

---

# TZW. „FREE COOLING” W SYSTEMACH Z BEZPOŚREDNIM ODPAROWANIEM SYNTETYCZNEGO CZYNNIKA CHŁODNICZEGO

**mgr inż. Bolesław KLIMCZUK**  
CARRIER Polska sp. z o.o.

---

## RACJE TECHNICZNE I EKONOMICZNE STOSOWANIA W WARUNKACH KLIMATU POLSKI

Zmieniająca się sytuacja na rynku nośników energii zmusza do ciągłego poszukiwania rozwiązań, które pomogą zoptymalizować projekty instalacji, a tym samym obniżyć ich koszty zarówno inwestycyjne, jak i eksploatacyjne. Takie urządzenia i rozwiązania powinny charakteryzować się przede wszystkim wysoką sprawnością energetyczną.

## PROCES „FREE-COOLING”

Jednym z elementów instalacji, który możemy optymalizować pod kątem zużycia energii przez zastosowanie procesu nazywanego „free-cooling” są agregaty chłodnicze, produkujące „zimną” wodę na potrzeby m.in. instalacji klimatyzacyjnych. Proces ten, wykorzystujący sprzyjające warunki atmosferyczne, pozwala na okresowe zastąpienie cyklu chłodzenia realizowanego przez obieg lewobieżny.

Proces „free-cooling” może być realizowany na dwa sposoby, a są to:

- system tradycyjny, wykorzystujący pośredni wymiennik ciepła umieszczony w agregacie chłodniczym;
- system z bezpośrednim odparowaniem czynnika chłodniczego (DX free-cooling firmy Carrier).

Pierwszy z systemów, którego schemat ideowy przedstawiono na rysunku 1, wykorzystuje dodatkowy wymiennik ciepła przez który przepływa roztwór wodny glikolu oddając ciepło do powietrza poprzez wykorzystanie wentylatorów.

Zaletą tego systemu jest między innymi:

- ekonomiczny sposób schładzania cieczy,
- brak pracy sprężarek, co wpływa na ograniczenie emisji hałasu oraz obniżenie kosztów konserwacji.

System ten posiada jednak pewne wady, które ograniczają efektywność takiego rozwiązania w redukcji kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Tradycyjny system „free-cooling” naraża nas na:

- większy pobór mocy przez układy pompowe z uwagi na konieczność stosowania glikolu oraz zwiększone opory przepływu przez wymiennik pośredni i zawór 3-drożny,
- wysoki pobór mocy przez silniki wentylatorów z uwagi na dodatkowy opór przepływu powietrza przez wymiennik,
- zwiększenie gabarytów zewnętrznych oraz ciężaru urządzenia z systemem „free-cooling” w porównaniu do podstawowego wykonania agregatu chłodniczego,
- większy pobór mocy przez wentylatory skraplaczy w okresach pracy zespołów sprężarkowych.

System „free-cooling” wykorzystujący bezpośrednio odparowanie syntetycznego czynnika chłodniczego, w którym wyeliminowano dotychczas znane z innych rozwiązań wady takiego systemu, został wdrożony przez firmę Carrier do produkcji agregatów chłodniczych serii 30RB i 30XA w lipcu 2007 roku.

Ten innowacyjny system wykorzystuje zjawisko termosyfonu (zamknięty układ krążenia czynnika roboczego wykorzystujący zjawisko różnic gęstości cieczy o niejednakowej temperaturze) z zainstalowaną pompą odśrodkową intensyfikującą przepływ czynnika chłodniczego. Schemat ideowy systemu DX free-cooling przedstawiony jest na rysunku 2.

Pracę zespołu w tym systemie charakteryzują cztery następujące po sobie etapy:

- woda przepływając przez parownik oddaje swoje ciepło do czynnika chłodniczego powodując jego odparowanie. W wyniku zjawiska termosyfonu, pary przemieszczają się do skraplacza;
- zawór na rurociągu ssawnym kontroluje wielkość przepływu między parownikiem a skraplaczem;
- w skraplaczu ciepło czynnika chłodniczego oddawa-

ne jest do powietrza poprzez wykorzystanie wentylatorów skraplacza, w rezultacie czego następuje skroplenie czynnika;

- zainstalowana mała pompa obiegowa wspomaga powrót ciekłego freonu do parownika, gdzie cykl rozpoczyna się na nowo bez udziału sprężarek.

