

XIII KONFERENCJA CIEPŁOWNIKÓW
POLITECHNIKA RZESZOWSKA
PZITS – Oddział Rzeszów MPEC - Rzeszów

Michał STRZESZEWSKI*
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

ZASIĘG CIEPLNY
POJEDYNCZEGO LINIOWEGO ŹRÓDŁA CIEPŁA W STROPIE
NA PODSTAWIE MODELU NUMERYCZNEGO

1. Wprowadzenie

W ostatnim czasie coraz częściej przewody wodne instalacji c.o. prowadzone są pod powierzchnią podłogi. W przypadku niedostatecznej izolacji lub jej braku, przewody takie są specyficznym źródłem ciepła i działają podobnie do ogrzewania podłogowego. Dlatego istotną staje się znajomość rozkładu temperatury na powierzchni podłogi nad przewodem, zasięgu oddziaływania cieplnego takiego przewodu oraz ew. obszaru przekroczenia temperatury dopuszczalnej.

W literaturze opisano wiele uproszczonych metod obliczeniowych dla wymiany ciepła w takim i w podobnych przypadkach [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 19, 20]. Jednak w metodach tych przyjmowano założenie o stałej temperaturze na powierzchni lub wyznaczano jedynie średnią temperaturę powierzchni. Takie podejście jest wystarczające do przybliżonego określania strumienia wymienianego ciepła, ale nie pozwala na wyznaczenie pola temperatury na powierzchni, co z kolei umożliwiłoby wyznaczenie zasięgu cieplnego oraz obszaru przekroczenia tem-

peratury dopuszczalnej. W tej sytuacji autor opracował model numeryczny przy wykorzystaniu metody bilansów elementarnych [14].

2. Kryteria zasięgu cieplnego

W praktyce temperatura powierzchni przegrody budowlanej w dużej odległości od przewodu z czynnikiem grzejnym zmierza asymptotycznie do pewnej wartości i trudno jest wskazać miejsce, w którym kończy się zasięg cieplny. Dlatego, aby można było określić ilościowo zasięg oddziaływania cieplnego, niezbędne jest przyjęcie kryterium, umożliwiające wskazanie granic tego zasięgu.

Można zaproponować szereg kryteriów zasięgu cieplnego:

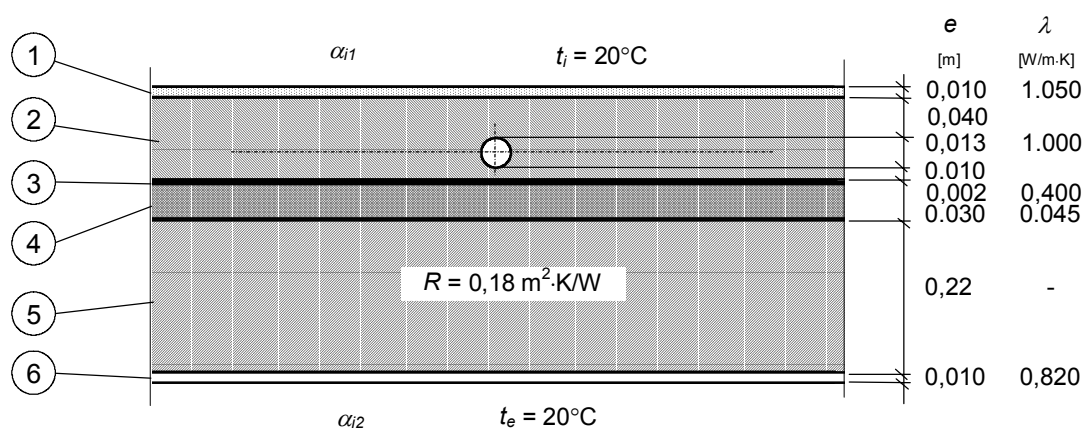
1. Różnica temperatur powierzchni podłogi w danym miejscu i w dużej odległości od przewodu jest większa niż określona arbitralnie wartość (np. 0,2K, 0,5K, lub 1K);
2. Różnica temperatur powierzchni podłogi w danym miejscu i w dużej odległości od przewodu jest większa niż określony procent wartości maksymalnej (np. 2%, 5% lub 10%);
3. Temperatura powierzchni podłogi jest większa od określonej wartości (np. 26°C lub 29°C); jeśli przyjmie się temperaturę dopuszczalną, wtedy kryterium umożliwi wyznaczenie zasięgu przekroczenia temperatury dopuszczalnej;
4. Wartość gęstości strumienia ciepła w danym miejscu jest większa od określonej wartości;
5. Wartość gęstości strumienia ciepła w danym miejscu jest większa od określonego procenta wartości maksymalnej.

