

Ocieplenia fundamentów i podłóg na gruncie w budynkach energooszczędnych

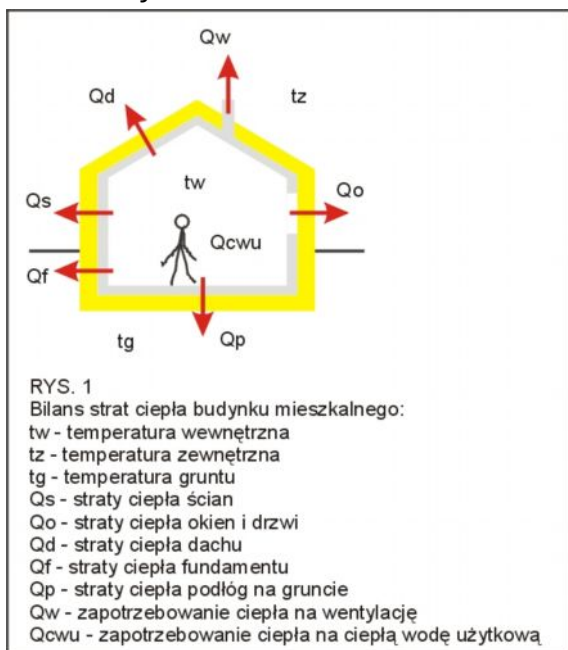
Dyrektywa EPBD (the Energy Performance of Buildings Directive) 2002/91/EC Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z 16 grudnia 2002 r. wprowadziła konieczność uzyskiwania certyfikatów energetycznych budynków od 1 stycznia 2009 r. Obowiązuje dyrektywa 93/76/EWG dotycząca ograniczenia emisji CO₂ oraz obowiązku certyfikacji budynków w tym zakresie. Najnowsza dyrektywa 2006/32/WE nakazuje uzyskanie 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 wokół naszej planety oraz oszczędności zużycia energii z powodu wyraźnie kurczących się zasobów energetycznych Ziemi. Pierwszy aspekt dotyczy ratowania przyrody, zaś drugi dotyczy ratowania nas przed wysokimi kosztami utrzymania domów, bowiem ceny energii rosną w zawrotnym tempie i będą nadal rosły!

W praktyce projektowej i wykonawczej ciągle popełnia się wiele błędów, gdyż grubość warstw termoizolacyjnych określa się wprawdzie wedle granicznych wartości współczynników przenikania ciepła U ale zagadnienia dyfuzji pary wodnej często się pomija. W rezultacie, powstają obiekty z losowym wręcz stanem wilgotnościowym przegród tracących ciepło. Skoro budynki energooszczędne są nakazem czasu, konieczne jest przestawienie się na inną metodykę projektowania. Swoboda wykonawców w wyborze technologii w takich obiektach jest wykluczona! Często słyszy się, iż domy energooszczędne to takie, w których wystarczy zastosować po 25-30 cm ocieplenia w ścianach i podłogach. Nic bardziej błędnego, a praktyka wskazuje, że kwestia ocieplania np. fundamentów czy podłóg na gruncie jest mało rozpoznana. Jedni na podłogi stosują ocieplenia tej samej grubości, co na ściany - inni nieco mniej. 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, to zupełnie nowe podejście i szeroka



współpraca architekta ze specjalistą fizyki budowli, bowiem wymagane jest wspieranie się szeregiem analiz z tego zakresu. Jest to wymóg pierwszorzędny! Podstawą 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 przedstawia rys. 1. Podstawowym celem jest minimalizacja sumarycznego zapotrzebowania ciepła, tj. znalezienie rozwiązania sumy $Qs + Qo + Qd + Qf + Qp + Qw + Qcwu = \text{minimum}$. Człon Qw oraz $Qcwu$ (mający największy udział w domach energooszczędnych) wymaga oddzielnego omówienia.

Zajmijmy się fundamentami i podłogą na gruncie. Po zbilansowaniu zapotrzebowania ciepła budynku, określa się poziom odniesienia (przegroda o największym udziale w stratach cieplnych), dla której

oblicza się ekonomicznie uzasadnioną wartość wsp. przenikania ciepła Ue oraz wynikającą stąd grubość i rodzaj warstwy termoizolacyjnej. Zwykle przegrodą odniesienia są ściany zewnętrzne lub dach i ich straty ciepła przez przenikanie Qs lub Qd . Potem przystępuje się do analizy cieplno-wilgotnościowej takiej przegrody w aspekcie uniknięcia kondensacji pary wodnej lub jej minimalizacji i wykluczenia przez to korozji biologicznej. Następnym 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 podany w roku 1959 - przedstawiony na rys. 2. Wyróżnia on dwie strefy przenikania ciepła: strefę wzdłuż ścian zewnętrznych szerokości $s1$ (gdzie strumień ciepła przenikającego $Q1$ jest zależny od zmian temperatury powietrza zewnętrznego tz) oraz strefę $s2$ (gdzie nie ma zależności strat ciepła $Q2$ od zmian temperatury tz).

