

Wojciech CEPIŃSKI, Maria KOSTKA, Agnieszka ZAJĄC*

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SWOBODNEGO CHŁODZENIA W WARUNKACH KLIMATYCZNYCH POLSKI

W artykule omówiono możliwości wykorzystania swobodnego chłodzenia w warunkach klimatycznych Polski dla trzech typowych parametrów wodnego czynnika chłodniczego. Uwzględniono możliwość wykorzystania free-coolingu w sezonie chłodniczym – w miesiącach V–IX oraz w cyklu całorocznym. Na podstawie danych z polskich stacji meteorologicznych sporządzono mapki możliwości wykorzystania potencjału powietrza zewnętrznego dla terenu Polski.

1. WSTĘP

1.1. WPROWADZENIE

Nieodzowna potrzeba oszczędności energii oraz konieczność ograniczania zanieczyszczenia powietrza zobowiązuje do bardziej powszechnego stosowania rozwiązań sprzyjających wykorzystywaniu darmowej energii naturalnej. Do zmian w sektorze energetycznym obligują nas także dyrektywy przyjmowane przez Parlament Unii Europejskiej, m.in. pakiet energetyczno-klimatyczny (pakiet „3 x 20”), który jest zbiorem ustaw mających na celu przeciwdziałanie zmianom klimatycznym. Zgodnie z nim kraje należące do Unii Europejskiej mają do roku 2020 zmniejszyć emisję dwutlenku węgla o 20%, zmniejszyć zużycie energii o 20% oraz zwiększyć zużycie energii z odnawialnych źródeł do 20%. Ponadto, dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, zobowiązuje państwa członkowskie do doprowadzenia do tego, aby od początku 2021r. wszystkie nowo powstające budynki były obiektami „o niemal zerowym zużyciu energii”.

* Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50–370 Wrocław, maria.kostka@pwr.edu.pl.

W związku z powyższym, także w szeroko pojętej branży budowlanej, bardzo pożądane są wszelkie działania prowadzące do ograniczenia zużycia energii oraz do skutecznego podwyższania efektywności działania urządzeń, zwłaszcza dla celów zapewnienia właściwego mikroklimatu pomieszczeń. A warto przypomnieć, że w naszej strefie klimatycznej na potrzeby kształtowania mikroklimatu, na ogrzewanie i chłodzenie pomieszczeń, zużywa się prawie 40% wytworzonej mocy.

Zmniejszenie zapotrzebowania na energię oraz zwiększenie wykorzystania energii odnawialnej może być osiągnięte m.in. dzięki zastosowaniu swobodnego chłodzenia, które zależnie od warunków klimatycznych i zastosowanego układu chłodniczego jest w stanie pokryć pewną część potrzeb chłodniczych, a w okresach mniej korzystnych wspomóc częściowo działanie instalacji.

1.2. SWOBODNE CHŁODZENIE

Celem swobodnego chłodzenia, czyli tzw. free-cooling jest maksymalne wykorzystanie potencjału zawartego w powietrzu zewnętrznym, w momencie w którym temperatura jego jest niższa od parametrów pracy instalacji chłodniczej. W rozwiązaniu takim część energii niezbędnej do obniżenia temperatury czynnika chłodniczego, która w wariancie podstawowym związana jest z pracą sprężarki, zastąpiona zostaje energią dostarczoną w sposób bezpośredni (wymiana ciepła czynnik wodny-powietrze atmosferyczne w wymienniku przeponowym), z pominięciem lub ograniczeniem pracy obiegu sprężarkowego. W związku z ograniczeniem zużycia energii na pracę agregatu chłodniczego, efektem zastosowania swobodnego chłodzenia jest wzrost efektywności energetycznej procesu ochładzania wody na potrzeby klimatyzowania pomieszczeń oraz redukcja kosztów tego procesu.