W niniejszej pracy wybrano kryterium nr 1 w celu badania zasięgu cieplnego oraz kryterium nr 3 do określenia zasięgu przekroczenia temperatury dopuszczalnej.

W kryterium nr 1 przyjęto trzy graniczne wartości różnicy temperatury (0,2K, 0,5K oraz 1K). Przyjęcie trzech wersji tego kryterium pozwoliło porównać wyniki w zależności od przyjętego kryterium końca zasięgu cieplnego i wykazało, że wartość zasięgu zależy bardzo istotnie od jego definicji, jaka zostanie przyjęta. Badając zasięg przegrzewania powierzchni podłogi, posługiwano się dwoma wartościami dopuszczalnej temperatury powierzchni podłogi tj. 26°C i 29°C.

3. Schemat wyjściowy

Jako punkt wyjścia do studium przyjęto schemat, przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Podstawowy schemat konstrukcji stropu przyjęty do obliczeń.

- 1 – terakota; 2 – gładź cementowa w tym tzw. „nadbeton” tj. warstwa ponad górną tworzącą przewodu; 3 – folia polietylenowa; 4 – styropian; 5 – strop żebrowy kanałowy; 6 – tynk cementowo-wapienny.

Następnie analizowano wpływ następujących czynników na zasięg cieplny i rozkład temperatury na powierzchni stropu:

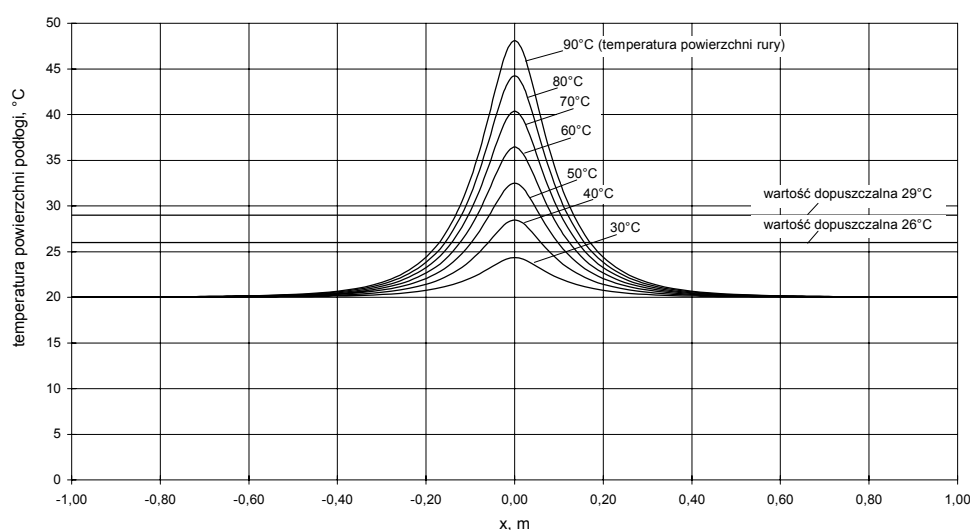
1. temperatura zewnętrznej powierzchni przewodu (20÷90°C),
2. grubość „nadbetonu” (0÷30 cm),
3. średnica zewnętrzna przewodu (7÷35 mm).

