

Gerard Jan Besler

## Energooszczędne kształtowanie zdrowego mikroklimatu

Jest paradoksem naszych czasów, że rozwój cywilizacji zagraża jej istnieniu i przybliża groźbę samounicestwienia. W 1992 roku, podczas Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro, 150 państw (w tym Polska) podpisało tzw. Konwencję Klimatyczną, zobowiązując się do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń powodujących ocieplenie klimatu. Dotyczy to głównie ograniczenia emisji zanieczyszczeń powstających przy spalaniu surowców energetycznych w procesach wytwarzania energii dla przemysłu, transportu i kształtowania mikroklimatu pomieszczeń. Trzeba przy tym pamiętać, że w naszej strefie klimatycznej około 40 % całkowitej produkcji energii przypada na potrzeby ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Z tego przeważającą część, bo aż 82 %, zużywa się na cele kształtowania mikroklimatu, czyli na ogrzewanie i wentylację pomieszczeń. Zatem w tej właśnie dziedzinie bardzo celowe i opłacalne jest oszczędzanie energii i stosowanie energooszczędnych rozwiązań technicznych.

Gdy pod koniec marca 1995 r. z inicjatywy ONZ spotkali się w Berlinie przedstawiciele 130 krajów w celu powołania struktur umożliwiających realizację Konwencji Klimatycznej, wówczas można było zauważyć duże rozbieżności pomiędzy stanowiskami krajów rozwiniętych i rozwijających się. Te pierwsze dążą do znacznego ograniczenia emisji tzw. gazów szklarniowych, co łatwo im uczynić zważywszy, że w krajach tych znaczna część energii produkowana jest w siłowniach jądrowych. Z kolei kraje rozwijające się widzą w ograniczeniu emisji zanieczyszczeń równocześnie ograniczenie możliwości ich rozwoju gospodarczego, do czego nie chcą dopuścić. Za ograniczeniem emisji zanieczyszczeń są kraje wyspiarskie, które obawiają się, iż skutki ocieplenia klimatu spowodują zalanie części ich obszarów. Zdecydowany sprzeciw przejawiają natomiast kraje eksportujące ropę naftową, żywo zainteresowane w jak największym zużyciu produktów naftowych.

W specyficznej sytuacji znajduje się Polska, która dążąc do włączenia do struktur Unii Europejskiej powinna dążyć do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń. Co prawda obecnie emisja dwutlenku węgla została obniżona o 20 %, jednakże trudno będzie uzyskać znaczący rozwój gospodarczy kraju utrzymując emisję zanieczyszczeń na poziomie z roku 1988, kiedy to w Polsce zaczynała się już głęboka recesja gospodarcza. Corocznie zużywa się w naszym kraju energię wyprodukowaną z 200 milionów ton paliwa umownego (węgla kamiennego), zatem na jednego mieszkańca przypada około 5 ton paliwa umownego. Tym samym statystyczny Polak emituje ponad 10 ton CO<sub>2</sub> do atmosfery, co ma znaczny wpływ na stan środowiska i stwarza niebezpieczeństwo zmian klimatycznych.

Niedawno niepokojące doniesienia dotarły z Antarktydy. Najpierw od Półwyspu Antarktycznego oderwała się ogromna góra

lodowa, a po kilku dniach nastąpiło rozległe pęknięcie skorupy lodowej powodujące 70-kilometrową rozpadlinę. Dr Rodolfo de Valle – szef grupy argentyńskich glaciologów uważa, iż jest to już początek końca zachodniej Antarktydy, bezpośrednio narażonej na niszczący wpływ ciepłych wód morskich. Takiego pęknięcia spodziewano się dopiero za około 10 lat, a globalne ocieplenie znacznie przyspieszyło ten proces. Pesymiści twierdzą, że jest źle, a będzie jeszcze gorzej. Ociepleniu przypisuje się huragany, zmiany prądów oceanicznych oraz susze w Afryce i Stanach Zjednoczonych.

Istnieje jednakże znaczna grupa meteorologów, skupiona wokół Piersa Corbyna w organizacji „Weather Action”, która jest odmiennego zdania. Ci meteorolodzy – optymiści – twierdzą, że powodem podwyższenia temperatury są anomalie klimatyczne a nie efekt cieplarniany. I nie są one niczym nadzwyczajnym, gdyż było ich wiele w historii Ziemi. Świadczą o tym wyniki badań grenlandzkiej skorupy lodowej, gdzie w kolejnych warstwach można odczytać dokładne ślady warunków panujących w przeszłości i odczytać co istotniejsze zdarzenia w historii Ziemi, z wybuchami wulkanów włącznie. Głębokie odwierty ujawniły zmiany średniej temperatury nawet o 7 °C w ciągu roku, zaś 8200 lat temu nastąpiło nagle ochłodzenie o 4 °C, trwające nieprzerwanie przez 200 lat. W świetle powyższych badań członkowie „Weather Action” twierdzą, iż obecny niewielki wzrost temperatury należy przypisać raczej zmianom aktywności słonecznej niż działalności człowieka, i że „efekt cieplarniany istnieje jedynie w wyobraźni żądnych sensacji”.

