

Energooszczędne rozwiązania w wentylacji i klimatyzacji

Budynek energooszczędny to obiekt, który charakteryzuje się niższymi kosztami eksploatacji (zużyciem energii na cele ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej, a także oświetlenia) niż w przypadku tradycyjnych budynków spełniających aktualne wymagania prawne, a jednocześnie jest komfortowy i przyjazny dla użytkowników.

Budynek energooszczędny, poza wymaganiami dotyczącymi wysokości wskaźnika rocznego jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową, powinien spełniać także szereg innych wymagań. Zaliczyć tu należy m.in. wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną z wysokoefektywnym odzyskiem ciepła z powietrza usuwanego, która pozwala na oszczędności energii na potrzeby wentylacji w trakcie eksploatacji.

W artykule zostaną pokrótce omówione zagadnienia związane z pracą urządzeń i systemów wentylacji i klimatyzacji umożliwiające obniżenie ich kosztów eksploatacji, ale jednocześnie stosowane w sposób „umożliwiający uzyskanie zakładanej jakości środowiska w pomieszczeniu przy racjonalnym zużyciu energii do ogrzewania i chłodzenia oraz energii elektrycznej” [1].

Wymagania dotyczące parametrów i ilości powietrza wentylacyjnego

Zużycie energii na potrzeby przygotowania powietrza przez systemy wentylacji i klimatyzacji w dużym stopniu zależy od przyjętych podczas projektowania wartości obliczeniowych parametrów powietrza (temperatury, wilgotności oraz maks. prędkości), dopuszczalnego poziomu natężenia dźwięku oraz wymaganego strumienia powietrza wentylacyjnego.

W normie PN-EN 15251:2012P [2], stosowanej do określania kryteriów projektowych do wymiarowania systemów sprecyzowano, w jaki sposób należy przyjmować wartości głównych parametrów powietrza do obliczeń energetycznych budynków nieprzemysłowych, takich jak budynki jednorodzinne, wielorodzinne, biura, budynki szkolne, szpitale, hotele i restauracje, obiekty sportowe, sklepy oraz galerie handlowe. W tabelicy 1 zamieszczono wymagania dotyczące obliczeniowej temperatury powietrza dla przykładowych pomieszczeń. Wartości podkreślone są zalecane do obliczeń energetycznych.

Tablica 1. Zalecane do obliczeń energetycznych wartości temperatury w wybranych pomieszczeniach w oparciu o wartości komfortowe wskaźników PMV – PPD [2]

Rodzaj pomieszczenia	Kategoria pomieszczenia	Temperatura obliczeniowa dla zimy (1,0 clo)	Temperatura obliczeniowa dla lata (0,5 clo)
Biuro, sala konferencyjna, audytorium, kawiarnia... (tempo metabolizmu: 1,2 met = 70 W/m ²)	I	<u>21,0</u> – 23,0°C	23,5 - <u>25,5</u> °C
	II	<u>20,0</u> – 24,0°C	23,0 - <u>26,0</u> °C
	III	<u>19,0</u> – 25,0°C	22,0 - <u>27,0</u> °C
Sklepy (1,6 met = 93 W/m ²)	I	<u>17,5</u> – 20,5°C	22,0 - <u>24,0</u> °C
	II	<u>16,0</u> – 22,0°C	21,0 - <u>25,0</u> °C
	III	<u>15,0</u> – 25,0°C	20,0 - <u>26,0</u> °C

PMV – przewidywana średnia wartość ocen dużej grupy osób na siedmiostopniowej skali odczuć termicznych (ocena komfortu w środowisku cieplnym) wg PN-EN ISO 7730:2006P [3]; PPD – przewidywany odsetek osób niezadowolonych, %

Zamieszczone w tabelicy 1 kategorie pomieszczenia oznaczają [2]:

- I - wysoki poziom oczekiwań, wartości rekomendowane dla pomieszczenia dla osób szczególnie wrażliwych i delikatnych o specjalnych wymaganiach (niepełnosprawni, chorzy, osoby w podeszłym wieku oraz dzieci)
- II - normalny poziom oczekiwań, wartości rekomendowane dla budynków nowych i modernizowanych
- III - akceptowany, umiarkowany poziom oczekiwań, wartości mogą być stosowane dla budynków istniejących.