Swobodne chłodzenie może być z powodzeniem wykorzystywane w obiektach biurowych, handlowych, usługowych i mieszkalnych oraz przemysłowych. Czynnikiem wpływającym na potencjał jego wykorzystania jest jednak temperatura czynnika wodnego zasilającego chłodnicę powietrza. Im niższa jest ta temperatura, tym mniejsza jest wymagana powierzchnia wymiany ciepła, a więc mniejsze gabaryty chłodnic powietrza, a także mniejsze średnice instalacji rozprowadzającej czynnik. Jednocześnie niestety mniejszy jest potencjał wykorzystania free-cooling. Niska temperatura czynnika gwarantuje także większe osuszenie powietrza przepływającego przez chłodnicę, co niekiedy jest zjawiskiem koniecznym, a w innym przypadku niepożądanym. Wykorzystanie urządzeń pozwalających na swobodne chłodzenie powietrza powinno być zatem podparte analizą potencjału wykorzystania tego procesu dla konkretnego rozwiązania instalacji wentylacyjnej lub klimatyzacyjnej.

Istnieje szereg rozwiązań schładzania i dochładzania wody powracającej z urządzeń wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. W praktyce inżynierskiej, każdorazowo wybór konkretnego rozwiązania dopasowuje się do potrzeb instalacji i charakteru zapotrzebowania na energię chłodniczą obiektu.

2. ANALIZA

2.1. ZAŁOŻENIA

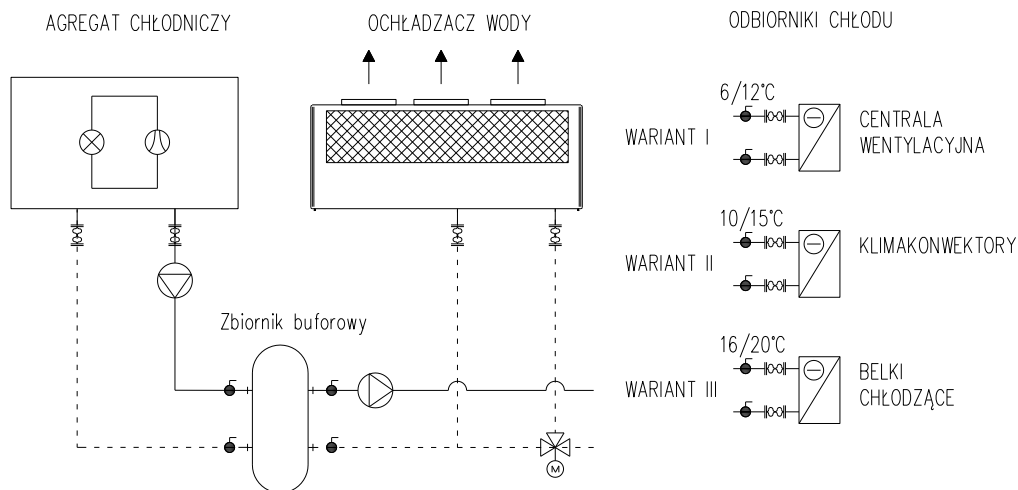
Korzystając ze statystycznych danych klimatycznych udostępnionych na stronie Ministerstwa Infrastruktury i Budownictwa [1] przeanalizowano temperatury zewnętrzne dla 61 stacji meteorologicznych na terenie całego kraju.

Rozpatrzono dwa przypadki pracy instalacji tj. całoroczne i sezonowe (w miesiącach V–IX) działanie układu chłodniczego. Ponadto, założono trzy warianty pracy instalacji wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych z chłodzeniem powietrza za pomocą czynnika wodnego:

- I wariant - praca instalacji oparta na centralnym ochładzaniu powietrza w chłodnicy o parametrach czynnika $6/12^{\circ}\text{C}$,
- II wariant - praca instalacji oparta na ochładzaniu powietrza w klimakonwektorach pracujących na parametrach czynnika chłodniczego $10/15^{\circ}\text{C}$,
- III wariant – praca instalacji oparta na ochładzaniu powietrza w belkach chłodzących pracujących na parametrach czynnika chłodniczego $16/20^{\circ}\text{C}$.

Założono akumulację ciepła w zbiorniku buforowym ładowanym w korzystnych okresach.

Na potrzeby analizy przejęto układ przedstawiony na rysunku 1.

