



**Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A.**

ul. Filtrowa 1, 00-611 Warszawa,

Tel. (022) 825 03 97, 825 19 77, 825 52 85; fax (022) 825 86 70

E-mail: [nape@nape.pl](mailto:nape@nape.pl) web site [www.nape.pl](http://www.nape.pl)

# Projekt gruntowego wymiennika ciepła

**Zamawiający:**

**Autorzy analizy :**

Szymon Firląg, mgr inż.

Maciej Mijakowski, dr inż.

Warszawa, czerwiec 2004

# Spis treści

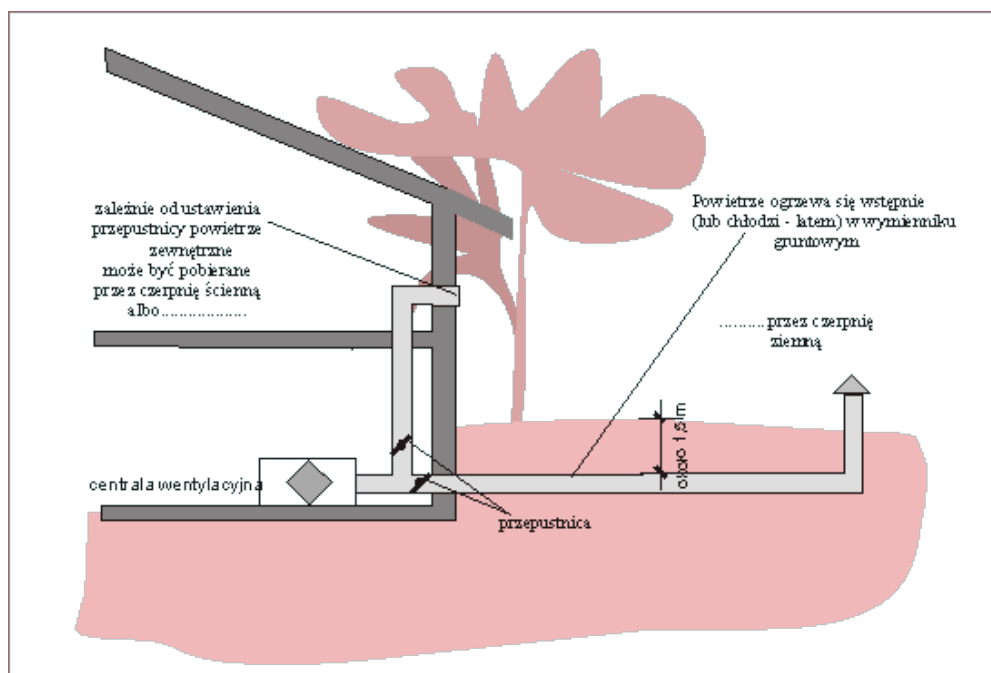
<b>1GRUNTOWY WYMIENNIK CIEPŁA - OPIS.....</b>	<b>3</b>
<b>2OBLICZENIA GRUNTOWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA .....</b>	<b>5</b>
2.1OBLICZENIE WYMAGANEJ MOCY WYMIENNIKA DLA ZIMY.....	5
2.2OBLICZENIE ŚREDNIEJ LOGARYTMICZNEJ RÓŻNICY TEMPERATUR POMIĘDZY POWIETRZEM A GRUNTEM DLA ZIMY.....	5
2.3OBLICZANIE WSPÓLCZYNNIKA PRZEJMOWANIA CIEPŁA OD STRONY WEWNĘTRZNEJ WYMIENNIKA.....	5
2.4OBLICZANIE OPORÓW CIEPLNYCH.....	6
2.5OBLICZENIE WYMAGANEJ DŁUGOŚCI WYMIENNIKA GRUNTOWEGO.....	8
<b>3OBLICZENIA STRATY CIŚNIENIA W WYMIENNIKU GRUNTOWYM.....</b>	<b>10</b>
3.1LINIOWA STRATA CIŚNIENIA.....	10
3.2MIEJSCOWA STRATA CIŚNIENIA.....	10
3.3CAŁKOWITA STRATA CIŚNIENIA W WYMIENNIKU GRUNTOWYM.....	10
<b>4OSZACOWANIE PRZEWIDYWANYCH EFEKTÓW ENERGETYCZNYCH.....</b>	<b>11</b>
4.1PRZEWIDYWANA OSZCZĘDNOŚĆ OLEJU OPALOWEGO.....	12
<b>5EKSPLOATACJA GRUNTOWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA.....</b>	<b>13</b>
5.1CZYSZCZENIE GRUNTOWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA.....	14
<b>6TECHNOLOGIA BUDOWY GRUNTOWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA.....</b>	<b>15</b>
6.1OSTATECZNE PRZYJĘTE WYMIARY WYMIENNIKA GRUNTOWEGO.....	15
6.2UKŁADANIE GRUNTOWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA.....	15
6.3CZERPNIA.....	16
6.4ODPROWADZENIE SKROPLIN.....	16
6.5PRZEPUST PRZEZ ŚCIANĘ.....	16

# 1 Gruntowy wymiennik ciepła - opis

Bardzo dobrym uzupełnieniem systemu wentylacyjno-grzewczego budynku będzie wykonanie tzw. gruntowego wymiennika ciepła. Najprościej rzecz ujmując jest to rurociąg zakopany w ziemi, którym przepływa powietrze wentylacyjne. W gruncie otaczającym rurociąg panuje prawie stała temperatura ok. 4 °C - czyli temperatura panująca na głębokości ok. 1,5 metra pod powierzchnią ziemi. Wprowadzone do wymiennika powietrze zewnętrzne ogrzewa się wstępnie zimą (sprawdzone jest ogrzanie powietrza od - 22 °C na zewnątrz gruntowego wymiennika ciepła do 0 stopni na wejściu kanału czerpnego do budynku).