W tablicy 1 nie zamieszczono wymagań dotyczących wilgotności względnej powietrza, gdyż zgodnie z [2] w typowych pomieszczeniach, w których wykonywana jest praca lekka lub umiarkowana, nawilżanie powietrza wewnętrznego na ogół nie jest potrzebne (choć jego wilgotność względna nie powinna być ani zbyt niska, ani zbyt wysoka), lecz jeśli jest stosowane, zaleca się unikania nadmiernego nawilżania powietrza, gdyż wpływa to na zwiększenie zużycia energii.

Informacje dotyczące określenia strumienia powietrza zewnętrznego, który należy doprowadzić do budynku znajdują się w normach: PN-83/B-03430/Az3: 2000 [4] i PN-EN 15251 [2] oraz w Rozporządzeniu [5] (budynki mieszkalne).

Zamieszczono w nich tzw. minimum higieniczne, czyli minimalne strumienie powietrza zewnętrznego, które obowiązkowo muszą być doprowadzone do danego pomieszczenia, ze względu na zapewnienie zdrowych warunków przebywania (tablica 2).

Tablica 2. Minimalne wartości strumienia powietrza zewnętrznego doprowadzanego do pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi (tzw. minimum higieniczne) [4], [5]

Opis	Minimalny strumień powietrza wentylacyjnego (zewnętrznego) w ilości higienicznej [m ³ /h osobę]
Pomieszczenia mieszkalne	20
Pomieszczenia do stałego i czasowego pobytu ludzi z wentylacją mechaniczną	20
Pomieszczenia publiczne z wentylacją mechaniczną i przy dozwolonym paleniu wyrobów tytoniowych	30
Pomieszczenia budynków niemieszkalnych z nieotwieranymi oknami, z klimatyzacją lub wentylacją, przy zakazie palenia wyrobów tytoniowych	30
Pomieszczenia budynków niemieszkalnych z nieotwieranymi oknami, z klimatyzacją lub wentylacją, dozwolone palenie wyrobów tytoniowych	50
Żłobki, przedszkola	15

Określając strumień powietrza wentylacyjnego dla klimatyzowanych i wentylowanych pomieszczeń, poza sprawdzeniem, czy spełnione zostaną wymagania podane w tablicy 2, należy przede wszystkim określić, czy zapewnione zostanie odebranie zysków ciepła lub wilgoci, rozcieńczenie zanieczyszczeń gazowych lub usunięcie zanieczyszczeń stałych w stopniu spełniającym odpowiednie wymagania prawne. Określenie ilości powietrza wentylacyjnego musi opierać się na obliczeniach związanych z obciążeniem powietrza wewnętrznego i najczęściej strumień powietrza jest dużo wyższy od ilości powietrza higienicznego. W normie PN-EN 15251 [2] w inny sposób określa się wymagany strumień powietrza zewnętrznego, gdyż sumuje się minimalny strumień powietrza przewidziany dla każdej z osób w budynku i minimalny strumień powietrza świeżego ze względu na emisyjność materiałów budowlanych.

W tekście poniżej odniesiono się do rozwiązań sprzyjających oszczędności energii podczas eksploatacji urządzeń oraz systemów wentylacji i klimatyzacji.