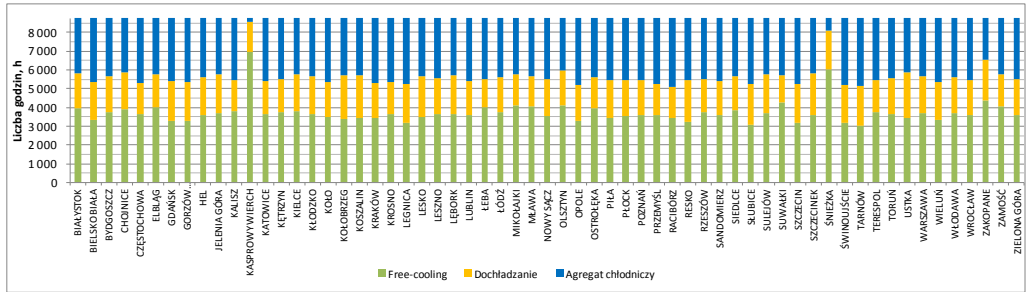


Rys. 1. Schemat rozpatrywanego układu chłodniczego

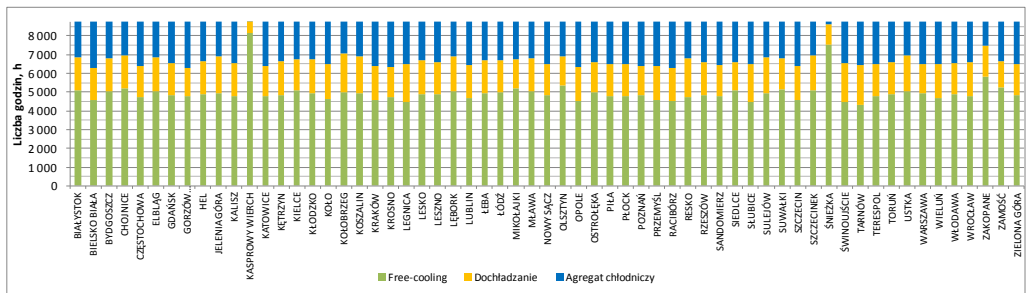
2.2. WYNIKI

Dane meteorologiczne przeanalizowano pod kątem możliwości pełnego oraz częściowego wykorzystania swobodnego chłodzenia. Analiza dotyczyła wyłącznie potencjału powietrza zewnętrznego i nie brała pod uwagę możliwości zapewnienia wymaganej ilości energii oraz możliwości doboru urządzeń dla konkretnego rozwiązania.

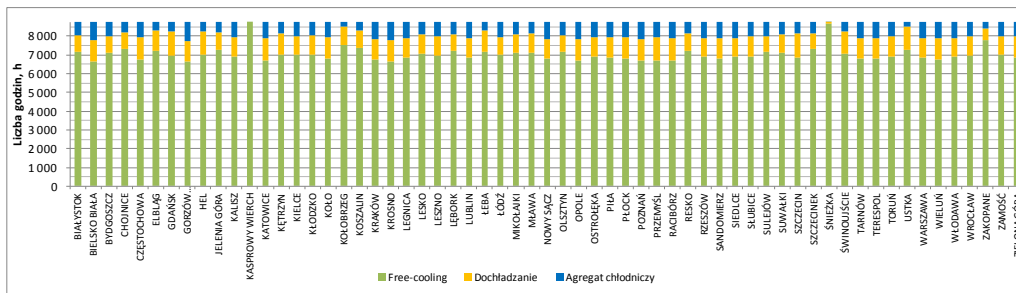
Na rysunkach 2–7 zaprezentowano wyniki analizy dla sezonowej i całorocznej pracy układów. Kolorem zielonym na wykresach zaznaczono liczbę godzin, kiedy temperatura powietrza zewnętrznego umożliwia schłodzenie czynnika do założonych parametrów. Kolorem pomarańczowym oznaczono liczbę godzin, kiedy powietrze zewnętrzne pozwala na częściowe schłodzenie czynnika, jednak konieczna jest także praca tradycyjnego układu sprężarkowego. Kolorem niebieskim natomiast oznaczono liczbę godzin, kiedy niemożliwe jest schłodzenie czynnika za pomocą free-coolingu i konieczne staje się działanie agregatu.



