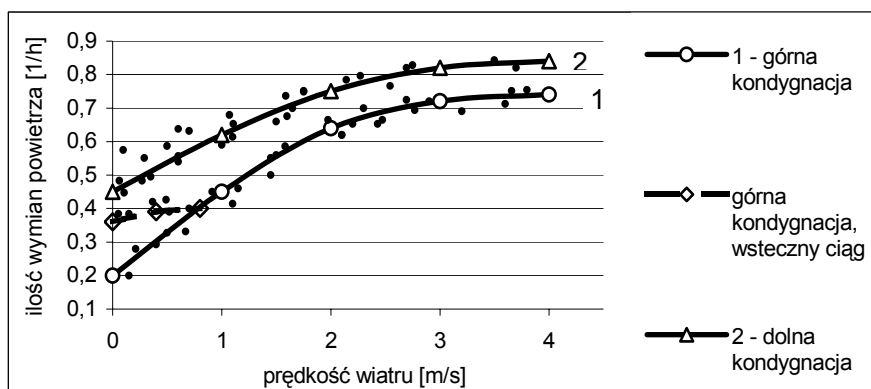
Rys.3. Przebieg wymiany powietrza w przypadku powiększenia otworu nawiewnego

Dodatkowy, poza wykonaniem nawiewników, montaż nasad statycznych przynosi widoczne efekty tylko w ściśle określonych przypadkach, np. zbyt nisko wyprowadzone kominy. Należy tutaj jednak zaznaczyć iż podwyższenie komina poprzez montaż nasady kominowej na podwyższeniu z rury stalowej powinien być uwarunkowany jej ociepleniem. W przeciwnym przypadku przy niskich temperaturach zewnętrznych w rurze podwyższającej komin tworzy się „korek” zimnego powietrza, który zakłóca działanie systemu wentylacji.

Montaż deflektorów dynamicznych dodatkowo poprawił wymianę powietrza, szczególnie w przypadku mieszkań na górnych kondygnacjach. Krzywa 1 przebiegu wymiany powietrza (rys. 4) dla górnych kondygnacji zbliżyła się do krzywej 2 dla dolnej kondygnacji. Wsteczny ciąg (linia przerywana) pojawił się tylko na górnych kondygnacjach i ograniczony był wyłącznie do strefy bezwietrznej lub dla maksymalnego wiatru 0,5 – 0,8 m/s.

Powyższy mankament zniwelować można, bez zaburzenia warunków mikroklimatycznych albo poprzez wspomaganie mechaniczne, albo rozwiązanie hybrydowe. Rozwiązanie mechaniczne jest jednak stosunkowo drogie i nie zawsze może być zastosowane. Ponadto liczne błędy popełniane na etapie projektowania i realizacja systemu bez możliwości regulowania przepływu powietrza w przewodach, a także hałas powodują że użytkownicy takich mieszkań chcąc wyeliminować te uciążliwości zakrywają częściowo lub całkowicie kratki wentylacyjne [1]. Rozwiązanie hybrydowe wydaje się być pozbawione tych wad. System wykorzystuje siły naturalne charakterystyczne dla wentylacji grawitacyjnej, jednak, gdy podciśnienie uzyskane w sposób grawitacyjny jest zbyt małe, aby skutecznie usuwać powietrze z pomieszczeń - układ sterujący automatycznie załącza niskociśnieniową nasadę kominową. Taki tryb pracy zapewnia odpowiednią jakość powietrza wewnętrznego, przy małym zużyciu energii elektrycznej. Warunkiem uzyskania jednak takich wyników jest prawidłowe zbilansowanie wentylacji, ilość powietrza napływającego do pomieszczeń poprzez nawiewniki i dzięki infiltracji musi być równa ilości powietrza potrzebnemu do

prawidłowej wentylacji pomieszczeń oraz właściwego spalania paliwa w urządzeniach domowych.



Rys.4. Przebieg wymiany powietrza przy zastosowaniu deflektorów dynamicznych i nawiewników

#### 4. WNIOSKI

1. Wprowadzenie elementów wspomagających wentylację naturalną poprawiło warunki mikroklimatyczne pomieszczeń, ale nadal występuje konieczność poszukiwania rozwiązań gwarantujących w każdych warunkach pogodowych właściwą wymianę powietrza.
2. Zaburzenia warunków mikroklimatycznych w mieszkaniach ze szczelną obudową i zamontowanymi nawiewnikami występują szczególnie na górnych kondygnacjach i przejawiają się występowaniem wstecznych ciągów oraz zmniejszeniem wymiany powietrza.
3. Przy szczelnej obudowie budynku niemożliwe jest prawidłowe kształtowanie mikroklimatu tylko i wyłącznie za pomocą nawiewników okiennych.
4. Ilościowa poprawa wymiany powietrza bez pogorszenia warunków mikroklimatycznych może nastąpić poprzez niewielkie (średnio o ok. 50%) zwiększenie powierzchni otworów nawiewnych dla mieszkań górnych kondygnacji, przy jednoczesnym zintensyfikowaniu wymiany powietrza deflektorami dynamicznymi w odniesieniu do wszystkich kondygnacji.
5. Warunkiem uzyskania poprawy działania wentylacji jest prawidłowe zbilansowanie wentylacji, ilość powietrza napływającego do pomieszczeń poprzez nawiewniki i dzięki infiltracji musi być równa ilości powietrza potrzebnego do prawidłowej wentylacji pomieszczeń oraz właściwego spalania paliwa w urządzeniach domowych.
6. Dla całkowitej likwidacji wstecznych ciągów pojawiających się szczególnie przy bezwietrznej pogodzie pożądane jest pobudzenie ciągu w przewodzie wentylacyjnym

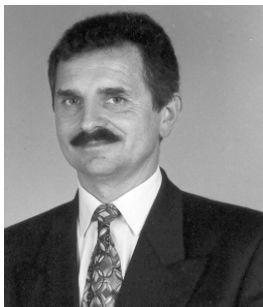
np. poprzez zastosowanie rozwiązania hybrydowego, co wymusi wymianę powietrza na odpowiednim poziomie.

## 5. LITERATURA

- [1] Blewaska M., Nantka M., Janicki M. Modernizacja czy zmiana rodzaju wentylacji. Forum wentylacja 2005, Warszawa 2005, s. 133 - 142
- [2] Etheridge D., Sandberg M. . Building Ventilation. Theory and Measurement. Wiley, Chichester, 1996, s. 724
- [3] Piotrowski J.Z., Faryniak L. Wymiana powietrza w pomieszczeniach ze szczelną stolarką okienną. Materiały XL Konferencji Naukowej Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Rzeszów-Krynica-Warszawa, 1994, T. 6, s. 85 – 90.
- [4] Piotrowski J.Z., Telejko M. Warunki mikroklimatyczne w mieszkaniach z zainstalowanymi nawiewnikami powietrza. Materiały L Konferencji Naukowej Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Krynica-Warszawa, 2005, T. 4, s. 117 – 124.
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75 z 2002 r., poz. 690)
- [6] Szymański T., Wasiluk W. Wentylacja użytkowa. Poradnik., Gdańsk, IPPU Masta 1999, s. 476.



mgr inż. Marek Telejko  
Politechnika Świętokrzyska  
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
Samodzielny Zakład Ekonomiki i Marketingu w Budownictwie  
mtelejko@tu.kielce.pl



dr hab. inż. prof. PŚk Jerzy Zbigniew Piotrowski  
Politechnika Świętokrzyska  
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
Samodzielny Zakład Budownictwa Ogólnego  
jzpiotr@tu.kielce.pl