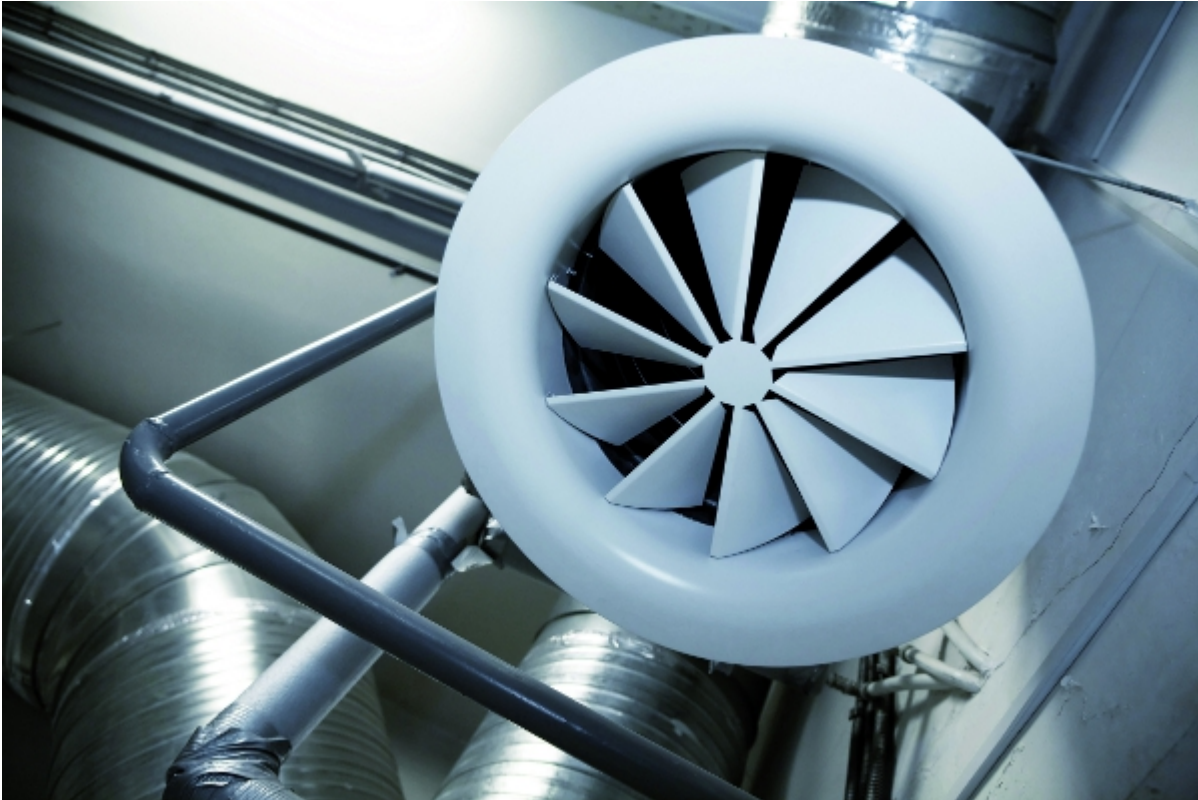
Przewody wentylacyjne

Energooszczędność w odniesieniu do przewodów wentylacyjnych może zostać realizowana, gdy zapewni się:

- odpowiednią izolację cieplną przewodów (ograniczającą straty energii cieplej lub chłodniczej z przepływającego przez przewody powietrza) o minimalnej grubości określonej dla materiału o współczynniku przewodzenia ciepła 0,035 W/(mK) [6] wynoszącej:
 - 40 mm dla przewodów ułożonych w części ogrzewanej budynku
 - 80 mm dla przewodów ułożonych w części nieogrzewanej budynku
- odpowiednią szczelność przewodów - konsekwencją nieszczelnych instalacji wentylacyjnych jest

rozregulowanie przepływów powietrza i straty energii w wyniku wycieku powietrza uzdatnionego, ogrzanego lub ochłodzonego oraz hałas (świs) wynikający z przepływu powietrza przez nieszczelności

- minimalne opory tarcia podczas przepływu powietrza (gładkie powierzchnie wewnętrzne o niewielkiej chropowatości; w miarę możliwości należy stosować gładkie stalowe przewody o przekroju kołowym - następstwem jest niższe ciśnienie całkowite wentylatora na pokonanie oporów przepływu powietrza)
- umiarkowane prędkości przepływającego powietrza - wysoka prędkość powietrza wpływa na wzrost oporów przepływu powietrza (konieczne jest wówczas wyższe ciśnienie całkowite wentylatora) oraz wzrost szumów wynikających z przepływu powietrza.



