



WOJEWÓDZKI FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ
W GDAŃSKU



Ministerstwo
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

DOFINANSOWANE ZE ŚRODKÓW WOJEWÓDZKIEGO FUNDUSZU OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ
W GDAŃSKU ORAZ NARODOWEGO FUNDUSZU OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ

Przedsięwzięcia przyczyniające się do zmniejszenia zużycia energii cieplnej w budynkach – termomodernizacja i modernizacja źródeł ciepła

Grzegorz Mizera

Sektor budownictwa w Polsce jest konsumentem ok. 40% energii końcowej i ze względu na politykę Unii Europejskiej stoi przed wyzwaniem znacznego zwiększenia efektywności energetycznej. W 2018 r. przywódcy UE podjęli decyzję o zmniejszeniu rocznego zużycia energii w Unii o 32,5% do 2030 r. zaś w marcu 2023 r. cele w zakresie ograniczenia zużycia energii pierwotnej i końcowej zwiększono do odpowiednio 38% i 40,5% do 2030 r.[1].

Produkcja ciepła i klimatyzacja to główne kierunki zużycia energii w budynkach mieszkalnych. Choć strategie i działania mające na celu zmniejszenie zużycia energii cieplnej różnią się w sposób zasadniczy dla obszarów gęsto i słabiej zaludnionych, są też działania wspólne dla wszystkich budynków, m.in. termomodernizacja i efektywna klimatyzacja. Niemniej, sektor ciepłowniczy posiada rozwiązania specyficzne dla gęsto zaludnionych obszarów miejskich (tzw. ciepło systemowe) oraz obszarów wiejskich o niskiej gęstości zaludnienia (rozwiązania indywidualne: małe pompy ciepła oraz piece na biomasę oraz paliwa kopalne). Na obszarach małych miejscowości stosowane są rozwiązania hybrydowe - połączenie rozwiązań systemowych z indywidualnymi. Przykłady dobrych praktyk odnośnie ww rozwiązań przedstawiono w kolejnych rozdziałach.

1. Ciepło systemowe

Sieci ciepłownicze (SC) uległy znaczącej zmianie od czasów SC 1 Generacji (z końca XIX w.) (opartych na medium parowym i węgla jako paliwo) do coraz szerzej wprowadzanych sieci niskotemperaturowych (NSC) 4 generacji (zasilanych ciepłem o temperaturze od 20 –70°C), ograniczających straty przesyłu, emisję gazów cieplarnianych i koszt ciepła.

Przykładem NSC 4 Gen., jest sieć w duńskiej miejscowości Albertslund (28 000 mieszkańców, zajmująca obszar 23 km²) zlokalizowanej na peryferiach Metropolii Kopenhaga. W latach 80. ubiegłego wieku charakteryzowała się dużym poziomem bezrobocia oraz wieloma niezaspokojonymi potrzebami i problemami społecznymi. Niemal połowa budownictwa to mieszkania komunalne zbudowane w latach 60. i 70. poprzedniego wieku. Wiele z nich wymagało gruntownej modernizacji (patrz Rys. 1). W latach 80. lokalni politycy postanowili opracować plan rewitalizacji regionu, uwzględniając zmiany klimatyczne, aspekty socjalne i środowiskowe. Gmina ogrzewana jest ciepłem systemowym dostarczanym z ciepłowni i

układów kogeneracyjnych, wykorzystujących m.in. odpady komunalne. Nowy SEAP przewiduje, że w 2025 r. miasto będzie miastem zero-emisyjnym w zakresie ciepła i energii elektrycznej po wprowadzeniu 4 generacji NSC oraz lepszym wykorzystaniu lokalnych źródeł energii (elektrowni wiatrowych oraz pomp ciepła).