W nadziei na zdecydowane i ostateczne potwierdzenie powyższych wywodów nie można jednak pozostawiać bezczynnie, lecz należy ograniczać spalanie surowców energetycznych z myślą o zachowaniu czystości środowiska oraz o zachowaniu wyczerpujących się kopalnych zasobów energii dla naszych następców, zgodnie z hasłem: „Ziemia z jej zasobami jest dana wszystkim i nie może jej zniszczyć nasze pokolenie”.

### Mikroklimat i jonizacja powietrza

Ponad 90 % czasu w swym życiu człowiek spędza w pomieszczeniach zamkniętych (w mieszkaniu, w pracy, w szkole itp.). Stąd tak bardzo ważne jest zagadnienie wytworzenia i zachowania możliwie najbardziej korzystnego mikroklimatu pomieszczeń. Urządzeniami pozwalającymi w sposób optymalny kształtować mikroklimat są oczywiście urządzenia klimatyzacyjne, które mogą zapewnić w obsługiwanych przez siebie pomieszczeniach określone warunki klimatyczne przez cały rok, niezależnie od klimatu zewnętrznego i od różnego rodzaju procesów zachodzących w tych pomieszczeniach.

Według definicji Amerykańskiego Stowarzyszenia Ogrzewnictwa, Chłodnictwa i Klimatyzacji (ASHRAE), klimatyzacja polega na jednoczesnej kontroli wszystkich lub przynajmniej

trzech pierwszych fizycznych i chemicznych parametrów powietrza wewnątrz pomieszczeń [1]: temperatury, wilgotności, organizacji ruchu powietrza (prędkości), zawartości pyłów, bakterii, zapachów, szkodliwych lub trujących gazów oraz jonizacji – w celu zapewnienia właściwych warunków mikroklimatu w danym pomieszczeniu.

Według dogodnego w rozważaniach higienicznych określenia klimatu sformułowanego przez Humboldta: „Pod pojęciem klimatu należy rozumieć wszystkie zmiany atmosferyczne, które znacznie oddziałują na nasze zmysły”, a więc poza wcześniej wymienionymi – także zakłócenia akustyczne, oświetlenie i wiele innych. Można zatem powiedzieć, że zadaniem klimatyzacji jest ochrona człowieka przebywającego w budynku przed prawie wszystkimi nieprzyjemnymi i uciążliwymi wpływami otoczenia zewnętrznego (nie tylko klimatu zewnętrznego). Zresztą, w dużych aglomeracjach miejskich i przemysłowych, pomieszczenia bywają coraz częściej klimatyzowane lub wentylowane mechanicznie właśnie w aspekcie ochrony człowieka przed zanieczyszczeniami środowiska zewnętrznego.

W centrach dużych miast często nie sposób dobrze pracować czy wypoczywać przy otwartych oknach ze względu na hałas dochodzący z zewnątrz (graniczna wartość to 65 dB(A) w odległości 0,5 m na zewnątrz od otwartego okna) oraz zanieczyszczenia atmosfery. Coraz większą uwagę przywiązuje się także do stanu jonizacji powietrza i to nie tylko w budynkach, ale także w pojazdach, a zwłaszcza w samolotach i statkach kosmicznych.

W wyniku promieniowania pierwiastków radioaktywnych znajdujących się w skorupie ziemskiej, powietrzu i wodzie, a także na skutek promieniowania kosmicznego, wyładowań elektrycznych itp. powstają jony powietrza, którymi są atomy lub cząsteczki o zakłóconej równowadze elektrycznej. Te, które mają niedobór elektronów nazwano jonami dodatnimi, zaś mające nadmiar elektronów – jonami ujemnymi. Średnia gęstość jonów obu znaków w 1 cm<sup>3</sup> powietrza atmosferycznego waha się w granicach 200+10.000 par. przy czym liczba jonów dodatnich jest nieco większa niż jonów ujemnych w stosunku 5:4. W miastach gęstość jonów może dochodzić do 50 tys./cm<sup>3</sup>, a w pomieszczeniach zamkniętych nawet do 100 tys./cm<sup>3</sup>. Naturalna jonizacja powietrza osiąga wyższe poziomy w lecie oraz niższe w zimie; wyższa jest we wczesnych godzinach rannych, natomiast niższa w godzinach popołudniowych [3].

