

OCIEPLENIA fundamentów i podłóg na gruncie w budynkach energooszczędnych

mgr inż. Jerzy Zembrowski*

Od momentu naszego wstąpienia do UE jesteśmy zobowiązani do wdrażania dyrektyw UE, m.in. dyrektywy 2002/91/EC wprowadzającej konieczność uzyskiwania od 2009 r. certyfikatów energetycznych budynków, dyrektywy 93/76/EWG dotyczącej ograniczenia emisji CO₂ oraz obowiązku certyfikacji budynków w tym zakresie, a także dyrektywy 2006/32/WE, która nakazuje uzyskanie w krajach członkowskich 9% oszczędności zużycia energii w latach 2008–2016. Dyrektywy te nie są wynikiem mody czy pomysłów biurokratów, lecz wynikają z dwóch ważnych konieczności: powstrzymania efektu cieplarnianego oraz ograniczania zużycia energii z powodu wyraźnie kurczących się zasobów energetycznych. Pierwszy aspekt wiąże się z potrzebą ochrony środowiska, drugi zaś ma uchronić nas – użytkowników budynków – przed wysokimi kosztami utrzymania domów, ceny energii rosną bowiem w zawrotnym tempie i nadal będą rosły.

W praktyce projektowej i wykonawczej popełnia się wiele błędów, np. grubość warstw termoizolacyjnych określa się wedle granicznych wartości współczynników przenikania ciepła U, zaś zagadnienia dyfuzji pary wodnej się pomija. W rezultacie powstające obiekty nie mają jasno określonych charakterystyk cieplnych, natomiast stan wilgotnościowy przegród tracących ciepło jest losowy. Ponieważ jednak projektowanie budynków energooszczędnych staje się koniecznością, niezbędna jest zmiana metodyki projektowania. Swoboda wykonawców w wyborze technologii będzie wtedy wykluczona.

Często słyszy się, iż domy energooszczędne to takie, w których wystarczy zastosować ocieplenie o gr. 25–30 cm w ścianach i podłogach. Nic bardziej błędnego, a praktyka wskazuje, że kwestia ocieplania fundamentów czy podłóg na gruncie jest kompletnie nie rozpoznana. Jedni do ocieplenia podłóg stosują termoizolacje o tej samej gr., co na ścianach, inni – o mniejszych grubościach. Jedni ocieplają fundamenty od zewnątrz, inni – od środka. Zdania są jak zwykle podzielone.

PROJEKTOWANIE ocieplenia fundamentów i podłóg na gruncie

Projektowanie i budowa domów energooszczędnych wymagają pełnej współpracy architekta ze specjalistą fizyki budowli, niezbędne jest bowiem wspieranie się wieloma analizami z tego zakresu.

Podstawowa jest analiza określająca ekonomicznie uzasadnione wartości współczynników przenikania ciepła U poszczególnych przegród budynku. Analizę taką wykonuje się po sporządzeniu wstępnego projektu architektonicznego oraz po ustaleniu przez inwestora oczekiwanej klasy energetycznej obiektu (model budynku energooszczędnego i jego zapotrzebowanie na energię cieplną przedstawiono na **rys. 1**). Podstawowym celem jest minimalizacja sumarycznego zapotrzebowania na ciepło, tj. znalezienie rozwiązania sumy $Q_s + Q_o + Q_d + Q_f + Q_p + Q_w + Q_{c.w.u.} = \text{minimum}$. Człon Q_w oraz $Q_{c.w.u.}$ (mający największy udział w domach energooszczędnych) wymaga oddzielnego rozpatrzenia.

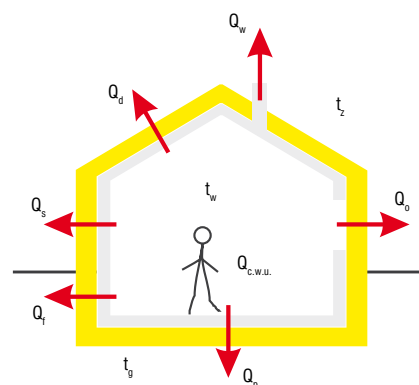
Zajmijmy się fundamentami i podłogą na gruncie. Po zbilansowaniu zapotrzebowania budynku na ciepło określa się poziom odniesienia – przegrodę o największym udziale w stratach cieplnych, dla której oblicza się ekonomicznie uzasadnioną wartość współ-



Fot. 1. Ocieplenie fundamentu



Fot. 2. Ocieplenie podłogi na gruncie



Rys. 1. Bilans strat ciepła budynku mieszkalnego: t_w – temp. wewnętrzna, t_z – temp. zewnętrzna, t_g – temp. gruntu, Q_s – straty ciepła przez ściany, Q_o – straty ciepła przez okna i drzwi, Q_d – straty ciepła przez dach, Q_f – straty ciepła przez fundamenty, Q_p – straty ciepła przez podłogi na gruncie, Q_w – zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji, $Q_{c.w.u.}$ – zapotrzebowanie na moc cieplną na cele przygotowania c.w.u.

