



Chłodziarka absorpcyjna w solarnych układach klimatyzacyjnych jako przykład nowoczesnej technologii dla zrównoważonego rozwoju

Justyna Stefaniak
Politechnika Lubelska

1. Wstęp

Zrównoważony rozwój to koncepcja odnosząca się do konieczności zaspokajania podstawowych potrzeb obecnych i przyszłych pokoleń [12, 16, 22]. Realizacja tych potrzeb możliwa jest poprzez korzystanie z surowców naturalnych i nośników energii. Oznacza to szybkie wyczerpywanie zasobów, co zarazem może ograniczyć ich dostępność w przyszłości. Według danych Europe's Energy Portal przy obecnym tempie zużywania nośników energii węgiel będzie dostępny do około 2140 r., ropa do około 2050 r., a gaz do około 2070 r. Ograniczone są także zasoby uranu, który przy obecnie wykorzystywanych technologiach ulegnie wyczerpaniu około 2140 r. [6].

W 2008 r. w Unii Europejskiej produkcja energii elektrycznej wyniosła 3 351 364 GWh, przy czym 55,1% tej energii było wytwarzane w ciepłych elektrowniach węglowych, 28% w elektrowniach jądrowych, a 16,9% w oparciu o odnawialne źródła energii [6]. W Polsce aż 95,9% energii elektrycznej jest nadal produkowane w elektrowniach węglowych (przy rocznej produkcji na poziomie 155 582 GWh) [10, 14].

Silne uzależnienie Europy od paliw kopalnych, a zwłaszcza węgla, wymaga poszukiwania nowych rozwiązań, które pozwolą na zwiększenie efektywności tak w procesie wytwarzania, jak i zużywania energii. Drugim kierunkiem działania jest rozwijanie technologii opartych na źródłach odnawialnych, co umożliwi zwolnienie tempa zużywania tradycyjnych nośników energii [3, 4, 13].

W opinii niektórych naukowców, jednym z obszarów, gdzie nowe rozwiązania mogą przynieść wymierne efekty środowiskowe jest, omawiana w niniejszym artykule, produkcja chłodu na cele klimatyzacyjne [1].

2. Energia słoneczna

Niemalże 95% wszystkich urządzeń chłodniczych zasilane jest energią elektryczną, w polskich warunkach pochodzącą głównie z elektrowni węglowych [19]. Dlatego poszukuje się nowych źródeł energii, które pozwolą na zmniejszenie zużycia energii pierwotnej w procesach produkcji chłodu. Wśród źródeł odnawialnych obiecujące wydaje się być wykorzystywanie energii słonecznej.

Słońce jest największym źródłem energii na naszej planecie. W ciągu roku do ziemi dociera 7500 razy więcej energii słonecznej (86 000 TW) w stosunku do energii pierwotnej zużywanej przez całą cywilizację ludzką [15]. Polska posiada dobre warunki pod względem nasłonecznienia, ponieważ roczna gęstość promieniowania słonecznego na płaszczyźnie poziomej waha się w granicach 950–1250 kWh/m², przy czym ok. 80% tej wartości przypada na okres kwiecień/wrzesień, gdy czas operacji słonecznej wynosi około 16 godzin w ciągu dnia [5]. Energia promieniowania słonecznego może być pozyskiwana na potrzeby ciepłe za pomocą kolektorów słonecznych [18, 24].

W kontekście instalacji klimatyzacyjnych, a ściślej wytwarzania chłodu, energia promieniowania słonecznego może być źródłem zasilania dla tzw. chłodziarek absorpcyjnych. Termicznie napędzane systemy chłodnicze zapewniają produkcję chłodu poprzez wykorzystanie ciepła jako energii napędowej. Ciepło to można uzyskać z połączonych systemów ciepłych i energetycznych (systemów koogeneracyjnych), ciepła odpadowego lub energii słonecznej [1]. Wykorzystanie energii słonecznej do celów klimatyzacyjnych ma duży potencjał, bowiem największe zapotrzebowanie na chłód występuje równoległe z najwyższymi wartościami nasłonecznienia [2].

3. Charakterystyka chłodziarek absorpcyjnych

Pierwsze absorpcyjne urządzenia chłodnicze pojawiły się w drugiej połowie XIX wieku, kiedy to francuski inżynier Ferdinand Carre opatentował absorpcyjne urządzenia chłodnicze w którym chłodziwem był amoniak.