4. Wyniki analizy

W ramach niniejszej analizy wyznaczono rozkłady temperatury na powierzchni podłogi na dwumetrowym odcinku prostopadłym do osi przewodu (± 1 m od osi przewodu). Jako zasięg cieplny przyjęto odległość od osi przewodu (w rzucie na płaszczyznę podłogi) do miejsca, w którym temperatura na powierzchni podłogi przestaje spełniać odpowiednie kryterium.

4.1. Wpływ temperatury zewnętrznej powierzchni przewodu

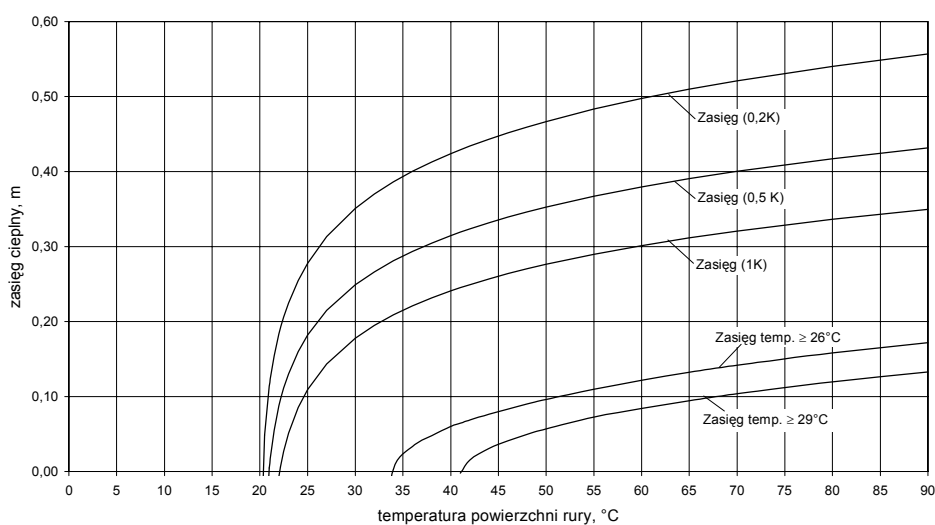
Na rys. 2 przedstawiono rozkłady temperatury na powierzchni podłogi dla różnych temperatur zewnętrznej powierzchni przewodu. Natomiast rys. 3 przedstawia zasięg cieplny wg trzech kryteriów oraz zasięg obszaru przekroczenia temperatur dopuszczalnych (26°C i 29°C).



Rys. 2. Rozkłady temperatury na powierzchni podłogi dla różnych temperatur powierzchni rury

Obszar przekroczenia temperatury dopuszczalnej jest w omawianym przypadku niewielki (sięga do 17 cm od osi przewodu), lecz wartość przekroczenia może być znacząca (do 22K).

W związku z tym w celu wyeliminowania zjawiska przekraczania temperatury dopuszczalnej można obniżać temperaturę powierzchni przewodu – obniżając temperaturę wody lub stosując izolację wokół przewodu.

