

## Chłodzenie budynku oparte na odnawialnym źródle energii

Mgr inż. Radosław Ruciński

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Dolne źródło ciepła w postaci studni głębinowych jest bardzo dobrym i skutecznym źródłem energii, zarówno do przemieszczania ciepła od pomp ciepła, jak również pozyskania ciepła do układów chłodzenia, w tym w klimatyzacji. Cechuje się ono stabilnym poziomem temperatur i po analizie poziomu wodonośnego wydatkiem. Aspekt ekologiczny wykorzystania dolnego źródła ciepła prowadzi do wykorzystania odnawialnego źródła ciepła zawartego w postaci poziomu wodonośnego i gruntu o dużej pojemności cieplnej.

Stosowane układy klimatyzacyjne opierają się na małych jednostkach freonowych oraz o większych mocach chillerach, chłodzonych wodą (np. VRV) lub powietrzem oraz różnym bilansie mocy pobranej (elektrycznej) do uzyskanej mocy chłodniczej określanej jako EER. Parametr ESEER używany przy określaniu charakterystyk energetycznych dla tych urządzeń określa charakterystykę pracy przy różnych obciążeniach cieplnych systemu odpowiednio 100%, 75%, 50% oraz 25%, jako średnią ważoną z wskaźników EER dla różnych obciążeń cieplnych.

$$ESEER = A \cdot EER_{100\%} + B \cdot EER_{75\%} + C \cdot EER_{50\%} + D \cdot EER_{25\%}$$

gdzie:

$$A = 0,03,$$

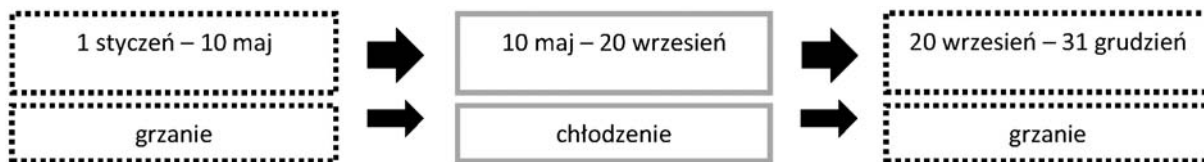
$$B = 0,33,$$

$$C = 0,41,$$

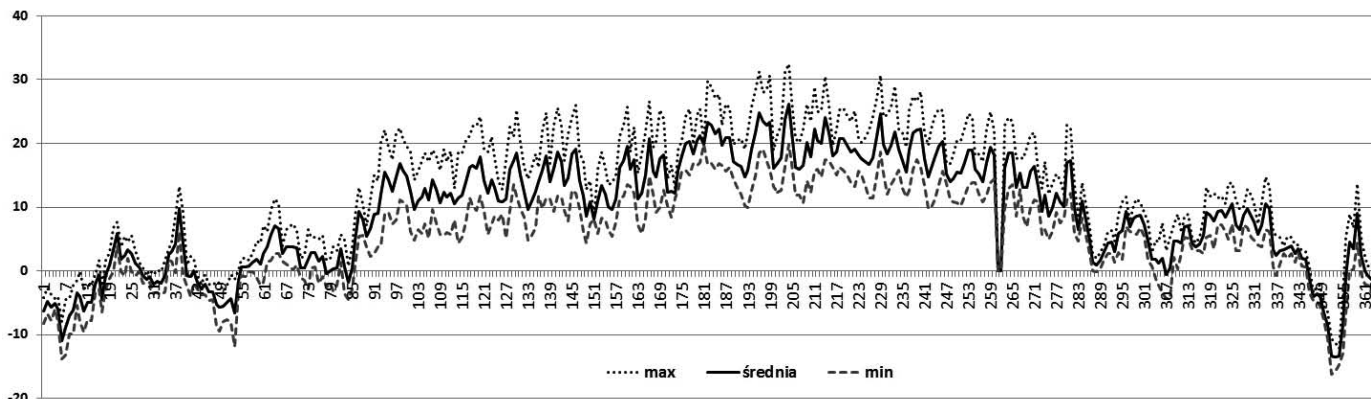
$$D = 0,23.$$

Projektowanie instalacji grzania i chłodzenia budynku mieści się w okresach 20 września – 10 maja, zgodnie z rys. 1. Rozszerzane według warunków szczególnych funkcji budynków, użytkownika lub temperatury występujące w danej lokalizacji przedstawiono na rys. 2.