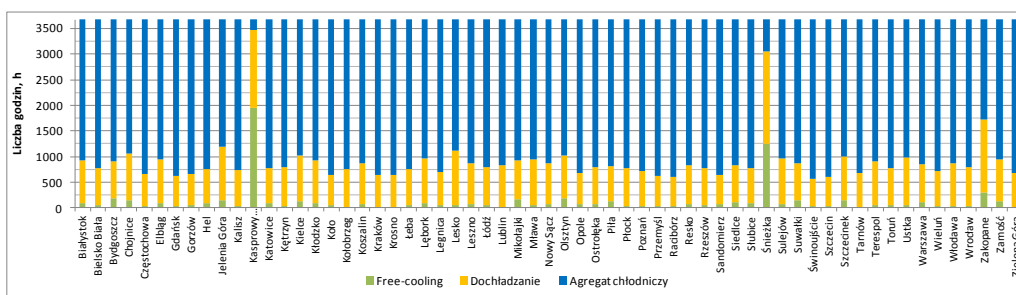
Rys. 2. Liczba godzin pracy instalacji ze swobodnym chłodzeniem (free-coolingu oraz dochładzanie) oraz działania wyłącznie układu sprężarkowego, cykl całoroczny, wariant I – parametry czynnika chłodniczego 6/12°C



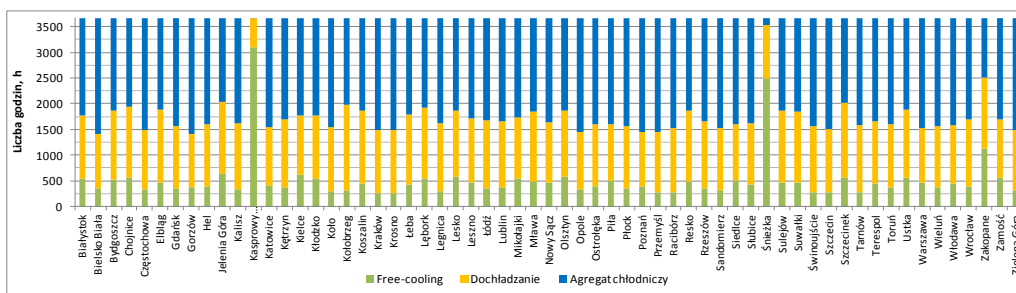
Rys. 3. Liczba godzin pracy instalacji ze swobodnym chłodzeniem (free-coolingu oraz dochładzanie) oraz działania wyłącznie układu sprężarkowego, cykl całoroczny, wariant II – parametry czynnika chłodniczego 10/15°C



Rys. 4. Liczba godzin pracy instalacji ze swobodnym chłodzeniem (free-cooling oraz dochładzanie) oraz działania wyłącznie układu sprężarkowego, cykl całoroczny, wariant III – parametry czynnika chłodniczego 16/20°C



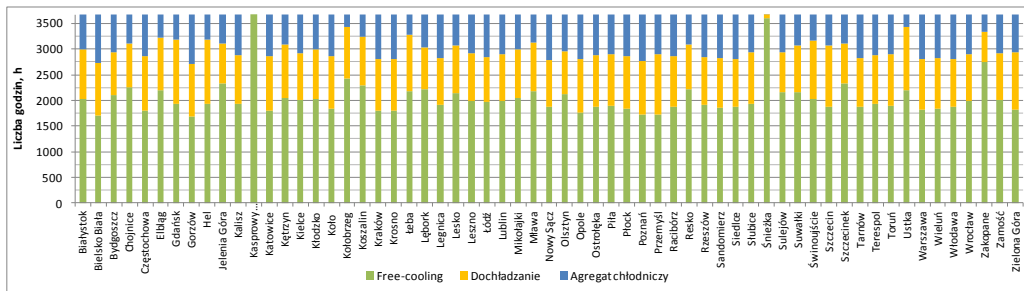
Rys. 5. Liczba godzin pracy instalacji ze swobodnym chłodzeniem (free-cooling oraz dochładzanie) oraz działania wyłącznie układu sprężarkowego, cykl sezonowy, wariant I – parametry czynnika chłodniczego 6/12°C



