

WYBRANE ASPEKTY POPRAWNEGO PROJEKTOWANIA INSTALACJI GRUNTOWYCH POMP CIEPŁA

Wprowadzenie

Instalacja pompy ciepła na rynku polskim jest dość drogą inwestycją, dlatego jej zastosowanie w danym obiekcie budowlanym powinna być poprzedzona analizą pod wzg. uwarunkowań energetycznych oraz środowiskowych. W analizie należy wziąć pod uwagę następujące czynniki [5][6][9]:

- zapotrzebowanie budynku na energię,
- warunki lokalne i środowiska naturalnego, pozwalające na dobór dolnego źródła ciepła,
- rynek energetyczny w chwili obecnej i założenia perspektywiczne - rodzaj dostępnych nośników ciepła - gazu, oleju opałowego, ciepła sieciowego oraz energii elektrycznej - pewność dostaw, ceny, bezpieczeństwo.

Istotny wpływ ma również stan lokalnej sieci dystrybucyjnej energii elektrycznej, dlatego warto przeprowadzić wywiad wśród sąsiadów zamieszkujących okolicę na temat ciągłości dostaw prądu. W miejscach, gdzie występuje ryzyko częstych przerw w dostawie energii elektrycznej, w analizie ekonomicznej należy uwzględnić wpływ rezerwowego źródła energii elektrycznej na ekonomikę całego przedsięwzięcia [8][9].

1. Zapotrzebowanie budynku na energię

Pierwszym etapem w projektowaniu instalacji pomp ciepła jest odpowiedni dobór mocy grzewczej pompy. W celu doboru źródła ciepła obliczeń dokonuje się wg specjalnych norm przewidzianych w danym kraju. W Polsce od 2006 roku obowiązuje norma PN-EN 12831. Procedura obliczeniową składa się z dwóch etapów, są to obliczenia dotyczące każdej przestrzeni w danym budynku i obliczeń odnoszących się do całego budynku.

1.1. I etap - obliczenia dla każdej wydzielonej przestrzeni w budynku

Na tym etapie możemy wyróżnić następujące działania niezbędnych obliczeń instalacji pompy ciepła:

- określenie wartości projektowanej temp. zewnętrznej oraz średniej rocznej temperatury zewnętrznej

¹ Inż. Mariusz Uba, MARTECH Mariusz Uba, ul. Berbersowa 1, 86-005 Białe Błota, tel.: 52 581 96 91, e-mail: martech77@wp.pl

- określenie statusu każdej przestrzeni oraz wartości projektowej temperatury wewnętrznej dla każdej przestrzeni ogrzewanej,
- określenie charakterystyk wymiarowych oraz cieplnych wszystkich elementów budynku dla przestrzeni ogrzewanych i nieogrzewanych,
- obliczenie wartości współczynnika projektowej straty ciepła przez przenikania i następnie projektowej straty ciepła przez przenikanie przestrzeni ogrzewanej,
- obliczenie wartości współczynnika projektowej wentylacyjnej straty ciepła i wentylacyjnej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej,
- obliczenie całkowitej projektowej straty ciepła
- obliczenie nadwyżki mocy cieplnej przestrzeni ogrzewanej, czyli dodatkowej mocy cieplnej, potrzebnej do skompensowania skutków przerw w ogrzewaniu,
- obliczenie całkowitego projektowego obciążenia cieplnego przestrzeni ogrzewanej.

1.2. II etap - obliczenia dla całego budynku

Po przeprowadzeniu powyżej wymienionych działań można obliczyć całkowite projektowe obciążenie cieplne budynku w celu doboru pompy ciepła. Wyróżniamy następujące obliczenia:

- obliczenie sumy projektowych strat ciepła przez przenikanie we wszystkich przestrzeniach ogrzewanych bez uwzględnienia ciepła wymienianego wewnątrz określonych granic instalacji,
- obliczenie sumy projektowych wentylacyjnych strat ciepła wszystkich przestrzeni ogrzewanych bez uwzględnienia ciepła wymienianego wewnątrz określonych granic instalacji,
- obliczenie całkowitej projektowej straty ciepła budynku,
- obliczenie całkowitej nadwyżki ciepła budynku, wymaganej do skompensowania skutków przerw w ogrzewaniu,
- obliczenie obciążenia cieplnego budynku.

