

## **Wymiana ciepła między nieizolowaną termicznie oborą a gruntem w badaniach eksperymentalnych**

**Wacław Bieda, Jan Radon, Grzegorz Nawalany<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Katedra Budownictwa Wiejskiego, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, e-mail: w.bieda@ur.krakow.pl, j.radon@ur.krakow.pl, g.nawalany@ur.krakow.pl*

**Streszczenie:** Dwu-letnie badania przeprowadzone w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych nieogrzewanej i nieizolowanej termicznie obory dla 120 krów umożliwiły rozpoznanie pól temperatury w gruncie pod posadzką i w otoczeniu oraz określenie kierunków strumieni ciepłych. Stwierdzono brak analogii pól temperatury i kierunków strumieni ciepłych w stosunku do budynków ogrzewanych. W zimnych porach roku ciepło zakumulowane w gruncie jest oddawane do pomieszczenia, a latem grunt jest odbiornikiem nadmiaru ciepła z pomieszczenia. Ustalono, że właściwe miejsce dla izolacji termicznej „stanu zerowego” to pionowa powierzchnia fundamentów.

**Słowa kluczowe:** pola temperatury, kierunki strumieni ciepłych, pionowa izolacja termiczna

### **1. Wprowadzenie**

W literaturze fachowej z zakresu fizyki cieplnej budowli, trudno znaleźć pozycje, które dotyczą zagadnienia wymiany ciepła pomiędzy budynkami inwentarskimi a gruntem w ich otoczeniu.

Rozwój metod obliczeniowych wymiany ciepła pomiędzy budynkiem a gruntem wymaga znajomości pola temperatury w gruncie i jego zmienności w czasie i przestrzeni. Najdokładniej można to osiągnąć za pomocą pomiarów prowadzonych przez odpowiednio długi czas w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych.

Do nielicznych pozycji omawiających wymianę ciepła pomiędzy budynkiem inwentarskim a gruntem należy praca Biedy [1], który na podstawie kilkuletnich pomiarów ustalił rozkłady izoterm w gruncie pod posadzką i w otoczeniu tradycyjnej obory stanowiskowej, w różnych okresach roku. Była to pierwsza praca badawcza z tego zakresu, w której szczegółowo opisano dwuwymiarowy, niestacjonarny przepływ ciepła w budynku inwentarskim, w tak dużej skali przestrzennej i czasowej.