Rys. 1. Budynki podlegające modernizacji. Źródło: Christian Oxenvad, Albertslund Municipality and District Heating Plant

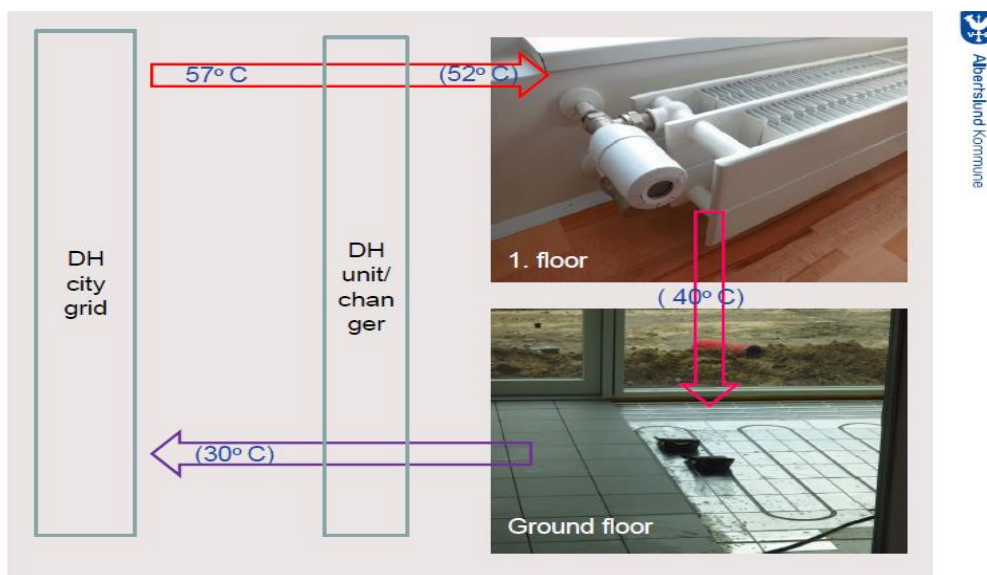


Rys. 2. Fasada budynku przed i po modernizacji. Źródło: Christian Oxenvad, Albertslund Municipality and District Heating Plant

Na początku przeprowadzono gruntowne prace związane z modernizacją mieszkań komunalnych. Projekt pilotażowy (największy w Danii i zakończony w roku 2015) objął 560 starych i zrujnowanych domów mieszkalnych (typu szeregowce). Renowacja domów (rys. 2)

objęła termomodernizację dachów, izolację ścian zewnętrznych i podpiwniczenia z zastosowaniem materiałów o wysokiej izolacyjności cieplnej ($\lambda = 0.020$).

Zastosowano kombinowany system ogrzewania podłogowego z dodatkowymi grzejnikami (2 lub 3 rzędownymi z wymuszonym przepływem powietrza). Miasto dostarcza do wymiennika domowego wodę sieciową o temperaturze zasilania 57°C (rys. 5). Grzejniki są zasilane temperaturą $t_z = 52^{\circ}\text{C}$, a system podłogowy $t_z = 40^{\circ}\text{C}$. Temperatura na powrocie wynosi $t_p = 30^{\circ}\text{C}$ – spadek temperatury w układzie domowym 27°C .



Rys. 3. Schemat ogrzewania zmodernizowanych domów w Albertslund. Źródło: Christian Oxenvad, Albertslund Municipality and District Heating Plant

Ilość wykorzystanego ciepła oraz jego koszty spadły o 50%, co umożliwia mieszkańcom spłacanie kredytu zaciągniętego na renowację z oszczędności eksploatacyjnych - mniejsze rachunki za ciepło.