Wydajność chłodnicza kontrolowana jest przez elektroniczny zawór rozprężny typu EXV oraz stopniowanie pracy wentylatorów skraplacza. Przejście urządzenia z cyklu pracy sprężarkowej na pracę w systemie „free-cooling” odbywa się automatycznie, gdy tylko różnica temperatur pomiędzy wymaganą temperaturą wody wyjściowej oraz temperaturą powietrza zewnętrznego będzie wynosiła 6 K. Dla podniesienia efektywności pracy układu stosuje się często w porze zimowej podwyższenie temperatury wyjściowej wody do 10 K. Odbywa się to w sposób automatyczny na podstawie wprowadzonego w systemie sterowania odpowiedniego algorytmu pracy.

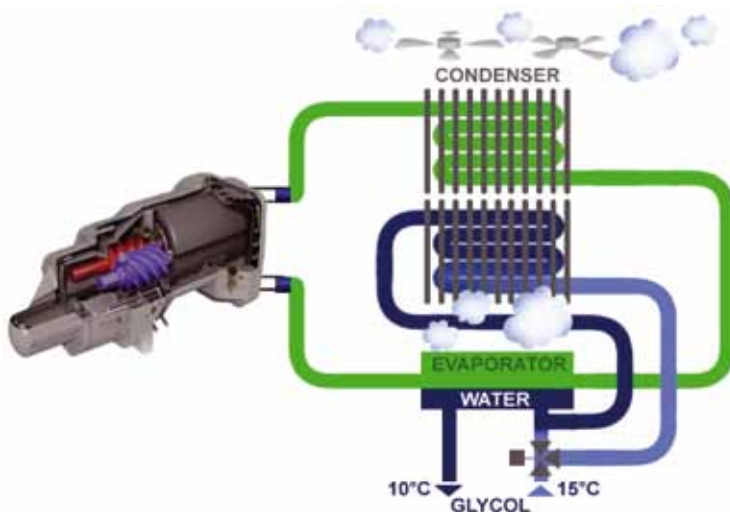
Aby zoptymalizować pracę źródła chłodu w budynku, opcja „free-cooling” jest zawsze dostarczana z dwoma niezależnymi obiegami chłodniczymi dla zapewnienia nawet częściowego zmniejszenia zużycia energii podczas „doładowania wydajności chłodniczej zespołu do wielkości wymaganej przez obwód pracujący w cyklu sprężarkowym (jeden obieg może pracować w cyklu sprężarkowym, natomiast drugi w opcji „free-cooling”).

Na rysunku 3 pokazana jest „maszynownia” systemu DX free-cooling, której „sercem” są dwie odśrodkowe pompy czynnika chłodniczego. Pompy są całkowicie hermetyczne, a połączenie pomiędzy wirnikiem odśrodkowym a silnikiem napędowym jest wykonane za pomocą sprzęgła magnetycznego, co zapewnia całkowitą szczelność układu.

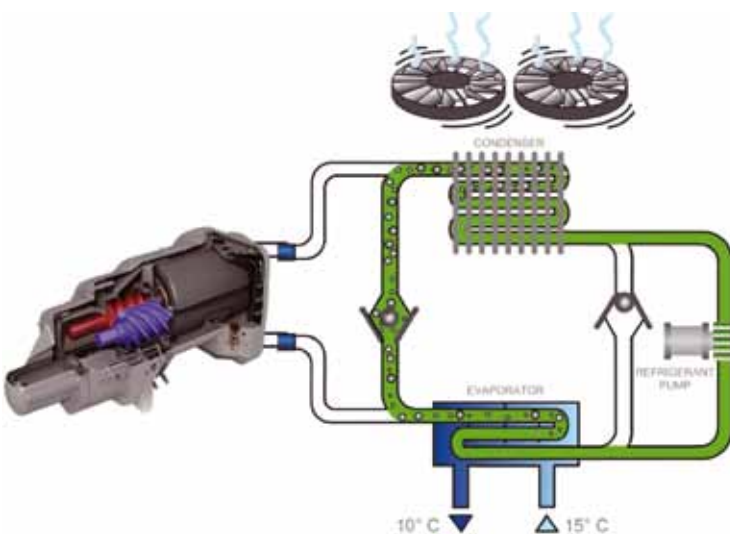
Zastosowanie systemu DX free-cooling pozwala na uzyskanie z takiego agregatu chłodniczego około 40-55% wydajności chłodniczej bez chłodzenia mechanicznego przy różnicy temperatur pomiędzy temperaturą wyjściową wody i temperaturą powietrza zewnętrznego wynoszącą 10 K oraz około 60% do prawie 90% przy różnicy temperatur 20 K, co przedstawia rysunek 4.