Obecnie w technice chłodniczej najczęściej wykorzystywane są dwa rodzaje chłodziarek absorpcyjnych: bromolitowe ($\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$) oraz amoniakalne ($\text{H}_2\text{O}/\text{NH}_3$) [19]. W chłodziarkach bromolitowych czynnikiem roboczym jest woda, przez co ich zastosowanie jest ograniczone do wytwarzania czynnika chłodniczego o temperaturze około 5°C . Znajdują one zastosowanie w układach klimatyzacji, głównie z powodu mniejszych nakładów inwestycyjnych, niż w przypadku systemów amoniakalnych. Z kolei ziębiarki amoniakalne znajdują zastosowanie głównie w układach przemysłowych, gdzie wymagane są temperatury wytwarzanego czynnika poniżej 0°C . Przy zastosowaniu ziębiarek amoniakalnych możliwe jest głębokie mrożenie do temperatury nawet -60°C [23].

Generalnie o wyborze systemu chłodzenia decyduje końcowy efekt ekonomiczny. Instalacja systemów z chłodziarkami sprężarkowymi jest tańsza od rozwiązań absorpcyjnych. Jednak, wykorzystanie chłodziarek absorpcyjnych może mieć bardziej korzystne efekty eksploatacyjne. Szacuje się, że ich potencjał oszczędności energii pierwotnej jest między 30% a 60%. Niestety te wyniki nie są często osiągnięte przez już działające systemy [1]. Pomimo tego, że chłodziarki sprężarkowe charakteryzują się wprawdzie większą wydajnością chłodniczą ($\text{COP} = 2\text{--}5$, podczas gdy w chłodziarkach absorpcyjnych $\text{COP} = 0,6\text{--}1,2$), konsumują więcej energii elektrycznej, co daje przewagę urządzeniom absorpcyjnym [23]. Dodatkowym atutem chłodziarek absorpcyjnych jest ich żywotność, która sięga 20–30 lat eksploatacji, podczas gdy dla chłodziarki sprężarkowej ten okres wynosi około 15 lat. Wiąże się to z małą liczbą części ruchomych w urządzeniu, a dodatkowo ułatwia obsługę serwisową [19]. Ponadto istnieje dodatkowy bodziec ekonomiczny. Obecnie decydując się w Polsce na instalację solarną możemy liczyć na dofinansowanie z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na poziomie 45% wartości inwestycji.

Zbiór najważniejszych czynników mających wpływ na wybór systemu został przedstawiony w tabeli 1.

W celu lepszego zrozumienia i porównania działanie solarnych absorpcyjnych systemów chłodniczych wykorzystuje się dwa współczynniki: SCR (ang. Solar Cooling Ratio), który reprezentuje sprawność całego układu i jest ilorazem użytecznego chłodzenia (mocy uzyskanej z parownika) i napromieniowania na pole kolektorów i SHF (ang. Solar Heat Fraction) stosunek energii cieplnej uzyskanej z kolektorów słonecznych do energii cieplnej zasilającej generator (warnik) [2].

Tabela 1. Czynniki mające wpływ na wybór rodzaju ziębiarki (opracowanie własne)

Table 1. Factors affecting the selection of the chiller's type (author's own work)

Czynnik	Ziębiarki sprężarkowe	Ziębiarki absorpcyjne
Rodzaj energii napędowej	Energia mechaniczna (elektryczna)	Ciepło
Zapotrzebowanie energii napędowej	Małe	Duże
Poziom hałasu	Wysoki	Umiarkowany
Serwis i części zamienne	Duże wymagania serwisowe, duża liczba części zamiennych	Małe wymagania serwisowe, niewielka ilość części zamiennych
Kapitał inwestycyjny	Umiarkowany	Wysoki
Zapotrzebowanie przestrzeni	Małe	Duże
Okres eksploatacji	Krótki (10–15 lat)	Długi (25–30 lat)

Do oceny i porównania efektów chłodniczych wykorzystuje się również współczynnik wydajności chłodniczej COP (ang. Coefficient of Performance), będący ilorazem mocy chłodniczej uzyskanej z agregatu absorpcyjnego i całkowitej mocy zasilającej [7, 11, 12].