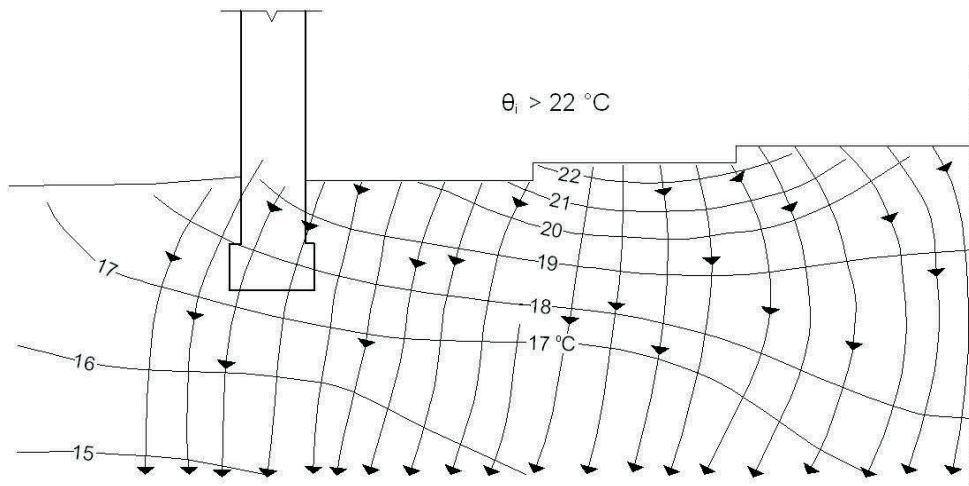
Obliczeniowe wyznaczenie pola temperatur na powierzchni posadzki wymaga pełnego rozwiązania zagadnienia niestacjonarnego przepływu ciepła w gruncie pod budynkiem i w jego otoczeniu. Obszar przewodzenia ciepła jest trójwymiarowy i teoretycznie nieograniczony [2]. W pewnej odległości od budynku zanika poziomy, a na pewnej głębokości zanika także pionowy przepływ ciepła, co pozwala wyodrębnić z przestrzeni nieograniczonej bryłę o skończonych wymiarach. Dzięki temu naturalnym obszarem przewodzącym ciepło staje się prostopadłościan gruntu z posadzkami, ścianami fundamentowymi i innymi elementami położonymi na gruncie i w gruncie. Grunt pod budynkiem rzadko bywa jednorodny, a to oznacza, że każdy rodzaj gruntu może cechować inny współczynnik przewodności cieplnej. Ponadto w gruncie może występować woda podziemna o zmiennym lub stałym położeniu zwierciadła, stojąca lub w ruchu, która może istotnie wpływać na ilość ciepła traconego z budynku. Na powierzchni terenu w otoczeniu budynku, zachodzi bardzo złożony proces wymiany ciepła na skutek dynamicznie zmieniających się oddziaływań klimatycznych, parowania z powierzchni, pokrywy śnieżnej, szaty roślinnej, oblodzenia, przemarzania gruntu, promieniowania słonecznego itp. W gruncie zachodzi także transport ciepła i wilgoci wraz z wodą opadową. Ze względu na to, iż nie wszystkie wymienione wyżej czynniki mogą być uwzględnione z powodu braku danych o ich przebiegu, wyniki obliczeń są zawsze przybliżone. Ze względu na podobieństwo zjawiska fizycznego, jakim jest przewodzenie ciepła w gruncie, opracowane

metodyki obliczeń dotyczące budownictwa mieszkaniowego mogą być, ale tylko w pewnym zakresie, wykorzystane w budownictwie rolniczym [2]. Trzeba jednak wyraźnie zaznaczyć, że większość budynków rolniczych cechuje się specyficznymi warunkami ciepłno-wilgotnościowymi, nie znajdującymi analogii z ogrzewanymi budynkami mieszkalnymi i użyteczności publicznej.