Te ciągłe zmiany naturalnej jonizacji powietrza atmosferycznego utrudniały prowadzenie badań nad wpływem jonizacji na organizmy żywe do chwili opracowania urządzeń służących do sztucznej generacji jonów (jonizatory powietrza – druga połowa XX w.). Znacznie wcześniej stwierdzono, że powietrze po krótkotrwałej burzy, w okolicach wodosпадów, w pobliżu natrysków, a także powietrze górskie i nadmorskie zawiera przeważającą liczbę jonów ujemnych. Powietrze takie powoduje uczucie świeżości. Pyły i bakterie unoszące się w powietrzu mają z reguły ładunek dodatni. Powietrze duszne i zapyłone ma przeważającą liczbę jonów dodatnich i powoduje uczucie zmęczenia oraz zmniejszenie zdolności do koncentracji.

W pomieszczeniach z centralnym ogrzewaniem liczba jonów dodatnich także wzrasta, i to tym bardziej, im wyższa jest temperatura powierzchni metalowych. Jednocześnie znacznie maleje liczba jonów ujemnych. Odczuwanie duszności i suchości w przewodach oddechowych u ludzi przebywających w pomieszczeniach centralnie ogrzewanych, dawniej przypisywano działaniu przypiekającego się pyłu na gorących powierzchniach. Według

ostatnich poglądów jest to spowodowane zachwianiem równowagi jonów dodatnich i ujemnych w powietrzu.

Stwierdzono także, że podczas przetłaczania powietrza przez metalowe przewody wentylacyjne i w kontakcie z nagrzewnicami liczba jonów ujemnych maleje (powierzchnia metalowa ładuje się ujemnie, a strumień powietrza unosi ze sobą ładunki dodatnie), zależnie od powierzchni kontaktu z metalem, prędkości przepływu, temperatury i wilgotności powietrza. Można wyjaśnić to po części powinowactwem małych jonów ujemnych do ścian metalowych kanałów rozprowadzających powietrze [4].

Sam człowiek jest generatorem dużych jonów dodatnich [5]. Przebywanie większej liczby osób w pomieszczeniu zamkniętym prowadzi do niekorzystnego stanu jonizacji powietrza w stosunku do powietrza zewnętrznego. Problem ten rysuje się ostro zwłaszcza w środkach transportu, gdzie samopoczucie ma decydujący wpływ na sprawność działania osób (kierowca, maszynista, pilot).

Zwiększenie gęstości jonów ujemnych w powietrzu jest stosunkowo trudne i drogie, dlatego poprawa warunków klimatycznych (dążność do zachowania równowagi jonów) powinna polegać przede wszystkim na ograniczeniu liczby jonów dodatnich wytwarzanych w pomieszczeniu lub wprowadzanych do niego. Ponieważ cząstki pyłu i dymu wykazują z reguły ładunek dodatni, więc powietrze zapyłone i zadymione należy możliwie szybko usuwać z pomieszczenia stosując odpowiednią wentylację.

Powietrze nawiewane należy przed wprowadzaniem do pomieszczenia dokładnie oczyścić (filtracja przed wlotem do pomieszczenia). W celu zmniejszenia liczby jonów wytwarzanych przez źródła ciepła (grzejniki i piece) trzeba dążyć do zachowania możliwie niskich temperatur powierzchni grzejnych, a ponadto powierzchnie te pokryć dokładnie lakierem lub emalią. W klimatyzacji należy zatem stosować nagrzewnice wodne i to najlepiej na niskie parametry.

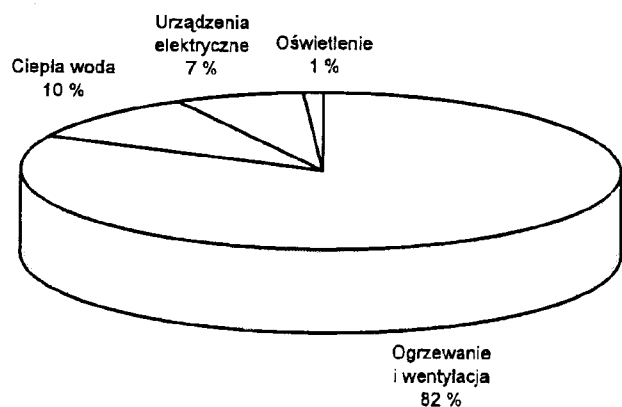
W ogrzewnictwie mieszkań i biur z tych samych względów najlepiej jest stosować niskie parametry czynnika grzejącego. Korzystne są ogrzewania płaszczyznowe, np. sufitowo-podłogowe, lecz z wyraźnym zastrzeżeniem stosowania odpowiednio niskich, zalecanych ze względów fizjologicznych, temperatur płaszczyzn.