Latem gruntowy wymiennik ciepła spełnia rolę najtańszego klimatyzatora - obniża temperaturę powietrza wprowadzanego do budynku o kilka stopni. Należy pamiętać, że przy temperaturze na zewnątrz sięgającej +35 stopni obniżenie jej do np. 20 - 23 stopni jest porównywalne z działaniem klimatyzatora o mocy kilku kilowatów.

W projektowanym rozwiązaniu gruntowy wymiennik ciepła będzie służył do zasilania obiegu na świeże powietrze ogrzewania nadmuchowego.



Rys.1 Rurowy gruntowy wymiennik ciepła.

Najprostszym w wykonaniu gruntowym wymiennikiem ciepła jest rura PCV lub kamionkowa o długości 30-50 metrów ułożona pod ziemią i zakończona czerpnią wyposażoną w podwójną siatkę zabezpieczającą (przed insektami i gryzoniami). Podczas wykonania rurowego gruntowego wymiennika ciepła należy pamiętać, że w okresie letnim może dochodzić do skraplania się pary wodnej na wewnętrznych ściankach wymiennika. W miejscu powstawania skropliny powstają korzystne warunki do rozwoju pleśni, grzybów i innych mikroorganizmów, co spowoduje obniżenie czystości a co za tym idzie jakość nawiewanego powietrza. Aby temu zapobiec należy ułożyć rury ze spadkiem na ich całej długości, co umożliwi odpływ powstających skroplin. Wymiennik czyści się okresowo mechanicznie i chemicznie za pomocą szczotki nasączonej środkiem dezynfekującym.

Szczotkę przeciąga się kilkukrotnie za pomocą linki umieszczonej na całej długości rurociągu na etapie wykonawczym.

Jej minimalna średnica powinna być równa lub większa średnicy króćca montażowego centrali wentylacyjnej. Zastosowanie rury o przekroju większym niż króćce montażowe spowoduje wolniejszy przepływ powietrza przez gruntowy wymiennik ciepła a co za tym idzie nieznaczne zwiększenie jego sprawności - powietrze lepiej ogrzeje się zimą oraz mocniej schłodzi latem.

## 2 Obliczenia gruntowego wymiennika ciepła

---

### 2.1 Obliczenie wymaganej mocy wymiennika dla zimy

$$Q_w = \frac{V_n \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_e)}{3,6} \quad W$$

gdzie:

$V_n = 300 \text{ m}^3/\text{h}$  – ilość nawiewanego powietrza wentylacyjnego,

$\rho = 1,342 \text{ kg/m}^3$  – gęstość powietrza (dla  $t_{sr} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ ),

$c_p = 1,009 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$  – ciepło właściwe powietrza (dla  $t_{sr} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ ),

$t_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  – temperatura powietrza za wymiennikiem gruntowym,

$t_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  – obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego.

$$Q_w = \frac{300 \cdot 1,342 \cdot 1,009 \cdot (0 - (-20))}{3,6} = 2,257 \quad kW$$

### 2.2 Obliczenie średniej logarytmicznej różnicy temperatur pomiędzy powietrzem a gruntem dla zimy

$$\Delta T_{\ln} = \frac{(t_{g1} - t_e) - (t_{g2} - t_1)}{\ln\left(\frac{t_{g1} - t_e}{t_{g2} - t_1}\right)} \quad K$$

gdzie:

$t_{g1} = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$  – temperatura gruntu na głębokości 2 m w lutym,

$t_{g2} = 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$  – temperatura gruntu na głębokości 1,5 m w lutym.

$$\Delta T_{\ln} = \frac{(5 - (-20)) - (3 - 0)}{\ln\left(\frac{5 - (-20)}{3 - 0}\right)} = 10,4 \quad K$$

### 2.3 Obliczanie współczynnika przejmowania ciepła od strony wewnętrznej wymiennika

$$2.3.0.1 \quad \alpha_i = Nu_f \cdot \frac{\lambda_f}{d_w} \quad \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

gdzie:

$d_w = 0,1922 \text{ m}$  – średnica wewnętrzna rury wymiennika,

$Nu_f$  – liczba Nusselta,

$\lambda_f = 0,0236 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$  – współczynnik przewodzenia powietrza (dla  $t_{sr} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Ponieważ liczba Prandtla dla gazów zmienia się nieznacznie z temperaturą i wynosi  $Pr_f/Pr_w$  równe w przybliżeniu 1 oraz  $Pr_f = 0,7$  dla powietrza, wzór Michajewa na obliczenie liczby Nusselta upraszcza się do postaci:

$$Nu_f = 0,018 \cdot Re_f^{0,8}$$

gdzie:

Re – liczba Reynoldsa.

Liczbę Reynoldsa można obliczyć korzystając ze wzoru:

$$Re = \frac{w \cdot d_w}{\nu}$$

gdzie:

w – prędkość przepływu powietrza, m/s,

$\nu = 12,43 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  – lepkość kinematyczna powietrza (dla  $t_{sr} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Prędkość przepływu powietrza w wymienniku gruntowym można obliczyć korzystając ze wzoru:

$$w = \frac{V_n}{3600 \cdot \frac{\Pi \cdot d_w^2}{4}} = \frac{300}{3600 \cdot \frac{\Pi \cdot 0,1922^2}{4}} = 2,87 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Re = \frac{2,872 \cdot 0,1922}{12,43 \cdot 10^{-6}} = 44,4 \cdot 10^3$$

Liczba Reynoldsa:

Re > 10 000 tzn. przepływ jest burzliwy

Liczba Nusselta:

$$Nu_f = 0,018 \cdot (44,4 \cdot 10^3)^{0,8} = 94,0$$

Współczynnika przejmowania ciepła od strony wewnętrznej wymiennika:

$$\alpha_i = 94,0 \cdot \frac{0,0236}{0,1922} = 11,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