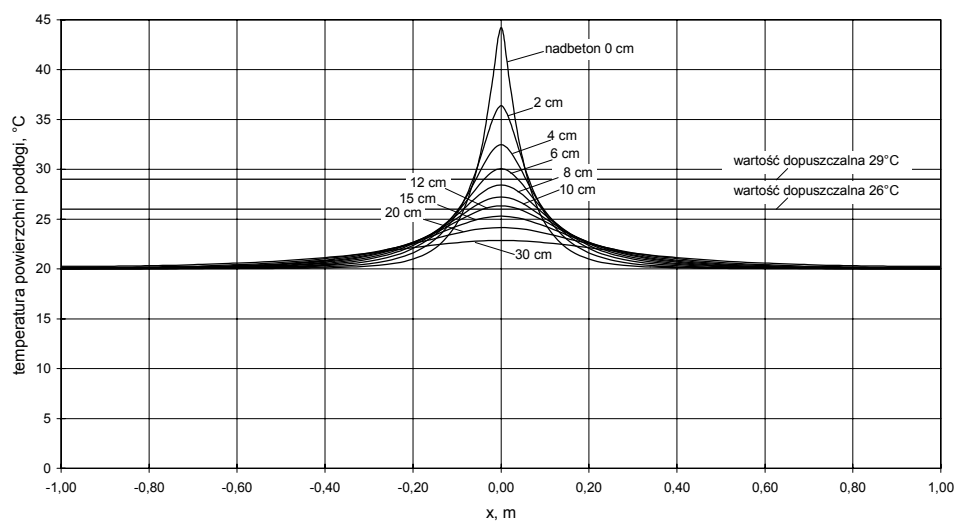


Rys. 3. Zasięg cieplny w funkcji temperatury powierzchni rury

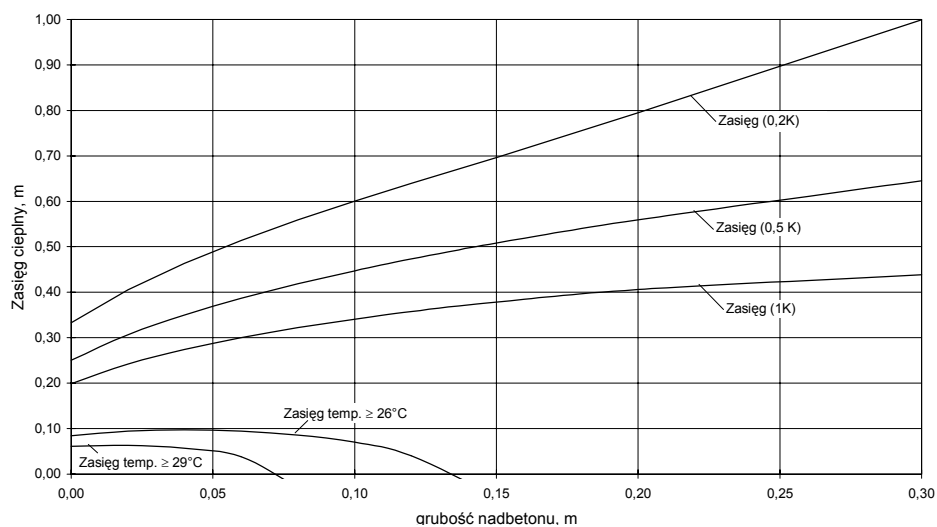
4.2. Wpływ grubości nadbetonu

Analizę wpływu grubości nadbetonu przedstawiono na rys. 4 i 5. Stosowanie grubszej warstwy betonu nad przewodem powoduje z jednej strony obniżenie temperatury maksymalnej, a z drugiej strony „spłaszczenie” rozkładu temperatury.

Jak wynika z rys. 5 zwiększanie grubości nadbetonu powoduje generalnie ograniczenie obszaru przekroczenia temperatury dopuszczalnej, chociaż w pewnym zakresie może spowodować zwiększenie się tego obszaru.



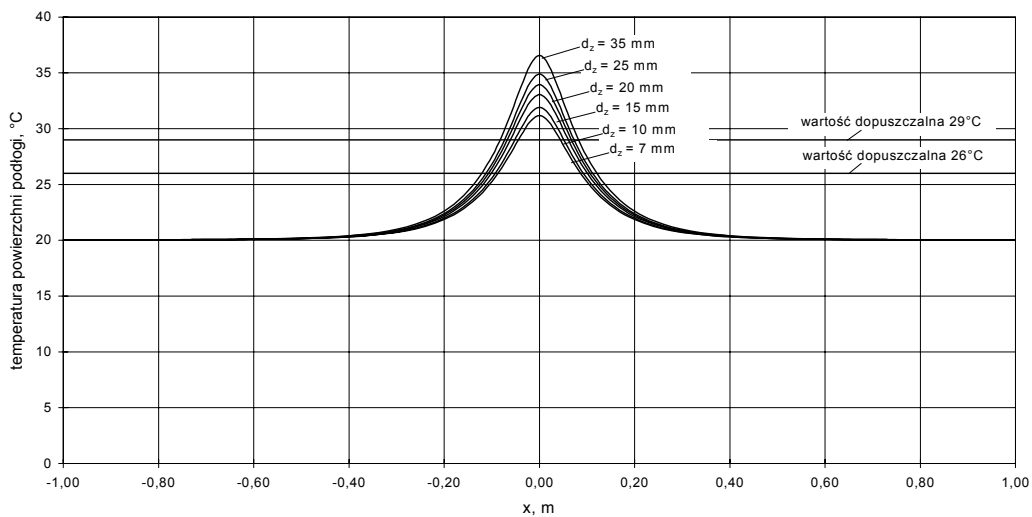
Rys.4. Rozkłady temperatury na powierzchni podłogi dla różnych grubości nadbetonu, $t_r=50^\circ\text{C}$