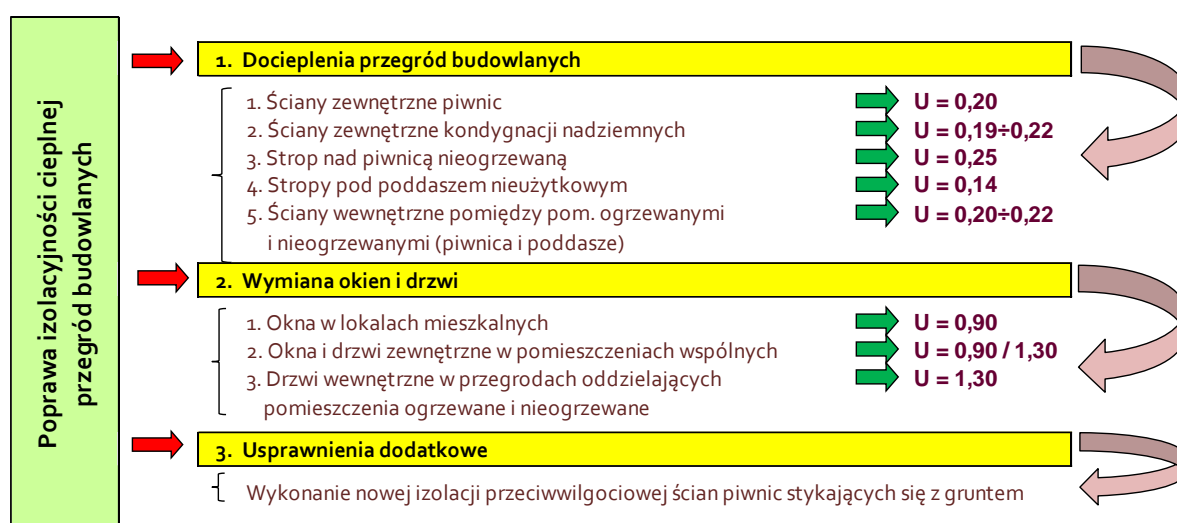
Interesujący przykład termomodernizacji osiedla w Polsce dotyczy miejscowości Jabłoń we wschodniej Polsce z pałacem Zamojskich. Celem projektu była dekarbonizacja oraz zwiększenie sprawności SC na osiedlu składającym się z 4 wielorodzinnych budynków z 22 mieszkaniami o powierzchni 1733 m². Podjęto działania mające na celu dogłębną termomodernizację oraz wymianę źródeł ciepła, korzystając ze środków UE. Prace zakończono w 2020 r.

Termomodernizacja dotyczyła ocieplenia ścian i stropów, wymiany okien i drzwi oraz wymiana izolacji przeciw wilgotnościowej ścian piwnic. Osiągnięte współczynniki przenikania ciepła przedstawiono w Tabeli 1.



Rys.4. Ogólny widok domów przed modernizacją. Źródło: T. Żurek – IMP PAN Gdańsk

Tabela 1. Zakres prac termomodernizacyjnych oraz osiągnięte współczynniki przenikania ciepła. Źródło: T. Żurek – IMP PAN Gdańsk



Przed modernizacją osiedle korzystało w kotłowni z kotłem na węgiel o mocy 150 kW (HEITZ MAX EKO 150). Osiedlowa kotłownia była eksploatowana jedynie w okresie grzewczym, latem cwu przygotowywano za pomocą podgrzewaczy elektrycznych. Modernizacja kotłowni polegała na wymianie kotła węglowego na dwie pompy ciepła o mocy 42,8 kW każda. Pompy są zasilane w części prądem wyprodukowanym przez 66 fotowoltaicznych modułów o mocy całkowitej 19.8 kW (ze względu na ograniczenia związane z ochroną zabytków nie można było umiejscowić większej ilości modułów od strony pałacu). W trakcie modernizacji wymieniono instalacje ciepłe w budynkach, w tym zaimplementowano centralny system cwu. Budynki zostały wyposażone system EMS.



Rys. 5. Budynki po modernizacji. Źródło: T. Żurek – IMP PAN Gdańsk

Tabela II. Efekty energetyczne i ekologiczne Źródło: T. Żurek – IMP PAN Gdańsk

Lp.	Nazwa	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji	Efekty (spadek) [%]
1	Zapotrzebowanie na energię użytkową	GJ/rok	811	432	47
		MWh/rok	225,2	120,1	
2	Zapotrzebowanie na energię końcową	GJ/rok	1 520	161	89
		MWh/rok	422,3	44,7	
3	Zapotrzebowanie na energię pierwotną	MWh/rok	496,7	61,7	88
4	Wskaźniki jednostkowe				
	a) energia użytkowa	kWh/(m ² rok)	154	82	47
	b) energia końcowa	kWh/(m ² rok)	289	31	89
	c) energia pierwotna	kWh/(m ² rok)	340	42	88
5	Wielkość emisji CO ₂	ton CO ₂ /rok	154	19	88
6	Produkcja energii elektrycznej w instalacji PV			20	MWh/rok
7	Stopień pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną dla pomp ciepła przez system PV			45	%
8	Udział OZE w pokryciu zapotrzebowania na ciepło			83	%

W efekcie wprowadzonych zmian energia końcowa zmalała o 89%, a emisje o 88%. Koszty ciepła dla mieszkańców zmalały o 76%, a prosty okres zwrotu wyniósł 4,6 lat po uwzględnieniu dotacji unijnej.