Rys. 6. Liczba godzin pracy instalacji ze swobodnym chłodzeniem (free-cooling oraz dochładzanie) oraz działania wyłącznie układu sprężarkowego, cykl sezonowy, wariant II – parametry czynnika chłodniczego 10/15°C

Na wykresach zauważyć można, iż największy potencjał wykorzystania swobodnego chłodzenia gwarantują instalacje pracujące na wysokich parametrach czynnika chłodniczego. W praktyce sytuacja ta ma najczęściej miejsce w przypadku urządzeń pracujących z wykluczeniem kondensacji wilgoci na powierzchniach wymiennika

(belki i płaszczyzny chłodzące, klimakonwektory i wentylokonwektory) oraz w urządzeniach z ograniczeniem kondensacji (klimakonwektory i wentylokonwektory).



Rys. 7. Liczba godzin pracy instalacji ze swobodnym chłodzeniem (free-cooling oraz dochładzanie) oraz działania wyłącznie układu sprężarkowego, cykl sezonowy, wariant III – parametry czynnika chłodniczego 16/20°C

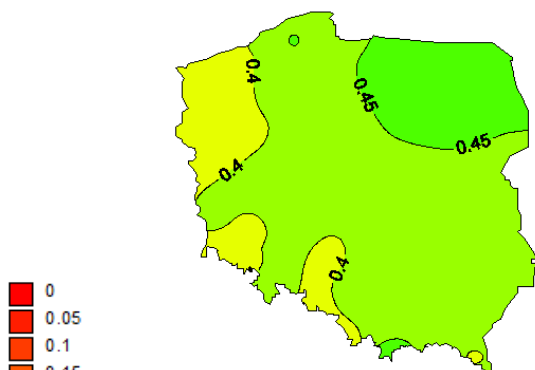
Z przeprowadzonej analizy wynika, iż średni możliwy czas wykorzystania swobodnego chłodzenia wynosi w Polsce:

- dla parametrów czynnika chłodniczego 6/12°C i pracy całorocznej ok. 3600 h, a dla pracy w okresie V–IX ok. 80 h,
- dla parametrów czynnika chłodniczego 10/15°C i pracy całorocznej ok. 4900 h, a dla pracy w okresie V–IX ok. 430 h,
- dla parametrów czynnika chłodniczego 16/20 °C i pracy całorocznej ok. 7000 h, a dla pracy w okresie V–IX ok. 2000 h,

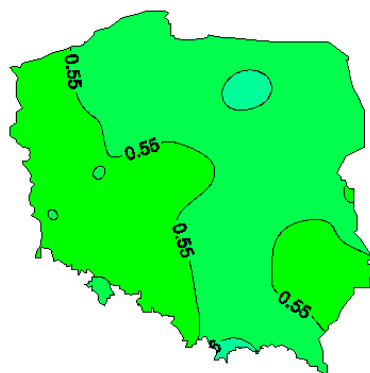
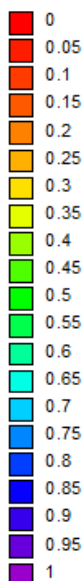
Przy obliczaniu średniego czasu możliwego wykorzystania swobodnego chłodzenia nie uwzględniono wyników dla Śnieżki i Kasprowego Wierchu, ze względu na to, że nie są to obszary reprezentatywne dla całego regionu. Ponadto miejsca te nie stanowią typowej lokalizacji dla klimatyzowanych budynków.

Poniżej umieszczono poglądowe mapy terenu Polski obrazujące możliwy procentowy czas wykorzystania swobodnego chłodzenia w instalacjach pracujących w cyklu całorocznym. Przy sporządzaniu map, podobnie jak powyżej, nie brano pod uwagę stacji meteorologicznych zlokalizowanych na Śnieżce i Kasprowym Wierchu.