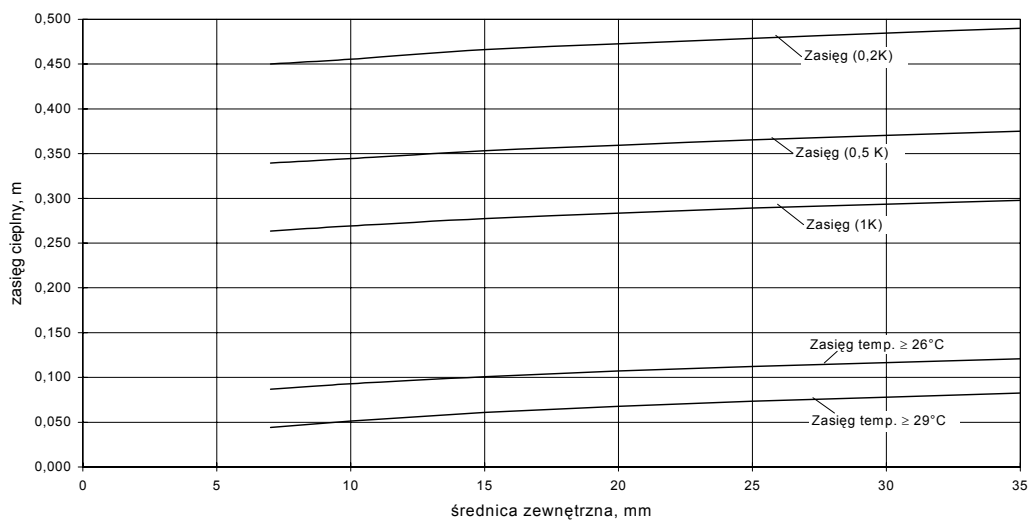
Rys. 5. Zasięg ciepły w funkcji grubości nadbetonu, $t_r=50^\circ\text{C}$

4.3. Wpływ średnicy przewodu

Na rys. 6 i 7 przedstawiono analizę zależności wymiany ciepła w stropie od średnicy zewnętrznej przewodu. W przypadku większych średnic przewodów temperatury na powierzchni podłogi są wyższe, jak również zasięg ciepły rośnie nieznacznie wraz ze wzrostem średnicy.



Rys. 6. Rozkłady temperatury na powierzchni podłogi dla różnych średnic zewnętrznych przewodu, $t_r=50^\circ\text{C}$



Rys. 7. Zasięg cieplny w funkcji średnicy przewodu, $t_r=50^\circ\text{C}$

5. Podsumowanie

Przedstawiona powyżej analiza pokazuje zależność zasięgu cieplnego i rozkładu temperatury na powierzchni podłogi w zależności od schematu umieszczenia przewodu w stropie. Duży wpływ na warunki wymiany ciepła mają wszystkie badane czynniki, a więc grubość warstwy betonu nad przewodem, średnica zewnętrzna przewodu, temperatura powierzchni zewnętrznej przewodu, a w związku z tym również zastosowanie izolacji termicznej. Aby nie dopuścić do przekroczenia dopuszczalnej temperatury na powierzchni podłogi, należy obniżyć temperaturę wody lub izolować termicznie przewody.