Fot. 1. terex - fotolia.com

Odzysk ciepła oraz rekuperatory

Zastosowanie w systemie wentylacji i klimatyzacji urządzeń (wymienników) do odzyskiwania energii cieplnej (zimą) i chłodniczej (latem) z powietrza usuwanego z budynku jest, po pierwsze, obowiązkowe dla instalacji o wydajności od 500 m³/h [6], po drugie korzystne ze względu na znaczne oszczędności w trakcie eksploatacji. Wymienniki muszą charakteryzować się temperaturową sprawnością odzysku ciepła wynoszącą co najmniej 50%. Wskaźnik ten określa jaką ilość energii można praktycznie odzyskać w stosunku do energii, którą można by było teoretycznie odzyskać, gdyby nie występowały w wymienniku straty [7]. Im wyższą ma wartość, tym mniej energii pierwotnej zużywają zainstalowane w centrali chłodnicze i nagrzewnice powietrza. Poprawienie efektywności odzysku ciepła można uzyskać stosując np. układ dwóch wymienników krzyżowo-płytowych, ale należy wziąć pod uwagę, że jednocześnie zwiększą się opory przepływu powietrza, czyli wzrośnie zużycie energii napędowej przez silniki wentylatorów. W tabelicy 3 zamieszczono krótką charakterystykę najczęściej stosowanych wymienników do odzysku ciepła.

Tablica 3. Charakterystyka wybranych wymienników do odzysku ciepła [7], [8]

Parametr/cecha	Rekuperatory		Regeneratory		Wymienniki z czynnikiem pośredniczącym w wymianie ciepła	
	Wymiennik krzyżowo-płytkowy	Wymiennik płytowy przeciwpłytkowy	Wymiennik obrotowy niehigroskopijny	Wymiennik obrotowy higroskopijny	Wymiennik z czynnikiem pośredniczącym w wymianie ciepła (glikolowy)	Rurka cieplna
Średnia temperaturowa sprawność odzysku ciepła	50-70%	70 -90%	65-80%	65-80% ⁽²⁾	40-55%	45-60%
Odzysk wilgoci	nie	nie	nie	tak	nie	nie
Konstrukcyjne odseparowanie powietrza wywiewanego od nawiewanego	tak ⁽¹⁾	tak ⁽¹⁾	nie	nie	tak	tak
Szczelność układu	nie ⁽¹⁾	nie ⁽¹⁾	nie	nie	tak	tak
Konieczność doprowadzenia energii napędowej	nie	nie	tak	tak	tak	nie
Przekazywanie ciepła na odległość (oddzielne, oddalone od siebie, centrale wentylacyjne: nawiewna i wywiewna)	nie	nie	nie	nie	tak	nie
Rewersyjność przekazywania ciepła	tak	tak	tak	tak	tak	nie ⁽³⁾
Ryzyko szronienia	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Części ruchome	nie	nie	tak	tak	tak	nie

⁽¹⁾ – możliwość powstania nieszczelności w trakcie eksploatacji

⁽²⁾ – sprawność wilgotnościowa (odzysk wilgoci) 75-85%

⁽³⁾ – przekazywanie ciepła w obie strony – rurka cieplna – rurka cieplna z wewnętrznym pokryciem kapilarnym, zainstalowana poziomo

Nazwa rekuperatory stosowana jest nie tylko w odniesieniu do jednego z rodzajów wymienników do odzysku ciepła, ale także jako nazwa centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła, stosowanej najczęściej w budownictwie mieszkaniowym lub przemysłowym. Urządzenie takie składa się z wymiennika ciepła (rekuperatora), dwóch wentylatorów wymuszających przepływ powietrza - nawiewnego i wywiewnego, filtrów, opcjonalnie nagrzewnicy (wstępnej i/lub wtórnej) oraz sterowania.