## 2.4 Obliczanie oporów cieplnych

Opór cieplny przejmowania ciepła od wewnętrznej powierzchni ścianki do powietrza można obliczyć korzystając ze wzoru:

$$R_{ai} = \frac{1}{\Pi \cdot d_w \cdot \alpha_i} = \frac{1}{\Pi \cdot 0,1922 \cdot 11,5} = 0,143 \frac{m \cdot K}{W}$$

Opór cieplny przyjmowania ciepły przewodzenia ciepła przez ścinę rury wymiennika można obliczyć korzystając ze wzoru:

$$R_{sc} = \frac{1}{2 \cdot \Pi \cdot \lambda_{sc}} \cdot \ln\left(\frac{d_z}{d_w}\right) \frac{m \cdot K}{W}$$

gdzie:

$\lambda_{sc} = 0,20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  - współczynnik przewodzenia ciepła ścianki rury wymiennika,  
 $d_z = 0,20 \text{ m}$  - średnica zewnętrzna rury wymiennika.

$$R_{sc} = \frac{1}{2 \cdot \Pi \cdot 0,2} \ln\left(\frac{0,2}{0,1922}\right) = 0,0317 \frac{m \cdot K}{W}$$

Opór cieplny przyjmowania ciepły gruntu można obliczyć korzystając ze wzoru:

$$R_G = \frac{I(X_{d_z}) - I(X_{2 \cdot H})}{2 \cdot \Pi \cdot \lambda_{gr}} \frac{m \cdot K}{W}$$

gdzie:

$\lambda_{gr} = 1,24 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  - współczynnik przewodzenia ciepła gruntu,  
 $H = 1,75 \text{ m}$  - średnia głębokość ułożenia rur wymiennika,  
 $I(X)$  - funkcja wykładnicza od  $X$  równego średnicy zewnętrznej rury lub podwójnej głębokości jej ułożenia.

Wartość funkcji  $I(X)$  obliczamy korzystając ze wzorów:

dla  $0 < X \leq 1$

$$I(X) = \frac{1}{2} \cdot \left( \begin{array}{l} -\ln X^2 - 0,57721566 + 0,99999193 \cdot X^2 - 0,24991055 \cdot X^4 + 0,05519968 \cdot X^6 \\ -0,00976004 \cdot X^8 + 0,00107857 \cdot X^{10} \end{array} \right)$$

dla  $1 \leq X < \infty$

$$I(X) = \left[ 1 / \left( 2 \cdot X^2 \cdot e^{X^2} \right) \right] (A / B)$$

gdzie:

$$A = X^8 + 8,5733287 \cdot X^6 + 18,059017 \cdot X^4 + 8,637609 \cdot X^2 + 0,2677737$$

$$B = X^8 + 9,5733223 \cdot X^6 + 25,6329561 \cdot X^4 + 21,0996531 \cdot X^2 + 3,9684969$$

Wartość  $I(X)$  dla  $X_{dz} = 0,2$  wynosi:

$$I(0,2) = \frac{1}{2} \cdot \left( -\ln 0,2^2 - 0,57721566 + 0,99999193 \cdot 0,2^2 - 0,24991055 \cdot 0,2^4 + 0,05519968 \cdot 0,2^6 \right) \\ = 1,341$$

Wartość  $I(X)$  dla  $X_{2,H} = 3,5$  wynosi:

$$A = 3,5^8 + 8,5733287 \cdot 3,5^6 + 18,059017 \cdot 3,5^4 + 8,637609 \cdot 3,5^2 + 0,2677737 = 41094,0$$

$$B = 3,5^8 + 9,5733223 \cdot 3,5^6 + 25,6329561 \cdot 3,5^4 + 21,0996531 \cdot 3,5^2 + 3,9684969 = 44226,0$$

$$I(3,5) = \left[ 1 / (2 \cdot 3,5^2 \cdot e^{3,5^2}) \right] (41094 / 44226) = 1,82 \cdot 10^{-7}$$

Opór cieplny przejmowania ciepły gruntu:

$$R_G = \frac{1,341 - 1,82 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot \pi \cdot 1,24} = 0,172 \frac{m \cdot K}{W}$$

## 2.5 Obliczenie wymaganej długości wymiennika gruntowego

$$L = \frac{Q_w (R_p + R_G \cdot F_H)}{\Delta T_{ln}} \text{ m}$$

gdzie:

$Q_w$  – wymagana moc wymiennika, W,

$R_p$  – opór przenikania ciepła przez ściankę rury wymiennika, m·K/W,

$R_G$  – opór cieplny gruntu, m·K/W,

$F_H$  – współczynnik cykliczności pracy wymiennika,

$\Delta T_{ln}$  – średnia logarytmiczna różnica temperatur, K.

Opór cieplny przenikania ciepła przez ściankę rury wymiennika jest sumą oporu cieplnego przejmowania ciepła od wewnętrznej ścianki do powietrza i oporu przewodzenia ciepła przez ściankę rury wymiennika:

$$R_p = R_{oi} + R_{sc} = 0,143 + 0,032 = 0,175 \frac{m \cdot K}{W}$$

Współczynnik cykliczności pracy gruntowego wymiennika ciepła obliczamy korzystając ze wzoru:

$$F_H = \frac{t}{24}$$

gdzie:

$t$  – średni dzienny czas pracy gruntowego wymiennika ciepła dla najzimniejszego miesiąca.