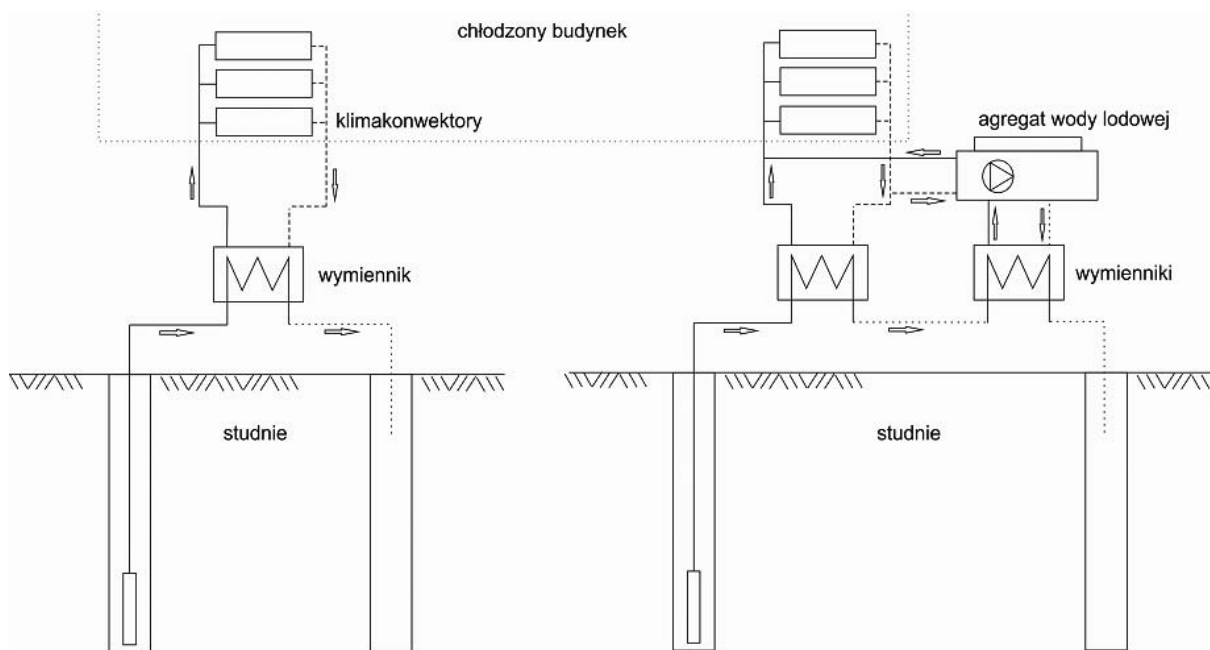
Czynnikiem chłodzącym w instalacji klimatyzacji jest woda lub freon (oraz inne czynniki ekologiczne lub równoważne fizycznie) w układach z bezpośrednim odparowaniem czynnika. Chłodzenie skraplaczy odbywa się powietrzem lub wodą (glikolem, solanką) zależnie od przyjętego rozwiązania. Pomija się stosowanie dolnego źródła ciepła (chłodu) jako bezpośredniego czynnika chłodzącego, pomimo że poziomy wodonośny cechują



Rys. 1. Obliczeniowe okresy grzewcze i chłodzenia budynków



Rys. 2. Temperatury dobowe dla miejscowości Zabrze, 2009 r.



Rys. 3. Schemat ujęcia wody do celów chłodniczych

się stabilnym poziomem temperatur w przedziale  $7 \div 12^{\circ}\text{C}$  (zależnie od lokalizacji i głębokości). Poniżej 6 m p.p.t. przyjmuje się średnią temperaturę  $10^{\circ}\text{C}$ . Wydatki  $20 \div 30 \text{ m}^3$  przy stosowaniu par studni (czerpalna/chłonna) można uznać za normalnie osiągalne.

