

# JAKOŚĆ INSTALACJI KLIMATYZACYJNYCH DLA HAL BASENOWYCH A ZUŻYCIE ENERGII

ZBIGNIEW WNUKOWICZ

Elbas s.c.  
ul. Julianowska 23, 03-338 Warszawa  
[zbigniew.wnukowicz@elbas.com.pl](mailto:zbigniew.wnukowicz@elbas.com.pl)

## 1. WPROWADZENIE

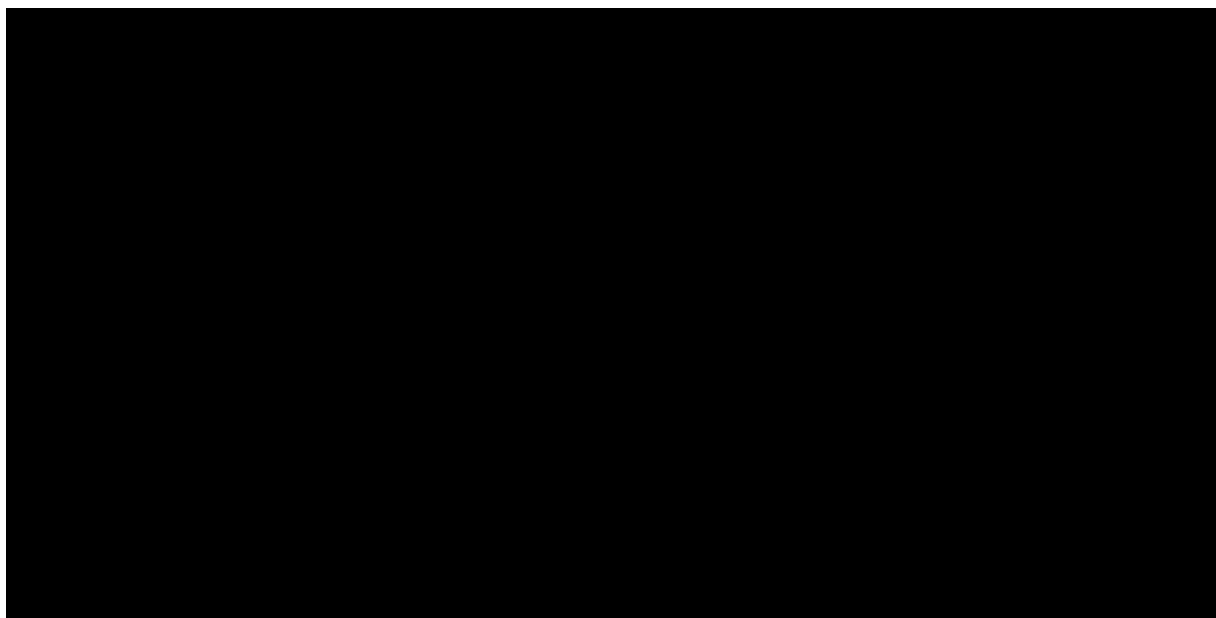
Baseny kąpielowe kojarzą nam się z relaksem, zabawą i doskonałym wypoczynkiem. Umożliwiają odreagowanie stresu, służą zdrowiu i rehabilitacji. Jednak stale rosnąca konkurencja oraz współczesne wymagania klientów zmuszają operatorów pływalni do ciągłego podnoszenia jakości tych obiektów szczególnie w dziedzinie estetyki, wygody i komfortu oraz różnorodności świadczonych usług. Dla zapewnienia ekonomicznych podstaw funkcjonowania tych bardzo energochłonnych obiektów konieczne jest stosowanie instalacji o odpowiednio wysokiej sprawności energetycznej i trwałości. Niezwykle istotne są również systemy zabezpieczeń budynku przed niszczącym działaniem wilgoci. Zbudowanie nowoczesnego obiektu basenowego jest więc wielkim wyzwaniem technicznym i ekonomicznym.