*1) Baza Doradztwa Budowlanego BDB, www.bdb.com.pl

czynnika przenikania ciepła U_e oraz wynikającą stąd grubość i rodzaj warstwy termoizolacyjnej. Zwykle przegrodą odniesienia są ściany zewnętrzne lub dach i ich straty ciepła przez przenikanie Q_s lub Q_d . Następnie przystępuje się do analizy ciepło-wilgotnościowej takiej przegrody w aspekcie uniknięcia kondensacji pary wodnej lub jej minimalizacji i wykluczenia przez to korozji biologicznej. Kolejnym krokiem jest określenie grubości warstwy termoizolacyjnej podłogi na gruncie.

GRUBOŚĆ termoizolacji podłogi

Spośród kilku modeli przenikania ciepła przez podłogę na gruncie największe uznanie znalazł model Henrikssona przedstawiony w 1959 r. (**rys. 2**). Wyróżnia on dwie strefy przenikania ciepła: strefę wzdłuż ścian zewnętrznych o szer. s_1 (gdzie strumień ciepła przenikającego Q_1 jest zależny od zmian temperatury powietrza zewnętrznego t_z) oraz strefę s_2 (gdzie nie ma zależności strat ciepła Q_2 od zmian t_z).

Ilość ciepła przenikającego w strefie o szer. s_1 i dł. L określa się równaniem:

$$Q_1 = U_1(t_w - t_z)s_1 \cdot L \quad [\text{W}] \quad (1)$$

Współczynnik przenikania ciepła U_1 w tej strefie wynosi:

$$u_1 = \left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w} + \frac{\pi \cdot s_1}{\lambda_g}} \right) \ln \left[1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w} + R_p} \right) \left(\frac{1}{\alpha_w} + \frac{\pi \cdot s_1}{\lambda_g} \right) \right] \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (2)$$

Ilość ciepła przenikającego w strefie o szer. s_2 i tej samej dł. L określa się jako:

$$Q_2 = U_2(t_w - t_g)s_2 \cdot L \quad [\text{W}] \quad (3)$$

Współczynnik przenikania ciepła U_2 w tej strefie wynosi:

$$u_2 = \frac{2}{\frac{1}{\alpha_w} + \frac{\pi \cdot s_2}{\lambda_g}} \ln \left[\frac{1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w} + R_p} \right) \left(\frac{1}{\alpha_w} + \frac{\pi(s_1 + s_2)}{2\lambda_g} \right)}{1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha_w} + R_p} \right) \left(\frac{1}{\alpha_w} + \frac{\pi \cdot s_1}{2\lambda_g} \right)} \right] \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (4)$$

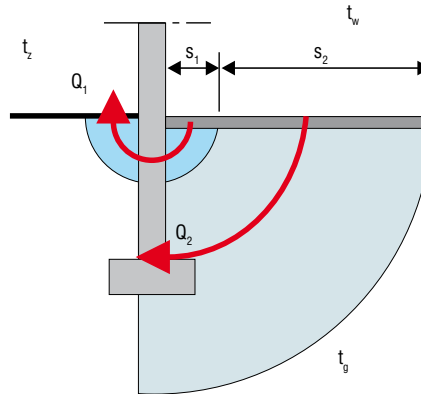
gdzie:

α_w – współczynnik przyjmowania ciepła przez podłogę $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$,

λ_g – współczynnik przewodzenia ciepła gruntu $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$

R_p – opór cieplny przewodzenia wszystkich warstw podłogi $[\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$.

Po ustaleniu wartości U_e dla przegrody odniesienia można określić jednostkowy strumień ciepła q_e w warunkach obliczeniowych. Idealnym rozwiązaniem dla budynku energooszczędnego jest takie, w którym jednostkowe strumienie ciepła przenikającego przez poszczególne przegrody będą so-



Rys. 2. Model strat ciepła do gruntu według Henrikssona: t_w – temp. wewnętrzna, t_z – temp. zewnętrzna, t_g – temp. gruntu, Q_1 – strumień ciepła w strefie o szer. s_1 , Q_2 – strumień ciepła w strefie o szer. s_2

bie równe. Wówczas wyeliminuje się mostki cieplne oraz uzyskuje rozwiązanie energetyczne najbardziej zbliżone do optymalnego.