Powyżej przedstawiona metoda obliczeń realizowana jest najczęściej z wykorzystaniem specjalistycznych programów komputerowych. Programy takie musi obsługiwać przeszkolony specjalista znający możliwości oprogramowania. Jest to metoda kosztowna (koszt oprogramowania, koszt usługi itp.), dlatego firmy dobierające pompy ciepła często posługują się uproszczonymi działaniami. W następnym podrozdziale zamieszczono uproszczony przykład. Uogólnienie polega na tym, że cały analizowany budynek został potraktowany jako jedno pomieszczenie.



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

1.3. Przykład obliczeniowy

1.3.1. Parametry cieplne

Strefa klimatyczna - II

- rodzaj budynku - budynek jednorodzinny,
- powierzchnia pomieszczeń ogrzewanych - 230m²,
- wilgotność powietrza - warunki średnio wilgotne,
- temperatury obliczeniowe:

$$t_i = + 20^{\circ}\text{C},$$

$$t_e = - 18^{\circ}\text{C}.$$

Opory przyjmowania ciepła:

	R_{Si}	R_{Se}
ściany	0,13	0,04
dach	0,10	0,04
podłoga	0,17	0

1.3.2. Obliczenia współczynnika przenikania ciepła dla poszczególnych przegród

Ściany zewnętrzne:

Układ warstwy	Grubość warstwy [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła [W/m ² K]	Opór przenikania ciepła m ² K/W
Powierzchnia wewnętrzna			0,130
Tynk gipsowy	0,010	0,700	0,014
YTONG ENERGEO	0,365	0,095	3,842
Tynk C-W	0,001	1,000	0,001
Powierzchnia zewnętrzna			0,040
			$R_u=0,400$
		Suma:	4,427

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{4,427} = 0,226 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (1)$$

Okna:

Współczynnik przenikania ciepła przez okna przyjęto zgodnie z danymi producenta $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

Mój region w Europie



Województwo Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Drzwi:

Współczynnik przenikania ciepła przez drzwi przyjęto zgodnie z danymi producenta $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Dach:

Układ warstwy	Grubość warstwy [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła [W/m ² K]	Opór przenikania ciepła [m ² K/W]
Powierzchnia wewnętrzna			0,100
Tynk gipsowy	0,010	0,700	0,014
Strop	0,240	0,540	0,444
folia paroizolacyjna	0,001	0,025	0,040
wełna mineralna	0,200	0,045	4,444
*Krokiew			
Folia izolacyjna	0,001	0,025	0,040
*Łata			
Dachówka ceramiczna	0,020	1,000	0,020
Powierzchnia zewnętrzna			0,040
		R_u	0,200
		Suma:	5,342

* nie uwzględniamy, bo to nie jest warstwa ciągła

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,342} = 0,19 \quad \text{W/m}^2\text{K} \quad (2)$$

Podłoga stykająca się z gruntem:

Układ warstwy	Grubość warstwy [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła [W/m ² K]	Opór przenikania ciepła m ² K/W
Powierzchnia wewnętrzna			0,170
*Płytki ceramiczne	0,020	1,000	
*Zaprawa klejowa	0,010	0,850	
*Wylewka (anhydryt)	0,050	2,000	
styropian 10 cm+3cm	0,130	0,038	3,420
Papa bitumiczna	0,001	0,025	0,040
Beton 10 cm	0,100	1,150	0,087
Podsypka piaskowa	0,250	2,300	0,109
Powierzchnia zewnętrzna			0
		R_g	0,400
		Suma:	4,056

*uwzględniamy w przypadku ogrzewania grzejnikami, w ogrzewaniu podłogowym nie uwzględniamy



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{4,056} = 0,247 \quad \text{W/m}^2\text{K} \quad (2)$$

1.3.3. Obliczenia zapotrzebowania na ciepło

$$Q_o = U(t_i - t_e)A \quad [\text{W}] \quad (3)$$

gdzie:

U – współczynnik przenikania ciepła danej przegrody [$\text{W/m}^2\text{K}$],
 t_i - temperatura wewnętrzna projektowa [$^{\circ}\text{C}$],
 t_e - temperatura zewnętrzna uzależniona od strefy klimatycznej [$^{\circ}\text{C}$],
 A - powierzchnia przegrody [m^2].