Tabela III Efekty ekonomiczne

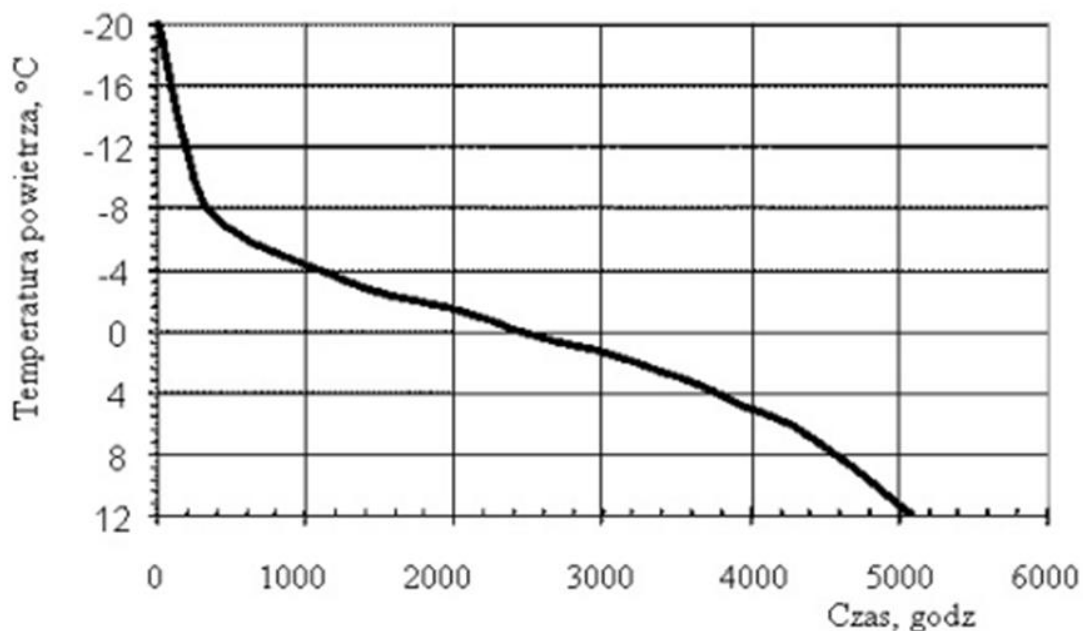
Lp.	Nazwa	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji	Efekty (spadek lub wzrost) [%]	
1	Koszty energii (ogrzewanie + ciepła woda)	zł/rok	69 972	16 923	↓ spadek	76
2	Koszty jednostkowe energii cieplnej	zł/ GJ	46,02	105,18	↑ wzrost	129
		zł/ m ²	47,92	11,59	↓ spadek	76

2. Rozwiązania indywidualne

W przypadku domów w zabudowie rozproszonej (wiejskiej i podmiejskiej) optymalny układ winien bazować na pompie ciepła (wraz z dobranym zasobnikiem ciepła) oraz modułach PV. Ważne by nie przewymiarować pompy ciepła, bo częste załączanie i wyłączanie systemu na ogół obniża sprawność oraz trwałość pompy. Inną opcją jest dobrany kominek z płaszczem wodnym bądź piec zasilany biomasą. Jednak w pierwszym przypadku rodzina poza ciepłem będzie mogła korzystać z energii. Ponadto w przypadku wyposażenia w kominek należy zastanowić się nad sposobem zaopatrzenia w cwu.

3. Pompy ciepła

Moc cieplna niezbędna do ogrzewania domów jest wprost proporcjonalna do temperatury zewnętrznej rys.6.