Należy pamiętać o ograniczeniach w postaci występowania obszarów ochrony ujęć, co jest istotnym ograniczeniem, jednakże rozdzielanie obiegów z separatorem w postaci wymienników lub sprzęgła oraz poboru z innych poziomów wodonośnych pozwala na większą dostępność stosowania wody gruntowej jako bezpośredniego źródła chłodu.

Pobierana woda po oddaniu ciepła na wymiennikach (rys. 3) może być wtłaczana z powrotem do gruntu lub wykorzystana ponownie do chłodzenia skraplacza agregatu wody lodowej. Podnosi jednocześnie sprawność urządzenia ze względu na stabilne i niskie temperatury (około  $16^{\circ}\text{C}$ ) wody chłodzącej. Użytkujemy także dwa obiegi o parametrach  $10/16^{\circ}\text{C}$  dla pierwszego stopnia chłodzenia i  $16/35^{\circ}\text{C}$  dla chłodzenia agregatu wody lodowej.

Sposób wykorzystania dolnego źródła chłodu przeanalizowano na przykładzie budynku biurowego o stałym zapotrzebowaniu na chłód na poziomie  $80 \text{ kW}$  (dla urządzeń technicz-

Tabl. 1. Urządzenia do celów chłodzenia

Nr	Urządzenie	Rodzaj	Rodzaj	[kW chl.]	[kWe]	EER	[kWh/rok]
1	chiller	powietrzny		500	204	2,45	787 668
2	chiller	powietrzny		319	141	2,26	412 848
3	chiller	wodny	typowy	554	159,2	3,48	554 775
4	chiller	wodny	TurboCore	550	107	5,14	375 582
5	chiller	wodny	TurboCore	320	65,1	4,91	190 613
6	studnia	zima		180	7,5		16 960
7	studnia	lato		180	7,5		27 540
8	drycooler			507	11,4		33 379
9	drycooler			122	1,63		14 279
10	chiller	powietrzny		78,9	29	2,72	254 040
11	chiller	wodny		81	19,2	4,22	371 102
12	chiller	wodny	typowy	350	69,3	4,62	202 910

Tabl. 2. Zapotrzebowanie na energię elektryczną dla wariantów urządzeń [kWh/rok]

Opcja	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
1 = 787 668	24 284	21 934	24 284	23 501	65 411	146 880	151 776	151 776	105 754	24 284	23 501	24 284
3+8+9 = 602 433	18 317	16 544	18 317	17 726	50 019	112 833	116 594	116 594	81 131	18 317	17 726	18 317
4+8+9 = 423 240	12 792	11 554	12 792	12 379	35 138	79 418	82 065	82 065	57 072	12 792	12 379	12 792
3+7 = 599 275	19 584	17 689	19 584	18 952	51 650	108 851	112 480	112 480	79 885	19 584	18 952	19 584
4+7 = 420 082	14 059	12 699	14 059	13 606	36 770	75 436	77 951	77 951	55 826	14 059	13 606	14 059
5+7 = 235 113	2 480	2 240	2 480	2 400	21 204	52 272	54 014	54 014	36 648	2 480	2 400	2 480
2+7 = 457 348	2 480	2 240	2 480	2 400	39 420	106 920	110 484	110 484	73 080	2 480	2 400	2 480
2+10 = 666 888	21 576	19 488	21 576	20 880	55 416	122 400	126 480	126 480	88 560	21 576	20 880	21 576
5+11+8+9 = 609 373	22 789	20 583	22 789	22 054	41 149	77 134	79 705	79 705	58 774	22 789	22 054	22 789
12+7 = 247 410	2 480	2 240	2 480	2 400	22 212	55 296	57 139	57 139	38 664	2 480	2 400	2 480

nych) oraz 420 kW na cele chłodzenia powierzchni użytkowej (4000 m<sup>2</sup>), łącznie 500 kW mocy szczytowej. Przyjęto urządzenia (tabl. 1) dla pełnego zapotrzebowania na moc 500 kW i pracy całorocznej oraz do rozdzielania zapotrzebowania na zimowy pobór mocy 80 kW i letni 420 kW. Uwzględniono również pracę ze zmniejszoną mocą według chwilowego zapotrzebowania.