Ilość ciepła przenikającego w strefie szerokości $s1$ i długości L określa się równaniem:

$$Q1 = U1(tw - tz)s1 \cdot L, W \quad [1]$$

Wsp. przenikania ciepła $U1$ w tej strefie wynosi:

$$U1 = \left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha w} + \frac{\pi \cdot s1}{\lambda g}} \right) \ln \left[1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha w} + Rp} \right) \left(\frac{1}{\alpha w} + \frac{\pi \cdot s1}{\lambda g} \right) \right], W/m^2K \quad [2]$$

Ilość ciepła przenikającego w strefie szerokości $s2$ i tej samej długości L określa się jako:

$$Q2 = U2(tw - tg)s2 \cdot L, W \quad [3]$$

Wsp. przenikania ciepła $U2$ w tej strefie wynosi:

$$U2 = \frac{2}{\frac{1}{\alpha w} + \frac{\pi \cdot s2}{\lambda g}} \ln \frac{1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha w} + Rp} \right) \left(\frac{1}{\alpha w} + \frac{\pi(s1 + s2)}{2\lambda g} \right)}{1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha w} + Rp} \right) \left(\frac{1}{\alpha w} + \frac{\pi \cdot s1}{2\lambda g} \right)}, W/m^2K \quad [4]$$

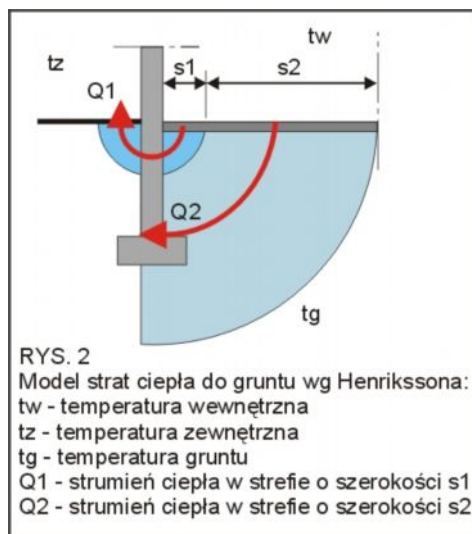
gdzie:

αw - wsp. przejmowania ciepła przy podłodze, W/m^2K

λg - wsp. przewodzenia ciepła gruntu, W/mK

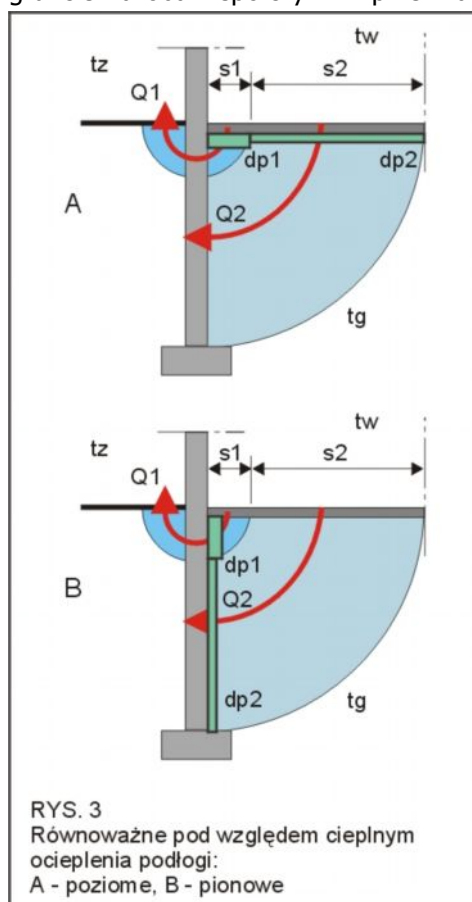
Rp - opór cieplny przewodzenia wszystkich warstw podłogi, m^2K/W

Po ustaleniu wartości Ue dla przegrody odniesienia, można określić dla niej jednostkowy strumień ciepła qe w warunkach obliczeniowych. Idealnym rozwiązaniem dla budynku energooszczędnego jest, gdy jednostkowe strumienie ciepła przenikającego przez poszczególne przegrody będą sobie równe.



własnych podłogi. Dla strumienia ciepła q_e oraz pod podłogą zalegającego gruntu piaszczystego średniowilgotnego ($\lambda_g = 0,40 \text{ W/mK}$) oraz warstwy betonu podkładowego podłogi grub. 10 cm i warstwy dociskowej grub. 6 cm, uzyskuje się grubość warstwy termoizolacyjnej $dp_2 = 0,06 \text{ m}$. Postępując identycznie (ze wzorów [1] i [2]), w strefie s_1 uzyskuje się grubość warstwy termoizolacji wynoszącą $dp_1 = 0,08 \text{ m}$.