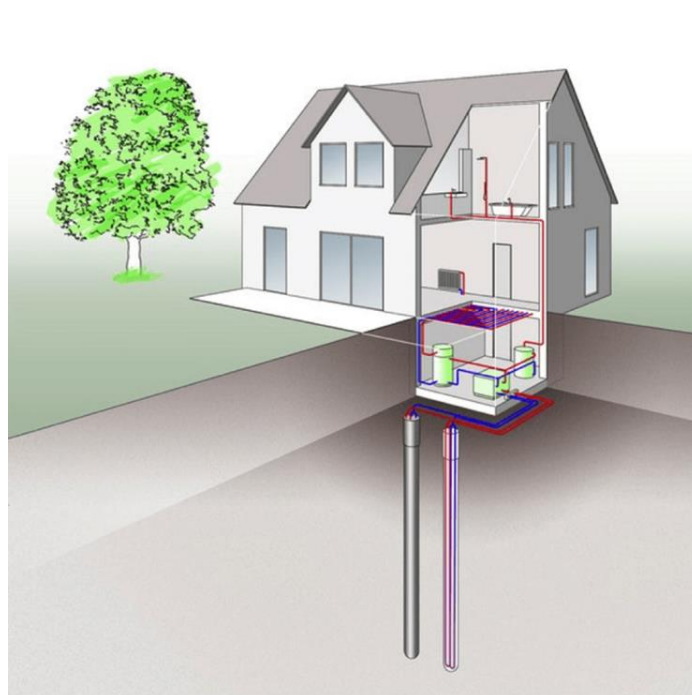


Rys. 6. Uszeregowany wykres temperatur zewnętrznych w trakcie sezonu grzewczego. Źródło G. Mizera „Ewolucja, nie rewolucja – nadzieje i zagrożenia związane z instalowaniem w Polsce powietrznych pomp ciepła” *Chłodnictwo & Klimatyzacja*” Nr 4/2023 .



Rys. 7. Pompa ciepła z gruntowym poziomym wymiennikiem ciepła.

<https://dimplex.pl/innovacyjne-grzanie-i-chlodzenie/>

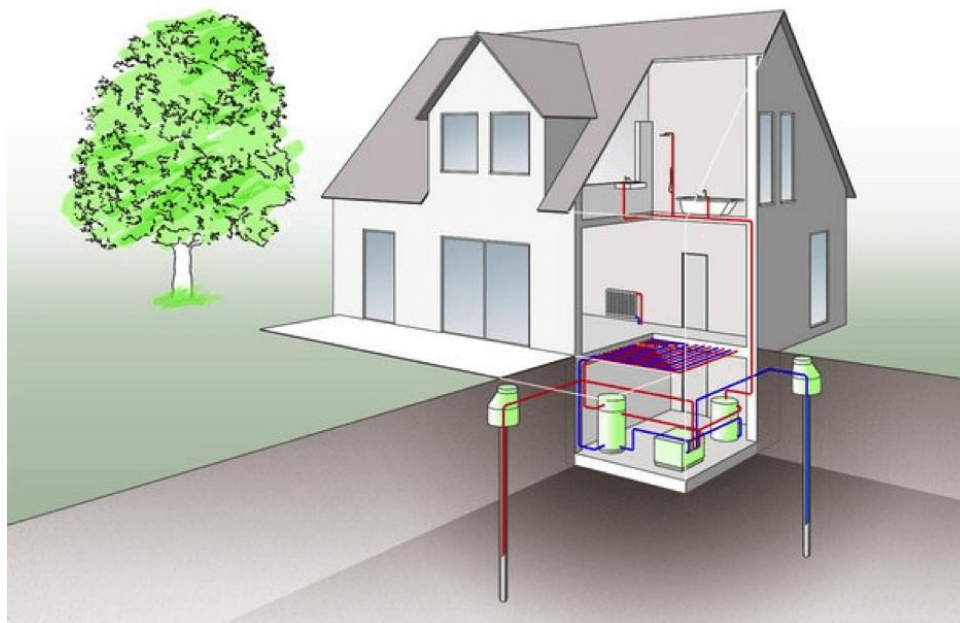


Rys. 8. Pompa ciepła z gruntowym pionowym wymiennikiem ciepła.

<https://dombezrachunkow.com/pompa-ciepła/dolne-zrodła-pompy-ciepła/>

Maksymalne zapotrzebowanie ciepła w porównaniu do średniego jest dwukrotnie większe, a okres zapotrzebowania na moc cieplną większą od średniej wynosi około 6-8 % okresu grzewczego. Dlatego rozwiązaniem racjonalnym z punktu widzenia technicznego jak i ekonomicznego jest zastosowanie rozwiązań biwalentnych (dwuźródłowych). Pompy ciepła, których dolnym źródłem są wymienniki gruntowe poziome (rys. 7), pionowe (rys. 8) lub wodne

(rys. 9) charakteryzują się stabilną wydajnością praktycznie niezależnie od temperatury zewnętrznej i stałymi wartościami współczynnika COP (współczynnikiem wydajności) określającym stosunek wydajności grzewczej do mocy elektrycznej pobieranej przez pompę ciepłą. Pompy gruntowe osiągają w praktyce wartość około 4, zaś wodne nawet około 5 dla niskotemperaturowych systemów grzewczych .