Ze względu na niebezpieczeństwa zamarzania (osronienia) wymienników do odzysku ciepła, centrala wentylacyjna lub klimatyzacyjna musi być wyposażona w rozwiązania chroniące wymiennik przed szronieniem. Zastosowane rozwiązania powinny charakteryzować się jak najmniejszym zużyciem energii elektrycznej i nie powodować dodatkowych strat ciepła na wentylację [6], [9].

W przypadku wymiennika krzyżowego ochrona przed szronieniem polega na zastosowaniu jednego z poniższych rozwiązań:

- obejścia (by-pass) - następuje otwarcie przepustnicy obejściowej przy jednoczesnym przymknięciu przepustnicy na wlocie powietrza do wymiennika, część powietrza zewnętrznego omija wymiennik, a przepływające przez wymiennik usuwane powietrze ciepłe powoduje ogrzanie i rozpuszczenie szronu
- nagrzewnicy wstępnej przed wymiennikiem krzyżowym (w małych instalacjach - najczęściej elektryczna) w celu wstępnego podgrzania powietrza zewnętrznego pracującej okresowo w czasie mrozów (rozwiązanie takie czasowo zmniejsza odzysk ciepła z powietrza usuwanego). Dodatkową ochroną przed osronieniem może być stosowanie gruntowego wymiennika ciepła, jako urządzenia wspomagającego pracę centrali wentylacyjnej. Wymiennik obrotowy można ochronić przed osronieniem regulując (zmniejszając) jego prędkość obrotową. Innym rozwiązaniem jest wstępne podgrzanie powietrza zewnętrznego [10].

Gruntowe wymienniki ciepła GWC

Jednym z elementów instalacji wentylacyjnej budynku energooszczędnego może być gruntowy wymiennik ciepła, czyli ułożone w ziemi rury z tworzyw sztucznych, zakopane w gruncie o prawie stałej temperaturze podczas całego roku (ok. 6-12°C). Powietrze czerpane przez terenową czerpnię przepływa przez wymiennik gruntowy do centrali wentylacyjnej w obsługiwanym budynku. Wykorzystując zakumulowane w gruncie ciepło zimą można podgrzać przepływające powietrze do temperatury około 0°C, latem ochłodzić o 10-15°C, co daje efekt zbliżony do instalacji klimatyzacyjnej, porównywalny z działaniem klimatyzatora o mocy kilku kilowatów [11].

Wentylatory z silnikami elektronicznie komutowanymi

Wentylatory wyposażone w silniki elektronicznie komutowane (silniki EC) charakteryzuje niski pobór energii elektrycznej. Układ komutacji utrzymuje obroty wirnika wentylatora w optymalnym obszarze pracy. Mogą pracować przy różnych prędkościach, dopasowując się do wymaganej ilości powietrza przy zachowaniu najwyższej sprawności. Przetłaczając taką samą ilość powietrza jak wentylatory konwencjonalne pobierają wyraźnie mniej energii (oszczędności kosztów eksploatacji do 40%). Jednocześnie są to wentylatory cichsze oraz o dłuższej żywotności niż wentylatory tradycyjne.