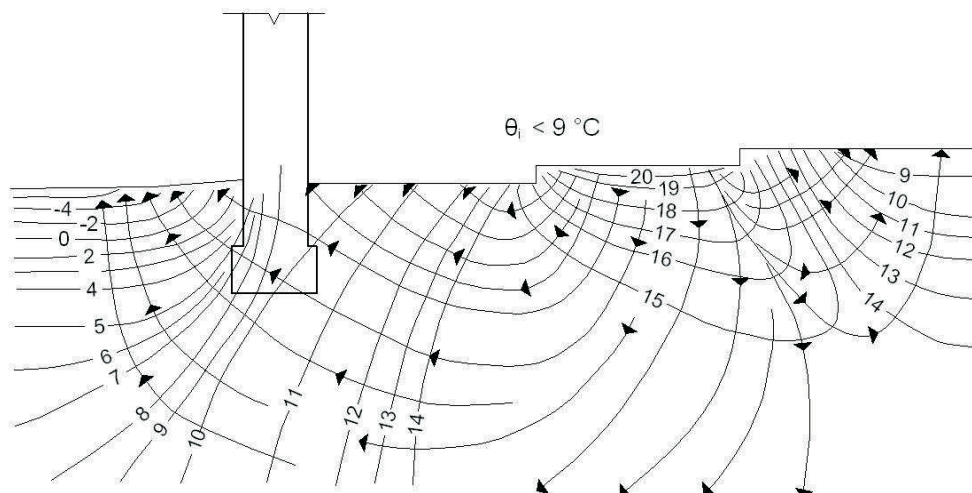
## 2. Wyniki badań eksperymentalnych

Wymiana ciepła pomiędzy nie ogrzewanym budynkiem inwentarskim a gruntem zostanie omówiona na przykładzie obory dla krów mlecznych z nieizolowanym termicznie stanem zerowym. Przegroda, z którą krowy mają bezpośredni kontakt, to podłoga legowiska zajmująca tylko część pomieszczenia. Pozostałą część obory zajmują korytarze gnojowe, paszowe i inne. Ciepło od krów przewodzone przez podłogę legowiska przekazywane jest drogą przewodzenia przez materiał podłogi do gruntu zalegającego pod podłogą. Aby scharakteryzować rolę tej części budynku, należało rozpoznać pole temperatury i kierunki przemieszczania się strumieni ciepła w gruncie pod budynkiem i w jego otoczeniu. W tym celu przeprowadzono dwu-letnie pomiary przebiegu temperatur w 35 punktach pomiarowych, rozmieszczonych w gruncie pod posadzką i w otoczeniu obory.

Wyniki pomiarów w okresie letnim wykazały, że pole temperatury charakteryzuje się prawie poziomym układem izoterm i gradientem wskazującym na pionowy w dół odpływ strumienia ciepła od zwierząt i z powietrza wewnętrznego do gruntu i wody gruntowej (rys. 1). Natomiast w okresie zimowym ukształtowanie izoterm w gruncie jest zdecydowanie odmienne niż w okresie letnim, a przepływy ciepła są w różnych kierunkach (rys. 2.).



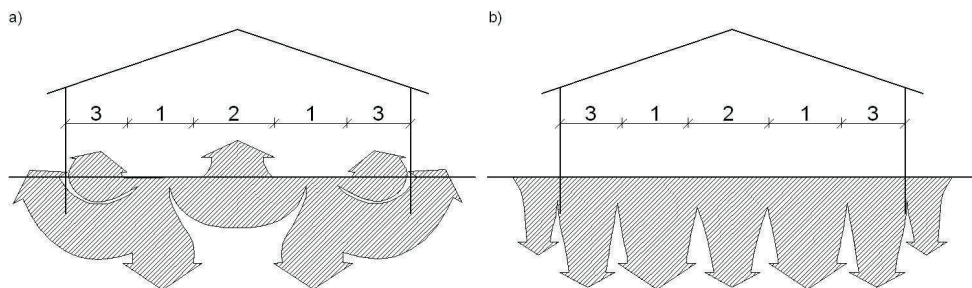
Rys. 1. Pole temperatury i kierunki strumieni ciepłych w gruncie pod oborą, w okresie letnim [1]



Rys. 2. Pole temperatur i kierunki strumieni ciepłych w gruncie pod oborą, w okresie zimowym [1]

Ciepło zakumulowane pod strefą legowiskową powraca do pomieszczenia przez podłogę stołu paszowego i przez posadzkę korytarzy gnojowych do pomieszczenia, jak też jest tracone do głębszej warstwy gruntu i wody gruntowej.

Z gruntu przyściennej strefy budynku strumień ciepła przepływa przez ścianę fundamentową do gruntu w strefie zewnętrznej i dalej do powietrza zewnętrznego. Pole temperatur pod strefą legowiskową jest całkowicie różne od pozostałych. Wyróżnia się w nim powierzchnia posadzki pod ściółką o prawie niezmiennej w ciągu roku temperaturze wynoszącej  $21^\circ\text{C}$ . Analiza charakterystycznych dla okresów zimowych kierunków przepływu strumienia ciepła w gruncie pod oborą, w czasie występowania w niej temperatury powietrza wewnętrznego  $\Theta_i < 9^\circ\text{C}$ , pozwoliła na ustalenie schematu wymiany ciepła z gruntem pokazanego na rys. 3a. Schemat wymiany ciepła z gruntem w okresie letnim pokazano na rys. 3b.