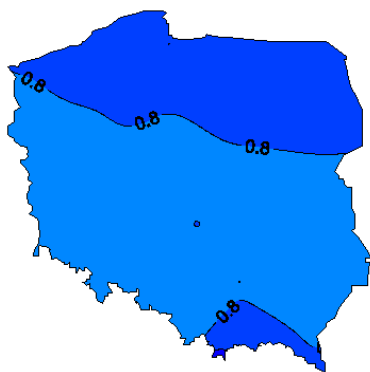
Dla potrzeb całorocznego użytkowania instalacji chłodniczej, pracującej na parametrach czynnika 6/12°C, możliwe jest wykorzystanie swobodnego chłodzenia średnio przez ok. 40% roku. Z kolei w instalacji pracującej na parametrach czynnika 10/15°C wykorzystanie free-cooling jest możliwe przez ok. 55% roku. Jeśli z kolei parametry czynnika w instalacji chłodniczej będą wynosiły 16/20°C, to średnio przez 80% roku powietrze zewnętrzne będzie miało temperaturę umożliwiającą swobodne chłodzenie. Powyższe szacunki pozwalają stwierdzić, że zastosowanie free-cooling w polskich warunkach klimatycznych, w instalacjach chłodniczych użytkowanych całorocznie ma szansę stać się inwestycją uzasadnioną ekonomicznie.



Rys. 8. Udział czasu możliwego wykorzystania free-cooling w instalacjach chłodniczych pracujących w cyklu całorocznym, wariant I – parametry czynnika chłodniczego 6/12°C

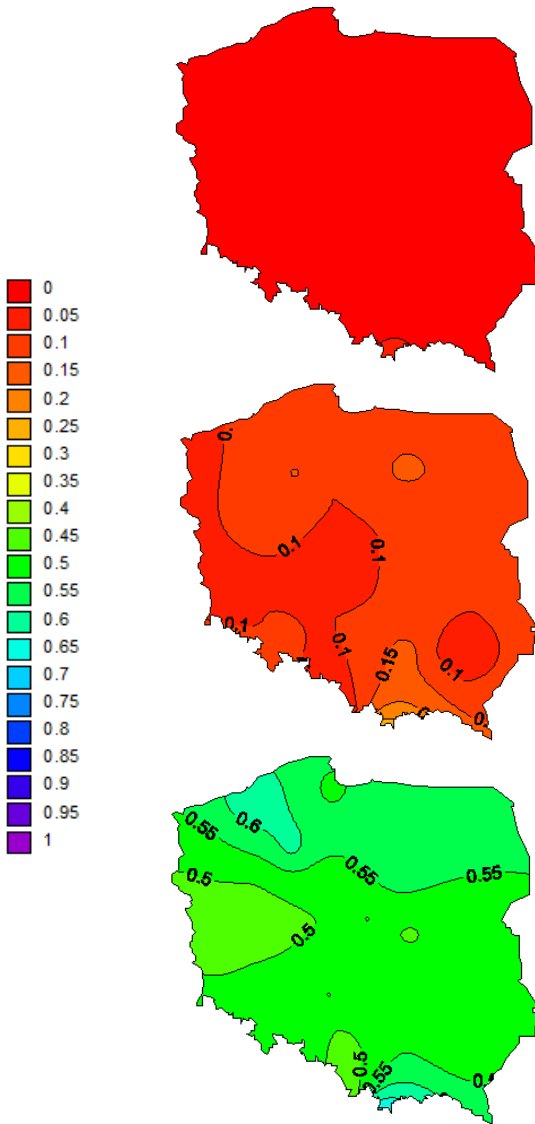


Rys. 9. Udział czasu możliwego wykorzystania free-cooling w instalacjach chłodniczych pracujących w cyklu całorocznym, wariant I – parametry czynnika chłodniczego 10/15°C



Rys. 10. Udział czasu możliwego wykorzystania free-cooling w instalacjach chłodniczych pracujących w cyklu całorocznym, wariant I – parametry czynnika chłodniczego 16/20°C

Zupełnie inaczej przedstawia się sytuacja urządzeń chłodniczych pracujących w cyklu sezonowym. Poniżej przedstawiono mapy Polski z zaznaczonym możliwym udziałem czasu wykorzystania swobodnego chłodzenia w instalacjach pracujących w okresie V–IX.