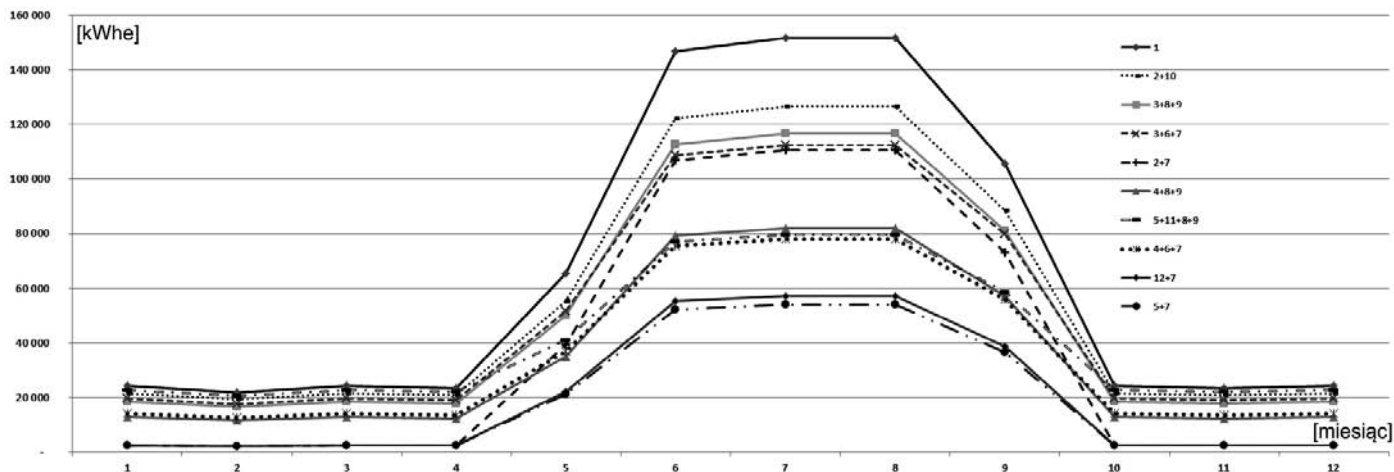
Zapotrzebowanie na moc chłodniczą analizowanego budynku jest stała we wszystkich wariantach stosowanych urządzeń (rys. 4) około 30 m<sup>3</sup>/h ( $H = 50$  m) o temperaturze pracy 10/16°C. Urządzenie w połączeniu z agregatem wody lodowej (chiller) chłodzonym wodą generuje najniższe zapotrzebowanie na energię elektryczną w wysokości 235 133 kWh/rok (dla agregatu ze sprężarką typu TurboCore) oraz 247 410 kWh/rok (typowa) wobec chillerów chłodzonych powietrzem w postaci jednego urządzenia 787 668 kWh/rok i rozdzielonych układów 666 888 kWh/rok. Stosowanie agregatów chłodzonych

wodą w systemie z drycoolerni i studnią nie przedstawia się aż tak korzystnie i wynosi 602 433 kWh/rok (typowy) oraz 423 240 kWh/rok (TurboCore), wobec opcji z ujęciem głębinowym 599 275 kWh/rok (typowy) i 420 082 kWh/rok. Rozdzielne układy agregatów z drycoolerni generują 609 373 kWh/rok zapotrzebowania na energię elektryczną.