4. Produkcja chłodu na potrzeby klimatyzacyjne

Solarne układy chłodnicze wykorzystujące chłodziarki absorpcyjne są badane już od przeszło 100 lat [1]. Do 2007 roku na świecie zainstalowano 80 dużych solarnych układów chłodniczych, z czego 70 w samej Europie (głównie w Niemczech i Hiszpanii), natomiast 42 z wykorzystaniem agregatów absorpcyjnych [11].

Ward & Lof opublikowali, że pierwszy taki zintegrowany system wykorzystujący energię słoneczną i chłodziarkę absorpcyjną został zaprojektowany i wykonany w Uniwersytecie Kolorado, w Stanach Zjednoczonych. Według przeprowadzonych wówczas badań system zapewnił pokrycie dwóch trzecich całkowitego zapotrzebowania na energię cieplną i chłodniczą wykorzystywaną do celów klimatyzacyjnych [1].

Ali et al. [1] opisał działanie zintegrowanego systemu *free cooling* (wykorzystującego świeże powietrze zewnętrzne do schładzania powietrza wewnętrznego) oraz bromolitowej chłodziarki absorpcyjnej pierwszego stopnia o mocy nominalnej 34 kW zainstalowanej w Oberhausen, w Niemczech. Chłodziarka zasilana była z próżniowych kolektorów słonecznych o łącznej powierzchni 108 m². Dodatkowo system wyposażony został w zasobnik ciepłej wody o pojemności 6,3 m³, zasobnik wody chłodniczej 1,5 m³ i wieżę chłodniczą o mocy 134 kW. System zapewniał chłodzenie pomieszczeniom o łącznej powierzchni 270 m². System badany był w ciągu 5 letniej eksploatacji w miesiącach od maja do września. Średnie miesięczne wartości współczynnika SHF wahały się od 31% do 70%, a średnia wartość wyniosła 60%. Natomiast średnia wartość współczynnika SCR w tym czasie kształtowała się na poziomie 70%. Wartości COP wahały się od 0,37 do 0,81. Dodatkowo badania wykazały, że sam system *free cooling* zapewnił pokrycie 25% zapotrzebowania na moc chłodniczą w ciągu 5 lat eksploatacji.

Bermejo et al. [2] prowadzili badania w Sewille, w Hiszpanii, nad wykorzystaniem bromolitowej chłodziarki drugiego stopnia o nominalnej mocy chłodniczej równej 175 kW zasilanej ze skupiających kolektorów słonecznych o łącznej powierzchni 352 m². Chłodziarka posiada również palniki gazowy wspomagający pracę układu. Wyniki pomiarów pokazały, że w czasie miesięcy o zwiększonym zapotrzebowaniu na chłód (maj–październik) współczynnik SHF kształtował się na poziomie 0,75, a współczynnik SCR na poziomie 0,44. Chłodziarka pracowała ze średnią dziennym COP od 1,1 do 1,25. W dni pochmurne zużycie gazu rosło znacząco i stanowiło 60% energii potrzebnej do zasilenia generatora (wornika).

Syed et al. [21] zaprezentował wyniki pracy systemu zainstalowanego w Madrycie, w domu o powierzchni 80 m², z jednostopniową, bromolitową chłodziarką absorpcyjną o mocy 35 kW zasilaną z kolektorów płaskich o powierzchni 49,9 m². Dodatkowe wyposażenie stanowi zbiornik akumulacyjny ciepłej wody o pojemności 2 m³ oraz wieża chłodnicza. Dla tego systemu dzienny SCR wahał się od 0,06 do 0,11, a COP od 0,24 do 0,42. Maksymalna osiągnięta moc chłodnicza wynosiła 7,5 kW co stanowiło zaledwie 21% mocy nominalnej i 75% mocy projektowanej.