- ściana zewnętrzna

$$Q_o = 0,226 \cdot [20 - (-18)] \cdot 160 = 1\,374,08 \text{ W}$$

- dach

$$Q_o = 0,074 \cdot [20 - (-18)] \cdot 410 = 1\,152,92 \text{ W}$$

- podłoga

$$Q_o = 0,233 \cdot [20 - (-18)] \cdot 233,37 = 2\,066,26 \text{ W}$$

- okna i drzwi

$$Q_o = 1,1 \cdot [20 - (-18)] \cdot 55,86 = 2\,334,95 \text{ W}$$

$$\Sigma Q_o = 6\,928,21 \text{ W} = 7 \text{ kW}$$

Obliczenia zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji:

$$Q_w = [0,34(t_i - t_e) - 9] \cdot V \quad [\text{W}]$$

t_i – temperatura wewnętrzna projektowa [$^{\circ}\text{C}$],
 t_e - temperatura zewnętrzna uzależniona od strefy klimatycznej [$^{\circ}\text{C}$],
 V – kubatura budynku [m^3] – 690 m^3

$$Q_w = \{0,34[20 - (-18)] - 9\} \cdot V = 2\,704,8 \text{ W} = \mathbf{2,7 \text{ kW}}$$

Zapotrzebowanie budynku na ciepło:

$$Q = 9,7 \text{ kW} \cdot 1,1 = \mathbf{10,7 \text{ kW}} \quad (4)$$

gdzie:

1,1 - uwzględnienie mostków cieplnych i kształtu budynku

W celu szybkiego oszacowania potrzebnej mocy pompy ciepła dla celów wstępnej oferty handlowej można oprzeć się na zapotrzebowaniu ciepła na 1 m^2 w danym budynku w zależności od rodzaju budownictwa:



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

- budynek pasywny - $q=0,01 \text{ kW/m}^2$,
- budynek o małym zapotrzebowaniu energetycznym – $q=0,03 \text{ kW/m}^2$,
- wg zarządzenia o ochronie cieplnej budynków z 95 wzgl. minimalnego standardu izolacji EnEV – $q=0,05 \text{ kW/m}^2$,
- przy normalnej izolacji cieplnej budynków (od około 1980) – $q=0,08 \text{ kW/m}^2$,
- przy starszych murach bez oddzielnej izolacji cieplnej – $q=0,12 \text{ kW/m}^2$.

Obliczenia wyraża się wzorem:

$$Q_o = A \cdot q \quad \text{kW/m}^2 \quad (5)$$

Po dokonaniu obliczeń zapotrzebowania budynku na ciepło należy dobrać nominalną moc grzewczą pompy ciepła. Należy pamiętać, że niedowymiarowanie mocy spowoduje dłuższą pracę grzałki elektrycznej, a co za tym idzie większe zużycie energii elektrycznej. Dodatkowo, pompa ciepła o mniejszej mocy niż zapotrzebowanie będzie pracować nieustannie, obciążając znacznie dolne źródło ciepła (kolektor poziomy lub sondy gruntowe), dla których praca z przerwami jest zdecydowanie bardziej korzystna - sprzyja szybszej regeneracji dolnego źródła ciepła (gruntu).

2. Dolne źródło ciepła

Jednym z zasadniczych elementów instalacji pompy ciepła jest dolne źródło ciepła, dzięki któremu możliwe jest pozyskiwanie energii cieplnej. Dolne źródło ciepła powinno spełniać następujące warunki:

- możliwie stałą temperaturę w ciągu roku,
- umożliwić ekonomiczny odzysk ciepła,
- posiadać dużą zdolność akumulacji ciepła,
- niskie koszty poboru ciepła,
- możliwie jak najniższe koszty wykonania,
- powinno funkcjonować sprawnie przez długi okres eksploatacji.

Rodzaj dolnego źródła uzależniony jest od warunków i możliwości lokalnych (np. otwartej przestrzeni, dużego niezagospodarowanego pola) i środowiskowych (dostępność wody – np. stawy, jeziora, itp.). Po dokonaniu analizy możemy stwierdzić jakie źródło jest najbardziej opłacalne pod wzg. ekonomicznym oraz eksploatacyjnym (aby miało najwyższą temperaturę), przynoszącym wymierne korzyści dla inwestora.

2.1. Kolektory gruntowe

Najbardziej wydajnym źródłem ciepła w polskich warunkach są wody podziemne oraz grunt. Jednak najprostszą i najczęściej wykorzystywaną formą przekazywania ciepła jest kolektor gruntowy - poziomy bądź pionowy. Źródło to korzysta z pokładów energii jaka znajduje się w gruncie, poza tym cechuje się znacznie lepszą wydajnością niż w przypadku powietrza, zapewniając komfort mieszkańcom nawet w czasie mrozów.