## OBSZARY ZASTOSOWANIA

Nowoczesne budownictwo oraz bardziej intensywne, w ostatnich latach, wykorzystanie po-



Rys.1. Tradycyjny system „free-cooling”



Rys.2. System DX „free-cooling” w rozwiązaniu firmy Carrier



Rys.3. Pompy odśrodkowe czynnika chłodniczego ze sprzęgłem magnetycznym wykorzystywane w systemie DX free-cooling firmy Carrier

wierzchni biurowych oznacza, że niektóre budynki wymagają chłodzenia przez cały rok, nawet podczas okresów chłodnych. System DX free-cooling gwarantuje wyjątkowo ekonomiczne wytwarzanie wody lodowej już przy temperaturze powietrza zewnętrznego 5°C. Oznacza to, że w naszym klimacie (w odniesieniu do średnich miesięcznych temperatur powietrza zewnętrznego) istnieje możliwość

wykorzystania opcji „free-cooling” od listopada do końca marca (tab.1).

## RACJE EKONOMICZNE STOSOWANIA W WARUNKACH KLIMATU POLSKI

Dla zaprezentowania oszczędności wynikających z zastosowania systemu DX free-cooling został użyty program Chiller System Optimizer umożliwiający m.in. obliczenie prognozowanych kosztów eksploatacji oraz prognozowanego zużycia energii. Prezentowane koszty zużycia energii zostały uzyskane przy następujących założeniach:

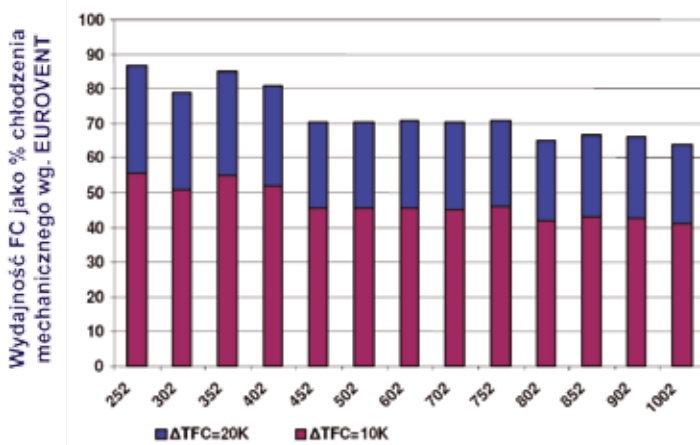
- maksymalne zapotrzebowanie chłodu dla budynku wynosi 270 kW;
- maksymalne zapotrzebowanie chłodu w okresach „zimnych” wynosi 100 kW;
- czas pracy budynku; poniedziałek – piątek od godziny 7:00 do godziny 19:00;
- koszt jednostkowy energii – 0,40 PLN/kWh;
- temperatura wyjściowa wody 10°C.

Porównując rysunki 5 i 6 zauważamy, że w okresach od listopada do końca marca przy zastosowaniu systemu DX free-cooling znacznie spada zużycie energii elektrycznej. Dzieje się tak, gdyż wskaźnik sprawności energetycznej EER dla agregatów z opcją „free-cooling” wynosi, w zależności od parametrów pracy od ~15 do 30.

## WNIOSKI

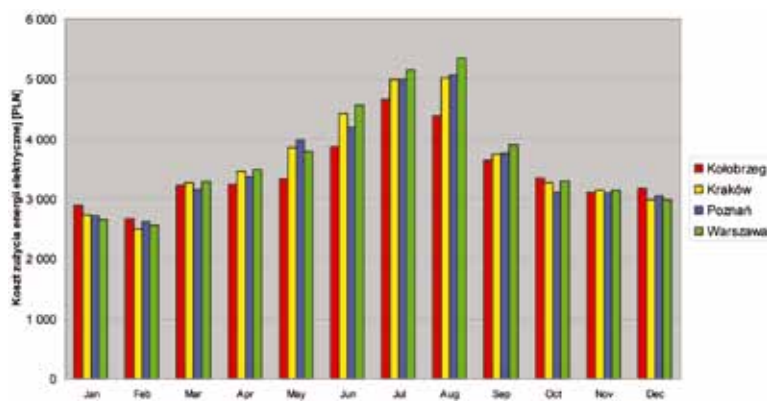
Zarówno system tradycyjny, jak i system z bezpośrednim odparowaniem syntetycznego czynnika chłodniczego wpływa na obniżenie zużycia energii przez agregat chłodniczy. Jednak system wykorzystujący dodatkowy wymiennik pośredni posiada pewne wady, które zmuszają do zastosowania większych wentylatorów skraplaczy, większych układów pompowych (wpływ zastosowania roztworu wodnego glikolu oraz dodatkowego wymiennika ciepła) oraz ogólnie zwiększają gabaryty zespołu w porównaniu do wykonania podstawowego. Wszystko to wpływa na zwiększenie kosztów eksploatacyjnych oraz inwestycyjnych. Główną zaletą systemu DX free-cooling jest brak konieczności stosowa-