Współczynnik cykliczności pracy gruntowego wymiennika ciepła wynosi:



$$F_H = \frac{12}{24} = 0,5$$

Wymagana długość gruntowego wymiennika ciepła wynosi:

$$L = \frac{2257(0,175 + 0,172 \cdot 0,5)}{10,4} = 56,6 \text{ m}$$

### 3 Obliczenia straty ciśnienia w wymienniku gruntowym

---

#### 3.1 Liniowa strata ciśnienia

$$\Delta p_l = \beta \cdot R \cdot l$$

gdzie:

$\beta = 1$  – współczynnik uwzględniający chropowatość przewodu, wartość dla rur z PCV,  
 $R = 0,60$  Pa/m – opór jednostkowy przewodu, wartość odczytana z nomogramu,  
 $L = 55,5$  m – całkowita długość gruntowego wymiennika ciepła.

$$\Delta p_l = 1 \cdot 55,5 \cdot 0,6 = 33,3 \text{ Pa}$$

#### 3.2 Miejscowa strata ciśnienia

$$Z = \Sigma \xi \cdot p_d = \Sigma \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

gdzie:

$p_d$  – ciśnienie dynamiczne, Pa,  
 $\rho = 1,2$  kg/m<sup>3</sup> – gęstość powietrza,  
 $w = 2,87$  m/s – prędkość powietrza,  
 $\Sigma \xi$  – suma oporów miejscowych.

Opory miejscowe:

kolano 45°	0,13	
kolano 90°	0,22	
2 x trójkąt 90°		2,2
czerpnia	0,4	

$$\Sigma \xi = 2,95$$

$$Z = 1,85 \cdot \frac{1,2 \cdot 2,87^2}{2} = 14,6 \text{ Pa}$$

#### 3.3 Całkowita strata ciśnienia w wymienniku gruntowym

$$p_{wg} = p_l + Z = 33,3 + 14,6 = 47,9 \text{ Pa}$$

## 4 Oszacowanie przewidywanych efektów energetycznych

---

Ilość ciepła możliwą do uzyskania z gruntu w okresie zimy oraz ilość chłodu możliwą do uzyskania z gruntu w okresie lata oszacowano na podstawie następującego wzoru:

$$Q_v = \frac{V_n \cdot \rho \cdot Hg}{3600} \text{ kWh}$$

gdzie:

$V_n$  – ilość nawiewanego powietrza wentylacyjnego,  $\text{m}^3/\text{h}$ ,

$\rho$  – gęstość powietrza wentylacyjnego,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,

$Hg$  – liczba entalpiogodzin określana zależnie od szacowanego przypadku,  $\text{kJ}\cdot\text{h}/\text{kg}$ .

Liczbę entalpiogodzin w przypadku szacowania maksymalnej ilości ciepła i chłodu uzyskanego z gruntu obliczamy korzystając ze wzoru:

$$Hg_{GWC} = \sum (i_1 - i_e) \cdot z \text{ kJ}\cdot\text{h}/\text{kg}$$

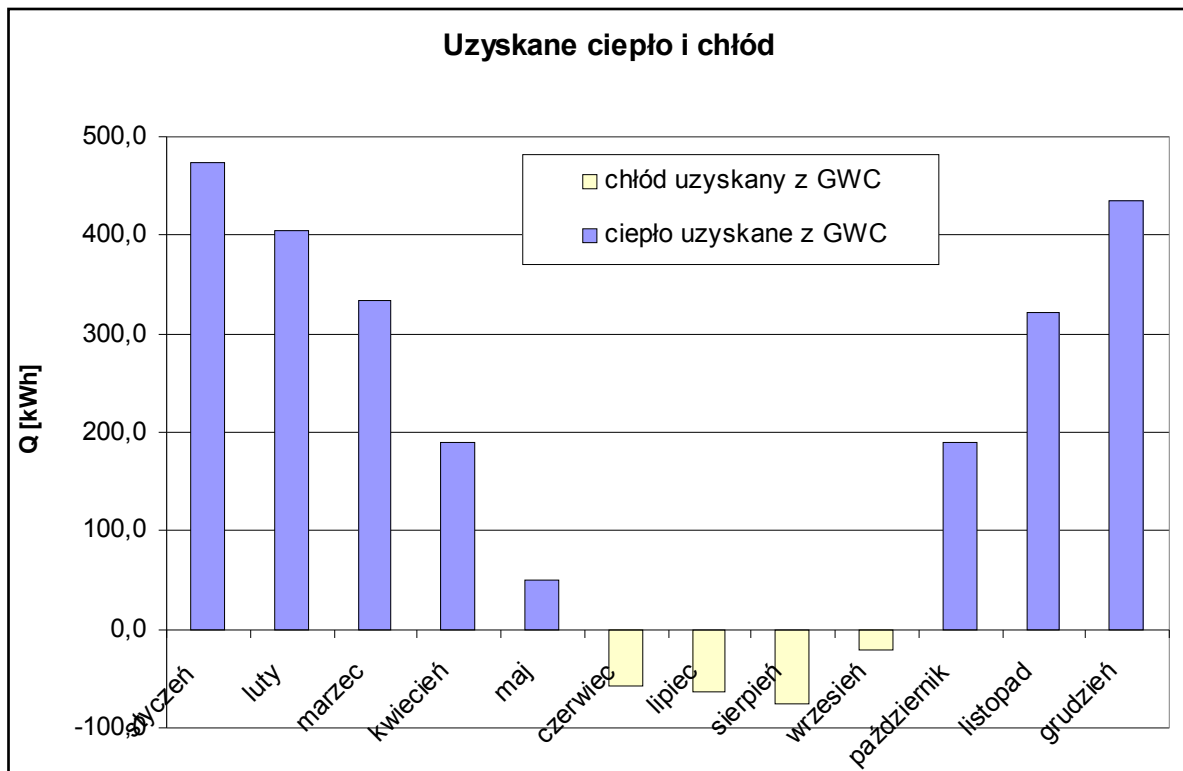
gdzie:

$i_1$  – entalpia powietrza za gruntowym wymiennikiem ciepła,  $\text{kJ}/\text{kg}$ ,

$i_e$  – entalpia powietrza zewnętrznego,  $\text{kJ}/\text{kg}$ ,

$z$  – częstość występowania danej entalpii powietrza zewnętrznego,  $\text{h}$ .