Kolektory gruntowe wykonane są z rur polietylenowych, wypełnione one są roztworem glikolu propylenowego lub etylenowego o koncentracji zapewniającej punkt zamarzania na



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

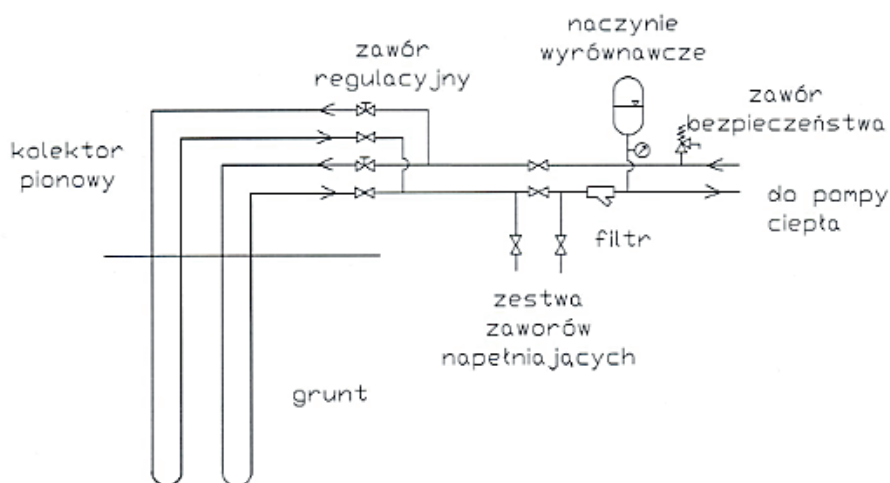


Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

poziomie -14°C , co równa się stężeniu glikolu w roztworze pomiędzy $25\div 30\%$. Możemy wyróżnić następujące właściwości kolektorów:

- odporność na udarność i obciążenia miejscowe, dzięki temu istnieje możliwość użycia rodzimego materiału do wykonania podsypki,
- odporność na powolną propagację pęknięć,
- bezpieczeństwo użytkowania również w przypadku niewielkich promieni gięcia,
- wysoka odporność na ścieranie,
- elastyczność, która zapewnia prosty proces układania, również w przypadku niskich temperatur (możliwość układania rur przy temperaturach ujemnych bez konieczności stosowania dodatkowych środków),
- wyjątkowo długi okres użytkowania również w przypadku dużych obciążeń eksploatacyjnych.



Rys. 1. Schemat połączenia pompy ciepła z dolnym źródłem ciepła

2.2. Kolektory poziome

Wykonanie kolektora poziomego z reguły wykwalifikowanej ekipie wykonawczej nie przysparza żadnych problemów, z reguły nie podlega obowiązkowi uzyskania zezwolenia, jedynym powodem braku możliwości zastosowania go jest zbyt mała powierzchnia terenu pod jego instalację.

Kolektory poziome układane są na głębokości (w zależności od rejonu) około $1,6\div 2,2\text{m}$ ($30\div 40\text{ cm}$ poniżej granicy przemarzania gruntu) w rozstawie 1m .

Tabela 1. Zalecane głębokości układania kolektorów płaskich

Strefa klimatyczna	I	II	III	IV	V
Zalecana głębokość układania kolektorów poziomych	1,6 m	1,7 m	1,8 m	2,0 m	2,2 m



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

Umieszcza się je w wykopach rowach o szerokości 0,6m i 0,8m na łukach. Wykop zabezpiecza się przed obsypaniem za pomocą np. podparcia, rozparcia ścian. Dno wykopu należy oczyścić z dużych kamieni, korzeni i w przypadku gruntu zawierającego głównie kamienie należy wykonać podsypkę pod rurą i nad nią np. z piasku o frakcji max. 1,5 mm. Po rozłożeniu kolektora należy go pokryć gruntem rodzimym. Teren na którym znajduje się kolektor poziomy musi pozostać wolny od jakichkolwiek zabudów, roślin (dopuszcza się sadzenie ewentualnie słabo ukorzenionych roślin np. trawa, kwiaty). Nie zaleca się, aby grunt nad poziomym wymiennikiem ciepła był pokryty twardą nawierzchnią, ze względu na zapewnienie najlepszych warunków do nagrzewania gruntu przez słońce. Należy również zachować odpowiednią granicę, odstęp około 2÷4 m od obiektów budowlanych (dom, garaż wolnostojący, itp.), a od granicy działki minimum 2 m. Instalacja kolektorów musi być zgodna z wcześniej wykonanym projektem, bowiem zapobiega to kolidowaniu z przebiegami innych instalacji podziemnych.