Jednym z najważniejszych systemów, stanowiących techniczne wyposażenie obiektu basenowego, jest instalacja wentylacyjna i klimatyzacyjna. Jej głównym zadaniem jest utrzymywanie odpowiedniej wilgotności i temperatury powietrza w hali basenowej poprzez usuwanie nadmiaru wilgoci z powietrza oraz ogrzewanie bądź chłodzenie. Inne, również istotne zadania, to usuwanie zanieczyszczeń chemicznych z powietrza poprzez skuteczną wentylację powietrzem zewnętrznym, zabezpieczenie okien oraz elementów konstrukcyjnych budynku przed zaparowaniem, ograniczenie rozprzestrzeniania się wilgoci do sąsiednich pomieszczeń, ograniczenie odparowania wody z powierzchni basenu, utrzymanie odpowiedniej temperatury posadzki i t.p.. Z technicznego punktu widzenia nie jest to zadanie łatwe. Nieustanne parowanie wody z niecki, silnie zależne od parametrów powietrza, duża zawartość związków chloru i wilgoci w powietrzu, wysoka wrażliwość wilgotnej ludzkiej skóry na zmiany parametrów powietrza stawiają urządzeniom klimatyzacyjnym dla hal basenowych szczególne, bardzo wysokie wymagania. To od ich typu, jakości i sprawności zależy energochłonność, trwałość, atrakcyjność i bezpieczeństwo całego obiektu oraz trwałość i niezawodność samych urządzeń.

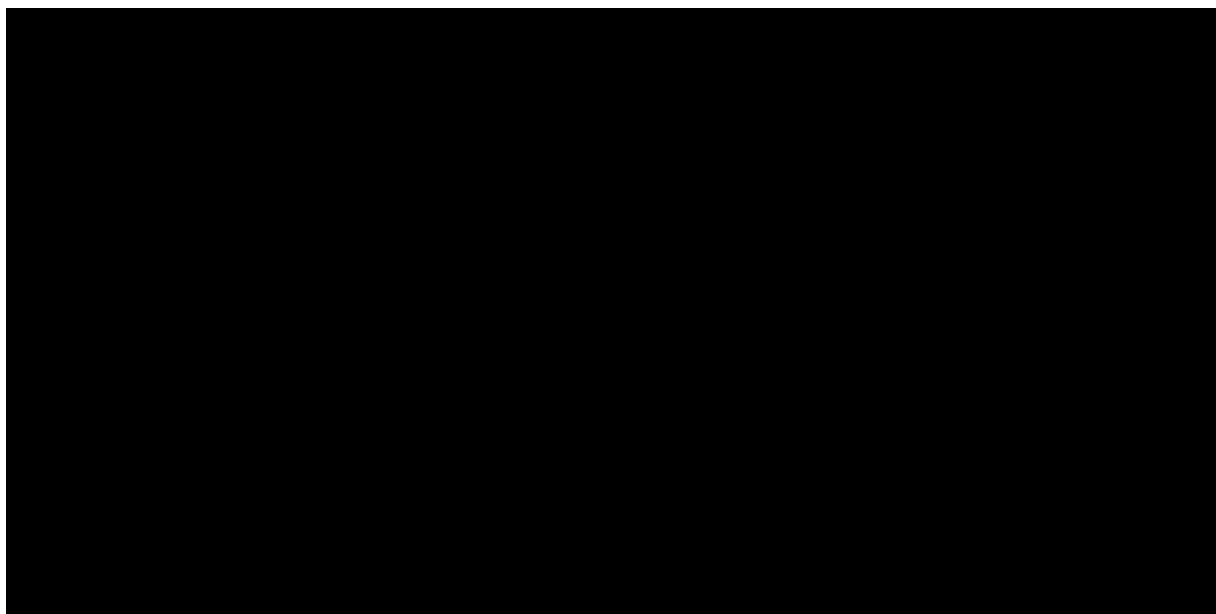
*Miarą jakości instalacji wentylacyjnej i klimatyzacyjnej jest jej zdolność do wypełniania stawianych przed nią zadań oraz trwałość, niezawodność i sprawność energetyczna. W dalszej części przedstawione zostaną wybrane cechy instalacji, stanowiące o jej jakości w aspekcie zużycia energii.*