Punktem wyjścia do określenia wartości entalpiogodzin były dane pogodowe dla roku standardowego uzyskane z stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie. Do obliczeń wykorzystano średnią wilgotność względną dla danej temperatury zewnętrznej oraz częstość jej występowania w czasie roku. Na ich podstawie określono entalpię powietrza zewnętrznego oraz liczbę entalpiogodzin dla poszczególnych miesięcy i roku.



W konsekwencji przeprowadzonych obliczeń otrzymano następujące wyniki:

- ilość ciepła uzyskana z gruntowego wymiennika ciepła 2 400 kWh/rok,
- ilość chłodu uzyskana z gruntowego wymiennika ciepła 218 kWh/rok.

#### 4.1 Przewidywana oszczędność oleju opałowego

Przewidywaną ilość oleju opałowego, którą można zaoszczędzić w czasie roku oszacowano na podstawie następującego wzoru:

$$\dot{M}_{o.o.} = \frac{Q_{V,CI} \cdot 3,6}{\eta_n \cdot Q_{o.o.}^r} \text{ l/rok}$$

gdzie:

$Q_{V,CI} = 2\,400$  kWh/rok – ilość ciepła uzyskana z gruntowego wymiennika ciepła,

$\eta_n = 90\%$  – średnia sprawność nagrzewnicy olejowej,

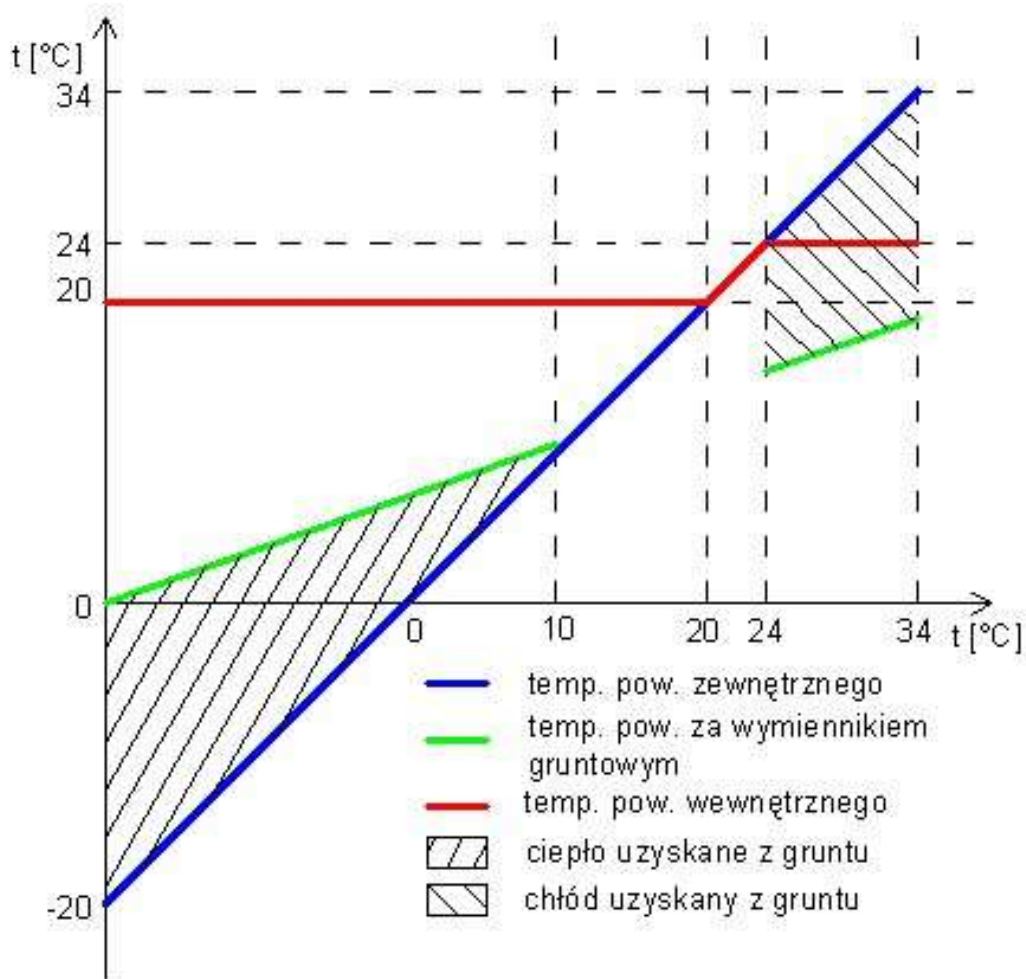
$Q_{o.o.}^r = 39$  MJ/l – wartość opałowa oleju opałowego.

Przewidywana roczna oszczędność oleju opałowego wynosi:

$$\dot{M}_{o.o.} = \frac{2400 \cdot 3,6}{0,9 \cdot 39} = 246,2 \text{ l/rok}$$

## 5 Eksploatacja gruntowego wymiennika ciepła

Prawidłowa eksploatacji gruntowego wymiennika ciepła daje możliwość pełnego wykorzystania korzyści energetycznych wynikających z jego zastosowania. Całoroczny okres eksploatacji urządzenia można podzielić w zależności od panującej aktualnie temperatury powietrza zewnętrznego. Decyduje ona o użytkowaniu bądź nie wymiennika gruntowego.



Rys. 7.1 Wykres eksploacyjny.