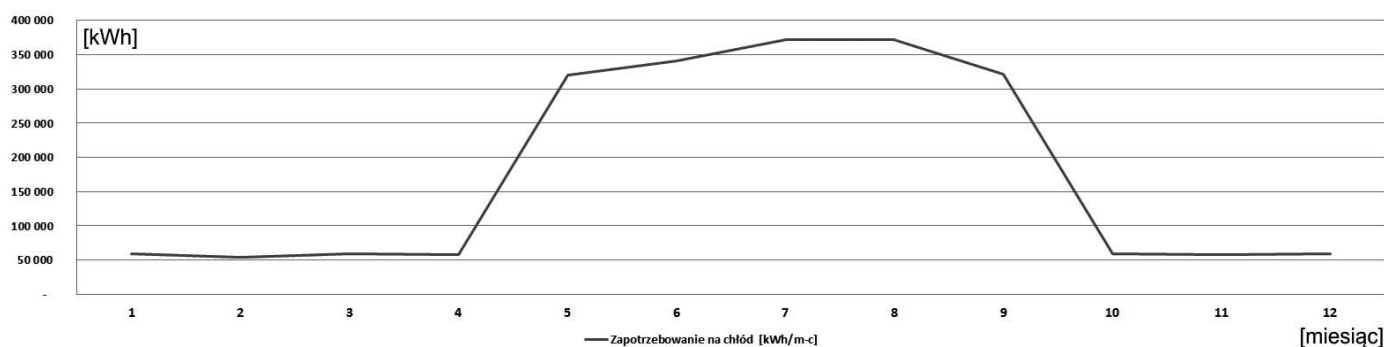
Szczegółowe zestawienia zapotrzebowania w poszczególnych miesiącach zawarte są w tabl. 2 i przedstawione na rys. 4 i 5.

## PODSUMOWANIE

1. W budynkach z zapotrzebowaniem na chłód w okresie zimowym (20 września – 10 maja) na niskim poziomie



Rys. 4. Zapotrzebowanie na energię elektryczną dla różnych wariantów urządzeń



Rys. 5. Wykres zapotrzebowania na chłód analizowanego budynku

i szczytowym w okresie letnim należy stosować rozdzielne układy.

2. Ujęcie głębinowe (44 500 kWh/rok) i Drycooler (47 658 kWh/rok) mają zbliżone zapotrzebowanie na energię elektryczną, z przewagą dla wody gruntowej przez stały parametr temperatury, niezależnie od warunków pogodowych i pory roku.
3. Zastosowanie ujęcia głębinowego wody [2] o stałych parametrach termicznych znacząco poprawia bilans energetyczny (EER = 24), a wykorzystanie jej do chłodzenia jest wskazane nowymi wytycznymi Dyrektywy 2010/31/UE Parlamentu Europejskiego [1] i dążenie od 2020 r. do budowania obiektów o niemal zerowym zapotrzebowaniu.
4. Zastosowanie agregatów wody lodowej ze sprężarką rodzaju TurboCore jest mało uzasadnione, ponieważ w rozpatrywanym przypadku uzyskuje się 12 277 kWh dla opcji 320 kW urządzeń i 179 193 kWh dla 500 kW. Różnica kosztów urządzeń [3] o mocy 500 kW jest w kwocie 201 633 PLN co da okres zwrotu 3 sezonów (2,25 roku) przy koszcie prądu 0,5 PLN/kWh.
5. Zwiększanie sprawności ujęcia przez podwójne wykorzystanie wody w obiegach 10/16 i 16/35°C generuje

spadek zapotrzebowania na prąd o 184 969 kWh oraz mniejszy koszt inwestycyjny na agregat.

6. Podczas badań geotechnicznych w celu określenia warunków posadowienia budynku powinno się wykonać 1 otwór do określenia poziomu i wydajności warstw wodonośnych. Koszt badania i uzysku eksploatacyjnego w najmniej korzystnym miesiącu daje oszczędności 11 758 kWh/miesiąc (rocznie około 100 000 kWh).
7. Istnieje konieczność uzyskania pozwolenia wodno-prawnego oraz analizy wpływu na sąsiadujące nieruchomości.

#### LITERATURA

1. Dyrektywa 2010/31/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona).
2. Godzisz S., Milczanowski K., Kłaper J., Gawron Z., Winogradski G., Jaworski J.: Patent „Sposób wykorzystania wód gruntowych do chłodzenia urządzeń technologicznych i klimatyzacyjnych oraz układ urządzeń do stosowania tego sposobu”, Kraków PATENT 201114 MKP-F, 2009.
3. Oferta handlowa: Daikin EWAD 640 FZXS (TurboCore), Carrier 30XW-V0630 (typowa).