Fot. 2. Tim - fotolia.com



Fot. 3. Concept web Studio - fotolia.com

Klimatyzatory - systemy VRV

Energooszczędny system VRV to kolejne udoskonalenie klimatyzatorów typu split. Skrót VRV oznacza układ ze zmienną objętością czynnika chłodniczego (Variable Refrigerant Volume), znany również jako układ ze zmiennym przepływem czynnika chłodniczego (VRF). Pompa ciepła w sposób ciągły dostosowuje objętość czynnika chłodniczego w układzie, aby ściśle odpowiadała bieżącym wymaganiom ogrzewania bądź chłodzenia w każdej przestrzeni, dla zapewnienia optymalnego komfortu oraz maksymalnej efektywności energetycznej. W ramach tego systemu mogą pracować jednostki wentylacyjne z odzyskiem ciepła, co jeszcze bardziej zwiększa energooszczędność układu VRV.

Sprężarkowe pompy ciepła

Pompy ciepła pobierają ciepło zgromadzone w środowisku naturalnym i przekazują je np. systemom grzewczym, przygotowania ciepłej wody użytkowej, wentylacyjnym z odzyskiem ciepła na podgrzanie (ochłodzenie) powietrza wentylacyjnego. Pobierają ciepło z gruntu, wód powierzchniowych i gruntowych oraz zużytego powietrza wentylacyjnego. Ponieważ proces ten przebiega w odwrotnym kierunku niż naturalny przepływ ciepła, konieczne jest dostarczenie energii z zewnątrz w postaci energii mechanicznej (sprężarkowe pompy ciepła) lub energii cieplnej (sorpcyjne pompy ciepła).

W budownictwie z reguły wykorzystuje się sprężarkowe pompy ciepła. Jedną z zalet pomp sprężarkowych jest ich wysoka efektywność energetyczna.

Na potrzeby wentylacji i klimatyzacji stosuje się pompy ciepła powietrze/woda oraz powietrze/powietrze.

Zwykle funkcja chłodzenia kojarzona jest z pompami ciepła powietrze/powietrze, nazywanymi odwracalnymi (zmianie ulega kierunek przepływu czynnika chłodniczego i kierunek przepływu ciepła).

Zastosowanie pompy ciepła umożliwi zatem nie tylko obniżenie kosztów ogrzewania pomieszczeń i

wytwarzania ciepłej wody użytkowej, ale także latem kosztów chłodzenia budynku, ponieważ stosując je wykorzystuje się źródła darmowej energii odnawialnej. Pompy ciepła stosuje się też wewnątrz klimatyzatorów np. w rozwiązaniach typu split lub multisplit.

Belki chłodzące

Belki chłodzące, czyli system powietrzno-wodny odbierania zysków ciepła, zapewnia energooszczędne działanie systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Zyski ciepła są odbierane przez wodę w chłodnicy znajdującej się w belce oraz przez nawiewane powietrze. Wykorzystuje się fakt, że odprowadzanie zysków ciepła przez wodę jest bardziej efektywne niż przez powietrze, dzięki czemu dostarcza się mniejszy strumień powietrza do pomieszczenia niż w instalacji powietrznej, najczęściej odpowiadający minimum higienicznemu. Oznacza to jednocześnie, że stosuje się przewody wentylacyjne o mniejszych przekrojach po-przecznym oraz mniejsze centrale przygotowujące nawiewane powietrze.

Automatyczna regulacja

Aby racjonalnie gospodarować energią, ciepłem i chłodem podczas pracy systemów wentylacji i klimatyzacji, konieczny jest efektywnie działający system automatycznej regulacji (z funkcją sterującą wydajnością

i parametrami powietrza oraz zabezpieczającą). System ten powinien być wyposażony w układy regulacyjne, które umożliwią sterowanie:

- zmiennym przepływem powietrza wentylacyjnego w zależności od aktualnych potrzeb i warunków
- pracą wymienników do odzysku ciepła (w tym układu odszraniającego), nagrzewnic, chłodnic w zależności od zmiennych warunków zewnętrznych oraz zmiennego obciążenia cieplnego i wilgotnościowego pomieszczenia.

Niezbędne są także układy zabezpieczające pracę wentylatorów oraz sygnalizatory obłożenia filtrów pyłem.