Warianty eksploatacyjne:

- temperatura zewnętrzna poniżej 10 °C  
powietrze zewnętrzne przepływa przez wymiennik gruntowy gdzie się podgrzewa;
- temperatura powietrza zewnętrznego od 10 do 24 °C  
gruntowy wymiennik ciepła nie jest eksploatowany; powietrze jest pobierane bezpośrednio z zewnątrz czerpnię ścienną.
- temperatura powietrza zewnętrznego od 24 °C

powietrze zewnętrzne przepływa przez wymiennik gdzie się ochładza; temperatura powietrza nawiewanego do pomieszczeń jest niższa od temperatury powietrza zewnętrznego.

W okresach przejściowych (maj, październik), kiedy temperatura powietrza zewnętrznego jest zbliżona lub wyższa od temperatury gruntu, powietrze musi być czerpane z powinięciem wymiennika gruntowego. Pozwoli to na uniknięcie dodatkowych strat ciepła wynikających z ochłodzenia powietrza zamiast jego ogrzania, w okresie, gdy jest to niepożądane. Powietrze zewnętrzne może być pobierane np. czerpnią ścienną.

## **5.1 Czyszczenie gruntowego wymiennika ciepła**

Gruntowy wymiennik ciepła został ułożony ze spadkiem w kierunku czerpni. Umożliwia to odpływ mogących powstawać w nim skroplin i okresową dezynfekcję urządzenia. Gruntowy wymiennik ciepła należy czyścić co dwa lata. Czyszczenie polega na kilkukrotnym przeciągnięciu przez wymiennik szczotki przymocowanej do biegnącej w nim linki. Średnica szczotki powinna być większa o około 100 mm od średnicy rurociągu. Szczotkę należy nasączyć środkiem bakteriobójczym, np. stosowanego do czyszczenia wanien z hydromasażem. Po zakończeniu czyszczenia należy przepłukać wymiennik wodą i dokładnie uszczelnić otwory rewizyjne.

Podczas wykonania i eksploatacji gruntowego wymiennika ciepła należy zwrócić szczególną uwagę na zapewnienie czystości urządzenia. Wszystkie otwory (czerpnia, rewizje) muszą być zabezpieczone przed przedostawaniem się do rur zanieczyszczeń stałych, np. piasku, liści oraz gryzoni.

## 6 Technologia budowy gruntowego wymiennika ciepła

### 6.1 Ostateczne przyjęte wymiary wymiennika gruntowego

Rolę gruntowego wymiennika ciepła będzie pełnić rura kanalizacji zewnętrznej wykonana z PVC-U o średnicy  $\varnothing$  200/3,9 mm. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i rozpoznania terenu posesji przyjęto, że całkowita długość gruntowego wymiennika ciepła będzie wynosić 55,5 m, w tym wymiennik właściwy 52 m. Rurociąg należy ułożyć ze spadkiem 1 % w kierunku czerpni. Początek wymiennika będzie umieszczony na głębokość 2,0 m od poziomu gruntu w ogrodzie, natomiast koniec na głębokości 1,5 m przy ścianie piwnicznej budynku.

Nazwa elementu	Typ	Wymiar, mm	Długość, m / Liczba sztuk	Koszt, zł
rura	PCV	200/3,9	6/8	963,34
			3/1	63,56
			2/2	86,09
trójkąt prostokątny	PCV	200/200	2	125,86
kolano 45°	PCV	200	1	21,21
kolano 90°	PCV	200	1	24,47
zaśllepka	PCV	200	1	11,17
korek kanalizacyjny	PCV	200	1	9,14
czyszczak zewnętrzny	PCV	200	1	99,47
linka żyłkowa	żyłkowy sznurek do bielizny o grubym splocie		60	20,00
taśma uniwersalna	TA 50/50		1	20,00
			Razem	1 444,31

Tab. Zestawienie materiałów i kosztów

### 6.2 Układanie gruntowego wymiennika ciepła

Gruntowy wymiennik ciepła układa się w wykopie tradycyjnym otwartym. Minimalna szerokość wykopu na odcinkach prostych powinna wynosić 0,6 m natomiast na łukach 0,8 m. Wykop należy zabezpieczyć przed obsypaniem poprzez podparcie, rozparcie ścian lub nachylenie skarp wykopu.

Dno wykopu musi zostać dokładnie oczyszczone z kamienie, korzeni i podobnych części stałych. Następnie należy wykonać odpowiednią podsypkę o grubości 10 cm. Materiałem stosowanym na podsypkę może być piasek (lub przesiany grunt rodzimy), który nie powinien zawierać cząstek o wymiarach powyżej 1,5 mm, być zmrożony, zawierać ostrych kamienie lub innych materiałów.

Cały gruntowy wymiennik ciepła musi być ułożony ze spadkiem 1 % w kierunku czerpni. Wewnątrz wymiennika należy umieścić linkę żyłkową, która umożliwi okresowe

czyszczenie urządzenia. Linka musi biec przez całą długość wymiennika, a jej końce należy przymocować do pokryw otworów rewizyjnych. Wszystkie połączenia rur, kolanek, trójników i pokrywy otworów rewizyjnych muszą być dodatkowo uszczelnione. Do uszczelnienia można wykorzystać uniwersalną taśmę kauczukową stosowaną w instalacjach wentylacyjnych. Szerokość uszczelnienia powinna wynosić około 15 cm. Przed przyklejeniem taśmy należy oczyścić i odtłuścić powierzchnię rur. Gotowy rurociąg należy pokryć 10 cm warstwą piasku a następnie gruntem rodzimym.

Wykop należy prowadzić zgodnie z zaprojektowaną trasą przebiegu gruntowego wymiennika ciepła. Przewidziana trasa nie koliduje z innymi trasami urządzeń podziemnych.

### **6.3 Czerpnia**

Powietrze zewnętrzne będzie pobierane za pomocą czepni wolnostojącej. Otwór wlotowy czepni musi być umieszczony na wysokości, co najmniej 1 m nad poziomem gruntu i zabezpieczony np. siatką przed przedostawaniem się do wymiennika zanieczyszczeń stałych i gryzoni.