Cały kolektor poziomy składa się z pętli połączonych z kolektorem zbiorczym w studzience. Pętle powinny mieć taką samą długość rur i być ułożone w podobny sposób. Dzięki temu możemy zapewnić podobny przepływ w każdej pętli i równomierne, cieplne obciążenie gruntu. Dla pewności bądź gdy nie ma możliwości spełnienia powyższego założenia stosuje się na każdej pętli mierniki przepływu – rotametry, za pomocą których sami możemy ustawić odpowiednie parametry. Liczbę i długość pętli, wielkość przepływu i zakres pomiarowy rotametrów oraz wielkość pompy dobiera projektant.

2.3. Kolektor pionowy

Głównym argumentem wykonania kolektora pionowego jest ograniczona powierzchnia terenu, poza tym należy pamiętać, że jest rozwiązaniem mniej podatnym na zmiany temperatury, tak więc jest bardziej wydajnym rozwiązaniem źródła ciepła. Wynika to z faktu, iż wraz z głębokością, temperatura gruntu wzrasta, a przede wszystkim jest stabilna przez cały rok. Obrazuje to rysunek 2, z którego wynika, iż już poniżej głębokości 5 m temperatura gruntu to około 8-12⁰C (w zależności od pory roku), a poniżej 15 m temperatura jest niemal stała i wynosi zawsze około 10⁰C.

Wykonanie takiego źródła ciepła wymaga uzyskania zezwolenia oraz specjalistycznego sprzętu wiertniczego, bowiem celem jest wykonanie odwiertu przeznaczonego pod sondy w układzie podwójnej rury polietylenowej U-kształtnej (po dwie pętle umieszczane w pojedynczym odwiercie) lub częściej stosowane układ pojedynczej polietylenowej U-rury (PE DN32 do DN 40).

Czas wykonania jednego otworu jest zróżnicowany i jest uzależniony od profilu geologicznego. Dlatego aby zminimalizować ryzyko natrafienia na niekorzystne pokłady geologiczne konieczne jest wykonanie projektu geologicznego. Dzięki niemu można oszacować na jaką głębokość wykonać odwiert. Pozwala to na zaoszczędzenie czasu i kosztów wykonania. W przypadku wykonania 180 mb sondy wykonujemy w korzystnych warunkach dwa odwierty po 90 mb, a w niekorzystnych trzy po 60 mb. Reasumując wykonanie projektu geologicznego jest niezbędne, pozwala na spełnienie podstawowego założenia wykonywania odwiertów - gwarancji dowiercenia otworu do projektowanej głębokości, gwarancja zapuszczenia sondy do projektowanej głębokości, możliwość odwiercenia otworu jednym marszem (jednym narzędziem, bez wyciągania go z otworu).



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

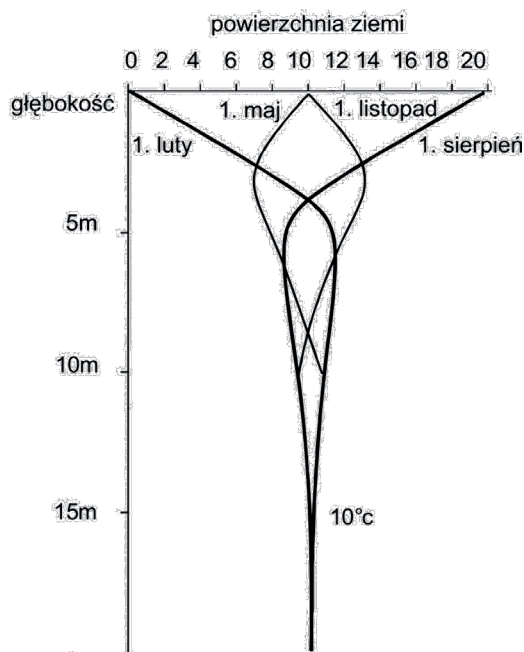


UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie



Rys. 2. Zależność temperatury gruntu od głębokości odwiertu

Odległości między odwiertami powinny być jak największe. Dzięki temu oddziaływanie pomiędzy poszczególnymi odwiertami i wychładzanie pola odwiertów zostanie ograniczone do minimum. Minimalny odstęp wynosi 6 m, a najbardziej optymalny 15 m.