Dodatkowym efektem są tu oszczędności energetyczne, wynikające z wymaganej wówczas znacznie niższej temperatury komfortu powietrza pomieszczenia. Jednakże temperatura sufitu nie powinna przekraczać +32 °C, a temperatura podłogi +23 °C (wyjątkiem są posadzki w pomieszczeniach o krótkim czasie pobytu, np. posadzki w łazience czy pływalni). Przy stałym przebywaniu w pomieszczeniach o temperaturze posadzki przekraczającej +23 °C puchną nogi, rozwijają się grzybyce nóg i wzrastają uciążliwości układu krążenia. Gdy temperatura sufitu przekracza wyraźnie +32 °C, wówczas większość mieszkańców czuje się źle i cierpi na bóle głowy.

Jony ujemne najprościej wytwarza się podczas rozpylania wody. Cząstki rozpylanej wody ładują się dodatnio, w otaczającym zaś powietrzu powstają jony ujemne. Sposób ten znajduje zastosowanie w lecznictwie dróg oddechowych, układu krążenia i układu neurovegetatywnego. Duże gęstości jonów ujemnych uzyskuje się w urządzeniach do inhalacji. Skutecznym źródłem jonizacji jest tryt, dający tzw. miękkie promienie (elektrony). Wykorzystuje się też zjawisko fotojonizacji, wyładowania jarzące wysokich napięć i inne. Metody wytwarzania jonów ujemnych są kosztowne, a urządzenia do ich wytwarzania muszą pracować nieprzerwanie, gdyż jony ujemne bardzo szybko zanikają.

## Energoozczędne kształtowanie mikroklimatu

Wzrost kosztów produkcji energii oraz potrzeba ochrony środowiska naturalnego przed jego dalszą degradacją, następującą głównie z powodu zanieczyszczeń będących ubocznymi skutkami spalania surowców energetycznych, wymuszają ograniczenie zużycia energii na potrzeby ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji. W ogólnym bilansie paliwowo-energetycznym są to wartości znaczące, albowiem na cele ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji i ciepłej wody użytkowej zużywa się w kraju rocznie około 60 mln ton węgla i koksu, co stanowiło w 1987 r. ponad 40% potrzeb energetycznych [6]. Dzisiaj, wobec ograniczenia produkcji w przemyśle ciężkim i energochłonnym proporcje te są nieco inne, ale potrzeba ograniczenia zużycia energii nadal pozostaje priorytetem.



Rys. 1. Struktura zużycia energii w gospodarstwach domowych [7]

Na rysunku 1 przedstawiono zużycie energii w gospodarstwach domowych krajów rozwiniętych. Jakkolwiek nasze proporcje mogą być nieco inne, to jednak można z całą pewnością wyciągnąć następujące wnioski:

- zdecydowana większość zużycia energii jest używana na ogrzewanie i wentylację,
- zużycie ciepłej wody użytkowej może być u nas zarówno większe jak i mniejsze, zależnie od sposobu gospodarowania, a zwłaszcza od sposobu pomiaru zużycia ciepłej wody,
- sprzęt elektryczny daje jedynie niewielkie możliwości zaoszczędzenia energii,
- widać znikomy sens oszczędzania energii na oświetleniu.

Dość łatwo można uzyskać znaczne zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania w wyniku stosowania dobrej izolacji cieplnej budynku. W konsekwencji ograniczenia strat ciepła na drodze przenikania następuje istotne przewartościowanie potrzeb na ogrzewanie i wentylację. Pozwala to spojrzeć inaczej na sposób racjonalnego kształtowania mikroklimatu. W nowoczesnym budownictwie energooszczędnym, zwłaszcza jednorodzinnym, stosuje się dziś materiały budowlane o bardzo dużym oporze cieplnym. Współczynnik przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych wynosi  $k=0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dla stropodachów  $k \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , zaś dla okien  $k \leq 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , przy czym nie mają już one tak dużej powierzchni jak dawniej. Udział ciepła na pokrycie strat na drodze przenikania staje się wówczas mały w stosunku do ciepła na potrzeby wentylacji, zaś wymagania stawiane wentylacji są dziś coraz większe. Niezbędna jest istotna poprawa stanu mikroklimatu pomieszczeń, który jest obecnie często niezadowalający, np. na skutek stosowania z reguły promieniotwórczych materiałów budowlanych (cement, pustaki, be-

ton – nawet cegły charakteryzują się znaczną promieniotwórczością) oraz farb, klejów, wykładzin, dywanów i mebli, wydzielających szkodliwe dla zdrowia substancje.