Dla lepszego wyjaśnienia oprzyjmy się na konkretnym przykładzie budynku jednorodzinnego zlokalizowanego pod Warszawą, dla którego założono klasę energetyczną z zapotrzebowaniem na ciepło w wysokości $78 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{rok}$. Wartość U_e ścian wynosi $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (ściana: bloczek gazobetonowy 500 o gr. 24 cm ocieplony styropianem o gr. 20 cm z wyprawą mineralną), ponieważ ilość ciepła Q_2 przenikającego przez strefę $s_2 \times L$ daje strumień ciepła q_2 , to ze wzorów (3) i (4) uzyskuje się zależność określającą grubość warstwy ocieplenia podłogi w tej strefie. Jako ocieplenie podłogi przyjmijmy płyty ze styropianu STEINODUR® PSN HD (producent: Izoterm) o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,034 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Ich wytrzymałość na ściskanie wynosi 250 kPa (przy odkształceniu 2%), co gwarantuje nie tylko wysokie parametry cieplne, lecz także przenoszenie dużych obciążeń użytkowych i własnych podłogi. Dla strumienia ciepła q_e oraz pod podłogą gruntu piaszczystego średnio wilgotnego ($\lambda_g = 0,40 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) oraz warstwy betonu podkładowego podłogi o gr. 10 cm i warstwy dociskowej o gr. 6 cm uzyskuje się gr. warstwy termoizolacyjnej $d_{p2} = 0,06 \text{ m}$. Postępując identycznie (ze wzorów (1) i (2)), w strefie s_1 uzyskuje się gr. warstwy termoizolacji wynoszącą od $d_{p1} = 0,08 \text{ m}$.

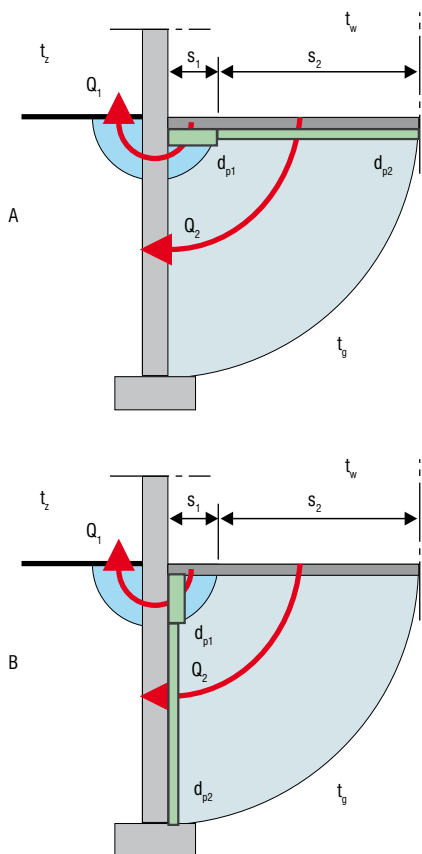
W Polsce w latach 1972–1973 J.A. Pogorzelski przeprowadzał analizę wpływu oporu cieplnego podłóg na gruncie na oba współczynniki przenikania U_1 oraz U_2 . Na podstawie badań Henrikssona uwzględnił szer. stref odpowiednio: $s_1 = 0,75 \text{ m}$, zaś s_2 równą połowie szerokości podłogi. W ostatnich polskich normach strefy te określa się podobnie, chociaż s_1 przyjmu-

je się 1,0 m (z zapasem ze względów bezpieczeństwa). Z analizy tej wynikało, że wpływ grubości ocieplenia w strefie s_2 na wielkość strat ciepła podłogi jest niewielki – szczególnie położonych na gruntach przepuszczalnych i relatywnie suchych. W strefie s_1 powstała graniczna wartość oporu cieplnego podłogi $0,86 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, powyżej którego nie jest optycalne ocieplenie tej strefy podłogi. Opór ten odpowiada grubości styropianu ok. 4 cm. Trzeba zaznaczyć, że fundamenty analizowanego wówczas budynku nie były izolowane termicznie, zaś współczynniki przenikania ciepła ścian budynku określane wówczas przez normy wynosiły ok. $1,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Wnioski z tamtych badań długo obowiązywały w Polsce, a i dzisiaj nierzadko spotyka się projekty, gdzie podłogi na gruncie ociepla się wyłącznie w pasie o szer. 1 m od ścian zewnętrznych. Skoro jednak mówimy o budynkach energooszczędnych, przypadki rezygnacji z ocieplania całych podłóg nie będą miały miejsca.