Podsumowując, słoneczne systemy chłodnicze oparte na wykorzystaniu urządzeń absorpcyjnych, są projektowane i budowane na całym

świecie, w różnych strefach klimatycznych. W celu zwiększenia mocy chłodniczej i wydłużenia czasu chłodzenia w ciągu dnia wymagane jest jednak zastosowanie dodatkowych urządzeń takich jak zbiorniki akumulacyjne i wieże chłodnicze, co jednocześnie zwiększa koszty inwestycyjne i eksploatacyjne. Podobna sytuacja dotyczy również samych kolektorów słonecznych. Lepsze efekty chłodnicze osiągane są poprzez zastosowanie kolektorów próżniowych. Jednakże koszt cyklu życia (LCC) takich kolektorów jest znacznie wyższy niż koszt cyklu życia konwencjonalnego systemu chłodniczego [21].

5. Analiza środowiskowa procesu wytwarzania chłodu – metodyka

W pracy porównano potencjalne efekty wykorzystania chłodziarki absorpcyjnej i chłodziarki sprężarkowej, których zadaniem jest produkcja wody lodowej do klimatyzowania sali wykładowej. Porównania dokonano na podstawie obliczenia efektów eksploatacyjnych obydwu systemów oraz efektów środowiskowych realizowanego procesu chłodzenia. Do oceny efektów eksploatacyjnych wyznaczono zapotrzebowanie na energię zasilającą, niezbędną do uzyskania wymaganej wydajności chłodniczej. Oceny środowiskowej dokonano na podstawie obliczenia całkowitego śladu węglowego dla procesu chłodzenia w oparciu o wskaźniki emisji bezpośrednich [9].

5.1. Zapotrzebowanie na moc chłodniczą

Pomieszczenie sali wykładowej ma powierzchnię 140 m^2 i kubaturę 560 m^3 . W Sali wykładowej konieczność obniżenia temperatury powietrza wewnętrznego występuje od kwietnia do września, w godzinach jej użytkowania, czyli od 8:00 do 16:00. Całkowite roczne zapotrzebowanie na moc chłodniczą wynosi $51,7 \text{ MWh}$.

5.2. Chłodziarka absorpcyjna

Do obliczeń przyjęto próżniowe kolektory słoneczne o powierzchni absorbera 3 m^2 , skierowane na południe. Obliczenia wymaganej powierzchni całkowitej kolektorów słonecznych przeprowadzono według wzoru (1) [20] dla maksymalnej wartości mocy chłodniczej $Q_{\text{warnik}} = 38,9 \text{ kW}$, natężenia promieniowania słonecznego $I_s = 800 \text{ W/m}^2$,

sprawność kolektorów słonecznych $\eta_{sol} = 0,75$. Wymagana powierzchnię kolektorów próżniowych została ustalona na 66 m^2 .

$$A = \frac{Q_{wamnik}}{\eta_{sol} \cdot I_s} \quad [\text{m}^2] \quad (1)$$

gdzie:

Q_{wamnik} – wydajność cieplna wamnika, kW

I_s – natężenie promieniowania słonecznego, W/m^2

η_{sol} – średnia sprawność kolektora słonecznego.

Do wyznaczenia mocy cieplnej próżniowych kolektorów słonecznych wykorzystany został program GetSolar. Moc chłodnicza uzyskana z chłodziarki absorpcyjnej została obliczona przy założeniu, że jej współczynnik wydajności chłodniczej COP jest stały i wynosi 0,7.

Założono, że niedobory mocy są rekompensowane dzięki zastosowaniu grzałki elektrycznej dogrzewającej czynnik zasilający agregat absorpcyjny.

5.2. Chłodziarka sprężarkowa

System absorpcyjny porównani z systemem sprężarkowym, którego współczynnik wydajności chłodniczej wynosi 2,5.

6. Wyniki

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń ustalone zostały wyniki pracy chłodziarki absorpcyjnej. Niedobory mocy chłodniczej przedstawione zostały w tabeli 3.