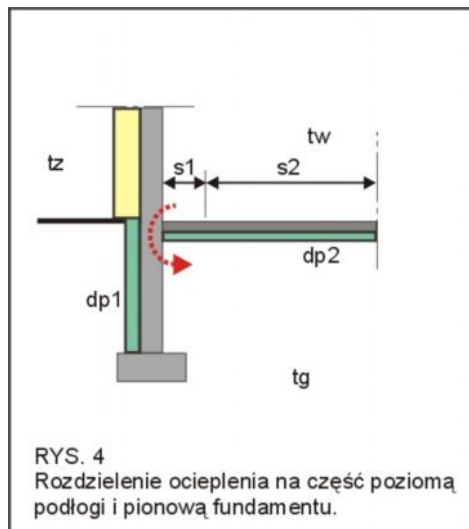
W Polsce w latach 1972-73 *Pogorzelski* przeprowadzał analizę wpływu oporu cieplnego podłóg na gruncie na oba współczynniki przenikania U_1 oraz U_2 . Na podstawie badań Henrikssona uwzględnił on szerokość stref odpowiednio: $s_1 = 0,75 \text{ m}$, zaś s_2 równą połowie szerokości podłogi. W ostatnich polskich normach strefy te określa się podobnie, chociaż s_1 przyjmuje się 1,0 m (zapewne z zapasem bezpieczeństwa). Z analizy tej wynikało, że wpływ grubości ocieplenia w strefie s_2 na wielkość strat ciepła podłogi jest niewielki - szczególnie położonej na gruntach przepuszczalnych i relatywnie suchych. W strefie s_1 powstała graniczna wartość oporu cieplnego podłogi wynosząca $0,86 \text{ m}^2\text{K/W}$, powyżej którego nie jest opłacalne ocieplenie tej strefy podłogi. Opór ten odpowiada grubości ok. 4 cm styropianu. Trzeba zaznaczyć, że fundamenty analizowanego wówczas budynku nie były izolowane termicznie, zaś współczynniki przenikania ciepła ścian budynku określane wówczas przez normy wynosiły ok. $1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Wnioski z tamtych badań długo obowiązywały w Polsce, a i dzisiaj wcale nie rzadko spotyka się projekty, gdzie podłogi na gruncie ociepla się wyłącznie w pasie szerokości 1 m od ścian zewnętrznych. Skoro jednak mówimy o budynkach energooszczędnych, takie 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 - pokazane na 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, zaś warstwa dociskowa będzie miała różną grubość). Zatem, polecanym i znacznie lepszym rozwiązaniem jest 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.



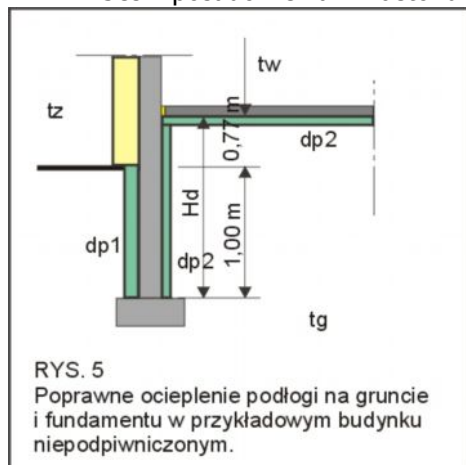
Z tego względu, celowe jest zastosowanie warstwy ocieplenia grubości $dp2$ na całej powierzchni podłogi, a warstwę grubości $dp1$ przenieść na zewnętrzną powierzchnię fundamentu. Teraz można wyeliminować nie tylko przemarzanie fundamentu, ale także wykorzystać pojemność cieplną jego masy dla podniesienia stateczności cieplnej budynku. Rozwiązanie to przedstawia rysunek 4. Ma ono pewną ważną jednak wadę: groźbę istnienia mostka cieplnego (oznaczonego strzałką czerwoną), który skutkować będzie nie tylko zwiększonymi stratami ciepła przez ścianę budynku i fundament do gruntu, ale także zawilgoceniem i pleśnią ścian w strefie tuż nad podłogą (na skutek kondensacji tam pary wodnej z powietrza). W celu uniknięcia tego zjawiska, należy wprowadzić dodatkową warstwę ocieplenia po drugiej stronie fundamentu o grubości $dp3$ zbliżonej do $dp2$. Długość tej warstwy powinna być tak określona, żeby opór przewodzenia ciepła przez ścianę fundamentową był równy oporowi cieplnemu poziomej warstwy ocieplenia podłogi. Wymagana wysokość Hd ocieplenia dodatkowego $dp3$ wyniesie:

$$Hd = dp2 \cdot \frac{\lambda b}{\lambda op}, \text{ m} \quad [5]$$

Dla omawianego przykładu, wsp. przewodności cieplnej ściany fundamentowej (bloczki betonowe 1900 kg/m^3) wynosi $\lambda b = 1,0 \text{ W/mK}$. Stosując płyty np. STEINODUR PSN HD uzyskujemy grubość $Hd = 1,77 \text{ m}$. Wartość ta była możliwa do zastosowania, bowiem ściany fundamentowe zagłębiono w gruncie na $1,0 \text{ m}$ (do wierzchu ław), zaś wymagane wyniesienie podłogi ponad teren projektant zmienił na $0,77 \text{ m}$ (zamiast planowanego $0,35 \text{ m}$). Przypadek ten przedstawia rys. 5. Na uwagę zasługuje fakt, iż stosowane płytkie posadowienia domów jednorodzinnych (tak często i chętnie stosowane w kraju), będą wykluczone w domach energooszczędnych - chyba, że zamiast popularnych bloczków betonowych będą zastosowane inne materiały o wymaganej wytrzymałości na ściskanie, ale dużo mniejszym wsp. przewodzenia ciepła λ .

Zасыpywanie wykopów

Jeśli posadowienia z betonu będą głębsze, ale wykonawca nie odczeka przed zasypaniem wykopów zanim beton nie osiągnie wilgotności masowej poniżej 5 %, można się spodziewać występowania mostków cieplnych (spowodowanych zwiększonym przewodzeniem ciepła przez fundament) w ścianach zewnętrznych tuż nad podłogą i związanych z tym problemów - szczególnie w regionach kraju o niskich temperaturach zimą (strefa IV i V). W przypadku zastosowania przykładowych płyt STEINODUR PSN HD do ociepleń fundamentów, jest możliwość wcześniejszego zasypania wykopów nawet przy wyższej wilgotności betonu, bowiem można wykorzystać ukształtowane w nich po jednej stronie rowki o głębokości kilku milimetrów. W takim przypadku, do wykonania hydroizolacji pionowych ścian fundamentowych należy użyć nie mas bitumicznych, lecz polimerowo-cementowych typu „flex”. Stawiają one niski opór dyfuzyjny



wobec pary wodnej, co pozwoli na wystarczające wyschnięcie ścian fundamentowych. Do tego trzeba spełnić jednak trzy warunki:

- Zasypanie wykopów nie powinno nastąpić później niż wczesną wiosną, aby do zimy pozostało przynajmniej 6 - 7 miesięcy.
- Płyty STEINODUR PSN HD należy układać na ścianach fundamentowych rowkami w stronę gruntu, zaś bezpośrednio na całej ich powierzchni - przed zasypaniem wykopów - należy położyć warstwę mocnej geowłókniny.
- Opaska wokół budynku musi być wykonana z płukanego kruszywa 16-32 mm (lub grubszego) na szerokość przynajmniej 50 cm od ściany.

W takim przypadku zapewni się swobodne ujście parze wodnej, która z mokrych fundamentów poprzez hydroizolację oraz ocieplenie będzie dyfundować do otoczenia na zewnątrz rowkami płyt do czasu, aż fundamenty wyschną.

Obliczenia grubości warstw ociepleń podłóg na gruncie oraz fundamentów w budynkach energooszczędnych należy wykonywać dla każdego projektu indywidualnie, gdyż klasa energetyczna budynku musi być zawsze zweryfikowana ilością stopniocdni 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 leżących w różnych strefach, dają różne wartości charakterystyk cieplnych. Przykładowo, przy temperaturze wewnętrznej +20 °C, budynek we Wrocławiu mający zużycie energii w wysokości 83 kWh/m² rok w Suwałkach osiągnie wskaźnik w wysokości 97 kWh/m² rok - zrealizowany w tej samej technologii i z tego samego projektu.

mgr inż. Jerzy B. Zembrowski

Piśmiennictwo:

- [1] Jerzy A. Pogorzelski „Fizyka ciepła budowli”. PWN. Warszawa 1976 r.
- [2] Jerzy B. Zembrowski „Nowoczesne izolacje piwnic”. Kalejdoskop Budowlany. 6/1998
- [3] Jerzy B. Zembrowski „Ruch ciepła i wilgoci przez przegrody budowlane”. Kalejdoskop Budowlany. 3/2000
- [4] Jerzy B. Zembrowski „Ocieplenia fundamentów i podłóg na gruncie w budynkach energooszczędnych”. IZOLACJE NR 5/2008. Warszawa 2008.