Wszystkie materiały budowlane zawierają naturalne substancje promieniotwórcze. Jednakże wraz z widoczną tendencją do coraz szerszego stosowania w budownictwie ubocznych produktów przemysłu hutniczego oraz odpadów z elektrowni (żużel, lotne popioły), materiały te cechuje coraz większa radioaktywność. W efekcie rośnie ekspozycja na promieniowanie jonizujące w budynkach. Osoba przebywająca w budynku poddawana jest ekspozycji na całe ciało – od promieniowania gamma emitowanego przez występujące w materiałach izotopy (potas-40, rad-226, tor-232) oraz na układ oddechowy – od promieniowania alfa emitowanego przez radon-222. Źródłem radonu są głównie ściany i stropy zawierające rad-226, ale także gaz ziemny używany w kuchni. Radon odgrywa decydującą rolę w narażeniu radiacyjnym ludności. Produkty rozpadu radonu występują w połączeniu z cząstkami pyłu o bardzo małych średnicach tworząc promieniotwórcze aerozole. Przebywanie w warunkach podwyższonych stężeń radonu i aerozoli promieniotwórczych prowadzi do otrzymania przez układ oddechowy dawki promieniowania, która może spowodować powstanie choroby nowotworowej o długim okresie utajenia. Na podstawie danych i prognoz demograficznych oraz danych dotyczących procentowego udziału poszczególnych materiałów budowlanych w zabudowie kraju, określono liczby przewidywanych ciężkich uszkodzeń genetycznych i zgonów w wyniku nowotworów złośliwych w populacji polskiej w latach 1951–2010, spowodowanych narażeniem na dodatkowe dawki promieniowania jonizującego wewnątrz budynków [17]. W wyniku obecnej struktury zabudowy kraju należy oczekiwać w pierwszym dziesięcioleciu przyszłego wieku ponad 2-krotnego wzrostu liczby białaczek, blisko 3-krotnego wzrostu liczby zachorowań na nowotwory złośliwe wywołanych promieniami gamma oraz prawie 5-krotnego wzrostu liczby przypadków raka płuc powodowanych promieniowaniem alfa produktów rozpadu radonu obecnych we wdychanym powietrzu.

Jedynym sposobem zmniejszenia uciążliwości powodowanych zanieczyszczeniami powstającymi w pomieszczeniach jest skuteczna wymiana powietrza, czyli stosowanie dobrego wietrzenia. Oszczędności energii w kształtowaniu mikroklimatu, poza dobrą izolacją termiczną, należy szukać w doborze najbardziej właściwego systemu, gdyż różnice w energochłonności mogą dochodzić do 25 % [19,20], a także w odzyskiwaniu ciepła oraz w pozyskiwaniu ciepła i chłodu z naturalnych źródeł.

## Znaczenie dobrego wietrzenia

Gdy w pomieszczeniu brak jest odczucia świeżości, gdy odczuwamy duszność, to zazwyczaj otwieramy okna. Zimą tracimy wtedy wiele, już obecnie i u nas drogiego ciepła. Uchodzi bowiem powietrze najcieplejsze, z górnej części pomieszczenia. Niektórzy użytkownicy z powodów oszczędnościowych przewietrzają pomieszczenia zbyt rzadko. Rośnie wówczas wilgotność powietrza w pomieszczeniu, a także stężenie szkodliwych substancji. Duża wilgotność sprzyja wykraplaniu się pary wodnej na chłodnych, niedostatecznie dobrze zaizolowanych przegrodach budowlanych. To stwarza sprzyjające warunki rozwoju grzybów i pleśni, które uznano za podstawową przyczynę zachorowań na nowotwory górnych dróg oddechowych i płuc [8]. Często są to gatunki toksynotwórcze z rodzajów *Aspergillus*, *Penicillium* i innych. Penetracja grzybów obejmuje niejednokrotnie całą miąższość elementu budowlanego, łącznie z warstwą termoizolacyjną i stąd