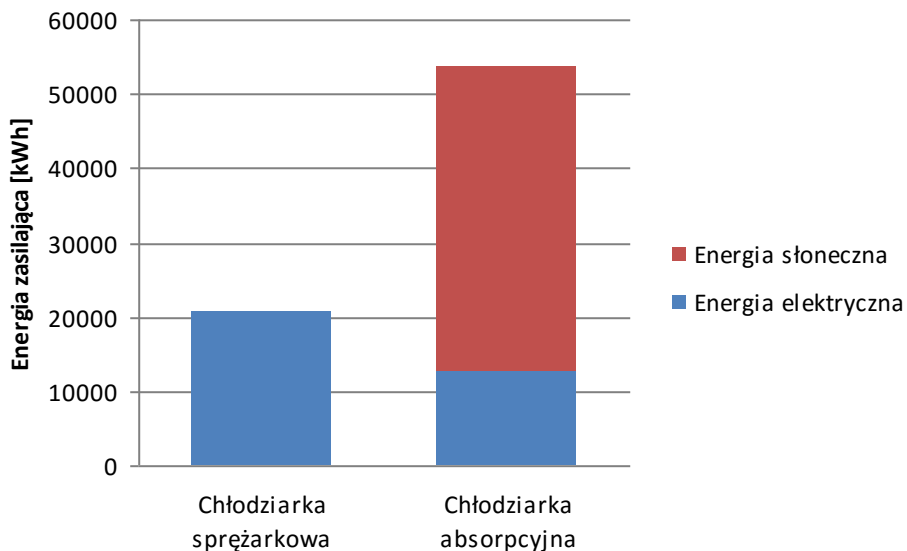
W godzinach porannych i popołudniowych niedobory mocy chłodniczej są większe, ze względu na mniejsze wartości natężenia promieniowania słonecznego. Najlepsze wyniki chłodzenia uzyskuje się w godzinach południowych.

Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowanie chłodziarki absorpcyjnej współpracującej z 22 kolektorami pozwoli pokryć 82% całkowitego zapotrzebowania na moc chłodniczą (co oznacza, że niedobór mocy kształtuje się poziomie 18%). Uzyskane wyniki są wyższe od danych przedstawionych w literaturze.

Tabela 3. Niedobór mocy chłodniczej [w kW] (opracowanie własne)**Table 3.** Lack of the cooling Power [in kW] (author's own work)

miesiąc	godzina								
	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
kwiecień	12,9	1,8	0	0	0	0	0	13	22,7
maj	16,8	10,5	5,5	0,5	0	0	0,6	16,2	22,2
czerwiec	19,5	6,4	0,7	3,8	1,9	0	1,8	16,5	25,9
lipiec	21,4	8,1	3,2	5	3,1	0	1,6	16,5	25,9
sierpień	19,2	8,5	4,5	6,1	4	0	2,6	18,5	27,2
wrzesień	11,2	1,7	3,9	5,6	5,3	1,2	3,7	18,5	31

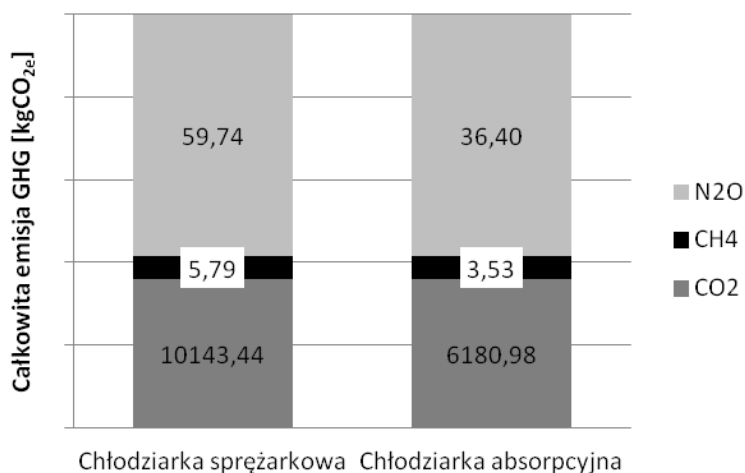
Zapotrzebowanie na energię zasilającą dla urządzenia absorpcyjnego i sprężarkowego, związane z fazą eksploatacyjną, zostało przedstawione na rysunku 1.

**Rys. 1.** Zapotrzebowanie na energię zasilającą od kwietnia do września (opracowanie własne)**Fig. 1.** Cooling demand from April to September (author's own work)

Chłodziarka absorpcyjna wymaga większej energii zasilającej co wynika z niższej wartości współczynnika wydajności chłodniczej. Zapotrzebowanie na energię elektryczną, wynikające z konieczności zasilenia

pompy absorbentu i dogrzania czynnika zasilającego wężownik, jest jednak mniejsze niż dla chłodziarki sprężarkowej. Ostatecznie zapotrzebowanie na energię elektryczną dla chłodziarki sprężarkowej i absorpcyjnej wynosi kolejno 20 671 kWh i 12 596 kWh.