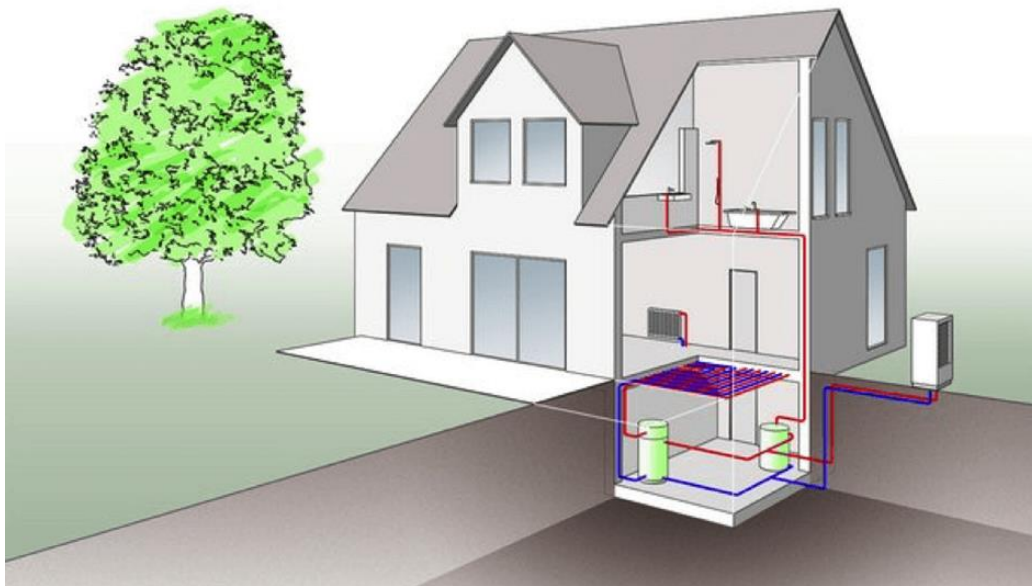


Rys. 9. Pompa ciepła z ciekłym wodnym jako dolnym źródłem ciepła.

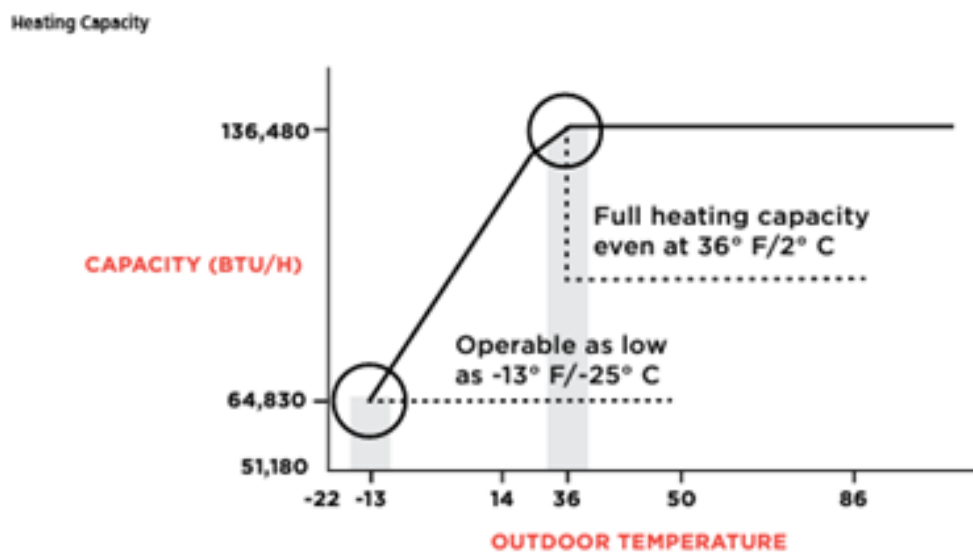
<https://dombezrachunkow.com/pompa-ciepla/dolne-zrodla-pompy-ciepla/>

Wydajność pomp ciepła, wykorzystujących jako dolne źródło ciepła powietrze zewnętrzne (rys. 10), spada wraz ze spadkiem temperatury zewnętrznej rys.11 i ich wydajność jest odwrotnie proporcjonalna do zapotrzebowania na ciepło. W praktyce przyjmuje się, że wartość COP powietrznej pompy ciepła w okresie sezonu grzewczego osiąga wartość 3 – 3,5.