### **6.4 Odprowadzenie skroplin**

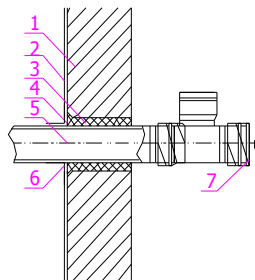
Początek gruntowego wymiennika ciepła, który jest najniżej położonym punktem rurociągu musi umożliwiać odpływ skroplin, powstających podczas eksploatacji urządzenia w okresie letnim. Rolę odpływu będzie pełnił trójnik 90° 200/200. Wolny koniec trójnika należy zakończyć zaślepką, nawierconą około 30 otworami Ø 6. Pod trójnikiem zlokalizowane będzie złożo o wymiarach 60 x 40 cm z żwiru 8/16 mm. Zadaniem złoża jest przyspieszenie procesu wsiąkania skroplin w grunt. Szybkie odprowadzenie powstającej w wymienniku wilgoci ma kluczowe znaczenie dla utrzymania wysokiej jakości powietrza wentylacyjnego.

### **6.5 Przepust przez ścianę**

W miejscu przejścia rury wymiennika przez ścianę piwniczną budynku należy wykonać przepust elastyczny. Będzie on zapobiegał przenoszeniu wibracji, które mogą być źródłem hałasu, na konstrukcję budynku. Umożliwi również ruch rury wynikający z rozszerzalności termicznej PCV.

Przestrzeń pomiędzy rurą a ścianą należy wypełnić wkładką dystansową, np. otuliną, gąbką lub pianką poliuretanową, natomiast poszerzenie wypełnienia np. pianką poliuretanową. Zewnątrz uszczelnienie przepustu wykonujemy z elastycznej, zbrojonej powłoki wodoszczelnej, z zakładem 10 cm na powierzchnię ściany i rury. Rurę należy zmechacić papierem ściernym na odcinku uszczelnianym.

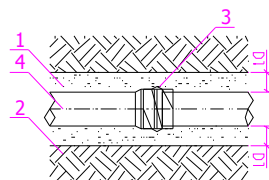




- 1 - ściana budynku,
- 2 - instniejąca powłoka wodoszczelna
- 3 - wypełnienie otuliną, gąbką lub pianką poliuretanową elastyczną między rurą a ścianą,
- 4 - poszerzenie wypełnienia np. pianką elastyczną,
- 5 - linka żyłkowa.
- 6 - elastyczna powłoka wodoszczelna z zakładem około 10 cm na powierzchnię ściany i rurę,
- 7 - otwór rewizyjny, zatkany korkiem i uszczelniony

Uwaga: Należy zmechaniczyć rurę w miejscu uszczelnienia

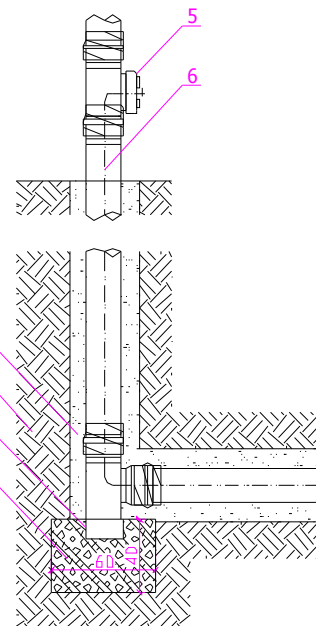
SZCZEGÓŁ A



- 1 - nadsypka z piasku 10 cm,
- 2 - grunt rodzimy,
- 3 - uszczelnienie połączenia rur szerokości około 15 cm wykonane z uniwersalnej taśmy kauczukowej,
- 4 - linka żyłkowa.