Efekty środowiskowe, związane z fazą eksploatacyjną, zostały przedstawione na rysunku 2.



Rys. 2. Udział poszczególnych gazów cieplarnianych w emisji całkowitej w fazie użytkowej (opracowanie własne)

Fig. 2. Share of individual gases in total GHG emission from operation phase (author's own work)

Ze względu na fakt, że chłodziarka sprężarkowa zużywa więcej energii elektrycznej, faza użytkowa tego urządzenia będzie generować większą emisję gazów cieplarnianych (GHG) wynoszącą 10 209 kgCO_{2e}. Faza użytkowa chłodziarki absorpcyjnej będzie wiązać się z emisją GHG na poziomie 6 221 kg CO_{2e}.

6. Podsumowanie

Chłodziarki absorpcyjne zasilanie energią cieplną uzyskaną na drodze konwersji termicznej z energii promieniowania słonecznego mogą być alternatywą dla tradycyjnych chłodziarek sprężarkowych. Oparcie na odnawialnym źródle energii przyczynia się do ograniczenia zużycia sieciowej energii elektrycznej, a poprzez to do zmniejszenia tempa zużywa-

nia tradycyjnych nośników energii. Jest to zgodne z koncepcją rozwoju zrównoważonego.

Główny problem ekonomiczny to wyższy koszt instalacji systemu absorpcyjnego, jednak jest on rekompensowany znaczącymi oszczędnościami, które mają miejsce w okresie eksploatacji. Kluczowe znaczenia ma tu także kwestie zapewnienia dodatkowego zasilania, w czasie niewystarczających zysków solarnych.

Ponadto warto wskazać na możliwość rozwoju tej technologii. Możliwe jest rozszerzenie instalacji solarnej, tak aby obejmowała ona nie tylko kolektory, ale także fotoogniwa. Umożliwiłyby to stworzenie zrównoważonej instalacji, całkowicie zasilanej energią słoneczną.

W przyszłości przewiduje się przeprowadzenie analizy całościowej, uwzględniającej wszystkie niezbędne urządzenia i elementy prezentowanych układów, poszerzoną dodatkowo o fazę produkcji oraz utylizacji.

Literatura

1. **Ali A. H. H., Noeres P., Pollerberg C.:** *Performance assessment of an integrated free cooling and solar powered single-effect lithium bromide-water absorption chiller*. Solar Energy, Nr 11, Tom 82, 1021–1030 (2008).
2. **Bermejo P., Pino F.J., Rosa F.:** *Solar absorption cooling plant in Seville*. Solar Energy, Nr 8, Tom 84, 1503–1512 (2010).
3. **Boyle G.:** *Renewable Energy: Power for Sustainable Future*. The Open University and Oxford University, Oxford, 1996.
4. **Cholewa T., Pawłowski A.:** *Zrównoważone użytkowanie energii w sektorze komunalnym*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 1165–1178 (2009).
5. **Cholewa T., Siuta-Olcha A.:** *Energetyka – dziś i jutro*. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska Vol. 67, Komitet Inżynierii Środowiska, Lublin, 2010.
6. Europe's Energy Portal: <http://www.energy.eu>.
7. **Florides G.A., Kalogirou S.A., Tassout S.A., Wrobel L.C.:** *Modelling, simulation and warming impact assessment of a domestic-size absorption solar cooling system*. Applied Thermal Engineering, Nr 12, Tom 21, 1313–1325 (2002).
8. **Gawłowski S., Listowska-Gawłowska R., Piecuch T.:** *Uwarunkowania i prognoza bezpieczeństwa energetycznego Polski na lata 2010–2110*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 12, 127–176 (2010).
9. Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting 2012