Dlatego w okresie niskich temperatur zewnętrznych praktykuje się wspomaganie pracy gruntowych pomp ciepła z biwalentnego źródła lub całkowite zastąpienie pracy powietrznej pomp ciepła w okresie niskich temperatur poprzez dostarczanie ciepła z innego źródła. Takimi źródłami w warunkach polskich mogą być tradycyjne kotły pracujące na biomasę, kotły gazowe (przez tzw. okres przejściowy) kominki czy jak w krajach posiadających nowoczesne sieci energetyczne po prostu prądem elektrycznym.



Rys. 10. Pompa ciepła z powietrznym wymiennikiem ciepła jako dolne źródło ciepła.
<https://dombezrachunkow.com/pompa-ciepła/dolne-zrodla-pompy-ciepła/>



Rys. 11. Spadek wydajności grzewczej nowoczesnej powietrznej pompy ciepła w funkcji temperatury powietrza zewnętrznego produkcji Mitsubischi – Japonia.

Problem bezpieczeństwa „ogrzewalniczego” w warunkach polskich w przypadku instalowania powietrznych pomp ciepła został omówiony w artykule [4]. Pompy ciepła jak każde pompy mają tym większą wydajność im „tłoczą” na mniejszą wysokość podnoszenia (tu różnice temperatur dolnego i górnego źródła). Dlatego też zaleca się by do współpracy z pompą

ciepła stosować górne źródło ciepła wykorzystujące stosunkowo niskie temperatury grzewcze (ogrzewania podłogowe, ściennie czy sufitowe).

Problem wykorzystywania pomp ciepła do „produkcji” ciepłej wody użytkowej jest problemem całorocznym. W okresie wysokich temperatur letnich niektóre pompy ciepła współpracują z solarami, które w sposób bezpośredni ogrzewają c.w.u. W okresie wiosenno - jesiennym ogrzewanie wody przy pomocy powietrznej pompy ciepła jest od trzech do ponad pięciu razy bardziej efektywne niż przy pomocy tradycyjnych grzałek elektrycznych (COP = 3 – 5). Wraz ze spadkiem temperatury powietrza zewnętrznego może pojawić się problem z uzyskiwaniem odpowiednio wysokiej temperatury wody (50 °C).

W tych przypadkach i w celu wykonania wygrzania zbiornika z ciepłą wodą w celach zwalczania bakterii Legionelli (70.C przez 30 minut) najczęściej używa się w kotle dodatkowej grzałki elektrycznej. W przypadku modernizacji starszych budynków, gdy jest konieczność zasilania systemów grzewczych wodą o wysokiej temperaturze (70 – 90 °C) stosuje się nadkrytyczne pompy ciepła z CO₂ jako czynnikiem chłodniczym. Rozwiązania te ze względu na łatwość uzyskiwania wysokich temperatur, oraz ekologiczność stosowanego czynnika chłodniczego są coraz powszechniej stosowane.

Literatura

1. [Efektywność energetyczna | Noty tematyczne o Unii Europejskiej | Parlament Europejski \(europa.eu\)](https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pl/sheet/69/efficacite-energetique)
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pl/sheet/69/efficacite-energetique>
2. Christian Oxenvad, Albertslund Municipality and District Heating Plant,
https://www.imp.gda.pl/ee_cities/prezentacje/pierwszy/2_Christian_Oxenvad.pdf
3. Grzegorz Mizera. Ogrzewanie – można i tak. Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna, Nr 9-10/2019, s. 338
4. Grzegorz Mizera. Ewolucja, nie rewolucja – nadzieje i zagrożenia związane z instalowaniem w Polsce powietrznych pomp ciepła. Chłodnictwo & Klimatyzacja, Nr 4/2023.