2.4. Wyznaczanie długości kolektora gruntowego

Powierzchnia potrzebna dla kolektora poziomego i głębokość odwiertu dla kolektora pionowego zależy od zapotrzebowania na energię oraz od warunków geologicznych i geotechnicznych. Rodzaj gruntu ma kluczowy wpływ na wydajność pracy pompy ciepła. Najbardziej pożądanym jest grunt wilgotny, spójny, najmniej natomiast piasek. Dlatego przed wykonaniem inwestycji należy wykonać projekt geologiczny dzięki któremu można ocenić grunt i w przypadku wykonywania kolektorów poziomych ominąć terenu niskowydajnego. Dla odwiertów projekt geologiczny pozwala na ominięcie niekorzystnych warstw i oszacowanie rozsądnej głębokości (po 60 m trzy sondy zamiast dwie po 90 m).

W celu określenia mocy chłodniczej przez gruntowy wymiennik ciepła należy dokładnie przeanalizować profil glebowy w jakim dokonany jest odwiert bądź wykop. W tym celu z planu geologicznego wyliczamy średnią wartość współczynnika przewodzenia ciepła λ jako średniej ważonej dla poszczególnych typów podłoża i na tej podstawie możemy określić właściwą wartość mocy chłodniczej gruntu.

Dalszym krokiem jest odliczenie teoretycznej długości kolektora pionowego i powierzchni kolektora poziomego wyrażonego stosunkiem:



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

$$A = Q_{ch}/q \quad [mb, m^2] \quad (6)$$

gdzie:

Q_{ch} - moc chłodnicza pompy ciepła [W],
 q - moc chłodnicza gruntu [W/mb, W/m²].

W przypadku kolektora poziomego uzyskany wynik dzielimy przez projektowany rozstaw uzyskując długość potrzebnych pętli. W przypadku kolektora pionowego wartość dzielimy na równe wartości w celu uzyskania podobnych przepływów i obciążenia cieplnego gruntu. Zaleca się również doliczenie dodatkowych około 8÷10 mb na każdy odwiert, ze względu, że czynna długość kolektora gruntowego to długość wyliczona dla stabilnych warunków temperaturowych (panujących w gruncie poniżej 10 m w głąb ziemi).

W celu szybkiego oszacowania mocy chłodniczej gruntu korzysta się z następującego założenia: z jednego metra kwadratowego gruntu, dla kolektora poziomego należy przyjąć od 10÷40 W, a z jednego metra głębokości odwiertu można otrzymać 30÷70 W. Ze wskazanych przedziałów dobiera się wartości zależne od stopnia wilgotności i spójności gruntu (bardziej wilgotny i spójny grunt – wyższy współczynnik przewodzenia ciepła). Podczas wykonywania wstępnych ofert, przy braku rozpoznania geologicznego dla kolektora poziomego przyjmuje się moc chłodniczą równą 20 W/m², a dla kolektora poziomego 40 W/mb (dla parametrów dolnego źródła B0/W35).

Niedowymiarowanie kolektora gruntowego prowadzi do długotrwałej pracy w trybie pełnego obciążenia mogą skutkować przez stosunkowo krótki okres bardzo niskimi wartościami temperatury źródeł ciepła, aż do osiągnięcia dolnej granicy zastosowania pomp ciepła. Dodatkowo może to spowodować długookresowe zmniejszenie się temperatury źródeł ciepła przez kolejne okresy grzewcze, jeżeli nie zapewniono wystarczających okresów regeneracji.

3. Górne źródło ciepła

Instalacją górnego źródła ciepła dedykowaną dla pomp ciepła jest ogrzewanie niskotemperaturowe, ponieważ sprawność zależy od różnicy temperatur między dolnym a górnym źródłem ciepła. Instalacja taka pozwala na uzyskanie wysokiego współczynnika COP (Coefficient Of Performance). Współczynnik efektywności energetycznej określony jest przez ilość energii wydzielonej na skraplaczu przy włożeniu w układ sprężania pracy równej 1 kWh energii elektrycznej. W praktyce współczynnik COP najczęściej obliczany jest z zależności:

$$COP = Q_g/P_e \quad (7)$$

gdzie:

Q_g - moc górnego źródła ciepła [kW],
 P_e - moc pobierana przez sprężarkę [kW].