Rys. 3. Schemat wymiany ciepła z gruntem obory dwurzędowej: a – dla sezonu zimowego ( $\Theta_i < 9^\circ\text{C}$ ); b – dla sezonu letniego ( $\Theta_i > 15^\circ\text{C}$ ); 1 – legowiska; 2 – stół paszowy; 3 – korytarze gnojowe [1]

Z analizy przepływów strumieni ciepłych wynika, że ograniczenie strat ciepła z obory w zimnych porach roku może przynieść zastosowanie pionowej izolacji termicznej fundamentów (podwalin). Takie miejsce izolacji nie będzie przeszkadzać w korzystnym dla warunków termicznych obory oddawania nadmiaru ciepła do gruntu [3].

Rozpoznane pola temperatury wykorzystano do analizy obliczeniowej strat ciepła do gruntu dla różnych rozwiązań funkcjonalnych obór, ukształtowania terenu (posadzka wyniesiona na teren przyległy, posadzka na równi z terenem oraz zagłębiona) oraz dwóch wariantów – bez izolacji termicznej fundamentu i z izolacją.

W przypadkach, gdy poziom posadzki jest na tym samym poziomie co przyległy teren, zastosowanie pionowych izolacji termicznych ścian fundamentowych zmniejsza

straty ciepła o około 36%, a w przypadku gdy poziom posadzki jest wyniesiony ponad teren o około 52% [4].

### 3. Podsumowanie

Wyniki pomiarów i ich analiza wykazały, że:

- grunt pod nie ogrzewaną oborą odgrywa zdecydowanie pozytywną rolę w gospodarce energetycznej i kształtowaniu warunków termicznych w strefie przebywania zwierząt,
- pobrane od zwierząt ciepło nie jest całkowicie utracone lecz znaczna jego część zostaje zakumulowana przez grunt,
- w okresach letnich, grunt pod oborą jest jedynym odbiornikiem nadmiaru ciepła z obory,
- w przejściowych porach roku i podczas gwałtownych zmian temperatury zewnętrznej ciepło zakumulowane w gruncie pod budynkiem stabilizuje warunki termiczne w pomieszczeniu łagodząc wielkość amplitudy wahań temperatury wewnętrznej.

Racjonalne rozmieszczenie izolacji termicznych w stanie zerowym to oprócz izolacji cieplnej legowisk to pionowe izolacje termiczne ścian fundamentowych sięgające możliwie do głębokości posadowienia budynku.

### Literatura

- 1 Bieda W. Wymiana ciepła z gruntem w budynku inwentarskim. W: „Badania w zakresie budownictwa i gospodarki wodnej w rolnictwie”. PAN O. Kraków, 1978, 3-13.
- 2 Radoń J. Model obliczeniowy i analiza dynamicznego kształtowania się mikroklimatu budynków rolniczych na przykładzie brojlerni. Rozprawy, 410. Wyd. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 2004, z. 299.
- 3 Bieda W. Miejsce izolacji termicznej w stanach zerowych budynków dla bydła. Bud. Rol., 10, 1978, 24-25.
- 4 Bieda W., Gryc A., Radoń J. Wpływ izolacji cieplnej fundamentu na straty ciepła do gruntu przyległego do budynków dla bydła. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, nr 225, Melioracja z. 13, 1988, 149-164.

## Heat exchange between non-insulated barn and the ground in experimental research

Wacław Bieda, Jan Radoń, Grzegorz Nawalany<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Department of Rural Building, University of Agriculture Krakow, e-mail: w.bieda@ur.krakow.pl, j.radon@ur.krakow.pl, g.nawalany@ur.krakow.pl*

**Abstract:** The paper presents the results of two-year studies conducted in real operating conditions of a non-insulated and unheated barn for 120 cows. As a result, it was possible to determine temperature fields in the ground beneath the floor and around the building, as well as to define heat flux directions. It was concluded that there is no analogy between temperature fields and heat flux directions with the heated buildings. In colder periods of the year, the heat accumulated in the ground is emitted to the inside of the building; in the summer, the ground absorbs the excess of heat from the building. The final conclusion was that the foundations should be insulated vertically.

**Keywords:** temperature fields, heat flux directions, vertical thermal insulation