

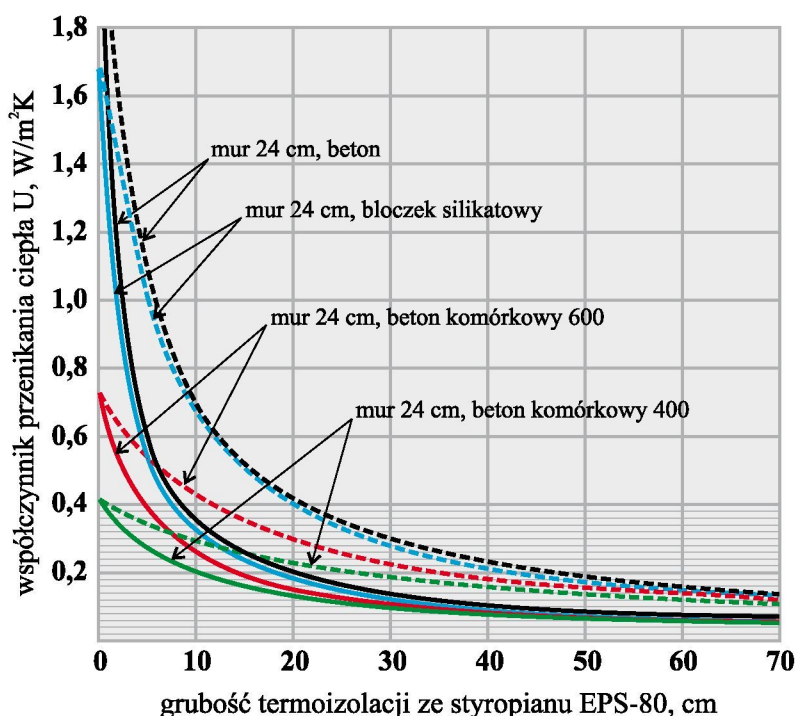
nie dotarły te wymagania i ... po prostu brak jest zbadanych funkcji  $\lambda = f(w)$ . Zmusza to aktualnie do korzystania z badań przeprowadzonych w takich krajach jak Niemcy, Austria, Szwecja czy Norwegia [25], [26], [53]. Utrudnia to bardzo proces obliczeń i symulacji, gdyż nie zawsze dane materiałów produkowanych w tych krajach odpowiadają będącym aktualnie na rynku w Polsce.

### 1.4.3. Opór cieplny termoizolacji w ścianie

Wiele osób niewtajemniczonych w zagadnienia fizyki budowli - w tym także niestety część projektantów - sądzi, że najprostszym sposobem zmniejszenia strat ciepła budynku, a tym samym zmniejszenia kosztów ogrzewania oraz sposobem zmniejszenia wskaźnika zapotrzebowania na nieodwracalną energię pierwotną  $EP$ , a także zmniejszenia wartości współczynnika przenikania ciepła przegród  $U$  (czyli prostym sposobem spełnienia wytycznych w tym zakresie [92]) - jest zwiększenie oporu cieplnego przegród - czyli zwiększenie grubości termoizolacji ścian i zastosowanie najniższej wartości współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$ . Takie przekonanie, w pewnym stopniu wynika z często natarczywego marketingu materiałów termoizolacyjnych, w którym najważniejszym wyróżnikiem jest właśnie rewelacyjnie niska wartość  $\lambda$ .

Przyjrzyjmy się zatem, jak na wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  ścian wpływa zwiększanie grubości termoizolacji wykonanej np. metodą BSO w oparciu o styropian EPS-80. Wyniki otrzymane na podstawie wzoru (2.4.-74) przedstawia rysunek 1.4.-1, gdzie dla porównania przyjęto mury tej samej grubości 24 cm otynkowane od wewnątrz tym samym tynkiem gipsowym grubości 1 cm i tą samą wyprawą elewacyjną akrylową grubości 3 mm. Mury wykonane są wariantowo z: betonu C16/20 ( $\lambda = 1,0$  W/mK), bloczków silikatowych ( $\lambda = 0,87$  W/mK), bloczków betonu komórkowego 600 ( $\lambda = 0,21$  W/mK) oraz bloczków betonu komórkowego 400 ( $\lambda = 0,11$  W/mK). Linie ciągłe przedstawiają zależności  $U = f(d)$  dla styropianu o wartości  $\lambda = 0,04$  W/mK - czyli w warunkach tuż po zabudowaniu.

Z rysunku 1.4.-1 widać, że na zmiany grubości ocieplenia najbardziej wrażliwe są mury o wysokich wartościach  $\lambda$  - czyli z betonu oraz bloczków silikatowych, w których grubość zaledwie 10 cm styropianu powoduje obniżenie wartości  $U$  aż 6,3 razy dla betonu oraz 5,1 razy dla bloczków silikatowych. W przypadku materiałów ściennych o mniejszych wartościach  $\lambda$ , obniżenie wartości  $U$  jest nie tak silne i wynosi 2,8 razy dla betonu komórkowego 600 oraz 2,0 razy dla betonu komórkowego 400. Z rysunku widać też, że zwiększanie grubości styropianu ponad



**Rys. 1.4.-1** Zależności współczynnika przenikania ciepła  $U$  od grubości styropianu EPS-80 suchego i o 30% nasyceniu wilgocią - ocieplającego mury wykonane z różnych materiałów. (opis w tekście)