Wykorzystany autorski program komputerowy [14] okazał się wygodnym narzędziem do prowadzenia dokładnych analiz wymiany ciepła w stropie, jednak ze względu na długotrwałość obliczeń przy wykorzystaniu tego programu, w pracach projektowych należy raczej używać metod przybliżonych (natomiast metody te nie pozwalają na wyznaczenie pola temperatury i zasięgu cieplnego).

Literatura

1. Cichelka J.: *Ogrzewanie przez promieniowanie*, ARKADY, Warszawa 1965
2. Faxén O. H.: *Beräkning av värmeavgivningen från rör, ingjutna i betongplattor*, Teknisk Tidskrift Mekanisk, 1937, Häfte 3 (Mars)
3. Hulbert L. E., Nottage H. B., Franks C. V.: *No. 1388 – Heat Flow Analysis in Panel Heating or Cooling sections. Case I – Uniformly Spaced Pipes Buried Within a Solid Slab*, Transactions American Society of Heating and Ventilation Engineers Vol. 56, 1950, str. 189
4. Kowalczyk A., Strzeszewski M.: *Przegląd i ocena wybranych metod analitycznego określania wydajności cieplnej grzejników podłogowych*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Inżynieria środowiska z. 31, Warszawa, 1999
5. Krischer O.: *Die Wärmeverluste von Rohrleitung im Erdreich*, Rheinhold & Co. Berlin 1930
6. Krygier K.: *Metoda określania oporu cieplnego izolacji termicznej dla czynnych sieci ciepłowniczych układanych w systemie bezkanalowym*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej nr 51, 1976
7. Macskasy A.: *Łuczistoje otoplienije*, Moskwa 1985

8. Minkowycz W.J., Sparrow E.M., Schneider G.E., Pletcher P.H.: *Handbook of Numerical Heat Transfer*, John Wiley & Sons, Inc., 1988
9. Niemyjski O.: *Modelowanie procesów cieplno-hydraulicznych w sieciach ciepłowniczych*, rozprawa doktorska, Warszawa, 2000
10. Nottage H. B., E., Franks C. V., Hulbert L., Schutrum L. F.: *No. 1492 – Heat Flow Analysis in Panel Heating or Cooling sections. Case II – Floor Slab on Earth with Uniformly Spaced Pipes or Tubes at the Slab-Earth Interface*, Transactions American Society of Heating and Ventilation Engineers, str. 527
11. Pieńkowski C.: *Zastosowanie metody brzegowych równań całkowych do rozwiązywania zagadnień przewodzenia ciepła*, dysertacja doktorska, Białystok, 1998
12. Rydberg J., Huber Chr.: *Värmeavgivning från rör i betong eller mark*, Svenska Värme- och Sanitetstekniska Föreningens Handlingar IX, Förlags AB VVS, Stockholm 1955
13. Staniszewski B.: *Wymiana ciepła*, PWN, Warszawa 1980
14. Strzeszewski M.: *Program komputerowy Floor 2D*, Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997-2001
15. Szargut J. i in.: *Modelowanie numeryczne pól temperatury*, WNT, Warszawa, 1992
16. Szorin S.N.: *Tieplotperedacia*, Moskwa 1964
17. Szymański W.: *Parametry ogrzewania podłogowego*, VIII Konferencja Ciepłowników Polski Południowo - Wschodniej „Nowoczesne systemy ogrzewania”, Solina 1996
18. Weber A. P.: *Centralne ogrzewania wodne*, ARKADY, Warszawa 1975
19. Wasilewski W.: *Ogrzewnictwo i wentylacja - poradnik*, ARKADY, Warszawa 1966
20. Wasilewski W.: *Straty ciepła rur preizolowanych zagłębionych w gruncie*, COW 5/1999

*mgr inż. Michał Strzeszewski
Politechnika Warszawska
Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji
ul. Nowowiejska 20
00-653 Warszawa
Michal.Strzeszewski@is.pw.edu.pl