Rys. 11. Udział czasu możliwego wykorzystania free-cooling w instalacjach chłodniczych pracujących w cyklu sezonowym, wariant I – parametry czynnika chłodniczego 6/12°C

Rys. 12. Udział czasu możliwego wykorzystania free-cooling w instalacjach chłodniczych pracujących w cyklu sezonowym, wariant I – parametry czynnika chłodniczego 10/15°C

Rys. 13. Udział czasu możliwego wykorzystania free-cooling w instalacjach chłodniczych pracujących w cyklu sezonowym, wariant I – parametry czynnika chłodniczego 16/20°C

Dla instalacji pracującej w miesiącach V–IX z parametrami czynnika chłodniczego 6/12°C, wykorzystanie free-cooling możliwe będzie średnio tylko przez 2% sezonu chłodniczego. Dla instalacji w której obliczeniowe parametry czynnika wynoszą 10/15°C udział ten wynosi również niewiele – ok. 12% czasu trwania sezonu. Jedynie najwyższe parametry czynnika chłodniczego 16/20°C dają zadowalające rezultaty – średnio przez ok. 55% czasu trwania sezonu możliwe będzie swobodne chłodzenie.

2.3. WNIOSKI

Dla całorocznego eksploataowania układu chłodniczego np. dla pomieszczeń o prawie stałych zyskach ciepła, zastosowanie swobodnego chłodzenia jest korzystne dla wszystkich rozpatrywanych parametrów czynnika chłodniczego. Najbardziej korzystne pod względem kosztów eksploatacji będzie rozwiązanie opierające się na możliwie najwyższych parametrach pracy instalacji.

Powyższa analiza stawia pod dużym znakiem zapytania zasadność inwestycji w system swobodnego chłodzenia dla instalacji pracujących wyłącznie w sezonie ciepłym, szczególnie na niskich i średnich parametrach czynnika chłodniczego. Dla eksploatacji w rozpatrywanym trybie sezonowym, wykorzystanie free-cooling jest uzasadnione jedynie w przypadku najwyższych parametrów pracy instalacji chłodniczej. W praktyce rozwiązanie to może znaleźć zastosowanie głównie dla układów pracujących przy wykorzystaniu belek i płaszczyzn chłodzących.

Należy również wspomnieć, iż niezwykle istotne jest aby agregat, pomimo zastosowanego sprzęgła hydraulicznego i bufora chłodu, pracował na parametry pracy instalacji, a nie jak ma to często miejsce, na inne, niższe parametry. Pozwoli to na jego pracę z wyższym współczynnikiem wydajności chłodniczej, co przełoży się na obniżoną konsumpcję energii elektrycznej.

Jak wynika z rysunków, możliwości wykorzystania swobodnego chłodzenia nie odbiegają znacznie od siebie na terenie Polski. Większe różnice zaobserwowano jedynie w regionach górskich.

3. PODSUMOWANIE

Właściwie wykorzystane chłodzenie swobodne pozwala na ograniczenie zużycia energii, a dzięki temu zmniejszenie zużycia paliw kopalnych i zredukowanie zanieczyszczenia środowiska. W obliczu obecnych wymagań prawnych, rozwiązanie to powinno być każdorazowo brane pod uwagę już na etapie planowania, projektowania jak i realizacji nowych inwestycji, choć nie zawsze w toku analizy wykazana zostanie jego opłacalność.

Przeprowadzona analiza możliwości wykorzystania swobodnego chłodzenia na potrzeby przygotowania czynnika chłodniczego dla systemów wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń, miała na celu wykazanie wrażliwości wyników na parametry oraz czas użytkowania instalacji chłodniczej. Wykazano, że zastosowanie takiego rozwiązania w różnych obszarach Polski i przy różnych sposobach użytkowania instalacji, powinno być każdorazowo poprzedzone analizą techniczno-ekonomiczną, gdyż może się okazać inwestycją opłacalną, lub zupełnie nierentowną.

Praca została sfinansowana ze środków na działalność statutową nr S50532 Katedry Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza.

LITERATURA

[1] www.mib.gov.pl.

FREE-COOLING POTENTIAL IN POLISH CLIMATIC CONDITIONS

The article discusses the possibilities of using free cooling in Polish climatic conditions for three typical ways of cooling – seasonal and year-round. Maps showing the potential of the outside air for free-cooling were based on data from the Polish meteorological stations.