10. **GUS:** *Ochrona Środowiska 2010*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010.
11. **Henning H.-M.:** *Solar assisted air conditioning of buildings – an overview*. Applied Heat Engineering, Nr 10, Tom 27, 1734–1749 (2010).
12. **Mazloumi M., Naghashzadegan M., Javaherdeh K.:** *Simulation of solar lithium bromide – water absorption cooling system with parabolic trough collector*. Energy Conversion and Management, Nr 10, Tom 49, 2820–2832 (2008).
13. **Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A.:** *Gospodarka pierwotnymi nośnikami energii w ochronie środowiska przyrodniczego*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 103–131 (2009).
14. **Pawłowski A., Pawłowski L.:** *Zrównoważony rozwój we współczesnej cywilizacji. Część I. Środowisko a zrównoważony rozwój*. w: Problemy ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Nr 1, Tom 3, 53–65 (2008).
15. **Pawłowski A.:** *How Many Dimensions Does Sustainable Development Have?*. Sustainable Development, Nr 2, Tom 16, 81–90 (2008).
16. **Pawłowski A.:** *Teoretyczne uwarunkowania rozwoju zrównoważonego*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 985–994 (2009).
17. **Pelech A.:** *Wentylacja i klimatyzacja – podstawy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2008.
18. **Różycka E.:** *Analiza opłacalności niekonwencjonalnych źródeł energii w projektowanym budynku jednorodzinym, Kolektory słoneczne, pompy ciepła*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 1353–1371 (2009).
19. **Rusowicz A.:** *Tendencje rozwojowe urządzeń chłodniczych absorpcyjnych*. XXXIX konferencja Naukowo-Techniczna „Dni Chłodnictwa”, Poznań, 283–290 (2007).
20. **Sikorska-Bączek R.:** *Wykorzystanie energii solarnej do zasilania ziębiarki absorpcyjnej*. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, Nr 11, 67–68 (2007).
21. **Syed A., Izquierdo M., Rodriguez P., Maidment G., Missenden J., Lecuona A., Tozer R.:** *A novel experimental investigation of a solar cooling system in Madrid*. International Journal of Refrigeration, Nr 6, Tom 28, 859–871 (2005).
22. **WCED:** *Our Common Future, The Report of the World Commission on Environment and Development*, Oxford University Press, Nowy Jork, 1987.
23. **Zalewski W.:** *Systemy i urządzenia chłodnicze*, Kraków, 2010.
24. **Żelazna A., Pawłowski A.:** *Korzyści środowiskowe z wykorzystania systemów solarnych na przykładzie budynku jednorodzinnego*. Proceedings of ECOpole, Vol. 5(2), 649–654 (2011).

Absorption Chillers in Solar Cooling Systems as an Example of Modern Technology for Sustainable Development

Abstract

The growing demand for electricity and declining fossil fuel resources reduce the availability of energy for the future generations, which is a major threat in the context of sustainable development principle. Currently in Europe more than 50% of electricity comes from coal burning thermal plants. According to data from Europe's Energy Portal such a rapid exploitation of this energy carrier may cause that it will not be available approximately after 2140. Because of this situation, the duty of the present generation is to improve efficiency of energy use and energy production and to enhance the contribution of alternative sources in general energy demand. This is compliant with the sustainable development principle.

According to some researcher a huge potential is in field of cooling generation. About 95% of all installed cooling devices are traditional compressor chillers, which are powered by electricity.

In this situation absorption chillers appear to be a good alternative. They are thermally activated appliance powered by heat. That's create a great opportunity to use energy from renewable resources or waste heat from technological processes. Absorption chillers may cooperate with many heat sources. One of the possibility is the creation of solar cooling system powered by solar energy. In this kind of system absorption device use hot water from solar collectors to initiate refrigeration cycle. It is a very interesting solution, because the biggest cooling demand occurs at the same time as the highest solar radiation is available. Moreover, the sun is the biggest source of energy on the Earth.

In terms of solar radiation intensity Poland has quite good conditions. The amount of light received every year is between 950–1250kWh/m². And about 80% of this value accounts for the warm period of the year from April to September.

Absorption chillers has much lower coefficient of performance (COP=0,6–1,2) comparing to compressors chillers (COP=3–5). But they consume much less electricity, which is one of the biggest advantages of this technology.

In this paper evaluation and comparison of absorption and compressor chillers used for chilled water production for air conditioning purpose are presented. In case of solar absorption cooling, solar energy contribution to cover energy demand is more than 80%. Operation phase of absorption chiller appears to consume less electrical energy (12 596 kWh) than compressor chiller (20 671 kWh), thus the total GHG emission is associated with this unit and is 6 221 kg CO₂e for absorption chiller and 10 209 kgCO₂e for compressor chiller.