likwidacja zagrzybienia budynku jest bardzo trudna. W powietrzu pomieszczeń zagrzybionych i na przegrodach budowlanych stwierdza się znaczne stężenie zarodników grzybów. Grzyby działają na człowieka zakażając zarodnikami jego organizm. Powodują równocześnie skażenie środowiska mieszkalnego mikotoksynami, które są produktami ich metabolizmu. Wniknięcie do ustroju człowieka mikotoksyn nawet w śladowych ilościach może się przyczynić do wywołania odległych w czasie następstw chorobowych. Do najczęściej spotykanych chorób wynikających z kontaktu człowieka z grzybami zaliczyć należy alergię. U dzieci szczególnie często stwierdza się przewlekłe, nawracające schorzenia dróg oddechowych. Mogą też powstawać grzybice, a zwłaszcza grzybice płuc.

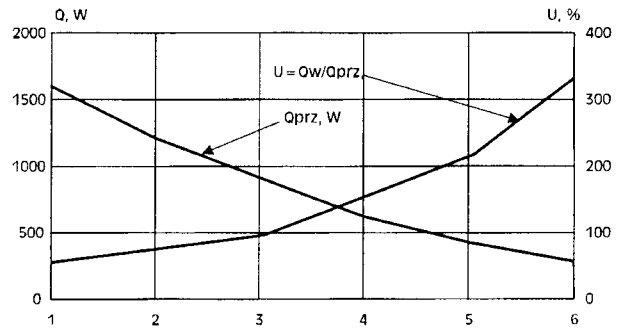
Ograniczenie ujemnych skutków działania tych zanieczyszczeń na organizm możliwe jest jedynie przez zapewnienie dobrej wentylacji pomieszczeń powietrzem zewnętrznym. Nie ma zatem podstaw do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło w wyniku ograniczenia wymiany powietrza zwłaszcza w budynkach mieszkalnych. Wymiana powietrza o krotności nie mniejszej niż  $n=1/h$  winna być więc zachowana, a czasem powinna być nawet większa. Wprowadzone w Stanach Zjednoczonych w 1981 r. ograniczenie strumienia powietrza zewnętrznego do  $8,5 \text{ m}^3/h$  na osobę spowodowało dyskomfort i tzw. chorobę pomieszczeń (ang. *sick building syndrome*, niem. *Gebäudekrankheit*) i od 1987 r. proponuje się tam aż  $35 \text{ m}^3/h$  na osobę [9]. Krajowe wymagania w tym względzie są znacznie skromniejsze, jakkolwiek ilości wydzielanych zanieczyszczeń w pomieszczeniach nie są u nas na pewno mniejsze.

Należy zwrócić uwagę, iż podczas gdy tzw. standardowy człowiek ( $1,8 \text{ m}^2$  powierzchni ciała, pracujący w pozycji siedzącej, korzystający z kąpieli pod prysznicem średnio 0,7 razy na dobę i codziennie zmieniający bieliznę osobistą) wydziela uciążliwy zapach 1 olfa, to palacz wydziela zapach aż 6+25 olfów, natomiast dziecko 12-letnie – 2 olfy, zaś atleta – 30 olfów. Bardzo dużo zanieczyszczeń wydzielają materiały i wykładziny budowlane. Przykładowo, dywany wełniane –  $0,2 \text{ olfa/m}^2$ , dywany z włókien sztucznych –  $0,4 \text{ olfa/m}^2$ , wykładzina PCW –  $0,2 \text{ olfa/m}^2$ , uszczelki gumowe (w oknach lub w drzwiach) –  $0,6 \text{ olfa/m}^2$ . Stwierdzono, iż w przeciętnych pomieszczeniach są obecne źródła zanieczyszczeń wydzielające średnio po  $0,4 \text{ olfa/m}^2$  (rzadko poniżej  $0,1 \text{ olfa/m}^2$ ). Jeżeli zatem w biurze lub w mieszkaniu na osobę przypada powierzchnia  $10 \text{ m}^2$ , to poza osobą rzeczywistą uciążliwe zanieczyszczenia wydzielają dodatkowo cztery osoby równoważne. Powyższe dane wynikają z badań przeprowadzonych dla strumienia powietrza zewnętrznego wynoszącego  $36 \text{ m}^3/h$  i osobę, gdy mniej niż 15 % badanych osób było niezadowolonych [11]. Z tych powodów należy więc zaprzestać zawracania powietrza w wentylacji, tj. wentylowania mieszanką powietrza powrotnego z zewnętrznym, gdyż jest to pozorowanie poprawy świeżości powietrza. W Szwecji np. już zakazano stosowania powietrza powrotnego w obiegu wentylacyjnym. Sądzić należy, że i u nas w niedługim czasie wyjdą odpowiednie przepisy w tej sprawie.