Uwaga: Wszystkie połączenia rur muszą być dodatkowo uszczelnione

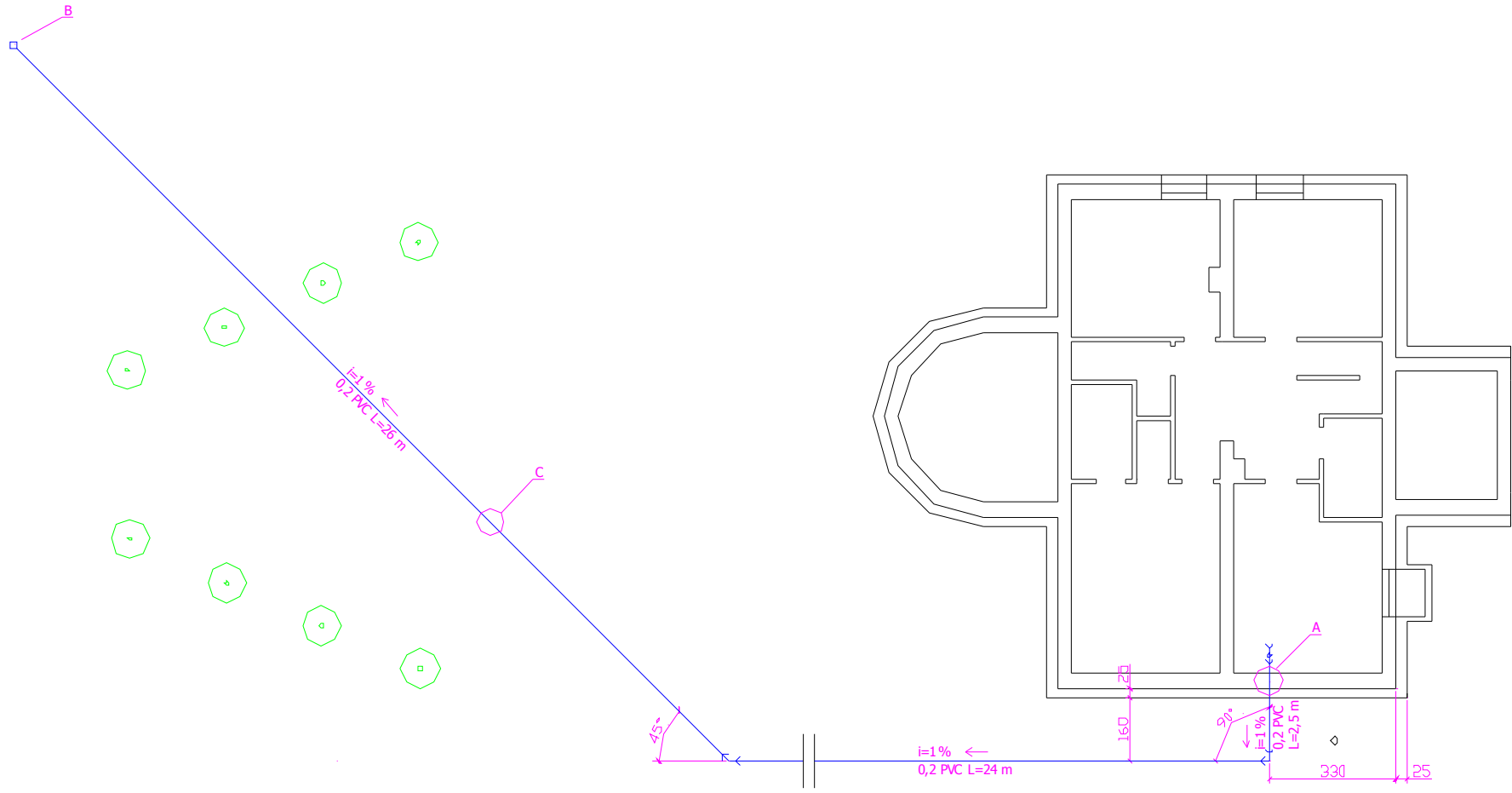
SZCZEGÓŁ C

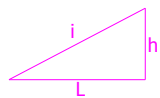


- 1 - podsypka z piasku 10 cm,
- 2 - grunt rodzimy,
- 3 - zaślepka z nawierconymi około 30 otworami Ø6,
- 4 - złoże żwirowe 60 x 40 cm, żwir 8/16 mm.
- 5 - czyszczak zewnętrzny,
- 6 - linka żyłkowa.

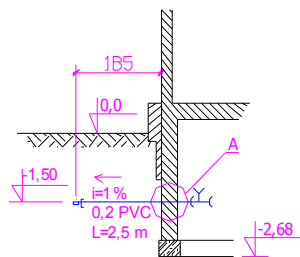
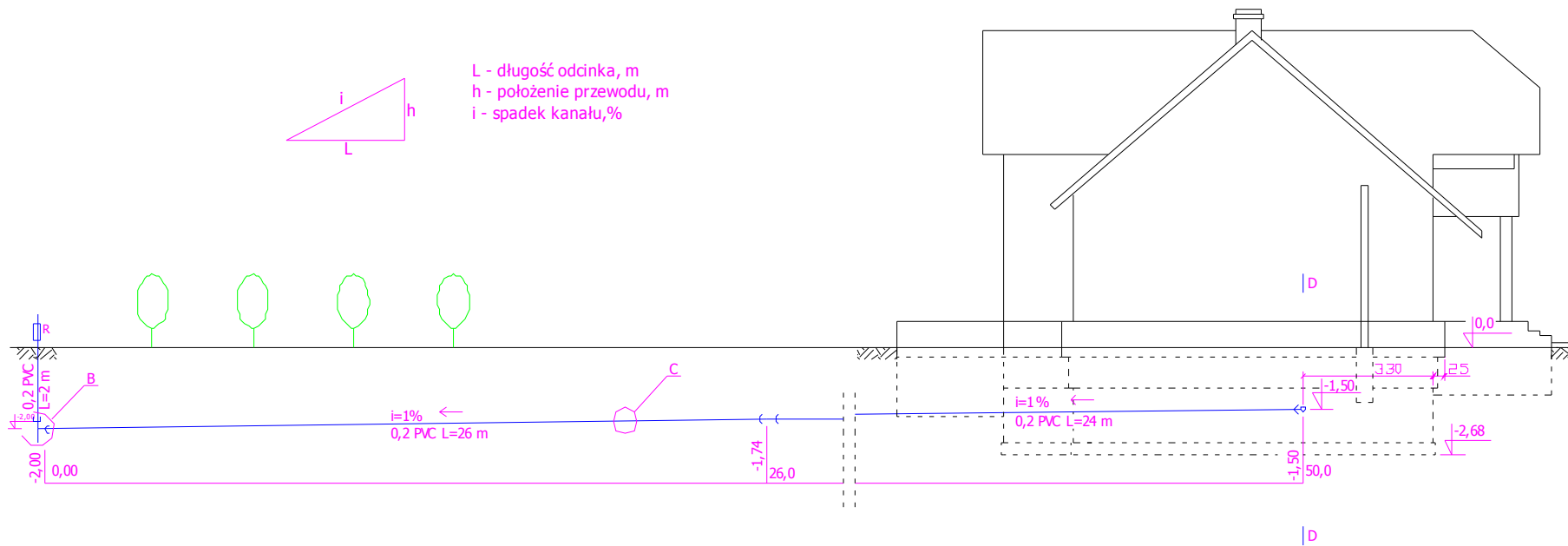
Uwaga: Zaślepka musi być nawiercona aby umożliwić odpływ powstających w GWC skropalin

SZCZEGÓŁ B





L - długość odcinka, m  
 h - położenie przewodu, m  
 i - spadek kanału, %



D - D