Szacunkowe parametry systemu FREE-COOLING

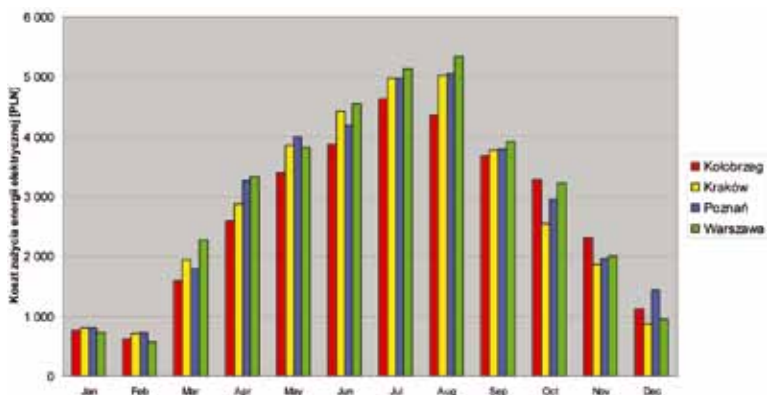


$\Delta TFC = \text{Temperatura wyj. wody} - \text{Temperatura pow. zewnytrznego}$

Rys.4. Szacunkowe efekty wykorzystania systemu „free-cooling”



Rys.5. Koszt zużycia energii w ujęciu rocznym dla agregatów wody lodowej bez systemu DX free-cooling dla czterech regionów Polski



Rys.6. Koszt zużycia energii w ujęciu rocznym dla agregatów wody lodowej z systemem DX free-cooling dla czterech regionów Polski

nia wodnego roztworu glikolu, bowiem układ ten może pracować na „czystej wodzie”. Ponadto opcja DX free-cooling nie wpływa na gabaryty oraz ciężar zespołu (poza wagą dwóch niewielkich pomp freony, rys.3). Dlatego możliwe jest osiągnięcie wyższej efektywności energetycznej takiego rozwiązania.

Tab.1. Zestawienie średnich miesięcznych temperatur w poszczególnych miastach Europy

Average temperatures °C							
City	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
Amsterdam	10	5.5	4.0	3.0	2.5	5.0	7.5
Berlin	9.3	4.2	1.1	-0.7	0.7	3.7	8.5
London	10.9	6.8	4.9	4.1	4.3	6.3	8.2
Milano	13.1	6.9	2.3	1.4	4.2	8.3	12.3
Paris	10.8	6.4	3.7	2.9	4.1	6.6	9.9
Prague	9.1	3.5	0.1	-1.7	-0.3	3.4	8.5
Stockholm	6.8	1.9	-1.4	-3.2	-3.3	-1.0	3.8
Vienna	9.9	4.3	4.0	-1.2	0.6	4.5	9.8
Warsaw	8.2	2.5	-1.7	-3.8	-2.5	1.4	7.6
Zurich	9.1	4.0	0.5	-0.5	1.0	4.5	8.4



Porównując oszczędności jakie zapewnia zastosowanie systemu DX free-cooling w różnych regionach Polski widzimy (tab.2.), że w niektórych obszarach możemy uzyskać o około 18% większe oszczędności z uwagi na inne wartości średnich temperatur w danym regionie. Niemniej jednak zastosowanie systemu DX free-cooling w każdym z regionów Polski przynosi oszczędności w zużyciu energii, i co za tym idzie - kosztów eksploatacyjnych instalacji.

Tabela 2. Oszczędności kosztów zużycia energii przez zastosowanie systemu DX free-cooling w ujęciu rocznym dla czterech regionów Polski.

Regiony Polski	Oszczędności [PLN]
Kołobrzeg	9 353
Kraków	9 723
Poznań	8 211
Warszawa	8 335