W zakresie zmniejszania zapotrzebowania wentylacji na ciepło istnieją także inne możliwości jego ograniczenia, np. w wyniku zastosowania odzysku ciepła z powietrza usuwanego lub w drodze pozyskiwania naturalnej, odnawialnej energii cieplnej, np. z gruntu [12], z energii słonecznej albo z innych źródeł przy zastosowaniu pomp ciepłych. Wszystkie te sposoby są oczywiście możliwe do zastosowania przy wentylacji mechanicznej. Rozwiązania takie, choć przyjęły się już w przemyśle i w obiektach komunalnych, uznaje się u nas wciąż niesłusznie za kontrower-

syjne, uciążliwe i zbyt kosztowne. Dokładna ocena uzyskiwanych efektów wykazuje jednak korzyści wynikające z wdrażania tych rozwiązań w budynkach mieszkalnych [13-16].

Analiza zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania i wentylacji (na przykładzie budynku jednorodzinnej bliźniaczej, przy założeniu jednokrotnej wymiany powietrza w pomieszczeniach) wykazała, że na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat, w wyniku kolejnych znacznych ograniczeń strat ciepła przez przegrody budowlane, nastąpiło istotne przewartościowanie potrzeb w zakresie zużycia ciepła do ogrzewania i wentylacji [18].



Rys. 2. Procentowy udział ciepła wentylacyjnego w stosunku do strat na drodze przenikania ( $U=Q_w/Q_{prz}$ ) oraz spadek strat ciepła na drodze przenikania w ciągu ostatnich lat ( $Q_{prz}$ ), dla sześciu rozważanych przypadków [18]

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki takiej analizy dla wymagań kolejnych norm krajowych od 1958 r. (przypadek 1) po lata dzisiejsze (przypadki 3+5) oraz przy zastosowaniu dobrej izolacji o grubości 15+20 cm (przypadek 6). Pominięto w tych rozważaniach bardzo nowoczesne rozwiązania z zastosowaniem tzw. inteligentnych okien i ścian transparentnych, które dzięki specjalnemu oszkleniu oraz przezroczystej izolacji i automatyce umożliwiają zgromadzenie zimą tak dużych ilości ciepła, iż są w stanie pokryć prawie w całości straty ciepła przez te przegrody.

Takie inteligentne okna (odbierające bodźce z otoczenia i na nie reagujące) nowej generacji – elektrochemiczne lub z wbudowanymi w szkło mikroelementami, enzymami i proteinami, które wchodząc w reakcje z pewnymi substancjami z otoczenia rozpoczynają łańcuch procesów powodujących zmianę barwy – mogą nie tylko regulować napływ promieniowania słonecznego (insolację), ale także reagować na zanieczyszczenia środowiska i inne. Koszt tych okien może zwrócić się w budynkach biurowych już po 4+5 latach ich eksploatacji, gdyż dają one możliwość obniżenia wydatków na energię o 30+50 %. Zastosowanie tych rozwiązań to nie tak bardzo odległa przyszłość, bowiem taki inteligentne okno zainstalowano już niedawno w Muzeum Mostów Soto (Kojima, Japonia), natomiast ściany z transparentną izolacją cieplną mają jeszcze bliższą perspektywę wdrożenia.

## Podsumowanie

Przedstawione rozważania pozwalają sądzić, iż w nowoczesnym, energooszczędnym budownictwie mieszkaniowym decydujące będzie zużycie ciepła na wentylację, a nie na ogrzewanie. W konsekwencji system kształtowania mikroklimatu w pomieszczeniach może i powinien wyglądać inaczej niż dotychczas, tj. powinien być bardziej podporządkowany potrzebom wentylacji i umożliwiać kształtowanie korzystnego mikroklimatu nie tylko zimą ale także latem. Pomimo stosowania dobrej izolacji

termicznej, ograniczającej zarówno straty ciepła zimą, jak i zyski ciepła latem, trzeba w energooszczędnym projektowaniu budynków przestrzegać pewnych zasad inżynierskich, m.in. co do kształtu, usytuowania, oszklenia, ochrony cieplnej i przeciw-słonecznej, o których się często zapomina. Zasady te mają bardzo duży wpływ na rodzaj, rozmiary oraz koszty urządzeń grzewczych, wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych.