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA ROZWOJU



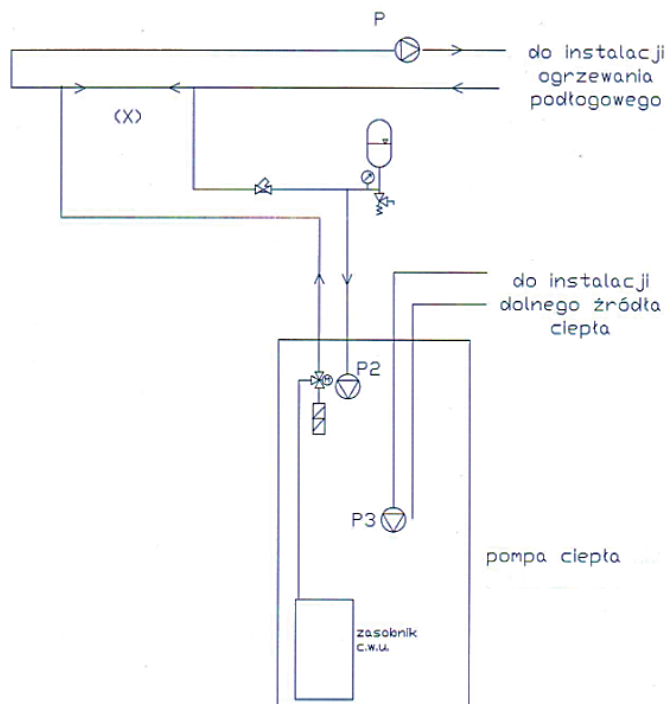
WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie



Rys. 3. Schemat połączenia pompy ciepła z górnym źródłem ciepła

3.1. Ogrzewanie podłogowe

Instalację ogrzewania podłogowego projektuje się na podstawie dokładnych obliczeń zapotrzebowania na ciepło całego budynku i jego poszczególnych pomieszczeń. Wykonanie instalacji wymaga wykonania projektu instalacyjnego, umożliwiającego zapewnienie odpowiedniej temperatury w poszczególnych pomieszczeniach.

Do wykonania obliczeń konieczna jest znajomość wierzchniej warstwy pokrywającej podłogę w celu oszacowania oporu przewodzenia ciepła. Warto zasugerować bądź poinformować inwestora o bardzo dobrych parametrach przewodzenia takich materiałów jak ceramika, panele. Istnieje również możliwość instalowania ogrzewania pod deską podłogową poprzez odpowiednio dobrany rozstaw rur, jednak lepszy efekt uzyskamy stosując np. dostępne na rynku drewno egzotyczne o mniejszym oporze przewodzenia, a jeżeli tradycyjne drewno.

Ponadto podczas projektowania należy również pamiętać o tym że z przyczyn praktycznych nie rozkładamy węzownic pod meblami kuchennymi, sprzętem AGD (lodówka, pralka, zmywarka) czy ceramiką łazienkową (wanna, prysznic, itp.).

Kolejnym etapem jest ustalenie rozstawu rur, po uwzględnieniu powyżej wymienionych aspektów i zapewnieniu żądanej temperatury w pomieszczeniu.



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

W celu zapewnienia optymalnej temperatury w poszczególnych pomieszczeniach, w których długości węzownic i ich oddalenia od skrzynki rozdzielczej są różne należy ustawić odpowiedni przepływ. Wartość strumienia masowego czynnika grzejnego (m) wyrażamy za pomocą następującego wzoru:

$$m = \frac{A \cdot q}{c_p \cdot \Delta T} \quad [\text{kg/s}] \quad (8)$$

gdzie:

A - ogrzewana powierzchnia [m^2],

q - uzyskana gęstość strumienia ciepła (zależna od rozstawu rur i temperatury w pomieszczeniu) [W/m^2],

c_p - ciepło właściwe nośnika [J/kgK],

ΔT - różnica temperatur nośnika opuszczającego i zasilającego źródło [K].

3.2. Zestawienie końcowe

Wykonane ustalenia i obliczenia można zebrać w tabelę (tabela 2) reasumującą zaprojektowaną instalację ogrzewania podłogowego.

W przypadku gdy ogrzewanie podłogowe ze wzg. na ograniczoną powierzchnię nie jest w stanie zapewnić odpowiedniej temperatury w pomieszczeniu można wesprzeć się grzejnikami z tym jednak, że należy pamiętać, iż grzejniki znacznie obniżają sprawność pompy ciepła. Dlatego ogrzewanie mieszane, czyli podłógówka i grzejniki w poszczególnych pomieszczeniach wymaga zastosowania dwóch obiegów grzewczych.

W przypadku zastosowania tylko i wyłącznie ogrzewania grzejnikowego wcześniej wspomniany współczynnik COP znacznie obniża się (ogrzewanie wysokotemperaturowe). W tym przypadku warto dobrać wyższą moc pompy ciepła niż wynika z obliczeń.