## 2. PRECYZJA REGULACJI TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI POWIETRZA W HALI BASENOWEJ

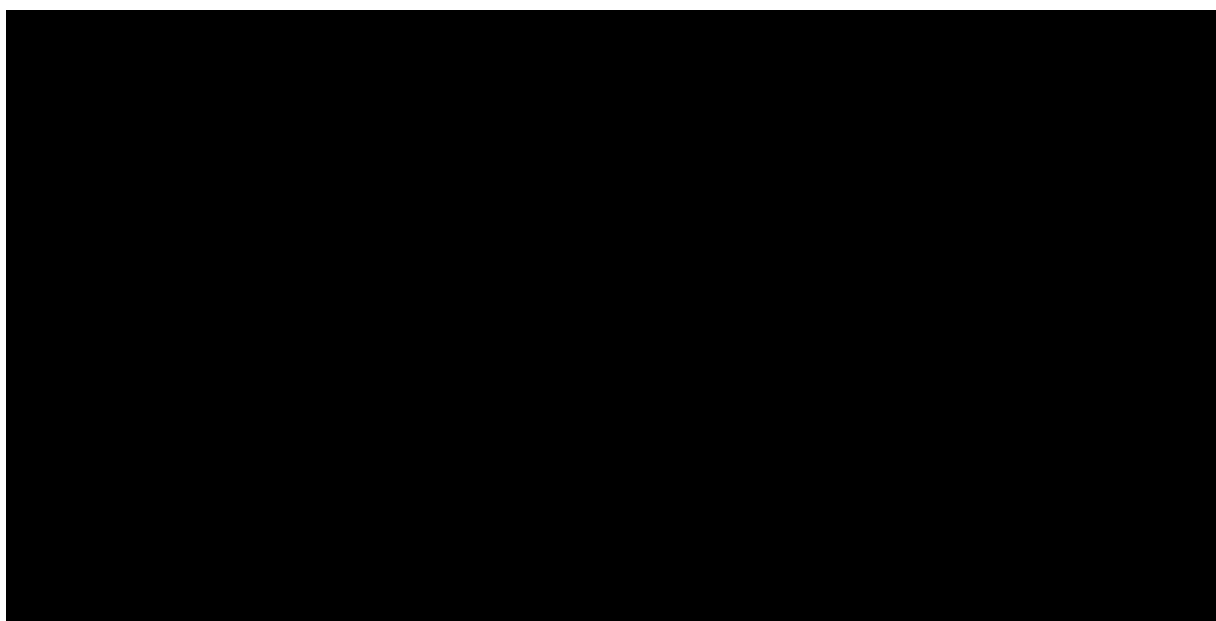
Parametry powietrza wewnątrz hal basenowych znacznie różnią się od parametrów powietrza w innych pomieszczeniach. Powietrze w hali basenu zawiera dwukrotnie więcej wilgoci, niż powietrze w pomieszczeniu mieszkalnym czy biurowym. Wyższa o 8 do 10 °C jest również temperatura powietrza w hali. Powoduje to, że temperatura punktu rosy dla powietrza w pomieszczeniu basenowym wynosi aż 20°C, co oznacza kondensację pary wodnej na każdym elemencie o temperaturze niższej od 20°C. Zwiększanie temperatury bądź wilgotności powietrza w hali oznacza podwyższanie temperatury punktu rosy i niesie ryzyko zawilgocenia elementów konstrukcji budynku. Może też powodować uczucie duszności u kąpiących się osób. Z kolei obniżanie parametrów powietrza oprócz pogorszenia warunków komfortu powoduje zwiększenie parowania wody, co w konsekwencji zwiększa zużycie energii. Poniżej przedstawiono wielkość odparowania wody z niecki oraz strat ciepła na odparowanie i strat ciepła związanych z usuwaniem wilgoci z powietrza w funkcji temperatury i wilgotności powietrza w hali basenowej.



Rys. 1. Jednostkowe odparowanie wody z basenu przy różnych parametrach powietrza



Rys. 2. Ciepło odparowania wody z basenu przy różnych parametrach powietrza



Rys. 3. Procentowe zużycie energii na osuszanie dla różnych parametrów powietrza w hali w odniesieniu do zużycia energii przy zalecanej temperaturze 30°C i wilgotności 55%

Powyższe zależności wskazują na konieczność stosowania precyzyjnych systemów regulacji wilgotności i temperatury powietrza w hali basenowej. Rachunek ekonomiczny kosztów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji potwierdza zasadność stosowania regulacji ciągłej z algorytmem PID. Wysokiej jakości urządzenia wyposażone są w funkcję automatycznego podnoszenia nastawy wilgotności w okresie poza eksploatacją, co w znaczny sposób dodatkowo ogranicza zużycie energii. W celu ochrony budynku przed zawilgoceniem

podnoszenie nastawy wilgotności powietrza powinno być uzależnione od temperatury zewnętrznej.

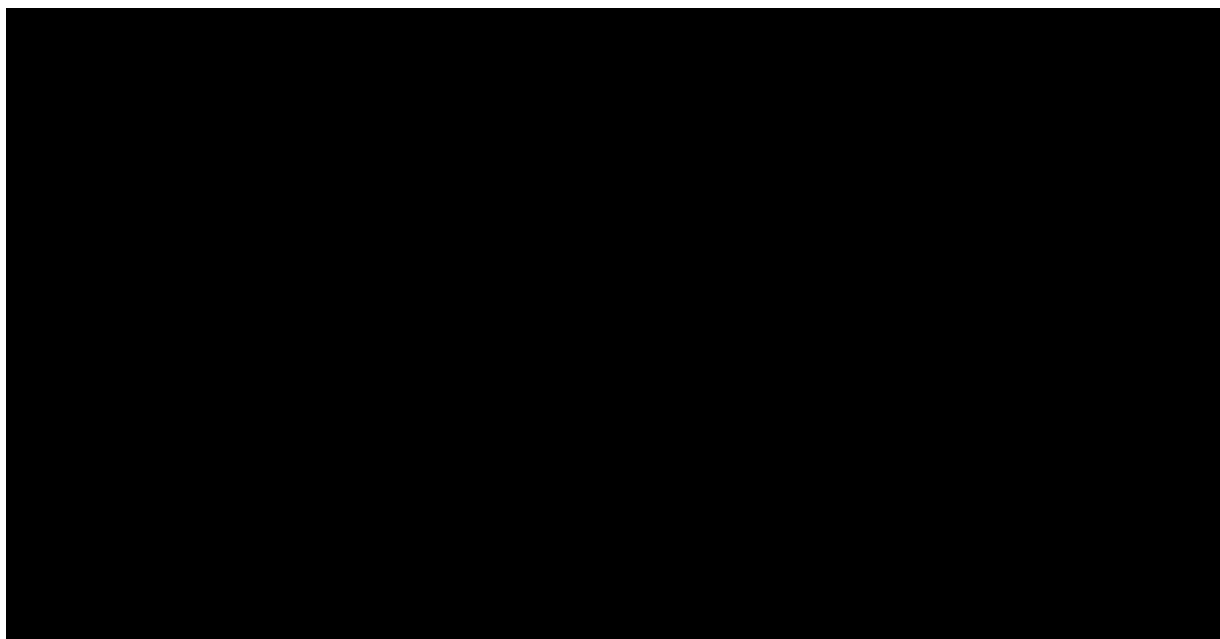
### **3. SPRAWNOŚĆ ODZYSKU CIEPŁA Z POWIETRZA USUWANEGO**

Duża zawartość wilgoci w powietrzu w hali basenowej uzasadnia stosowanie wysokosprawnego bloku odzysku ciepła z powietrza usuwanego, umożliwiającego odzysk ogromnej ilości ciepła utajonego w wyniku zachodzącej w wymienniku kondensacji. Odzysk ciepła utajonego z powietrza usuwanego zapobiega jego głębokiemu schłodzeniu, dzięki czemu znacznie obniża się temperatura ryzyka szronienia. Umożliwia to pełne wykorzystanie wymienników o sprawności temperaturowej przekraczającej 80% nawet przy bardzo niskich temperaturach powietrza zewnętrznego. Warto zwrócić uwagę, że w systemie o sprawności 80% straty ciepła są 2,5 krotnie mniejsze w stosunku do systemu o sprawności 50%. Ze względu na występującą w wymienniku kondensację znaczącej ilości wilgoci nie stosuje się w wentylacji hal basenowych wymienników regeneracyjnych.

Należy podkreślić, że katalogowe parametry centrali, w tym również sprawność wymienników ciepła, uzyskiwane są tylko przy dokładnie wyregulowanym nominalnym przepływie powietrza w torze nawiewu i wywiewu.

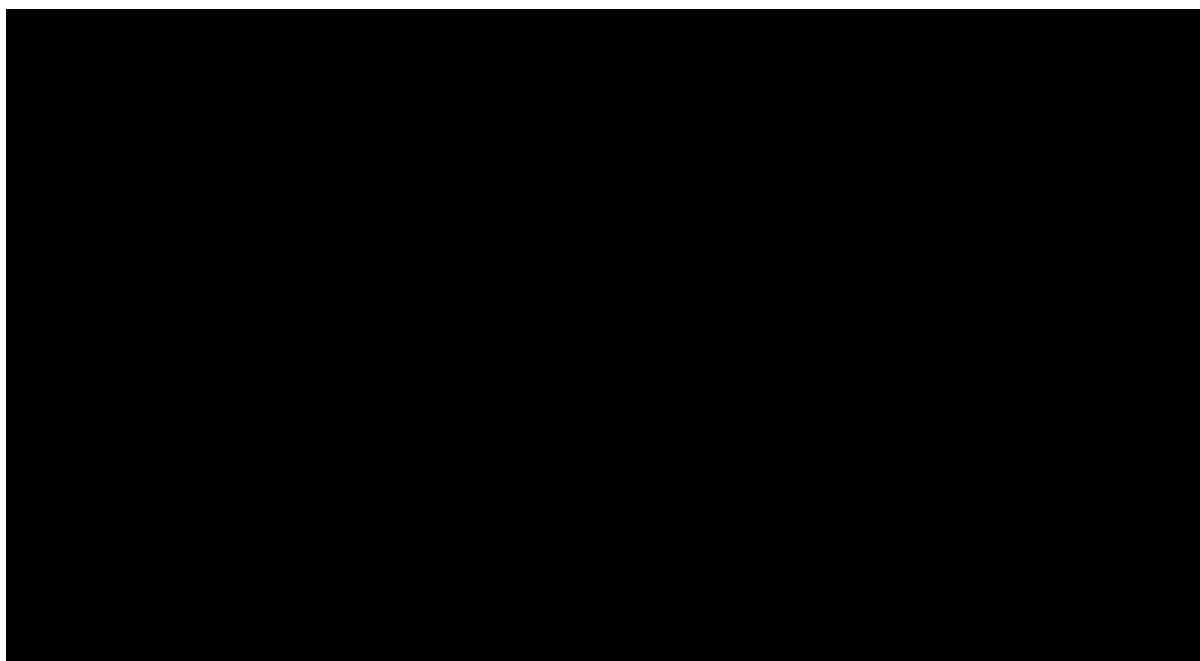
### **4. ZMIENNY UDZIAŁ POWIETRZA ZEWNĘTRZNEGO I RECYRKULACYJNEGO**

W systemach klimatyzacji hal basenowych w celu ograniczenia zużycia energii oraz dla zapewnienia odpowiedniej wilgotności powietrza w hali stosuje się zmienny udział powietrza zewnętrznego i recyrkulacyjnego. Podczas kąpieli wielkość strumienia powietrza zewnętrznego powinna gwarantować skuteczną wentylację ze względów sanitarnych oraz zapewnić skuteczne usuwanie nadmiaru wilgoci. W okresie poza kąpielą emisja wilgoci z basenu jest kilkakrotnie mniejsza, wymagająca do jej asymilacji, szczególnie w okresie zimowym, minimalnej ilości powietrza zewnętrznego. Poniżej przedstawiono procentowy udział powietrza zewnętrznego w funkcji temperatury zewnętrznej podczas kąpieli i w pozostałym okresie. Uwzględniono ilości niezbędne ze względów sanitarnych.



Rys. 4. Strumień powietrza zewnętrznego, niezbędny do usunięcia wilgoci, w funkcji temperatury zewnętrznej

Dla podanych wyżej strumieni powietrza zewnętrznego wyznaczono relatywne straty ciepła na wentylację w funkcji temperatury powietrza zewnętrznego w odniesieniu do strat ciepła dla 100% powietrza zewnętrznego (bez recyrkulacji). Wyniki zestawiono na wykresie.



Rys. 5. Relatywne straty ciepła na wentylację, związane z osuszaniem powietrza, w funkcji temperatury zewnętrznej

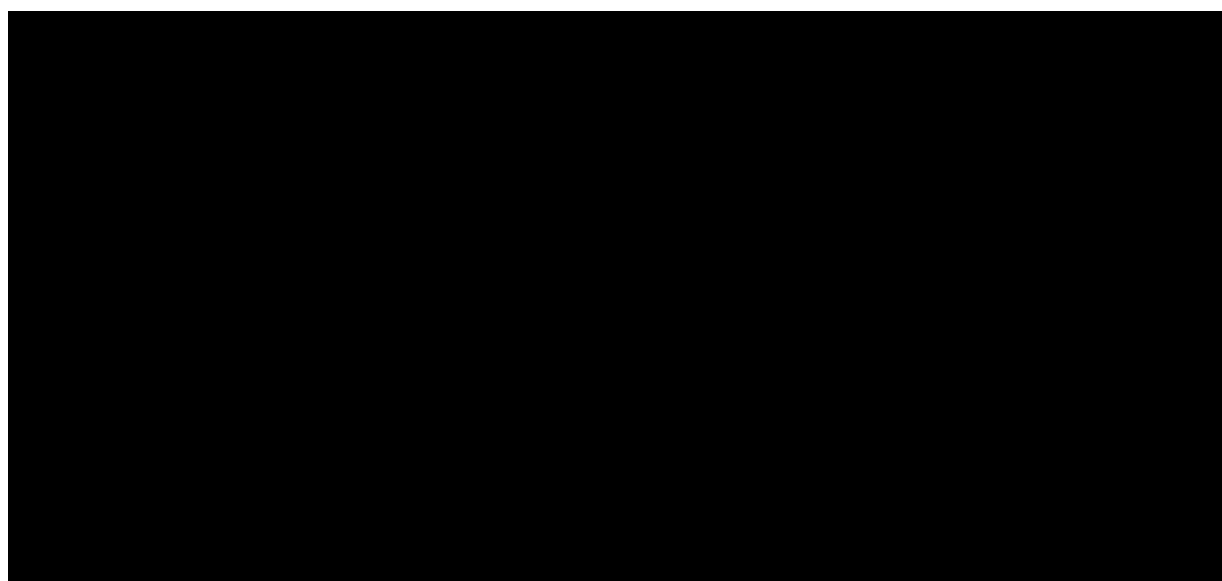
Roczne zużycie ciepła na wentylację, przy zastosowaniu centrali z recyrkulacją sterowaną zależnie od zapotrzebowania na osuszanie, wyniesie około 11 % w stosunku do ciepła zużytego przez centralę bez recyrkulacji.

## 5. SPRAWNOŚĆ ZESPOŁÓW WENTYLATOROWYCH

Pierwszym istotnym czynnikiem wpływającym na sprawność zespołów wentylatorowych jest sprawność samych wentylatorów, wynikająca z typu zastosowanych wentylatorów oraz obranego dla nich punktu pracy. Waha się ona od czterdziestu kilku do osiemdziesięciu kilku procent.

Innym czynnikiem obniżającym o kilka procent sprawność zespołu wentylatorowego jest przekładnia pasowa. Zastosowanie wentylatorów bez przekładni pasowej (z wirnikiem wentylatora osadzonym na wale silnika) nie tylko podnosi ich sprawność ale ze względu na brak obciążeń poprzecznych dla łożysk wydłuża ich żywotność i zwiększa niezawodność.

Najbardziej skutecznym sposobem na ograniczenie zużycia energii elektrycznej jest wprowadzenie funkcji pracy dyżurnej. Moc wentylatorów proporcjonalna jest do iloczynu wydajności powietrza i wytwarzanego sprężu. Poniżej przedstawiono zależność mocy wentylatora w stosunku do mocy nominalnej w funkcji wydajności powietrza (przy założeniu nieziennej konfiguracji elementów, przez które przetłaczane jest powietrze).



Rys. 6. Relatywna moc wentylatora w funkcji realizowanej wydajności

Z przeprowadzonej analizy dla ośrodka basenowego użytkowanego przez 15 godzin w ciągu doby wynika, że stosowanie funkcji pracy dyżurnej powoduje oszczędności energii elektrycznej nawet o 70% (dla centrali automatycznie dostosowującej swoją wydajność do faktycznych potrzeb) lub o blisko 30% (dla centrali, w której funkcja pracy dyżurnej załączana jest zegarem wyłącznie w ciągu nocy). Dla pływalni o wymiarach niecki 25 x 12,5 m przeciętna moc elektryczna pobierana przez wentylatory podczas pracy nominalnej wynosi  $2 \times 4,5 \text{ kW} = 9 \text{ kW}$ . Roczne zużycie energii elektrycznej przy pracy nominalnej wyniesie zatem ponad 78 000 kWh. Zastosowanie odpowiednich systemów regulacji w omawianym obiekcie może obniżyć koszty eksploatacji w skali roku nawet o blisko 20 tys. złotych.

Wydajności pośrednie, wynikające z racji realizowanych funkcji ogrzewania bądź osuszania, uzyskiwane są bądź poprzez regulację dwustawną (cyklicznie przełączana jest wydajność nominalna i dyżurna) bądź poprzez regulacją płynną, realizowaną z zastosowaniem elektronicznych regulatorów napięcia lub falowników. Regulacja płynna pozwala na uzyskanie dodatkowych 5 % oszczędności w stosunku do regulacji dwustawnej.

## 6. REGULACJA WYDAJNOŚCI SYSTEMU WENTYLACYJNEGO

Kalibracja wydajności instalacji wentylacyjnej może odbyć się w dwojaki sposób:

- Poprzez dopasowanie oporów przepływu przez instalację za pomocą przepustnic regulacyjnych do sprężu dyspozycyjnego centrali przy założonej wydajności powietrza. Wentylatory pobierają będą moc nominalną z sieci zasilającej.
- Poprzez dopasowanie sprężu dyspozycyjnego centrali do faktycznych oporów instalacji przy założonej wydajności powietrza. Dopasowanie sprężu centrali do rzeczywistych oporów przepływu przez instalację wymaga zastosowania elektronicznych regulatorów prędkości obrotowej (regulatorów napięcia lub falowników). Redukcja sprężu centrali wiąże się ze zmniejszeniem mocy pobieranej przez wentylatory. Przykładowo redukcja sprężu o 100 Pa powoduje obniżenie mocy wentylatorów o ponad 11%.

Pomiar i płynna, automatyczna regulacja wydajności powietrza nawiewanego i wywiewanego gwarantują zachowanie proporcji pomiędzy wydajnością powietrza świeżego i usuwanego w związku z różnym udziałem powietrza zewnętrznego i recyrkulacyjnego oraz w związku z różnym stopniem zabrudzenia się filtrów powietrza (filtr wywiewu zazwyczaj brudzi się znacznie szybciej w stosunku do filtra powietrza świeżego). Centrale z elektroniczną regulacją wydajności mają również możliwość elastycznego ustawienia „dyżurnej” wydajności powietrza, co ma istotne znaczenie w układach klimatyzacyjnych z kurtynowym nawiewem wzdłuż okien. Odpowiednio ustawiony przepływ powietrza wyeliminuje kondensację pary wodnej na szybach podczas trybu pracy „dyżurnej”.

Brak systemu elektronicznej regulacji wydajności może spowodować powstanie nadciśnienia w hali basenu i „wypchnięcia” wilgotnego powietrza do sąsiednich pomieszczeń. Złe proporcje wydajności nawiewu i wywiewu powodują również obniżenie sprawności cieplnej bloku odzysku ciepła i zwiększają ryzyko szronienia.

## 7. PODSUMOWANIE

Specyfika ośrodków basenowych stawia większe wymagania jakościowe instalacji wentylacyjnej w stosunku do instalacji zastosowanych w innych obiektach użyteczności publicznej. Kluczowe cechy takiej instalacji to precyzja, wysoka sprawność i niezawodność. Ta ostatnia gwarantuje ciągłą i skuteczną ochronę obiektu przed zawilgoceniem.