Systemy VAV

Zastosowanie systemów ze zmiennym strumieniem powietrza nawiewanego (VAV), regulowanym w zależności od aktualnych potrzeb (zysków ciepła, jakości powietrza ocenianej za pomocą stężenia dwutlenku węgla, wilgotności, liczby użytkowników) pozwala na ograniczenia zużycia energii przy zachowaniu optymalnych i komfortowych parametrów powietrza wewnętrznego. Przy zmiennym strumieniu powietrza uzyskuje się znaczne oszczędności w poborze mocy przez wentylator oraz w wydajności chłodniczej i grzewczej - szczególnie podczas pracy systemu przy jego niepełnym obciążeniu. Dodatkowym walorem jest możliwość indywidualnej regulacji temperatury w wielu strefach o różnych wymaganiach przy zastosowaniu jednej centrali klimatyzacyjnej.

Efektywność energetyczna

Efektywność energetyczna, czyli oszczędność energii oznacza ilość zaoszczędzonej energii ustaloną w drodze pomiaru lub oszacowania zużycia przed i po wdrożeniu jednego lub kilku środków poprawy efektywności energetycznej [12].

Celem poprawy efektywności energetycznej jest ograniczenie zużycia energii i wyeliminowanie jej marnotrawienia. Wpływa to na poprawienie jej wykorzystania, zwiększenie bezpieczeństwa dostaw i ograniczenie wydatków na import energii, jak również ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń oraz promowanie innowacyjnych technologii. Ograniczanie zużycia energii obniża koszty eksploatacji i przyczynia się do oszczędności użytkowników budynków. Zastosowanie przedstawionych w artykule rozwiązań i urządzeń w systemach wentylacji i klimatyzacji pozwala na poprawę efektywności energetycznej obiektu. Jest to niezwykle istotne biorąc pod uwagę, że w programie polityki energetycznej Polski i Unii Europejskiej do 2020 roku zapisano zwiększenie o 20% efektywności wykorzystania energii, udziału odnawialnych źródeł energii i zmniejszenie o 20% emisji gazów cieplarnianych. Chcąc osiągnąć jak najwyższą efektywność energetyczną wentylacji i klimatyzacji nie należy jednak dążyć

do tego celu bezkrytycznie, zapominając o konieczności zachowania wymaganej i oczekiwanej przez użytkowników budynków jakości środowiska wewnętrznego, celu mimo wszystko nadrzędnego w stosunku do przewidywanych oszczędności.

dr inż. Anna Charkowska
Politechnika Warszawska

Literatura

1. Rozporządzenie MI zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2008.201.1238.
2. PN-EN 15251:2012P: Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę.
3. PN-EN ISO 7730:2006P: Ergonomia środowiska termicznego. Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów miejscowego komfortu termicznego.
4. PN-83/B-03430/Az3:2000: Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.
5. Rozporządzenie MI w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2002.75.690.
6. Rozporządzenie MTBiGM zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2013 poz. 926.
7. Pawłojć A., Targański W., Bonca Z., *Odzysk ciepła w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych*, Wyd. MASTA, Gdańsk, 1998.
8. Staniszewski D., Targański W., *Odzysk ciepła w instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych*, Wyd. MASTA, 2007.
9. *Domy energooszczędne*, Podręcznik dobrych praktyk przygotowany na podstawie opracowania Krajowej Agencji Poszanowania Energii S.A., listopad 2012.
10. Kosieradzki J., *Odzysk ciepła - regeneratory*, Rynek Instalacyjny, <http://www.rynekinstalacyjny.pl/arttykul/id922,odzysk-ciepla-regeneratory>
11. http://www.nape.pl/upload/File/biblioteka_ibp/budownictwo_energetyczne/Jak_zmieniono_domy.pdf
12. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 651/ 2014 z dnia 17 czerwca 2014 r. uznające niektóre rodzaje pomocy za zgodne z rynkiem wewnętrznym w zastosowaniu art. 107 i 108 Traktatu.