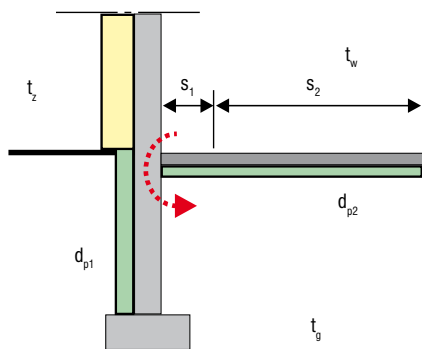
LOKALIZACJA warstw ocieplenia podłogi i fundamentów

Niezwykle ważnym zagadnieniem jest lokalizacja obliczonych warstw ocieplenia. Z punktu widzenia ruchu ciepła możliwe są do zastosowania dwa rozwiązania (**rys. 3**). Mimo iż są to rozwiązania równoważne, to wariant A ma tę wadę, iż w linii zmiany grubości warstw ocieplenia występuje realne zagrożenie pęknięcia warstwy dociskowej na skutek karbu w tym miejscu (ocieplenia będą leżeć na jednej płaszczyźnie betonu podkładowego, warstwa dociskowa będzie zaś miała różną grubość).

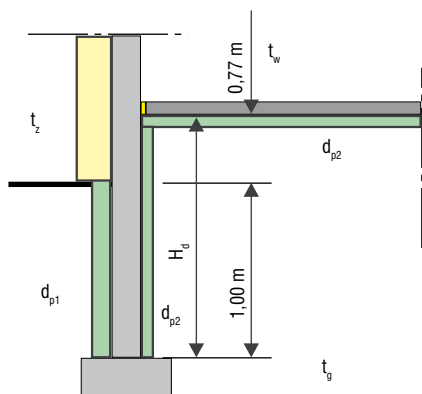
Polecany rozwiązaniem jest zatem wariant B. Wariant ten byłby do przyjęcia, gdyby nie fakt ocieplania ścian zewnętrznych w domach energooszczędnych i związana z tym konieczność uniknięcia kondensacji pary wodnej w fundamencie w strefie przemarzania gruntu. Z tego względu celowe jest zastosowanie warstwy ocieplenia o gr. d_{p2} na całej powierzchni podłogi, a przeniesienie warstwy o gr. d_{p1} na zewnętrzną powierzchnię fundamentu. W ten sposób można wyeliminować nie tylko przemarzanie fundamentu, lecz także wykorzystać pojemność cieplną jego masy w celu podniesienia stateczności cieplnej budynku. Rozwiązanie to przedstawiono na **rys. 4**. Ma ono pewną ważną wadę: groźbę istnienia mostka cieplnego (oznaczonego czerwoną strzałką), który skutkować będzie nie tylko zwiększonymi stratami ciepła przez ścianę budynku i fundament do gruntu, lecz także zawilgoceniem i pleśnią



Rys. 3. Równowaga pod względem cieplnym ocieplenia podłogi: A – poziome, B – pionowe



Rys. 4. Rozdzielenie ocieplenia na część poziomą podłogi i pionową fundamentu



Rys. 5. Poprawne ocieplenie podłogi na gruncie i fundamentu w przykładowym budynku niepodpiwniczonym

ścian w strefie tuż nad podłogą. By uniknąć tego zjawiska, należy wprowadzić dodatkową warstwę ocieplenia po drugiej stronie fundamentu o gr. d_{p3} zbliżonej do d_{p2} . Długość tej warstwy powinna być tak określona, żeby opór przewodzenia ciepła przez ścianę fundamentową był równy oporowi cieplnemu poziomej warstwy ocieplenia podłogi. Wymagana wysokość H_d ocieplenia dodatkowo d_{p3} wyniesie:

$$H_d = d_{p2} \cdot \frac{\lambda_b}{\lambda_{op}} \quad (5)$$

Dla omawianego przykładu współczynnik przewodności cieplnej ściany fundamentowej (błoczki betonowe 1900 kg/m^3) wynosi $= 1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Dzięki zastosowaniu płyt STEINODUR® PSN HD uzyskujemy gr. $H_d = 1,77 \text{ m}$. Wartość ta była możliwa do zastosowania, ponieważ ściany fundamentowe zagłębiono w gruncie na $1,0 \text{ m}$ (do wierzchu ław), a wymaganą wysokość wyniesienia podłogi ponad teren projektant zmienił na $0,77 \text{ m}$ (zamiast planowanego $0,35 \text{ m}$). Przykład ten przedstawiono **rys. 5**. Na uwagę zasługuje fakt, iż płytkie posadowienia domów jednorodzinnych (tak często i chętnie stosowane w różnych regionach kraju) będą wykluczone w domach energooszczędnych, chyba że zamiast popularnych bloczków betonowych będą zastosowane inne materiały o wymaganej wytrzymałości na ściskanie, ale mniejszym współczynniku przewodzenia ciepła, lub będą przewidziane głębsze posadowienia fundamentów.

Zасыpywanie WYKOPÓW

Jeśli posadowienia z betonu będą głębsze, ale wykonawca nie odczeka przed zasypaniem wykopów, zanim beton osiągnie wilgotność masową poniżej 5%, można się spodziewać występowania mostków cieplnych w ścianach zewnętrznych tuż nad podłogą i związanych z tym poważnych problemów - szczególnie w regionach kraju o niskich temperaturach zimą (strefa IV i V).

W przypadku zastosowania przykładowych płyt STEINODUR® PSN HD do ociepleń fundamentów istnieje możliwość wcześniejszego zasypywania wykopów nawet przy wyższej wilgotności betonu, ponieważ można wykorzystać ukształtowane w nich po jednej stronie rowki o głębokości kilku mm. W takiej sytuacji do wykonania hydroizolacji pionowych ścian fundamentowych należy użyć nie mas bitumicznych, lecz poli-merowo-cementowych typu „flex”. Stawiają one niski opór dyfuzyjny wobec pary wodnej, co pozwoli na wystarczające wyschnię-

cie ścian fundamentowych. Do tego trzeba spełnić trzy warunki:

- zasypianie wykopów nie powinno nastąpić później niż wczesną wiosną, aby do zimy pozostało przynajmniej 7 mies.,
- płyty STEINODUR® PSN HD należy układać na ścianach fundamentowych rowkami w stronę gruntu, natomiast bezpośrednio na całej ich powierzchni przed zasypaniem wykopów należy położyć warstwę mocnej geowłókniny,
- opaska wokół budynku musi być wykonana z kruszywa płukanego $16-32 \text{ mm}$ (lub grubszego) na szer. przynajmniej 50 cm .

W ten sposób zapewni się swobodne ujęcie pary wodnej, która z mokrych fundamentów poprzez hydroizolację oraz ocieplenie będzie dyfundować do otoczenia na zewnątrz przez rowki płyt, aż fundamenty wyschną.

* * *

Obliczenia grubości warstw ociepleń podłóg na gruncie oraz fundamentów w budynkach energooszczędnych należy wykonywać dla każdego projektu indywidualnie, gdyż klasa energetyczna obiektu musi być zawsze zweryfikowana ilością stopniodni dla danej miejscowości, tj. musi uwzględniać położenie danego budynku na terenie kraju. Nie jest możliwe unifikowanie rozwiązań w domach energooszczędnych, gdyż te same rozwiązania materiałowe nawet jednakowych architektonicznie budynków, ale znajdujących w różnych strefach, dają różne wartości charakterystyk cieplnych. Przykładowo przy temp. wewnętrznej $+20^\circ\text{C}$ budynek we Wrocławiu mający zużycie energii na poziomie $83 \text{ kWh/m}^2\text{-rok}$ w Suwałkach osiągnie wskaźnik w wysokości $97 \text{ kWh/m}^2\text{-rok}$ – wykonany w tej samej technologii i według tego samego projektu.

LITERATURA

1. J.A. Pogorzelski, „Fizyka ciepła budowli”, PWN, Warszawa, 1976.
2. J.B. Zembrowski, „Nowoczesne izolacje piwnic”, „Kalejdoskop Budowlany”, nr 6/1998.
3. J.B. Zembrowski, „Ruch ciepła i wilgoci przez przegrody budowlane”, „Kalejdoskop Budowlany”, nr 3/2000.

KONTAKT



Izoterm Sp. z o.o.

ul. Gdańska 14

05-152 Cząstków Maz. k. W-wy
tel.: (0-22) 785 06 90, fax: (0-22) 785 06 89
izoterm@izoterm.waw.pl
www.izoterm.waw.pl, www.steinbacher.pl