## LITERATURA

1. Heating, Ventilating, Air conditioning guide. ASHRAE, New York.
2. G. BESLER i inni: Podstawy ochrony środowiska. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1976.
3. S. TYCZKA: Zmiany jonizacji powietrza. Łódź 1969.
4. H. FURCHNER: Raumklima und Luftelektrizität. C.C.I, 1972, Nr 9, ss. 45-56.
5. A. BIELECKI i inni: Wpływ stanu jonizacji powietrza na żywe organizmy. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1974.
6. W. WASILEWSKI: Ciepłownictwo i wentylacja – stan obecny i perspektywy. Klimapol '87, Warszawa, tom I, ss. 3-19.
7. Materiały sympozjum „Wohnungslüftung”. Hof 1991.
8. Z. STRAMSKI: Wpływ mikroklimatu na występującą korozję biologiczną w nowych budynkach mieszkalnych oraz na stan zdrowia ich mieszkańców. Mat. konf. „Badania i Rozwiązania w Ogrzewnictwie, Ciepłownictwie, Wentylacji i Klimatyzacji”, Szklarska Poręba 1990. Prace Naukowe Inst. Inż. Chem. i Urz. Ciepłych PWr. nr 61, seria Konferencje nr 12, Wrocław 1990, ss. 276-283.
9. Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 94/95, Oldenburg.
10. P.O. FANGER et.al.: Air heating pollution sources in offices and assembly halls. Energy and Buildings, 1988, Vol. 12.
11. P.O. FANGER: Decipol – Die neuen Meßeinheiten für empfundene Luftverschmutzung. Ges. Ing., 5/88, ss. 216-219.
12. G.J. BESLER: Operating data for membraneless heat and mass exchangers for airconditioning systems. Proc. conf. „Heat Transfer”, Jerusalem 1990, Vol. 5, pp. 15-19.
13. M. BESLER, A. PTAK: Energia naturalna dla kształtowania mikroklimatu budynków mieszkalnych. COW, 1992, nr 9.
14. Schwörer Haus: Das Haus, 1988, 2.
15. H. BROCKMEYER: Energiesparende Gebäudeplanung. OTTI, Regensburg 1993, ss. 115-116.
16. G.J. BESLER, Z. BURZYŃSKI: Efekty wykorzystania odnawialnego źródła energii w ewntylacji i termowentylacji. COW, 1990, nr 10, ss. 215-217.
17. J. PEŃSKO, J. GEISLER: Analiza potencjalnego narażenia ludności w Polsce na promieniowanie jonizujące w budynkach mieszkalnych. Komitet Fizyki Medycznej PAN, Warszawa 1978.
18. G.J. BESLER, M. BESLER: Wentylacja w budownictwie mieszkaniowym. Wentylacja w Budownictwie i Przemysle. Wyd. PZITS nr 644, Kraków 1991, ss. 5-14.
19. G.J. BESLER: Trendy w wykorzystaniu energii z odnawialnych, niewyczerpalnych źródeł dla kształtowania mikroklimatu. Mat. VIII konf. „Klimatyzacja i Ciepłownictwo”, Szklarska Poręba 1995. Wyd. PZITS nr 701, Wrocław 1995, ss. 23-30.
20. M. BESLER, D. KWIECIEŃ: Analiza opłacalności stosowania bezprzeponowych gruntowych wymienników ciepła i masy. Mat. VIII konf. „Klimatyzacja i Ciepłownictwo”, Szklarska Poręba 1995. Wyd. PZITS nr 701, Wrocław 1995, ss. 31-38.

## Providing a Healthy and Energy-Saving Microclimate

*Of the various environmental hazards coming from the ever increasing emissions of pollutants, the one resulting from fuel combustion deserves particular attention because of the adverse climate implications. It is a well-established fact that in our climate zone the proportion of energy used for the purposes of heating, ventilation, air-conditioning and preparation of warm household water approaches 40 % of the total amount produced. Of this portion, about 80 % are made use of to provide the microclimate desired (i.e., heating and ventilation of rooms). Hence, it is worthwhile to attempt energy savings in this domain. Taking these into account, the problem of how to provide a healthy and energy-saving microclimate in rooms and*

*buildings was analyzed. It may be inferred that in modern, energy-saving housing estates most of the heat produced will be used for ventilation, and not for the purpose of heating. Thus, the system should provide a comfortable microclimate not only in winter, but in summer as well. Apart from an effective heat insulation (which is to reduce heat losses in the winter season and excess heat in the summer season), a number of other engineering problems must be considered by the designer of an energy-saving building (which is to provide a healthy and comfortable microclimate), e.g. the shape and location of heating, ventilating or air-conditioning devices, glazing of windows, climatic protection, and the like.*