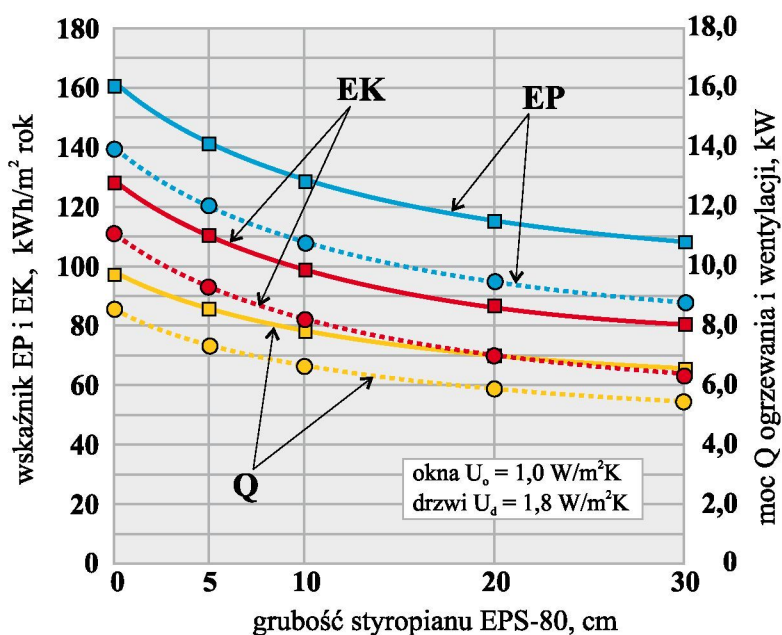
30 cm nie ma większego uzasadnienia (dla każdej ze ścian), ponieważ krzywe ciągłe są prawie płaskie i zbieżają do wartości  $U \approx 0,05$  W/mK przy grubości 70 cm styropianu. Zatem, drogą zwiększania termoizolacji ponad 30 cm nie można już osiągnąć dalszych istotnych redukcji strat ciepła przez przenikanie.

Na tym samym rysunku linie przerywane przedstawiają zależności  $U=f(d)$ , ale dla styropianu w stanie 30% nasycenia wilgocią, tj. o wartości  $\lambda = 0,10$  W/mK [53]. Stopień nasycenia wilgocią określa wzór (2.4.-8). Widać, że zawilgocony styropian silnie stracił zdolności izolacyjne. Grubość styropianu wynosząca 10 cm redukuje wartość  $U$  tylko 3,1 razy dla ściany z betonu oraz 2,5 razy dla ściany z bloczków silikatowych - czyli 2 razy gorzej niż w przypadku styropianu średnio suchego. Jeszcze gorszą redukcję  $U$  mamy w przypadku ścian z materiałów o mniejszej wartości  $\lambda$ , bo grubość wilgotnego styropianu 10 cm redukuje wartość  $U$  tylko 1,7 razy dla ściany z betonu komórkowego 600 oraz tylko 1,4 razy dla betonu komórkowego 400 - czyli 1,5 razy gorzej niż w przypadku styropianu średnio suchego. Z rysunku widać, że dla uzyskania tej samej redukcji  $U$  jaką daje grubość 20 cm styropianu suchego, należy zastosować grubość aż 50 cm styropianu wilgotnego, zaś redukcji w wyniku 30 cm styropianu suchego, nie da się w ogóle uzyskać styropianem wilgotnym, gdyż linie przerywane zbieżają do wartości  $U \approx 0,11 - 0,13$  W/mK.

Z tej analizy płyną dwa ważne wnioski:

- Do obliczeń cieplnych przegród należy przyjmować obliczeniowe, a nie deklarowane wartości współczynników przewodzenia ciepła  $\lambda$  materiałów.
- Ściany należy tak projektować, aby podczas eksploatacji domów nie dochodziło do kondensacji pary wodnej podnoszącej wilgotność termoizolacji zimą - niezależnie od tego czy wilgoć ta odparuje latem, czy też nie.

Przedstawiona analiza wpływu zwiększania grubości styropianu na straty ciepła dotyczy pojedynczej ściany. Podobne relacje i wnioski zachodzą dla wszystkich przegród domu tj. ścian, podłóg i dachu łącznie - w różnej intensywności zależnej od stopnia przeszklenia - czyli udziału powierzchni przegród nieocieplanych w łącznej powierzchni przegród ocieplanych. Rysunek 1.4.-2 przedstawia zmiany wskaźnika zapotrzebowania nieodnawialnej energii pierwotnej  $EP$ , wskaźnika zużycia energii końcowej (opłacanej przez użytkownika domu)  $EK$  oraz mocy źródła ciepła  $Q$  dla przykładowego domu jednorodzinnego pod Rzeszowem - od grubości ocieplenia styropianem EPS-80 (kubatura 506 m<sup>3</sup>, ściany z betonu komórkowego „400” grubości 36,5 cm, kocioł olejowy). Linie ciągłe dotyczą domu z wentylacją grawitacyjną, zaś linie kropkowane dotyczą domu wyposażonego w wentylację mechaniczną z rekuperacją o sprawności 80%.



**Rys. 1.4.-2** Zmiany wskaźnika zapotrzebowania nieodnawialnej energii pierwotnej  $EP$ , wskaźnika zużycia energii końcowej  $EK$  oraz mocy źródła ciepła  $Q$  dla przykładowego domu jednorodzinnego pod Rzeszowem - od grubości ocieplenia styropianem EPS-80.