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

Tabela 2. Dane do projektu instalacji ogrzewania podłogowego

Nr	Rodzaj pomieszczeń	Powierzchnia Pomieszczeń [m ²]	Powierzchnia Podłogówki [m ²]	Rodzaj podłogi	Wymagana gęstość strumienia ciepła [W/m ²]	Rozstaw węzownicy [m]	Uzyskana gęstość strumienia ciepła [W/m ²]	Długość węzownicy [m]	Strumień masowy czynnika grzejącego [l/min]	Ilość pętli	Nr pętli
01	Wiatrołap	7,26	7,26	Ceramika	60	0,1	71	72,6	1,06	1	1
02	Spizarnia	2,76	-	Ceramika	-	-	-	-	-	-	-
03	Kuchnia	12,86	8,37	Ceramika	55	0,1 25	66	66,96	1,13	1	2
04	Salon	38	38	Panele	60	0,1	56	380	4,36	4	3 4 5 6
06	Komunikacja	17,7	4,55	Panele	40	0,2	46	22,75	0,43	1	7
06	Komunikacja	17,7	13,15	Panele	45	POMIESZCZENIE WYNIKOWE					
07	Łazienka	10,59	8,59	Ceramika	45	0,1	52	85,9	0,91	1	8
08	Łazienka	6,61	3,85	Ceramika	50	0,1	52	38,5	0,41	1	9
10	Pokój	12,14	12,14	Panele	50	0,1 25	53,5	97,12	1,33	1	1 0
11	Składzik	3,47	-	Ceramika	50	-	-	-	-	-	-
12	Pokój	12,58	12,58	Panele	55	0,1	56	125,8	1,44	2	1 1 1 2
13	Pokój	12,55	12,55	Panele	50	0,1 25	53,5	100,4	1,37	1	1 3
16	Pokój	16,68	16,68	Panele	50	0,1 25	53,5	133,44	1,83	2	1 4 1 5
17	Kotłownia + pralnia	6,91	5,3	Ceramika	50	0,2	54	26,5	0,59	1	1 6
18	Garaż	39,39	-	Ceramika	60	Grzejnik					

Podsumowanie

Podczas projektowania instalacji pompy ciepła dla danego obiektu mieszkalnego należy zwrócić uwagę na kilka ważnych aspektów, które mają na celu zapewnienia komfortu mieszkańcom:



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

Mój region w Europie



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

- dobór mocy grzewczej pompy ciepła powinien opierać się na rzetelnie wykonanych obliczeniach zapotrzebowania budynku na ciepło,
- podczas projektowania dolnego źródła ciepła jakim jest grunt należy wziąć pod uwagę strefę klimatyczną, dostępną powierzchnię terenu, rodzaj gruntu w na poszczególnych głębokościach,
- w przypadku górnego źródła ciepła należy pamiętać, że dedykowaną instalacją jest ogrzewanie podłogowe. Jest to niskotemperaturowe ogrzewanie, dzięki któremu współczynnik COP będący miarą wydajności pracy pompy jest wysoki.

Bibliografia

- [1] LEWANDOWSKI W.M.: *Proekologiczne odnawialne źródła Energii*. Wydanie IV. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 2010
- [2] LIGUS M.: *Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii*. Wydawnictwo CeDeWu. Warszawa 2010
- [3] PRACA ZBIOROWA: *Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii*. Poradnik, TARBONUS 2008
- [4] KRAWIEC F.: *Odnawialne źródła energii w świetle globalnego kryzysu energetycznego. Wybrane problemy*. Wydawnictwo Difin. Warszawa 2010
- [5] ZAWADZKI M.: *Kolektory słoneczne, pompy ciepła - na tak*. Wydawnictwo Zawadzki, Polska Ekologia, Warszawa 2003
- [6] ZALEWSKI W.: *Pompy ciepła sprężarkowe, sorpcyjne i termoelektryczne. Podstawy teoretyczne. Przykłady obliczeniowe*. Wydawnictwo IPPU MASTA. Gdańsk 2001
- [7] NOWAK W., STACHEL A.A., BORSUKIEWICZ-GOZDUR A.: *Zastosowania odnawialnych Źródeł Energii*. Wydawnictwo Naukowe Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2008
- [8] RUBIK M.: *Pompy ciepła*. Wyd III, Wydawnictwo Ośrodek Informacji „Technika Instalacyjna w Budownictwie, Warszawa 2006
- [9] OSZCZAK W.: *Ogrzewanie domów z zastosowaniem pomp ciepła*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 2009



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie