



Fundacja na rzecz  
Efektywnego  
Wykorzystania  
Energii

Polish  
Foundation  
for Energy  
Efficiency

# **TERMODERNIZACJA W ŚWIETLE DYREKTYWY O CHARAKTERYSTYCE ENERGETYCZNEJ BUDYNKU**

**Poradnik**

**Autorzy:**

**Mariusz Bogacki  
Arkadiusz Osicki**

## WPROWADZENIE

Za tym, że nasze gospodarstwa domowe zużywają dużo paliw i energii niech przemówi fakt iż zużycie to stanowi 1/3 całkowitego zużycia energii w gospodarce narodowej i dorównuje zużyciu w przemyśle.

Niestety wieloletnie programy państwowe dotyczące energetyki nie uwzględniają możliwości przeprowadzenia przekształceń w sektorze komunalno-bytowym. Nie analizuje się możliwości redukcji zużycia energii i związanej z tym emisji gazów cieplarnianych do atmosfery w wyniku zwiększenia efektywności energetycznej budynków nowych i termomodernizowanych. Nie przewiduje się też dodatkowych korzyści z tytułu redukcji emisji gazów cieplarnianych dla inwestorów, którzy zdecydowali się zainwestować w budownictwo energooszczędne. Ponadto mała energochłonność budynku podczas jego eksploatacji nie cieszy się powodzeniem u polskich architektów i inżynierów budowlanych i utrzymuje się na poziomie wymagań regulowanych odpowiednimi przepisami, które tak nie są specjalnie wymagające. Niski jest także poziom wiadomości inwestorów w tym zakresie. Często kupują oni tanie projekty i tanie materiały do izolacji cieplnej budynków, w efekcie czego powstałe budynki charakteryzują się dużym zużyciem energii i wysokimi kosztami eksploatacji.

To co często pomijane jest w Polsce zostało dostrzeżone w Unii Europejskiej. W 1993 r. Unia przyjęła Dyrektywę 93/76/EEC w sprawie ograniczenia emisji dwutlenku węgla poprzez poprawę charakterystyki energetycznej budynków. Dyrektywa obliguje państwa członkowskie do uruchomienia narodowych programów dotyczących:

- certyfikacji energetycznej budynków,
- opłat za ogrzewanie, klimatyzację i ciepłą wodę użytkową (c.w.u.) na bazie rzeczywistego zużycia,
- finansowania za pośrednictwem „trzeciej strony” inwestycji w oszczędności energii w sektorze publicznym,
- regularnej inspekcji kotłów,
- audytów energetycznych przedsiębiorstw o dużym zużyciu energii.
- obniżenie strat ciepła przez przenikanie (przegrody pełne i okna o niskich wartościach współczynnika przenikania ciepła);
- bierne wykorzystywanie zysków ciepła od promieniowania słonecznego (odpowiednie rozmieszczenie okien i transparentne izolacje ścian);
- przetwarzanie promieniowania słonecznego na energię elektryczną (systemy fotowoltaiczne);
- obniżenie zapotrzebowania na energię do wentylacji (systemy wentylacji mechanicznej z rekuperacją ciepła i ewentualnie wymiennikami gruntowymi);
- obniżenie zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej (kolektory słoneczne);
- wykorzystanie energii odnawialnych (pompy ciepła, kotły na biomasę).

Polskie prawo przez bardzo długi okres czasu nie uwzględniało relacji między ochroną środowiska a funkcjonowaniem sektora komunalno-bytowego użytkownika energii i wymaganiami ochrony cieplnej budynków. Do tej pory nie doczekaliśmy się podatku od paliw, zróbnowanego w zależności od ich czystości, obejmującego wszystkie podmioty gospodarcze. Opłaty za emisję substancji szkodliwych do środowiska wynikające z ustawy „Prawo ochrony środowiska” ponoszą tylko właściciele dużych instalacji energetycznych o mocach ponad 50 MW. Opłaty te nie obejmują również ciepła w budynkach indywidualnych, kotłowni wbudowanych i małych kotłowni osiedlowych, które stanowią ok. 50% sektora komunalno-bytowego użytkownika energii.

Jest to pozorna korzyść dla użytkowników energii z małych źródeł, skutkującej jednak często stosowaniem tanich paliw (gorszych gatunków węgla, miału) czy spalaniem odpadów komunalnych. Jednocześnie inwestycje modernizacyjne w dużych elektrowniach i elektrociepłowniach pozwoliły na obniżenie emisji substancji w Polsce. W efekcie Polska wywiązała się chwilowo z wymagań Protokołu z Kyoto i może sprzedawać wolne limity emisji gazów cieplarnianych. Jednak w obliczu nowych zobowiązań wobec Unii Europejskiej wygląda na to, że nie uda się spełnić postawionych celów bez zmniejszenia emisji substancji szkodliwych w sektorze komunalno-bytowym.

Próba rozwiązania tego problemu jest zaimplementowana we wrześniu 2007 roku do polskiego prawa przepisów związanych z Dyrektywą 2002/91/WE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.

W dalszej części poradnika poznamy te sposoby zmniejszenia zużycia energii, głównie na potrzeby ogrzewania pomieszczeń oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej m.in. w celu uzyskania lepszej charakterystyki energetycznej budynku, której dotyczy bieżące wystawiane budynkowe świadectwo.

## 1. Świadectwo charakterystyki energetycznej

Zgodnie z ustaleniami art. 15 Dyrektywy Europejskiej 2002/91/WE do 4 stycznia 2006 r. państwa członkowskie Unii Europejskiej zobowiązane były przygotować system prawny jej wdrożenia. Przestrzeganie ustaleń dyrektywy wynika z art. 226 traktatu ustanawiającego Wspólnotę Europejską. Niestety, w Polsce nie udało się zakończyć działań legislacyjnych w wyznaczonym terminie i dopiero we wrześniu 2007 roku sejm przyjął zmiany w Ustawie Prawo Budowlane, które dotyczą świadectwa charakterystyki energetycznej dla budynków. W chwili pisania niniejszego poradnika trwały prace nad wdrożeniem przepisów wykonawczych, które określał sposób wyznaczania wspomnianej charakterystyki.

Zobaczymy, jakie nowe obowiązki nakłada Dyrektywa 2002/91/WE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków. Tak więc, zobowiązuje ona kraje członkowskie do poprawy standardu energetycznego budynków przez egzekwowanie obowiązków:

- posiadania świadectw energetycznych przez budynki nowo wznoszone, modernizowane, sprzedawane i wynajmowane oraz sprzedawane i wynajmowane lokale mieszkalne (np. w budynkach użyteczności publicznej lokale mieszkalne dla nauczycieli czy personelu szpitalnego, znajdujące się w części mieszkalnej budynku);
- wykonywania okresowych kontroli kotłów i systemów klimatyzacji;
- wykonania jednorazowej kontroli instalacji ogrzewczych, w których pracują kotły starsze niż 15 lat.

Wprawdzie dyrektywa zamiast kontroli dopuszcza system doradztwa, ale wówczas jego kosztami proponuje obciążać budowlanego państwa członkowskiego. W Polsce, ze względu na ustawiczne niedobory środków budżetowych, takie rozwiązanie uznano za niemożliwe.

Obowiązki należyte dyrektywie należy spełniać przy uwzględnieniu krajowych warunków klimatycznych oraz wymagań klimatu wewnętrznego, a także rachunku ekonomicznego. Dotyczy to zasobów budowlanych bez względu na ich położenie (na obszarach miejskich i wiejskich). Wymienione obowiązki tworzą nowe standardy w projektowaniu, wykonawstwie i eksploatacji budynków, a także w krajowym i zagranicznym obrocie nieruchomościami. Mają one wpływ na rynek producentów wyrobów budowlanych. Podstawowym beneficjentem dyrektywy jest użytkownik budynku/lokalu mieszkalnego. To jego interesy mają być chronione. W związku z tym wprowadzono obowiązek wykonywania świadectwa energetycznego dla budynku przez niezależnego eksperta oraz kontroli efektywności energetycznej urządzeń zainstalowanych w budynku, mających wpływ na racjonalizację użytkowania energii na potrzeby bytowe.

Świadectwo dla lokalu mieszkalnego będzie wystawiane jedynie w przypadku, gdy ten stanowi samodzielne całość techniczno-użytkową. Tak więc w budynkach z centralnym systemem grzewczym świadectwo będzie wystawiane dla całego budynku, a nie dla poszczególnych lokali mieszkalnych. Odwrotna sytuacja może mieć miejsce w budynku z ogrzewaniem etapowym w każdym z mieszkań.

### Co to jest ocena energetyczna budynków?

Świadectwo energetyczne dla budynku/lokalu mieszkalnego jest sporządzane na podstawie oceny energetycznej, polegającej na określeniu zintegrowanej charakterystyki energetycznej, umożliwiając przyporządkowanie budynkowi klasy energetycznej. Podstaw

do sporządzenia zintegrowanej charakterystyki jest charakterystyka energetyczna budynku, określona w projekcie budowlanym w przypadku obiektu nowo wznoszonego, a dla istniejącego, jeżeli nie ma dokumentacji projektowej, wyznaczana w wyniku inwentaryzacji.

Charakterystyka energetyczna jest to zbiór danych i wskaźników energetycznych dotyczących obliczeniowego zapotrzebowania budynku na energię na cele c.o., c.w.u., wentylacji i klimatyzacji, a w przypadku budynku użyteczności publicznej także oświetlenia. W celu określenia zintegrowanej charakterystyki energetycznej przyjęto metodę odnoszenia parametrów ocenianego budynku do obiektu referencyjnego, czyli takiego, który spełnia aktualne wymagania techniczno-budowlane. Charakterystyka energetyczna ocenianego budynku i jej porównanie z danymi budynku referencyjnego są podstawą obliczania wskaźnika zintegrowanej charakterystyki, który wyznacza klasę energetyczną budynku. Dla budynku referencyjnego przyjmuje się wskaźnik równy 1.

Standard budynku referencyjnego, tzw. standard podstawowy (warunki techniczne zostały zdefiniowane na poziomie wymagań minimalnych), opisany został i będzie uzupełniony w nowelizowanych przepisach techniczno-budowlanych, tj. rozporządzeniu ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Zostanie on doprecyzowany w projekcie rozporządzenia w sprawie zakresu i form świadectw energetycznych: dla budynku i lokalu mieszkalnego.

Przewiduje się wprowadzenie **7 klas energetycznych budynków od A do G**. O przynależności do odpowiedniej klasy decyduje wartość zintegrowanego wskaźnika charakterystyki energetycznej. Np. budynek w klasie D będzie odpowiadał standardowi budynku referencyjnego. Budynki i lokale mieszkalne o najlepszej charakterystyce energetycznej trafią do klasy A.

### **Co to jest świadectwo energetyczne?**

Świadectwo powinno być przygotowywane w formie pisemnej oraz elektronicznej. Wersja elektroniczna ma umożliwić rejestrację w krajowym rejestrze świadectw wszystkich wystawianych dokumentów energetycznych budynków.

#### **Świadectwo będzie ważne przez 10 lat.**

Prace budowlane przeprowadzane w okresie ważności świadectwa, mające wpływ na zmiany jego charakterystyki energetycznej, skutkują koniecznością przygotowania nowego dokumentu, potwierdzającego zmiany energetyczne.

Jeżeli po 10 latach ważności świadectwa w budynku/lokalu mieszkalnym nie przeprowadzono modernizacji lub nie nastąpiła zmiana wymagań w zakresie standardu energetycznego budynków (z poszanowaniem zasady: prawo nie może działać wstecz), zadaniem audytora energetycznego jest potwierdzić jego aktualność i przedłożyć ją na kolejne 10 lat. Uaktualnienie świadectwa nie powinno wiązać się z kosztami, które musi ponieść właściciel lub zarządca budynku. Będzie to jedynie symboliczna opłata.

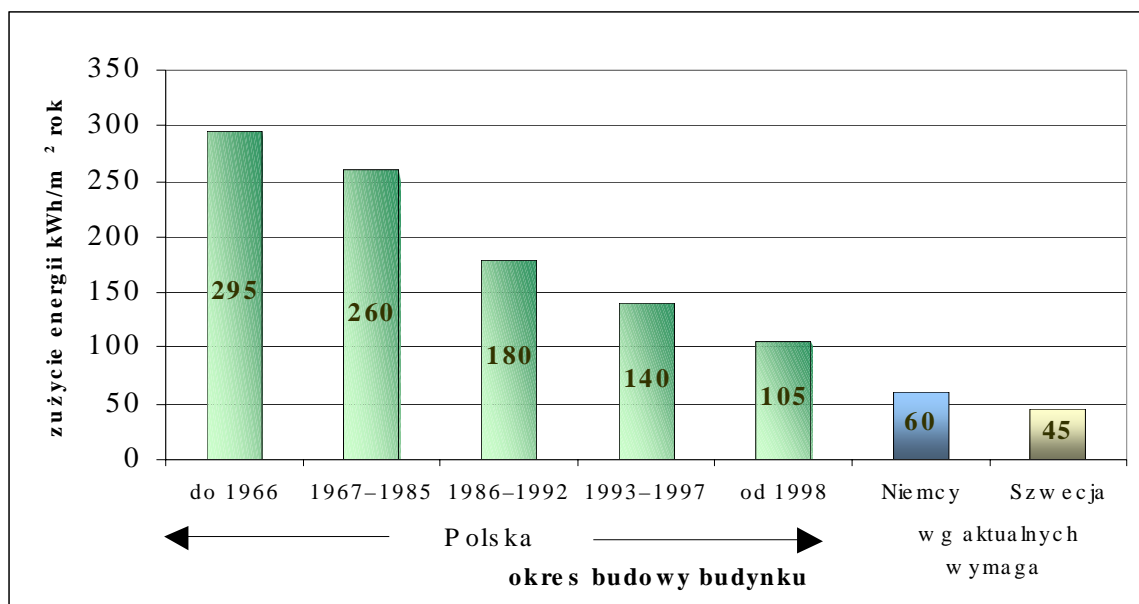
Świadectwo nie jest związane z jego właścicielem czy nabywcą. Stanowi ono, zgodnie ze zmianami wprowadzanymi do ustawy Prawo budowlane, załącznik do księgi obiektu budowlanego. Standard jego wykonywania, tj. sposób sporządzenia, szczegółowy zakres i wzory świadectw dla budynku i lokalu mieszkalnego, metod określenia zintegrowanej charakterystyki energetycznej oraz sposób określenia klasy energetycznej budynków i lokali mieszkalnych ma określać stosowne rozporządzenie.

Zobowiązki posiadania świadectwa charakterystyki energetycznej zwolnione są budynki:

- podlegających ochronie na podstawie przepisów o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami;
- używanych jako miejsca kultu i do działalności religijnej;
- przeznaczonych do użytkowania w czasie nie dłuższym niż 2 lata;
- niemieszkalnych służących gospodarce rolnej;
- przemysłowych i gospodarczych o zapotrzebowaniu na energię nie większym niż 50 kWh/m<sup>2</sup>/rok;
- mieszkalnych przeznaczonych do użytkowania nie dłużej niż 4 miesiące w roku; wolnostojących o powierzchni użytkowej poniżej 50 m<sup>2</sup>.

## 2. Przyczyny strat ciepła oraz drogi „ucieczki” ciepła z budynku

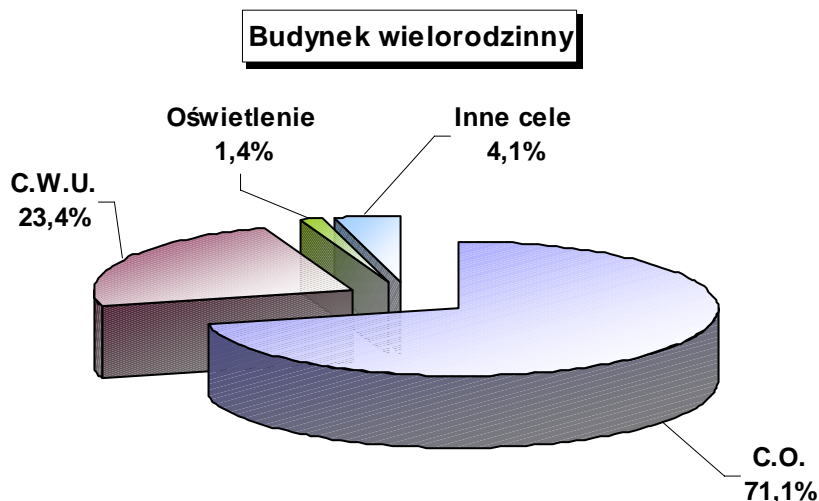
W czasach, gdy w Polsce prowadzona była gospodarka scentralizowana nie przywrócono specjalnej uwagi do ilości zużywanego ciepła, gdy przepisy budowlane nie stawiały wysokich wymagań w dziedzinie izolacyjności cieplnej stosowanych materiałów budowlanych, a ponadto energia była tania. W związku z tym obecnie w Polsce zużycie energii na ogrzewanie budynków jest kilkakrotnie większe niż na ogrzewanie takich samych budynków w innych krajach o podobnym klimacie, lecz oszczędnie użytkujących energii.



**Rysunek 1** Przeciętne roczne zużycie energii na ogrzewanie w budownictwie mieszkaniowym w kWh/m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej

Działania związane z gospodarką energetyczną budynków to działania głównie nastawione na długoterminowy cykl żywotności, np. dla ocieplenia ścian ok. 20 – 30 lat. Z tego też względu poprawna optymalizacja zakresu termomodernizacji oraz właściwe wykonanie ma tak ogromne znaczenie już na etapie podejmowania pierwszych decyzji.

Obecnie mamy do czynienia z dużym niepewnością cen głównie dla paliw i ich pochodnych importowanych z zagranicy, jak ropa naftowa czy gaz ziemny. Należy jednak przypuszczać, że ceny w najbliższych latach również zaczną znacząco wzrastać, dlatego też istotnym jest stopniowe ograniczanie w miarę możliwości technicznych zużycia energii. Przy obecnych cenach energii i paliw oraz rosnących kosztach inwestycji budowlanych, analizy opłacalności często nie wykazują dodatniego efektu ekonomicznego lub jest on niski. Mając jednak w perspektywie wzrost cen nośników i prawdopodobną stabilizację kosztów inwestycyjnych, należy się spodziewać, że opłacalność rzeczowych inwestycji zacznie wzrastać z roku na rok.

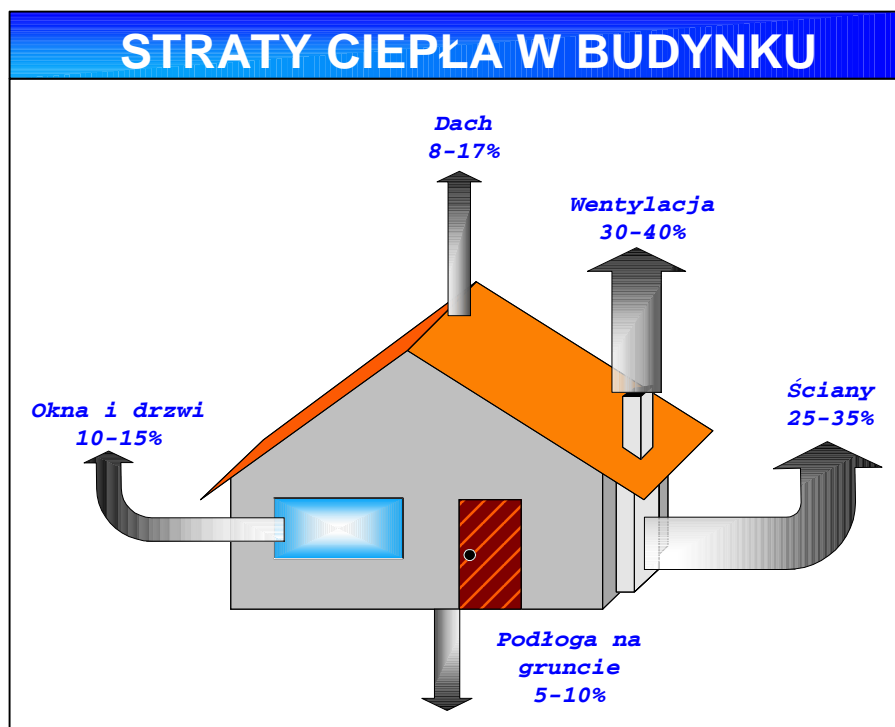


**Rysunek 2 Średnia struktura zużycia energii na poszczególne cele w budynkach wielorodzinnych (nieocieplanych)**

Na powyższym wykresie przedstawiono strukturę zużycia energii na poszczególne cele w budynku wielorodzinnym. Funkcje grzewcze, czyli przygotowanie c.w.u. oraz ogrzewanie pomieszczeń stanowi zdecydowanie największy udział całego zużycia energii w budynku. Tak więc największy potencjał oszczędzania energii tkwi właśnie w termomodernizacji, co nie oznacza, że nie należy racjonalnie używać energii do innych celów.

Wysokie koszty energii są również wynikiem jej nadmiernego zużycia, co najczęściej dotyczy budynków użyteczności publicznej, ale nie tylko. **Większość budynków nie posiada dostatecznej izolacji termicznej**, a więc straty ciepła przez przegrody są duże. W uproszczeniu można przyjąć, że ochrona cieplna budynków wybudowanych przed 1981 r. jest słaba, przeciwnie w budynkach z lat 1982 – 1990, dobra w budynkach powstałych w latach 1991 – 1994 i w końcu bardzo dobra w budynkach zbudowanych po 1995 r. Energochłonność wynika zatem z niskiej izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych, a więc ścian, dachów i podłóg. Inną przyczyną dużych strat ciepła są okna, które nierzadko są nieszczelne i niskiej jakości technicznej, ale również w niektórych budynkach powierzchnia przeszklona jest zdecydowanie zbyt duża w stosunku do potrzeb wynikających z oświetlenia światłem naturalnym wewnątrz budynków.

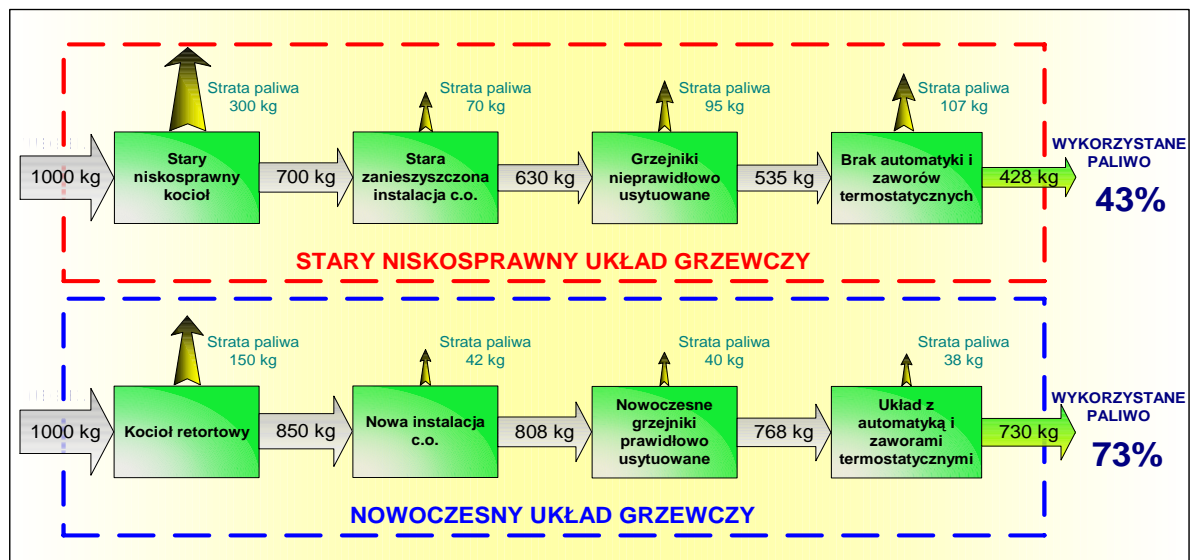




**Rysunek 3 Drogi „ucieczki” ciepła z budynku**

Kolejną bardzo ważną przyczyną dużego zużycia paliw i energii, a tym samym wysokich kosztów za ogrzewanie jest **niska sprawność układu grzewczego**. Wynika to przede wszystkim z niskiej sprawności samego źródła ciepła (kotła, w zła ciepłego), ale także ze złego stanu technicznego instalacji wewnętrznej, która zwykle jest rozregulowana, a rury nieizolowane i podobnie jak grzejniki „zarośnięte” osadami stałymi. Ponadto często występuje brak możliwości regulacji i dostosowania zapotrzebowania ciepła do zmieniających się warunków pogodowych (automatyka kotła) i potrzeb cieplnych w poszczególnych pomieszczeniach (przygrzejnikowe zawory termostacyjne). Sprawność instalacji grzewczej można podzielić na 4 główne składniki. Pierwszym jest **sprawność samego źródła ciepła** (kotła, pieca, wymiennika ciepła). Można przyjąć, że im starszy kocioł tym jego sprawność jest mniejsza, natomiast sprawność np. pieców ceramicznych (kaflowych) jest około o połowę mniejsza niż dla kotłów. Dalej jest **sprawność przesyłania** wytworzonego w źródle (kotle, wle) ciepła do odbiorników (grzejniki). Jeżeli pomieszczenie ogrzewamy np. piecem ceramicznym strat przesyłu nie ma, gdy źródło ciepła znajduje się w ogrzewanym pomieszczeniu. Brak izolacji rur oraz wieloletnia eksploatacja instalacji bez jej płukania z pewnością powodują obniżenie jej sprawności. Trzecim składnikiem jest **sprawność wykorzystania ciepła**, która związana jest m.in. z usytuowaniem grzejników w pomieszczeniu. Ostatnim elementem mocno wpływającym na całkowitą **sprawność** instalacji jest możliwość **regulacji systemu grzewczego**. Takie elementy jak przygrzejnikowe zawory termostacyjne w połączeniu z nowoczesnymi grzejnikami o małej bezwładności (szybko się wychładzają oraz szybko nagrzewają) oraz automatyka kotła, czy w zła (np. pogodowa) pozwalają nawet trzykrotnie zmniejszyć straty regulacji w stosunku do instalacji starej.

Przykładowe porównanie, starej i nowej instalacji grzewczej pokazujące stopień wykorzystania paliwa rocznie „wkładanego” do kotła. Widać stąd, że np. użytkowanie niskosprawnego kotła powoduje co najmniej 30% strat paliwa. Jest to wartość typowa dla kotłów około 20 letnich, opalanych paliwem stałym. Natomiast dla nowoczesnych kotłów strata ta wynosi od 10 do 20%. Wszystko to przekłada się oczywiście na zmniejszenie ilości zużytego paliwa, a więc na koszty eksploatacji, ale także, na ilość wyemitowanych do powietrza spalin.



Rysunek 4 Porównanie sprawności starego wyeksploatowanego i niskosprawnego układu grzewczego z nowoczesnym układem zasilanym wysokosprawnym kotłem węglowym

### 3. Zagrożenia wynikające z niskiej efektywności energetycznej

Przede wszystkim w dobrze zaizolowanych budynkach, w których zainstalowane są stare, zużyte i niskosprawne instalacje grzewcze pomimo bardzo dużego zużycia ciepła **pomieszczenia mogą być niedogrzone**. Najbardziej narażone są pomieszczenia umieszczone na końcach instalacji. Taka sytuacja nie tylko generuje duże zużycie energii oraz emisję zanieczyszczonego powietrza, ale również powoduje **wysokie koszty związane z użytkowaniem nośników energii**. Zgodnie z wszelkimi rodzajami prognozami oraz zgodnie z trendami zmian z ostatnich lat wynika, że niedostatek energii praktycznie w każdej postaci będzie. Spowodowane to jest kilkoma czynnikami, przede wszystkim cały czas postępujący wzrost zapotrzebowania na energię na świecie, inny poważny czynnik to wzrost uzależnienia dostaw nośników energii z krajów niepewnych politycznie. Ponadto postępujący wzrost kosztów produkcji i wydobycia energii (konieczność poszukiwania pokładów zasobów naturalnych coraz trudniej dostępnych), a także zagrożenia klimatyczne powodujące wprowadzanie coraz większych restrykcji na krajowe produkcje zanieczyszczone. Polska zobowiązana jest do roku 2020 wdrożyć zapisy tzw. 3x20, co oznacza, że zmniejszone ma być o co najmniej 20% krajowe zużycie energii, o co najmniej 20% emisja CO<sub>2</sub>, oraz co najmniej 20% produkowanej energii ma pochodzić z odnawialnych źródeł energii. Są to oczywiście chwalebne cele, lecz

bez wątpienia niesłychanie trudne, zwłaszcza przy wykorzystaniu istniejących mechanizmów politycznych i wsparcia inwestycyjnego. Wprowadzenie w życie tego zobowiązania spowoduje naturalny wzrost cen nośników energii, m.in. za sprawą wdrażania nowych rozwiązań technologicznych oraz modernizacji istniejących częściowo wyeksploatowanych niskosprawnych systemów energetycznych.

Kolejnym zagrożeniem wynikającym ze źle zaizolowanych przegród zewnętrznych jest **przemarzanie ścian** w okresach mrozów, co powoduje, że na zimnych powierzchniach ścian wewnętrznych pomieszczenia może pojawić się wykroplenie wilgoci pochodzącej z powietrza, co z kolei stwarza sprzyjające warunki dla rozwoju pleśni i grzybów. Pojawiające się zawilgocenie przyczynia się nie tylko do pogorszenia warunków estetycznych (plamy, odbarwienia powłok malarskich, odparzenia i odpadanie tynków), ale przede wszystkim jest przyczyną powstawania mikroklimatu wpływającego negatywnie na warunki zdrowotne osób przebywających w takich pomieszczeniach. Oprócz tego wzrost wilgotności przegród powoduje zmniejszenie współczynnika przewodzenia ciepła, a w sytuacji kiedy w warunkach ujemnej temperatury wilgoć zamienia się w lód następuje dalszy spadek izolacyjności termicznej materiałów.

Kolejnym przykładem źle funkcjonujących układów grzewczych może być **przegrzewanie części pomieszczeń**. Człystym przypadkiem w sytuacji obiektów wielokubaturowych typu: szkoły, szpitale są sytuacje kiedy przy braku możliwości regulacji ilości dostarczanego do różnych części budynku ciepła, część pomieszczeń jest niedogrzana mimo, że system pracuje z maksymalną swoją wydajnością, wówczas inna część pomieszczeń jest silnie przegrzewana i praktycznie jedynym sposobem radzenia sobie z tym problemem jest wietrzenie pomieszczeń zimnym powietrzem zewnętrznym.

Jednocześnie obok warunków, na które użytkownik w codziennym życiu nie ma silnego wpływu jak fizyka budowli, system grzewczy czy ceny paliw w Polsce i na świecie jest jeszcze wiadome **zarządzanie energią**. Podstawowym problemem jest jednak wiedza efektywności użytkowników w zakresie oszczędzania energii nawet kiedy nie ponosi się za to wymiernych korzyści, np. pieniężnych (w sytuacji braku możliwości indywidualnego rozliczania kosztów). Niestety w budynkach, w których instalacja grzewcza nie jest sprawna i nie ma możliwości regulacji, racjonalne gospodarowanie ciepłem jest bardzo utrudnione.

#### 4. Najważniejsze parametry opisujące przegrody

Najważniejszymi parametrami opisującymi przegrody (ściany, stropy, dachy, stolarka i inne) są: **współczynnik przenikania ciepła  $U$**  wyrażany jednostką  $W/m^2K$ , oraz jego odwrotność czyli **opór cieplny  $R$**  [ $m^2K/W$ ] jaki stawia przegroda. Współczynniki te zależą głównie od rodzaju materiału lub warstw materiałów z jakich przegroda została wykonana. Zdolność przewodzenia materiałów określana jest **współczynnikiem przewodzenia ciepła**

oznaczanym symbolem  $[W/m^2K]$ . Im niższa wartość współczynnika, tym lepiej ponieważ oznacza to, że materiał stawia większy opór przepływowi ciepła.

Powyższe parametry są o tyle ważne, o ile decydują się na realizację przedsięwzięcia poprawiających warunki termiczne przegród istniejącego obiektu – skorzystania z bogatej oferty materiałów budowlanych dostępnych na krajowym rynku, są różnego rodzaju styropiany, różnego rodzaju wełny mineralne i różnego rodzaju okna czy drzwi. Warto o tym wiedzieć.

## 5. Termomodernizacja

Realizacja przedsięwzięcia powodujących zmniejszenie zużycia energii i obniżenie kosztów na nią ponoszonych nazywane jest termomodernizacją.

Główne zabiegi termomodernizacyjne to:

- Ocieplenie ścian zewnętrznych
- Ocieplenie stropów, podłóg na gruncie,
- Ocieplenie dachów, stropodachów wentylowanych i pełnych, stropów pod nieogrzewanymi poddaszami
- Wymiana stolarki zewnętrznej, głównie okien i drzwi,
- Modernizacja lub wymiana źródła ciepła, głównie kotłowni i w źródeł ciepłowniczych,
- Modernizacja lub wymiana wewnętrznej instalacji grzewczej, głównie grzejników, rurociągów oraz armatury,
- Montaż automatyki sterującej, głównie pogodowej, czasowej i czujników temperatury,
- Modernizacja lub wymiana układu przygotowania ciepłej wody użytkowej,
- Modernizacja systemu wentylacji, głównie montaż nawiewników i wymiana nieszczelnej stolarki,
- Zastosowanie technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii.

W dalszej części poradnika przedstawiono podstawowe sposoby realizacji przedsięwzięcia termomodernizacyjnych.

### 5.1. Ocieplenie ścian zewnętrznych

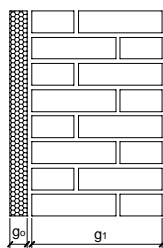
Ściany są elementami budynku, które zazwyczaj tracą od 24 – 35% ciepła. Ocieplenie ścian polega na dodaniu do istniejącej ściany dodatkowych warstw materiałów izolacyjnych (czasami wiąże się to z usunięciem starych zniszczonych warstw). Zabieg taki powoduje przede wszystkim zmniejszenie straty ciepła oraz podwyższenie temperatury ściany od strony pomieszczenia, przez co w znaczącym stopniu redukuje się zagrożenie powstawania pleśni i grzybnicy (wykraplanie pary wodnej). Najczęstszym sposobem izolowania ścian jest izolowanie od zewnątrz, dzięki czemu likwiduje się mostki cieplne występujące w konstrukcjach zewnętrznych (wieńce, przeloty płyt elewacyjnych, zbrojenia, kołki i inne), tworzy się jednorodną izolację na całej powierzchni, poprawia się estetykę czystości starych i uszkodzonych elewacji. Ponadto wzrasta akumulacyjność cieplna budynku, dzięki czemu

nawet przy czasowym obniżeniu ogrzewania (np. przykręcanie zaworów przygrzejnikowych na czas nieobecności użytkowników) temperatura w budynku nieznacznie spada, a doprowadzenie jej do wymaganego poziomu zajmuje znacznie mniej czasu. Rzadziej i w zasadzie tylko w przypadkach kiedy nie ma możliwości ocieplenia budynku od zewnętrznej strony realizowane jest izolowanie ścian od strony pomieszczeń wewnętrznych (np. budynki zabytkowe lub o wzbogacanych elewacjach rzeźbami, gzymsami, attykami, itp.).

Najpopularniejszym systemem zewnętrznej izolacji elewacji budynków jest **Bezspoinowy System Ociepleniowy (BSO)**, nazywany powszechnie Metodą Lekk Mokrą. Najczęściej stosowanym materiałem izolacyjnym w tej metodzie jest styropian, wykorzystywany od ponad 30 lat w budownictwie, a obecnie dominujący na budowach, oprócz styropianu aczkolwiek rzadziej stosuje się płyty z wełny mineralnej. Przy stosowaniu metody BSO warstwy izolacyjne klejone są i mocowane przy pomocy kołków do ścian, a następnie wzmacniane zbrojeniem z siatki wykonanej z włókna szklanego zatopionej w cienkiej warstwie kleju, a od strony zewnętrznej pokryte cienką warstwą tynku. W zależności od rodzaju systemu i stosowanych w nim materiałów konieczne może być również mechaniczne mocowanie płyt styropianowych przy użyciu kołków kotwicznych. Mocowanie tego typu niezbędne jest tam, gdzie występuje słabe podłożenie lub izolowane są wysokie budynki. W użyciu powinny się znajdować jedynie te systemy, które zostały oficjalnie dopuszczone na polski rynek, są dostatecznie wypróbowane i kompletne. Tylko takie systemy mogą zagwarantować użytkownikowi odpowiednią jakość i trwałość. Przypadkowo składane materiały z różnych systemów ociepleń, najczęściej w poszukiwaniu najniższej ceny, nie dają pewności, co do technicznej jakości izolacji i jej trwałości. Bardzo ważnym jest użycie styropianu sezonowanego (dystrybutorzy mają zabronione sprzedawanie niesezonowanego styropianu, ale rzeczywistość jest różna), aby wyeliminować efekty skurczu technologicznego, przy użyciu niesezonowanego materiału po pewnym czasie powstają szczeliny pomiędzy płytami, a w niektórych miejscach wychłódze. Wszystkie systemy zewnętrznej izolacji ścian, obecne na polskim rynku budowlanym, muszą posiadać Aprobatę techniczną, wydawaną przez Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie.

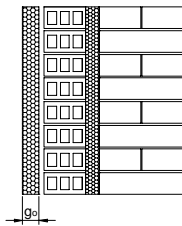
W tabelach poniżej przedstawiono wartości współczynników przenikania ciepła U dla wymienionych przegród w kilku wybranych wariantach. Oczywiście im niższe, tym lepiej, bo mniej tracimy ciepła. Jeżeli ściany budynku są inne niż w tabeli, to najlepszym rozwiązaniem jest obliczenie z tych wskaźników posługując się normą PN-EN ISO 6946.

$g_1$	$g_0$	U	$g_1$	$g_0$	U
cm	cm	W/m <sup>2</sup> K	cm	cm	W/m <sup>2</sup> K
25	-	1,918	38	8	0,374
25	5	0,565	38	12	0,272
25	8	0,397	51	-	1,182
25	12	0,284	51	5	0,477
38	-	1,477	51	8	0,351
38	5	0,519	51	12	0,260



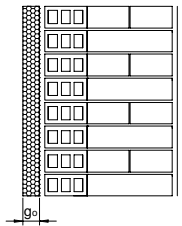
od lewej:  
 warstwa izolacji - opcjonalnie  
 mur z cegły - opcjonalnie  
 tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

$g_0$	U
cm	$W/m^2 K$
-	0,548
5	0,325
8	0,261
10	0,231
12	0,207



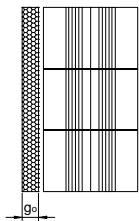
od lewej:  
warstwa izolacji - opcjonalnie  
cegła dziurawka - 12 cm  
warstwa izolacji - 5 cm  
mur z cegły - 25 cm  
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

$g_0$	U
cm	$W/m^2 K$
-	1,399
5	0,509
8	0,368
10	0,311
12	0,269



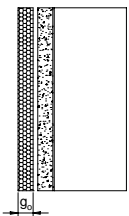
od lewej:  
warstwa izolacji - opcjonalnie  
cegła dziurawka - 12 cm  
mur z cegły - 25 cm  
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

$g_0$	U
cm	$W/m^2 K$
-	1,164
5	0,474
8	0,350
10	0,298
12	0,259



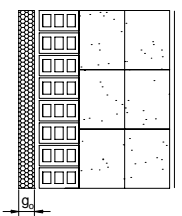
od lewej:  
warstwa izolacji - opcjonalnie  
pustak MAX - 29 cm  
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

$g_0$	U
cm	$W/m^2 K$
-	1,439
5	0,514
8	0,371
10	0,313
12	0,271



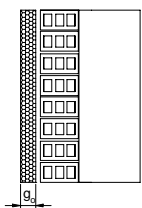
od lewej:  
warstwa izolacji - opcjonalnie  
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm  
suprema (płyty włórowo-cementowe) - 5 cm  
żelbet (elementy prefabrykowane) - 24 cm  
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

$g_0$	U
cm	$W/m^2 K$
-	1,383
5	0,507
8	0,367
10	0,310
12	0,269



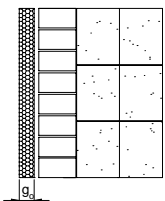
od lewej:  
warstwa izolacji - opcjonalnie  
mur z cegły dziurawki - 12 cm  
pustak żużlobetonowy - 24 cm  
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

$g_0$	U
cm	$W/m^2 K$
-	1,883
5	0,561
8	0,395
10	0,330
12	0,283



od lewej:  
 warstwa izolacji - opcjonalnie  
 żelbet - 24 cm  
 mur z cegły dziurawki - 12 cm  
 tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

$g_0$	U
cm	$W/m^2 K$
-	1,459
5	0,517
8	0,372
10	0,314
12	0,271



od lewej:  
 warstwa izolacji - opcjonalnie  
 mur z cegły pełnej - 12 cm  
 pustak żużłobetonowy - 24 cm  
 tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

## 5.2. Ocieplenie stropów nad nieogrzewanymi piwnicami

Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi są elementami budynku, które zazwyczaj tracą od 5 – 10% ciepła. Ocieplenie wykonuje się głównie od strony pomieszczenia piwnic przez zamocowanie płyt izolacyjnych, głównie styropianowych do stropów (podwieszanie lub przyklejanie).

## 5.3. Ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem, dach, stropodach

Dachy, stropodachy i stropy nad ostatnią kondygnacją są elementami budynku, które zazwyczaj tracą od 8 – 20% ciepła.

Najprostszym sposobem zaizolowania stropów nad ostatnią kondygnacją oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanego poddasza jest ułożenie warstw izolacyjnych wprost na stropie i jeżeli poddasze nie jest użytkowe to w zasadzie nie jest konieczna dalsza obróbka i wykonywanie utwardzenia posadzki. W przypadku poddaszy użytkowych oprócz izolacji o wzmacnionych parametrach (utwardzanych) należy wykonać zabezpieczenie chroniące przed uszkodzeniem warstwy izolacyjnej poprzez wykonanie odeskowania lub wylewki gładzi cementowej.

Tego typu ocieplenie jest stosunkowo prostym i tanim sposobem na zaoszczędzenie kilku do kilkunastu % ciepła rocznie.

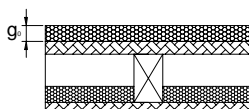
W sytuacji stropodachów wentylowanych, gdzie powyżej stropu nad najwyższą kondygnacją a pod płytami dachowymi znajduje się wentylowana zazwyczaj kilkudziesięciu centymetrowa warstwa pustki powietrznej. Dostęp do takiej pustki jest bardzo trudny i wykonanie ułożenia warstw z mat izolacyjnych nie jest praktycznie możliwe. W takim przypadku stosuje się metodę polegającą na wdmuchiwanym do zamkniętej przestrzeni

stropodachu granulatu materiału izolacyjnego, który tworzy grubą warstwę ocieplającą. Metoda taka wymaga użycia specjalistycznego sprzętu zdolnego do wdmuchiwania granulatu.

Ocieplenie stropodachów pełnych wykonuje się przez ułożenie dodatkowych warstw izolacyjnych i pokryciowych na istniejącym pokryciu dachowym.

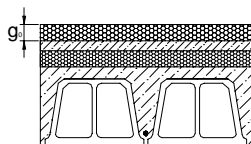
W tabelach poniżej przedstawiono wartości współczynników przenikania ciepła U dla wymienionych przegród w kilku wybranych wariantach.

g <sub>0</sub> cm	U W/m <sup>2</sup> K
-	0,643
5	0,357
8	0,281
10	0,247
12	0,220



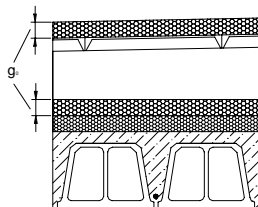
od góry:  
warstwa ocieplenia - opcjonalnie  
deski - 4 cm  
przestrzeń powietrzna - 10 cm  
warstwa izolacji - 5 cm  
deski - 3 cm

g <sub>0</sub> cm	U W/m <sup>2</sup> K
-	0,674
5	0,366
8	0,287
10	0,251
12	0,223



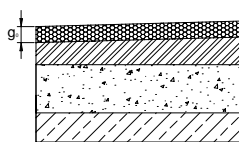
od góry:  
warstwa izolacji - opcjonalnie  
beton - 3 cm  
warstwa izolacji - 5 cm  
srop gęstożebrowy (Akerman, DZ, Fert i inne)  
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g <sub>0</sub> cm	U W/m <sup>2</sup> K
-	0,678
5	0,367
8	0,288
10	0,252
12	0,224



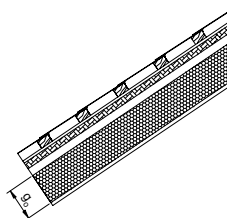
od góry:  
warstwa izolacji - opcjonalnie  
2 x papa na lepiku  
płyta korytkowa  
przestrzeń wentylowana - 20 cm  
warstwa izolacji - opcjonalnie  
izolacja - 5 cm  
srop gęstożebrowy (Akerman, DZ, Fert i inne)  
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g <sub>0</sub> cm	U W/m <sup>2</sup> K
-	1,099
5	0,463
8	0,344
10	0,293
12	0,256



od góry:  
warstwa izolacji - opcjonalnie  
2 x papa na lepiku  
gładź cementowa - 4 cm  
żużel - 15 cm  
papa asfaltowa  
płyta żelbetowa - 8 cm  
tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm

g <sub>0</sub> cm	U W/m <sup>2</sup> K
10	0,342
15	0,240
18	0,203
20	0,184



od góry:  
dachówka ceramiczna  
papa asfaltowa  
deski - 2,5 cm  
szczelina powietrzna - 3 cm  
warstwa izolacji - opcjonalnie  
folia paroizolacyjna  
płyta gipsowo-kartonowa - 1,25 cm



#### **5.4. Modernizacja okien i drzwi zewnętrznych**

Okna są elementami budynku, które zazwyczaj tracą od 10 – 15% ciepła, a w przypadku okien nieszczelnych straty te znacznie rosną nawet 30% i więcej.

Najbardziej rozpowszechnionym i najskuteczniejszym sposobem zmniejszenia strat ciepła jest wymiana istniejących okien na nowoczesne energooszczędne okna. Rynek obecnie jest bardzo bogaty w różnego rodzaju ofertę okien, od drewnianych, aluminiowych po najpopularniejsze - wykonywane z tworzywa sztucznego. Wybór jest również po stronie szklenia, dostępne są okna podwójnie szklone, potrójnie a także z różnego rodzaju szkła specjalnego, niskoemisyjne, bezpieczne itp. Również wypełnienie przestrzeni między szybami może być wykonane z różnego rodzaju gazów, które mają wpływ na jakość okien. Często wymiana okien to nie tylko zabieg poprawiający efektywność cieplną ale również zabieg poprawiający bezpieczeństwo użytkownika, jak i samą użyteczność okien (stare wyeksploatowane okna często nie mają nawet możliwości otwierania). Tak więc mimo wysokich kosztów związanych z wymianą okien uzyskuje się wiele korzyści dodatkowych, jak np. poprawienie warunków akustycznych, szczelność, łatwość konserwacji (brak konieczności malowania okien z PCV).

Innym sposobem zmniejszenia strat ciepła jest zmniejszenie powierzchni okien tam gdzie ich powierzchnia jest zdecydowanie za duża w stosunku do potrzeb na wietlenie naturalnego, czy też zjawisko w przypadku budynków użyteczności publicznej gdzie nierzadko całe części komunikacyjne, czy klatki schodowe przeszklone są stolarkami okiennymi, czy też stalowymi lub aluminiowymi o bardzo złych parametrach izolacyjnych.

#### **5.5. Modernizacja układu wentylacji**

Wymiana powietrza wentylacyjnego powoduje straty dochodzące nawet 40% łącznego zużycia ciepła.

Wyróżniamy generalnie dwa rodzaje systemów wentylacyjnych: wentylacja grawitacyjna oraz wentylacja mechaniczna. Najbardziej powszechnym rozwiązaniem szeroko stosowanym jest wentylacja naturalna (grawitacyjna), gdzie nastąpił dopływ powietrza do pomieszczenia realizowany jest poprzez nieszczelności okien, drzwi i okresowo uchylania, otwierania okien. Odprowadzanie powietrza następuje poprzez kratki wentylacyjne zlokalizowane zwykle w kuchniach, łazienkach, ustępach a czasami w innych pomieszczeniach, stąd wcale nie jest również zapewnienie nieszczelności drzwi wewnętrznych umożliwiający swobodny przepływ powietrza. Wadą naturalnego systemu wentylacji jest przede wszystkim praktyczny brak możliwości regulacji wydajności wymiany powietrza, ponieważ zależy ona w całości od panujących warunków pogodowych (temperatury, wiatru, ciśnienia). W takiej sytuacji czasami mamy do czynienia ze zbyt intensywną wymianą powietrza, a czasami z niewystarczającą.

Dużym problemem okazała się wymiana okien na nowoczesne o wysokiej szczelności, co spowodowało, że wentylacja grawitacyjna bez dopływu przez nieuszczelnione okienne wentylatory powietrza przestaje pracować w sposób prawidłowy. Takie ograniczenie dopływu powietrza może wiązać się z bardzo poważnymi konsekwencjami skutkującymi powstawaniem w pomieszczeniach wilgoci, pleśni i grzybów. Rozwiązaniem problemu szczelnych okien jest montaż nawiewników ręcznych lub automatycznych. W ten sposób w pewnym stopniu użytkownicy mogą kontrolować ilość dostarczanego wentylatory powietrza. Najlepszym rozwiązaniem są nawiewniki higrosterowalne, które otwierają się i przyciskają pod wpływem zmian wilgotności powietrza w pomieszczeniu. Nawiewniki takie mogą być montowane zarówno w górnej jak i dolnej części okien. Innym sposobem jest korzystanie z systemu mikroszczelin, w który wyposażone są praktycznie wszystkie nowoczesne modele okien.

Najlepszym rozwiązaniem jest wentylacja nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła z powietrza wentylacyjnego, która zapewnia kontrolę jakości i ilości doprowadzanego powietrza. Wadą takiego systemu są wysokie nakłady inwestycyjne, oszczędności natomiast są niepodważalne i w zależności od rodzaju ogrzewania układ taki potrafi się szybko zwrócić (np. przy ogrzewaniu elektrycznym).

## **5.6. Modernizacja systemu ogrzewania**

Modernizacja systemu powinna obejmować przede wszystkim źródło wytwarzania ciepła (kocioł, piec, wężel) ale także inne elementy instalacji wewnętrznej, jak armatura, zawory, grzejniki i inne.

W sytuacji gdy budynek zasilany jest ciepłem wytwarzanym w kotłowni, której wiek przekracza 10 lat, z dużym prawdopodobieństwem można powiedzieć, że kotłownia wymaga modernizacji zwłaszcza gdy zainstalowane kotły zasilane są paliwami stałymi. Ponadto kotły opalane paliwami w gwałowych, czysto niskiej jakości jak: miał, muły powodują duże emisje zanieczyszczeń gazowych oraz lotnych cząstek stałych (pyły). W ostatnich latach dużym zainteresowaniem cieszą się wysokosprawne kotły z automatycznym podawaniem paliwa oraz regulowanym podmuchem powietrza do niezbędnego w procesie spalania. W kotłach takich precyzyjnie podawane paliwo spalane jest w ilościach zapewniających odpowiednio do potrzeb ilość produkowanego ciepła. Dzięki automatyzacji kotłów w gwałowych oraz zastosowaniu przeznaczonych do tego typu kotłów paliwo wysokiej jakości, zredukowana jest przede wszystkim emisja zanieczyszczeń: tlenku węgla, tlenków siarki oraz pyłów. Dzięki wysokiej sprawności uzyskiwane jest nawet do 30% mniej węgla, co z kolei powoduje wyraźne oszczędności kosztów ogrzewania. Pod względem ekologicznym najbardziej efektywne są jednak kotły zasilane paliwami gazowymi (gaz ziemny, LPG) oraz ciekłymi (olej opałowy). Urządzenia takie mają wyraźne sprawności od kotłów w gwałowych i posiadają jeszcze jedną ważną zaletę: raz właściwie ustawione praktycznie nie wymagają obsługi. Wadą takich

rozwi za jest wy sza cena paliw gazowych i ciekłych od paliw stałych, zwłaszcza gazu LPG i oleju. W przypadku kotłów gazowych i olejowych starszych ni 10 lat cz sto brak jest w wyposa eniu instalacji automatyki steruj cej. W zestaw automatyki wchodz przede wszystkim urz dzenia mierz ce temperatury na zewn trz i wewn trz pomieszcze oraz regulatory czasowe, pozwalaj ce na ustawienie czasu pracy kotłów w poszczególnych okresach dnia i tygodnia. Przy dobrze zaizolowanym budynku i nowoczesnej wysokosprawnej instalacji o małej bezwładno ci cieplnej, automatyka steruj ca prawidłowo ustawiona do potrzeb potrafi przyczyni si zaoszcz dzenia 10-30% paliw i energii.

W wietle stale rosn cych cen oleju opałowego przy mo liwo ci podł czenia gazu ziemnego cz sto modernizacja kotła sprowadza si jedynie do wymiany palnika z olejowego na gazowy, dzi ki czemu zmiana sposobu zasilania kotła nie wi e si z wysokimi kosztami modernizacji kotłowni.

W przypadku w zła ciepłowniczego mo emy mówi przede wszystkim o przedsi wzi ciach polegaj cych na:

- Wymiana niskosprawnych w złów bezpo rednich, tzw. hydroelewatorowych na w zły wymiennikowe. Dzi ki takiemu zabiegowi rozdzielone zostaj obiegi ciepłowniczy (zewn trzny) oraz grzewczy budynku (wewn trzny). Pozwala to na zastosowanie automatyki regulacyjnej,
- Wymiana starych niskosprawnych, zanieczyszczonych wymienników na nowoczesne wysokosprawne wymienniki płytowe,
- Modernizacja lub wymiana nieszczelnych elementów w zła,
- Izolowanie cieplne elementów w zła,
- Monta automatyki kontrolno-pomiarowej oraz steruj cej układem grzewczym,
- Zastosowanie wysokosprawnych układów pompowych o zmiennej wydajno ci.

Zmiany mo liwe do zrealizowania w instalacji wewn trznej:

- Wymiana instalacji wyeksploatowanych, zazwyczaj istniej ce instalacje maj trwało od 20 do 50 lat,
- Płukanie chemiczne instalacji powoduj ce oczyszczenie i udro nienie instalacji,
- Uszczelnienie instalacji i jej elementów, a tak e hermetyzacja instalacji (likwidacja otwartych naczy wzbiorczych i monta zamkni tych)
- Likwidacja centralnej sieci odpowietrzaj cej i zbiorników odpowietrzaj cych i monta indywidualnych odpowietrzników na poszczególnych pionach,
- Izolowanie cieplne przewodów instalacji w nieogrzewanych pomieszczeniach,
- Monta nowoczesnych grzejników o rozwini tej powierzchni wymiany ciepła i niskiej bezwładno ci (szybko si nagrzewaj i szybko wychładzaj ),
- Monta zaworów termostatycznych, pozwalaj cych na regulowanie ilo ci dostarczanego przez grzejnik ciepła wg. potrzeb oraz umo liwia zmniejszenie dopływu ciepła w czasie wyst powania zysków ciepła, np. w postaci promieniowania słonecznego,

- Montaż instalacji z tworzyw sztucznych nie ulegających korozji i nie zarastających osadami stałymi.

## **6. Zastosowanie odnawialnych źródeł energii w ogrzewaniu budynków i przygotowaniu ciepłej wody użytkowej**

### **6.1. Wykorzystanie biomasy**

Kotły biomasowe dzielą się na sterowane ręcznie oraz sterowane automatycznie. Kotły ładowane ręcznie, powinny być instalowane razem ze zbiornikami akumulacyjnymi, aby magazynować ciepło z jednego zakładu paliwa. Kotły automatyczne zaopatrzone są w silosy do magazynowania zrębków oraz pelletów. Podajnik ślimakowy, samoczynnie doprowadza paliwo w zależności od potrzeb.

Jako paliwo w kotłach biomasowych może być wykorzystywane drewno nieprzetworzone jak: drewno opałowe, zrębki, trociny, wióry czy kora. Drewno takie ma istotną wadę, zawiera dużo wilgoci przez co zdecydowanie spada jego wartość opałowa. Dlatego te drewno takie wymaga długotrwałego przechowywania w odpowiednich warunkach (sezonowania), ok. 1-1,5 roku. Ponadto drewno ma stosunkowo małą gęstość, przez co wymaga ok. 2 razy więcej miejsca do składowania niż węgiel.

Ponadto oprócz drewna nieprzetworzonego wykorzystuje się drewno, które poddano przeróbce w postaci pelletów i brykietów. Proces przetwarzania tego drewna polega na sprasowaniu pod wysokim ciśnieniem drobnych i wysuszonych trocin i wiórów. Tak przetworzone paliwo jest droższe od zwykłego drewna, ale dzięki niżej zawartości wilgoci i zwiskrzanej gęstości posiada zdecydowanie większą wartość opałową, a więc w celu otrzymania tej samej ilości ciepła mniej się go spala niż zwykłego drewna.

W ostatnich latach nastąpiło wiele zmian w konstrukcji i działaniu kotłów, zarówno ręcznych jak i automatycznych, zmierzających do uzyskania lepszej wydajności oraz obniżenia emisji zanieczyszczeń z kominów. Ulepszenia te osiągnięto głównie przez zaprojektowanie komory spalania, systemu dopływu powietrza oraz automatycznej kontroli procesu spalania. W stosunku do kotłów sterowanych ręcznie, osiągnięto wzrost wydajności z poziomu poniżej 50% do poziomu 75-90%. Jeśli chodzi o kotły zautomatyzowane, osiągnięto wzrost wydajności z 60% do 85-95%.

- Rodzaje kotłów do spalania drewna:
  - Kotły ze spalaniem górnym
  - Kotły ze spalaniem dolnym
  - Kotły zgazowujące
  - Kotły retortowe

Wicej o kotłach na biomasę można dowiedzieć się w Poradniku „ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII. Efektywne wykorzystanie w budynkach i finansowanie przedsięwzięć”

## 6.2. Budownictwo pasywne

Budynek pasywny jest kolejnym etapem w podejściu do oszczędzania energii we współczesnym budownictwie. Znajduje się na drodze pomiędzy budynkiem energooszczędnym a budynkiem zero energetycznym (samowystarczalnym). Niewątpliwą zaletą budynków pasywnych jest wykorzystanie istniejących, sprawdzonych rozwiązań, a nie tworzenie nowych, przez co uzyskuje się dużo niezawodno obiektów wykonanych w tej technologii. Ponadto technologia ta doczekała się licznych realizacji, zwłaszcza w państwach “starej” Unii Europejskiej.

Technologia budynków pasywnych charakteryzuje się tym, że korzysta się w niej z materiałów lepszej jakości, niż te stosowane standardowo w trakcie budowy nowych obiektów. Dzięki takiemu podejściu, oprócz znacznego zmniejszenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania, nawet o 85%, dodatkowo uzyskujemy wzrost trwałości i podniesienie wartości rynkowej budynku.

Nie bez znaczenia jest to, że budynki pasywne na pierwszy rzut oka nie różnią się w istotny sposób od tradycyjnych budynków, komponując się z budownictwem na danym obszarze.

Co bardzo istotne, koncepcja budynku pasywnego, niejako naturalnie łączy się z kwestią wykorzystywania odnawialnych źródeł energii. Budynki wykonane w omawianej technologii wykazują dużo mniejsze zapotrzebowanie na energię niż budynki tradycyjne. Prowadzi to do obniżenia kosztów związanych z zastosowaniem takich rozwiązań jak pompy ciepła, kolektory słoneczne czy gruntowe wymienniki ciepła. Już znacznie mniejsze i tańsze instalacje tego typu są w stanie pokryć zapotrzebowanie na ciepło w budynku.

W związku z powyższym, wzrostowi kosztów budowy budynku pasywnego, można przeciwstawić istotne oszczędności eksploatacji budynku, które wynikają ze zmniejszonego zużycia energii oraz utrzymanie się na wyższym poziomie wartości rynkowej budynku. Należy także pamiętać o korzyściach jakie odnosi środowisko naturalne, a które to korzyści wynikają ze zmniejszenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

Kryteria jakie musi spełniać budynek pasywny:

- Współczynnik przenikania ciepła  $U$  dla przegród zewnętrznych (dach, ściany, podłoga na gruncie) powinien być mniejszy niż  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- Szczelność powłoki zewnętrznej budynku, sprawdzona przy pomocy testu ciśnieniowego, w którym przy różnicy ciśnień zewnętrznej i wewnętrznej wynoszącej  $50 \text{ Pa}$ , krotność wymiany powietrza nie powinna przekraczać  $0,6$  wymian na godzinę.

- Przegrody zewnętrzne wykonane w taki sposób, aby maksymalnie zredukować mostki termiczne.
- Przeszklenie o współczynniku przenikania ciepła  $U$  poniżej  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  i całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego  $g$  50 %.
- Ramy okienne o współczynniku przenikania ciepła  $U$  poniżej  $0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ .
- Wydajność rekuperatora, stosowanego do odzysku ciepła z wentylacji, powyżej 75%.
- Ograniczenie strat ciepła w procesie przygotowania i zaopatrzenia w ciepłą wodę użytkową.
- Efektywne wykorzystanie energii elektrycznej.

Zagadnienia projektowania domów pasywnych mówi przede wszystkim o wykorzystaniu technologii, a w mniejszym stopniu dotyczy estetyki. Z punktu widzenia oszczędności energetycznych ważne jest, aby izolowana termicznie kubatura była jak najbardziej kompaktowa, a budynek osłonić był od niekorzystnych zjawisk atmosferycznych.

Wszystkie przegrody zewnętrzne budynku, a więc: ściany, dach, okna czy podłoga na gruncie posiadają bardzo niski współczynnik przenikania ciepła. Jest on odpowiednio 2 – 3 krotnie mniejszy niż w przypadku budownictwa standardowego (w rozumieniu obecnych wymogów stawianych budynkom nowobudowanym).

rodzaj przegrody	wymagania Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dn. 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie		standard budynku pasywnego
	budynek jednorodzinny	budynek użyteczności publicznej	wsp. przenikania ciepła
	$U \text{ [W}/\text{m}^2\text{K]}$	$U \text{ [W}/\text{m}^2\text{K]}$	$U \text{ [W}/\text{m}^2\text{K]}$
ściany zewnętrzne o budowie warstwowej z izolacją	0,30	0,55	<b><math>\geq 0,15</math></b>
ściany zewnętrzne - pozostałe	0,50		
stropodach	0,30	0,30	<b><math>\geq 0,15</math></b>
okna dla I, II i III strefy klimatycznej	2,60	2,30	<b><math>\geq 0,8</math></b>
okna dla IV i V strefy klimatycznej	2,00		
drzwi zewnętrzne wejściowe	2,60	2,60	<b><math>\geq 1,1</math></b>

Takie rozwiązanie pozwala zminimalizować straty ciepła przez przegrody, a w przypadku okien na uzyskanie dodatniego bilansu energetycznego (większe zyski ciepła od straty przez przenikanie ciepła przez okna). Ponadto budynek pasywny musi być szczelny dla powietrza, aby zapobiec niekontrolowanej ucieczce ciepła wraz z wydostającym się powietrzem.

Cechą wyróżniającą domy pasywne jest sposób ich ogrzewania. Budynki pasywne nie są bowiem wyposażone w typowe instalacje grzewcze, z jakimi zwykle mamy do czynienia. Budynki te nie posiadają hydraulicznej instalacji grzewczej, tak więc nie ma w nich grzejników czy ogrzewania podłogowego. Ogrzewanie budynku jest natomiast realizowane w połączeniu z wentylacją mechaniczną. Pamiętajmy, że budynek powinien być tak

zaprojektowany i wykonany, aby jego jednostkowe zapotrzebowanie na ciepło było zbliżone do poziomu  $15\text{kWh/m}^2$  na rok. Przy tak niskim zużyciu energii, wystarczy ogrzewanie powietrza wentylacyjnego nawiewanego do pomieszczeń, np. za pomocą nagrzewnicy umieszczonej w rekuperatorze lub przy pomocy pompy ciepła powietrze-powietrze.

Jak już wspomniano domy pasywne wyposażone są w system wentylacji mechanicznej. Złoty powietrze, zanim zostanie odprowadzone na zewnątrz budynku, przechodzi przez rekuperator, który odzyskuje część ciepła z powietrza wywiewanego, ogrzewając wiec powietrze, dostarczane przez wentylację nawiewną do wnętrza budynku. Wiec powietrze zanim trafi do rekuperatora może zostać wstępnie podgrzane w gruntowym wymienniku ciepła co dodatkowo zmniejsza zapotrzebowanie na energię do podgrzewania powietrza wentylacyjnego. Obecnie produkowane rekuperatory pozwalają na odzyskanie od 70 do nawet 90% ciepła z powietrza wywiewanego i jego ponowne wykorzystanie w budynku.

Przy tak dużej izolacji jaka ma miejsce w domach pasywnych, znacząca rola wentylacji, jednak nie jest ona doceniana i nie jest rozumiana. Bez sprawnie działającej wentylacji mechanicznej nie byłby możliwy odzysk ciepła przy pomocy rekuperatora, pozyskanie ciepła utajonego przy pomocy pompy ciepła oraz pozyskanie ciepła przy pomocy gruntowego wymiennika ciepła.

Wspomniane wcześniej urządzenia jak rekuperator i pompa ciepła, zastępowane są coraz częściej jednym urządzeniem – kompaktowym centralnym grzewczym (wentylacja, odzysk ciepła, ogrzewanie powietrza, filtry powietrza, ogrzewanie ciepłej wody użytkowej) Urządzenia takie pojawiły się w ostatnich latach szczególnie dla potrzeb budynków pasywnych.

Więcej o budynkach pasywnych można dowiedzieć się w Poradniku „**ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII. Efektywne wykorzystanie w budynkach i finansowanie przedsięwzięć**”

### **6.3. Wykorzystanie promieniowania słonecznego**

W uproszczeniu przyjmuje się, że średnio w Polsce do  $1\text{ m}^2$  powierzchni dociera w ciągu roku  $1000\text{ kWh}$  energii słonecznej, co odpowiada energii zawartej w 100 litrach oleju opałowego. Nie jest to ilość mała, ale i nie na tyle duża aby w 100% pokryć zapotrzebowanie na energię potrzebną do ogrzewania naszych domów, zwłaszcza, że efektywnie można wykorzystać 30 – 50% rocznego promieniowania słonecznego. Z tego względu instalacje solarne w Polsce służą głównie do celów przygotowania ciepłej wody użytkowej i sporadycznie jako wspomaganie systemu ogrzewania. Do obliczenia konkretnych przypadków instalacji solarnych należy przyjmować dokładne wartości promieniowania słonecznego dla danej lokalizacji.

W Polsce stosuje się dwa główne typy kolektorów, a mianowicie kolektory płaskie i rurowe (pró niowe). Oba typy różnią się oczywiście budową co z kolei ma wpływ na ich sprawność oraz, jak to zwykle bywa, na cenę. Kolektory pró niowe charakteryzują się wyszą sprawnością niż kolektory płaskie. Dodatkowo można je montować na powierzchniach pionowych (np. na ścianie budynku) lub płasko na powierzchniach poziomych (np. na dachu). W przypadku kolektorów płaskich, dla naszej szerokości geograficznej należy montować je z kątem pochyleń wynoszącym od 35° do 45°.

Podstawowym powodem stosowania kolektorów słonecznych na całym świecie jest ich wpływ, a może raczej brak ich wpływu na środowisko naturalne. W porównaniu z nowoczesnym kotłem grzewczym już 4 m<sup>2</sup> powierzchni kolektorów słonecznych pozwala uniknąć do jednej tony dwutlenku węgla wyemitowanego do atmosfery!

Głównym warunkiem opłacalności stosowania kolektorów słonecznych jest odbiór i zagospodarowanie wytworzonego ciepła. Dlatego te najlepiej nadają się do tego obiektów o dużym i ciągłym zużyciu ciepłej wody.

Przykłady zrealizowanych instalacji solarnych pokazują, że w praktyce sprawność systemów z kolektorami słonecznymi osiąga wartość od 20% do 55%. Górną wartość sprawności osiąga już instalacja z kolektorami pró niowymi (rurowymi), ale tak optymalnie dobrana instalacja z kolektorami płaskimi może zbliżyć się do tej wartości.

Dla zgrubnego oszacowania i orientacyjnego określenia powierzchni kolektorów w praktyce sprawdza się następująca reguła, a dla uzyskania 60% pokrycia zapotrzebowania na ciepło do przygotowania c.w.u. z instalacji solarnej w domach jedno- i wielorodzinnych, powinno zakładać się około 1,0 do 1,5 m<sup>2</sup> powierzchni czynnej (absorbera) kolektora płaskiego na osobę lub 0,8 m<sup>2</sup> powierzchni czynnej kolektora pró niowego (rurowego).

Więcej o kolektorach słonecznych można dowiedzieć się w Poradniku „ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII. Efektywne wykorzystanie w budynkach i finansowanie przedsięwzięć”

#### **6.4. Pompa ciepła**

Pompa ciepła odbiera ciepło z otoczenia – gruntu, wody lub powietrza – i przekazuje je do instalacji c.o. i c.w.u., ogrzewając w niej wodę, albo do instalacji wentylacyjnej ogrzewając powietrze nawiewane do pomieszczeń. Przekazywanie ciepła z zimnego otoczenia do znacznie cieplejszych pomieszczeń jest możliwe dzięki zachodzącym w pompie ciepła procesom termodynamicznym. Do napędu pompy potrzebna jest energia elektryczna. Jednak ilość pobieranej przez nią energii jest kilkakrotnie mniejsza od ilości dostarczanego ciepła.

Pompy ciepła najczęściej odbierają ciepło z gruntu. Przez cały sezon letni powierzchnia gruntu chłonie energię słoneczną akumulując coraz więcej, ilość zakumulowanego ciepła zależy oczywiście od pory roku. Aby odebrać ciepło niezbędny jest do tego wymiennik



ciepła, który najczęściej wykonywany jest z długich rur z tworzywa sztucznego lub miedzianych powlekanych tworzywem. Przepływający nimi czynnik ogrzewa się od gruntu, który na głębokości ok. 2 m pod powierzchnią ma zawsze dodatnią temperaturę.

W przypadku pomp ciepła wykorzystujących ciepło z gruntu lub wody niezbędny jest wymiennik, za którego pośrednictwem ciepło dostarczane będzie do parownika pompy. W zasadzie prawidłowe wykonanie oraz dobór wielkości wymiennika determinuje poprawne funkcjonowanie pompy i jest najbardziej kłopotliwym etapem instalowania urządzenia.

Więcej o pompach ciepła można dowiedzieć się w Poradniku „ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII. Efektywne wykorzystanie w budynkach i finansowanie przedsięwzięć”

## **7. Miniaudyt, jak policzyć zapotrzebowanie na ciepło. Przykład obliczeniowy**

Trudno jest ocenić na wyczuć, jakie przedsięwzięcia są opłacalne w konkretnym obiekcie, a jakie nie. Dlatego, aby się dowiedzieć, jaki jest najlepszy rozwinięciem jest skorzystanie z usługi fachowca, który sporządzi audyt energetyczny budynku. Zanim jednak wyda się pieniądze na audytora, warto samemu przeprowadzić wstępny, uproszczony analizę, która pozwoli na oszacowanie potencjału zmian zużycia energii, opłacalności inwestycji oraz efektu ekologicznego, możliwych do osiągnięcia w wyniku przeprowadzenia termomodernizacji. Ponadto otrzymana w wyniku obliczeń wiedza pozwoli osobie odpowiedzialnej za podejmowanie istotnych decyzji zabrać głos w dyskusji między audytorem, czy projektantem.

Jak już wiadomo, największy udział w pokryciu potrzeb energetycznych stanowi: ogrzewanie pomieszczeń i przygotowanie c.w.u..

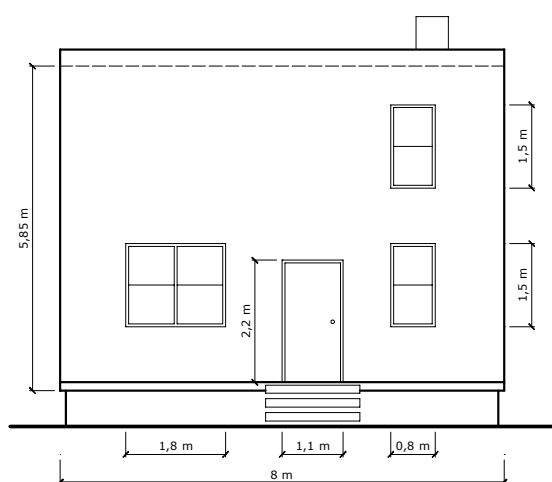
### **7.1. Ile energii potrzeba na ogrzewanie,**

W celu przeprowadzenia wstępnej analizy opłacalności możliwości do realizacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych, w pierwszej kolejności należy oszacować, ile energii trzeba dostarczyć do obiektu, celem pokrycia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne budynku.

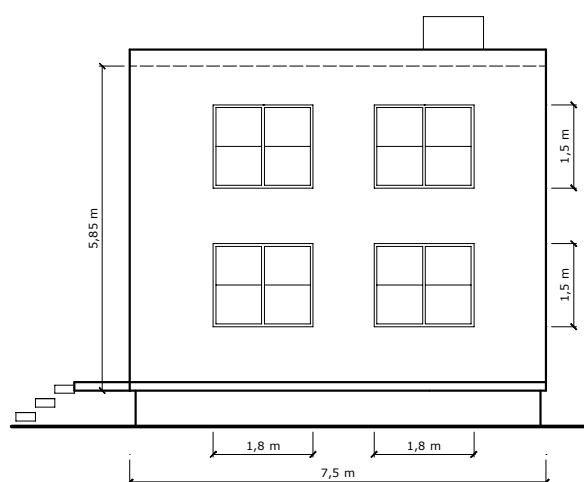
Oprócz współczynników przenikania ciepła niezbędne informacje do obliczenia strat przez przegrody zewnętrzne danego typu jest jej łączna powierzchnia. Powierzchnie strat ciepła zawsze oblicza się dla wymiarów w osiach przegród, dlatego niezbędna jest znajomość grubości przegród. Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy budynek i jego podstawowe wymiary zewnętrzne, ponadto przyjęto, że grubościany, stropów i stropodachów wynosi po 38 cm. Dla tak przyjętych danych dokonano przykładowego obliczenia poszczególnych powierzchni strat ciepła (Tabela 1).

**Tabela 1 Sposób obliczania powierzchni poszczególnych przegród zewnętrznych dla przykładowego budynku (jak na rys. 5)**

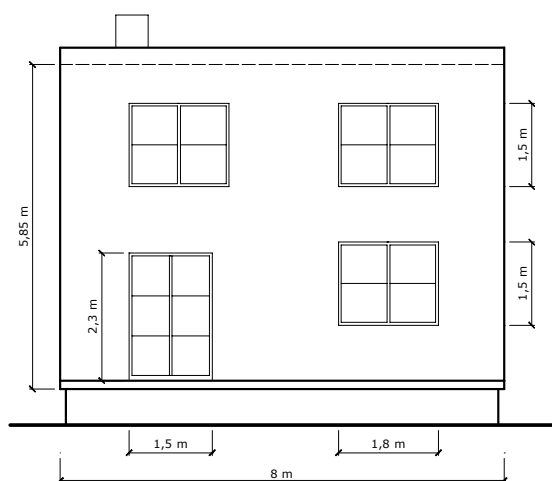
Rodzaj przegrody	Sposób obliczenia	Powierzchnia okien [m <sup>2</sup> ]	Powierzchnia drzwi [m <sup>2</sup> ]	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]
Ściana zewnętrzna	południowa $A_{śc\_S} = (8,0 - 0,36) \cdot (5,85 - 0,36)$	$(1,8 \cdot 1,5) + 2 \cdot (0,8 \cdot 1,5)$	$(1,1 \cdot 2,2)$	34,42
	wschodnia $A_{śc\_W} = (7,5 - 0,36) \cdot (5,85 - 0,36)$	$4 \cdot (1,8 \cdot 1,5)$	-	28,40
	północna $A_{śc\_N} = (8,0 - 0,36) \cdot (5,85 - 0,36)$	$3 \cdot (1,8 \cdot 1,5) + (2,2 \cdot 1,5)$	-	30,54
	zachodnia $A_{śc\_E} = (7,5 - 0,36) \cdot (5,85 - 0,36)$	-	-	39,20
Stropodach	$A_{st.dachu} = (8,0 - 0,36) \cdot (7,5 - 0,36)$	-	-	54,55
Strop nad piwnicą	$A_{stropu} = (8,0 - 0,36) \cdot (7,5 - 0,36)$	-	-	54,55



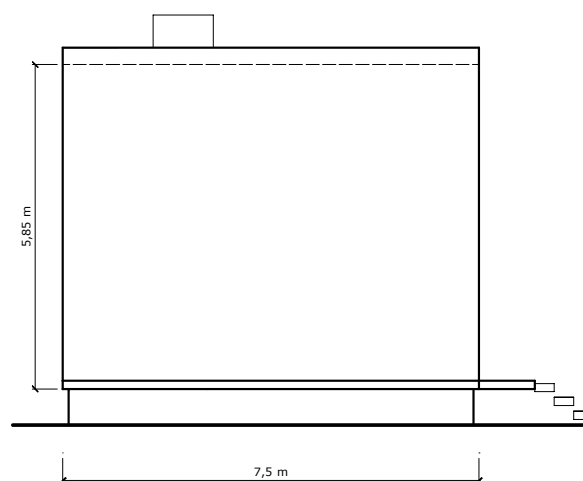
Elewacja południowa



Elewacja wschodnia



Elewacja północna



Elewacja zachodnia

**Rysunek 5 Podstawowe wymiary zewnętrzne do obliczenia zapotrzebowania na ciepło przykładowego budynku jednorodzinnego**

W celu obliczenia strat ciepła przez poszczególne przegrody należy użyć następującego wzoru:

$$Q_{p\_i} = \frac{A_i \cdot U_i \cdot (t_w - t_{z\_śr}) \cdot \tau}{1000} \quad [kWh / rok]$$

gdzie:

$Q_i$  – straty ciepła przez i-tą przegrodę w sezonie grzewczym,

$A_i$  – powierzchnia i-tej przegrody,

$U_i$  – współczynnik przewodzenia ciepła przez i-tą przegrodę,

$t_{w,i}$  – temperatura wewnętrzna pomieszczenia, przyj. to 20 °C,

$t_{z,r}$  – średnia temperatura sezonu grzewczego, przyj. to 2,2 °C,

$\tau$  – średnia długość okresu grzewczego w ciągu roku, przyj. to 5100 h/rok.

Dla tak przyjętych danych stosujemy uproszczony wzór na obliczenie strat ciepła przez daną przegrodę w ciągu roku:

$$Q_{p\_i} = 90,78 \cdot A_i \cdot U_i \quad [kWh / rok]$$

lub,

$$Q_{p\_i} = 0,3268 \cdot A_i \cdot U_i \quad [GJ / rok]$$

bo 1000 kWh = 3,6 GJ

Do strat ciepła przez przegrody zewnętrzne należy dodać również ciepło na wentylację, tzn. ilość ciepła niezbędną do podgrzania tego powietrza dostarczanego do pomieszczenia.

W sposób uproszczony można to wyliczyć z następującego wzoru:

$$Q_w = 38 \cdot A_{uz} \cdot H_{kond} \quad [kWh / rok]$$

gdzie:

$Q_w$  – ciepło na ogrzewanie powietrza wentylacyjnego,

$A_{uz}$  – powierzchnia użytkowa pomieszczenia,

$H_{kond}$  – wysokość kondygnacji.

lub,

$$Q_w = 0,1368 \cdot A_{uz} \cdot H_{kond} \quad [GJ / rok]$$

Ponadto przy nieszczelnych oknach występuje infiltracja niepodgrzewanym powietrzem zewnętrznym, które dla zachowania komfortu cieplnego również musi być podgrzewane. Wielkość ciepła na infiltrację to dodatkowo około 10% zapotrzebowania powietrza wentylacyjnego - przy dużej nieszczelności, którego nie należy pomijać w obliczeniach.

Oprócz strat w budynkach występują również zyski ciepła, pochodzące głównie od słońca, tzw. zyski słoneczne, które są tym większe im większa jest powierzchnia przeszklona oraz tzw. zyski bytowe, czyli ciepło wytwarzane przez urządzenia, ludzi, podczas gotowania, itp. Wielkość udziału zysków ciepła w całkowitym zapotrzebowaniu na ciepło budynku nie jest taka sama we wszystkich budynkach i zależy od wielkości strat. Tak, więc udział zysków

ciepła w całkowitym zapotrzebowaniu na ciepło budynku jest większe w budynku nieocieplonym, z nieuszczelnymi oknami itp. i może wynosić ok. 20% dla budynków niemieszkalnych oraz ok. 30% dla budynków mieszkalnych. Natomiast w budynku dobrze zaizolowanym, w którym nie ma dużych strat energii udział zysków, w całkowitym zapotrzebowaniu ciepła może wzrosnąć do poziomu ok. 40% dla budynków niemieszkalnych oraz ok. 50% dla budynków mieszkalnych.

Do całkowitego obliczenia zapotrzebowania na ciepło budynku należy poniższy wzór uwzględnić czy wcześniejsze obliczenia strat i zysków ciepła.

$$Q_{netto} = \left( \sum_i Q_{p-i} + Q_w + i \cdot Q_w \right) \cdot (1 - z) \quad [GJ / rok] \text{ lub } [kWh / rok]$$

gdzie:

$\sum_i Q_{p-i}$  – suma strat ciepła przez przegrody zewnętrzne,

$Q_w$  – ciepło na wentylację,

$i$  – stopień infiltracji (10% - dla nieuszczelnionych okien),

$z$  – udział zysków ciepła w pokryciu całkowitych potrzeb cieplnych (budynek mieszkalny: ocieplony – 50%, nieocieplony – 30%; budynek niemieszkalny: ocieplony – 40%, nieocieplony – 20%).

Po zbilansowaniu strat oraz zysków ciepła w budynku otrzymamy wielkość ciepła niezbędną do dostarczenia do budynku aby panowała w nim odpowiednia temperatura.

W celu obliczenia ile rzeczywiście energii potrzeba na ogrzanie budynku należy również uwzględnić sprawność układu grzewczego, na którą składają się 4 podstawowe składniki: sprawność wytwarzania czyli źródła ciepła (wymyślnik, kocioł, piec, itp.), sprawność przesyłu ciepła (zależy od rodzaju i stanu instalacji grzewczej), sprawność regulacji systemu ogrzewania (zależy od sposobu regulacji, zaworów termostatycznych itp.) oraz sprawność wykorzystania (zależy od rodzaju i usytuowania grzejników).

Sprawność całkowita systemu grzewczego jest iloczynem poszczególnych sprawności składowych:

$$\eta_c = \eta_w \cdot \eta_p \cdot \eta_r \cdot \eta_e$$

gdzie:

$\eta_c$  – całkowita sprawność systemu grzewczego,

$\eta_w$  – sprawność wytwarzania ciepła określona zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych wodnych niskotemperaturowych gazowych oraz kotłów grzewczych stalowych o mocy grzewczej do 50 kW lub przyjmowana z tabeli 2 lub z dokumentacji technicznej,

$\eta_p$  – sprawność przesyłania ciepła określona zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana z tabeli 3 lub z dokumentacji technicznej,

$\eta_r$  – sprawność regulacji systemu grzewczego obliczana ze wzoru:

$$\eta_r = 1 - (1 - \eta_{co}) \cdot 2 \cdot \sqrt{z}$$

gdzie:

$\eta_{co}$  – współczynnik regulacji systemu przyjmowana z tabeli,

z – udział zysków ciepła w całkowitym zapotrzebowaniu na ciepło budynku.

$\epsilon$  – sprawno wykorzystania ciepła przyjmowana z tabeli 5 lub z dokumentacji technicznej.

**Tabela 2 Sprawność wytwarzania ciepła**

Rodzaj kotła/pieca	Paliwo	Sprawność wytwarzania*		
		min	max	śred.
Kotły wyprodukowane przed 1980r.	węgiel, koks	0,50	0,65	0,61
Kotły wyprodukowane po 1980r.	węgiel, koks	0,65	0,75	0,70
Kotły z palnikami atmosferycznymi i regulacją włącz/wyłącz	gazowe, płynne	0,65	0,86	0,76
Kotły z palnikami wentylatorowymi i ciągłą regulacją procesu spalania	gazowe, płynne	0,75	0,88	0,82
Kotły kondensacyjne	gaz	0,95	1,00	0,98
Piece ceramiczne (kaflowe)	paliwo stałe	0,25	0,40	0,40
Piece metalowe	paliwo stałe	0,55	0,65	0,60
Kotły elektryczne przepływowe	-	0,94		0,94
Kotły elektryczne	-	0,97		0,97
Kotły elektrotermiczne	-	1,00		1,00
Kotły wrzutowe z ręczną obsługą do 100 kW	paliwo stałe (słoma)	0,57	0,63	0,60
Kotły wrzutowe z ręczną obsługą do 100 kW	paliwo stałe (drewno, brykiet, pelety, zrębki)	0,65	0,72	0,69
Kotły wrzutowe z ręczną obsługą powyżej 100 kW	paliwo stałe (słoma)	0,65	0,80	0,75
Kotły wrzutowe z ręczną obsługą powyżej 100 kW	paliwo stałe (drewno, brykiet, pelety, zrębki)	0,77	0,83	0,80
kotły automatyczne o mocy do 100 kW	pelety	0,80	0,92	0,86
Kotły automatyczne o mocy powyżej 100 do 600 kW	Paliwo stałe (słoma)	0,65	0,75	0,70
Kotły automatyczne o mocy powyżej 100 do 600 kW	paliwo stałe (drewno, brykiet, pelety, zrębki)	0,80	0,85	0,83
Kotły z paleniskiem retortowym	węgiel,	0,80	0,85	0,83
Kotły automatyczne z mechanicznym podawaniem paliwa o mocy powyżej 500 kW	Paliwo stałe (słoma, drewno, pelety)	0,85		0,85

\*)-przyjmuje się w zależności od stanu technicznego

**Tabela 3 Sprawność przesyłania ciepła**

Rodzaj ogrzewania	Sprawność przesyłania
Źródło ciepła w pomieszczeniu	1,00
Instalacja c.o. z przewodami w dobrym stanie technicznym	0,95
Instalacja c.o. z przewodami w złym stanie technicznym	0,90

**Tabela 4 Współczynnik regulacji systemu**

Rodzaj ogrzewania	Współczynnik regulacji
Dla systemów z centralnym systemem regulacji, bez automatyki pogodowej i bez zaworów termostatycznych	co najmniej 0,75
Dla systemów z centralnym systemem regulacji, z automatyką pogodową, lecz bez zaworów termostatycznych	co najmniej 0,85
Dla systemów z elementami grzejnymi z termostatami, o dużej bezwładności cieplnej	nie więcej niż 0,95
Dla systemów z elementami grzejnymi z termostatami, o znikomej bezwładności cieplnej	nie więcej niż 0,99

**Tabela 5 Sprawność wykorzystania ciepła**

Rodzaj kotła/pieca	Paliwo	Sprawność wykorzystania		
		min	max	śred.
Ogrzewanie podłogowe		1,00		1,00
Ogrzewanie tradycyjne, grzejniki prawidłowo usytuowane w pomieszczeniu		0,95		0,95
Ogrzewanie tradycyjne, grzejniki z osłoną		0,90		0,90
Ogrzewanie tradycyjne, obudowa grzejników nie uwzględniona w ich projektowaniu		0,80	0,90	0,85

Uwzględniając sprawność systemu ogrzewania obliczamy ostateczną ilość energii zużytej do ogrzewania budynku (poniżej wykres):

$$Q_{brutto} = \frac{Q_{netto}}{\eta_c} \quad [GJ / rok] \text{ lub } [kWh / rok]$$

W ten prosty sposób można obliczyć przybliżone zapotrzebowanie na ciepło budynku. Podane wyżej uproszczone wzory zostały zmodyfikowane do warunków panujących w III strefie klimatycznej gdzie temperatura obliczeniowa wynosi  $-20^{\circ}C$ . W celu zastosowania powyższych obliczeń w innych niż III strefach klimatycznych można posłużyć się wskazanymi korekcyjnymi zawartymi w poniższej tabeli poprzez przemnożenie ich przez otrzymane zapotrzebowanie ciepła.

**Tabela 6 Wskaźniki korekcyjne**

Strefa klimatyczna	Współczynnik korygujący
I	0,90
II	0,95
III	1,00
IV	1,05
V	1,10

## 7.2. Obliczanie mocy cieplnej budynku

Drugim podstawowym parametrem potrzebującym ciepła (paliw) jest zapotrzebowanie mocy cieplnej budynku. W celu obliczenia jej wartości można skorzystać z wyliczonego wielkości zapotrzebowania na ciepło budynku netto (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego). Uwaga: podczas podstawiania do poniższych wzorów wartości zapotrzebowania na ciepło należy zwrócić uwagę, z których wzorów wcześniej korzystało, tzn. dla jakich jednostek dokonano obliczeń, czy dla kWh czy dla GJ. Wstawienie do wzoru niewłaściwej wartości spowoduje zafałszowanie wyniku.

Dla obliczenia zapotrzebowania mocy ciepła  $N$  wyrażonej w kW zastosuj wzory: wzór lewy, gdy  $Q_{netto}$  wyliczonego w GJ oraz wzór prawy dla  $Q_{netto}$  wyliczonego w kWh

$$N = 0,441 \cdot Q_{netto} / 1000$$

$$N = 0,1224 \cdot Q_{netto}$$

Jeśli twój obiekt znajduje się w innej niż III strefie klimatycznej skorzystaj z podanych wcześniej wskaźników korygujących podobnie jak to zrobiłeś dla obliczenia zapotrzebowania na ciepło i przemnoż przez nie otrzymane w wyniku obliczeń wartości mocy N.

### 7.3. Ile energii potrzeba na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

Ogólny wzór na obliczenie jednostkowego zapotrzebowania na ciepło  $q_{cwu}$  do przygotowania 1 m<sup>3</sup> ciepłej wody wygląda następująco:

$$q_{cwu} = \frac{c_w \cdot \rho \cdot V \cdot (t_c - t_z)}{1000000 \cdot \eta_{cwu}} \quad [\text{GJ/m}^3]$$

gdzie:

$c_w$  - ciepło właściwe wody, [kJ/(kg·°C)]

$\rho$  - gęstość wody, [kg/m<sup>3</sup>]

$V$  - objętość podgrzewanej wody ( $V = 1 \text{ m}^3$ )

$t_c$  - temperatura wody w podgrzewaczu, [°C]

$t_z$  - temperatura wody zimnej, [°C]

$\eta_{cwu}$  - sprawność całkowita układu przygotowania ciepłej wody

Do obliczeń szacunkowych można przyjąć następujący uproszczony wzór dla którego przyjmijmy, że temperatura wody zimnej wynosi 10 °C, a ciepłej 55 °C:

**Tabela 7. Współczynniki korekcyjne k**

Temperatura wody w podgrzewaczu °C	Współczynnik korekcyjny
70	0,75
65	0,818
60	0,90
55	1,00
50	1,125
45	1,286

$$q_{cwu} = \frac{0,18855 \cdot k}{\eta_{cwu}} \quad [\text{GJ/m}^3]$$

gdzie:

$k$  – współczynnik korekcyjny temperatury,

Jeśli woda w twoim podgrzewaczu ma temperaturę inną niż 55 °C, należy się współczynnikiem korygującym różnicę. W tabeli 8 zestawiono kilka współczynników dla różnych temperatur podgrzanej wody.

Sprawność całkowita układu przygotowania ciepłej wody zależy od dwóch podstawowych czynników: sposobu przygotowania ciepłej wody, a więc rodzaju

**Tabela 8 Sprawności wytwarzania ciepłej wody**

Rodzaj systemu przygotowania ciepłej wody	Sprawność przygotowania c.w.u.
Lokalna kotłownia gazowa	0,85
Lokalna kotłownia gazowa kondensacyjna	0,92
Lokalna kotłownia olejowa	0,85
Lokalna kotłownia węglowa	0,75
Lokalna kotłownia na biomasę	
Ogrzewacze elektr. bezpośrednie (podgrzewacze przepływowe)	1,00
Ogrzewanie elektr. akumulacyjne (podgrzewacze pojemnościowe)	0,93
Ciepło z systemu zdalczego	1,00

różła oraz przesyłu wody, czyli rodzaju instalacji. Sprawno całkowit układu cwu liczymy za pomoc poni szego wzoru podstawiaj c warto ci z tabel 9 i 10: sprawno przygotowania  $\eta_w$  (tabela 8) oraz sprawno przesyłu  $\eta_p$  (tabela 9):

$$\eta_{cwu} = \eta_w \cdot \eta_p$$

**Tabela 9 Sprawności przesyłu ciepłej wody**

Rodzaje instalacji ciepłej wody	Sprawność przesyłu wody ciepłej
<b>1. Miejscowe przygotowanie wody ciepłej, instalacje c.w. bez obiegów cyrkulacyjnych</b>	
Miejscowe przygotowanie ciepłej wody bezpośrednio przy punktach poboru wody ciepłej	1
Miejscowe przygotowanie ciepłej wody dla grupy punktów poboru wody ciepłej w jednym pomieszczeniu sanitarnym, bez obiegu cyrkulacyjnego	0,8
Mieszkaniowe węzły cieplne	0,85
<b>2. Centralne przygotowanie wody ciepłej, instalacja c.w. bez obiegów cyrkulacyjnych</b>	
Instalacje c.w. bez obiegu cyrkulacyjnego	0,6
<b>3. Centralne przygotowanie wody ciepłej, instalacje z obiegami cyrkulacyjnymi, pionowe instalacje nie izolowane, przewody rozprowadzające izolowane</b>	
Instalacje małe, do 30 punktów poboru c.w.	0,6
Instalacje średnie, 30-100 punktów poboru c.w.	0,5
Instalacje duże, powyżej 100 punktów poboru c.w.	0,4
<b>4. Centralne przygotowanie wody ciepłej, instalacje z obiegami cyrkulacyjnymi, pionowe instalacje i przewody rozprowadzające izolowane</b>	
Instalacje małe, do 30 punktów poboru c.w.	0,7
Instalacje średnie, 30-100 punktów poboru c.w.	0,6
Instalacje duże, powyżej 100 punktów poboru c.w.	0,5
<b>5. Centralne przygotowanie wody ciepłej, instalacje z obiegami cyrkulacyjnymi z ograniczeniem czasu pracy, pionowe instalacje i przewody rozprowadzające izolowane</b>	
Instalacje małe, do 30 punktów poboru c.w.	0,8
Instalacje średnie, 30-100 punktów poboru c.w.	0,7
Instalacje duże, powyżej 100 punktów poboru c.w.	0,6
<b>Objaśnienia:</b>	
<sup>1)</sup> Układy instalacji wody ciepłej bez obiegu cyrkulacyjnego dopuszcza się tylko w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych	
<sup>2)</sup> Przewody izolowane wykonane z rur stalowych lub miedzianych lub przewody nieizolowane wykonane z rur z tworzyw sztucznych	
<sup>3)</sup> Ograniczenie zakresu pracy pompy cyrkulacyjnej do ciepłej wody w godzinach nocnych lub zastosowanie pomp obiegowych ze sterowaniem za pomocą układów termostatycznych	

Obliczenie dobowego zapotrzebowania na energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej w badanym budynku wyrażamy jako:

$$E_{cwu} = q_{cwu} \cdot V_{dobowe}$$

gdzie:

$q_{cwu}$  – jednostkowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania 1 m<sup>3</sup> wody do temperatury 55 °C;

$V_{dobowe}$  – dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową obliczane ze wzoru:

$$V_{dobowe} = \frac{(j.o.) \cdot v_{jedn.}}{1000}$$

gdzie:

(j.o.) – jednostka odniesienia;



$v_{jedn.}$  – dobowa ilość wody do podgrzania w przeliczeniu na jednostkę odniesienia np. osob ,  
 łóżko szpitalne, ucznia itp. przyjmowane wg tabeli 11, [ $dm^3/((j.o.)\cdot d)$ ];  
 $1/1000$  - współczynnik przeliczenia jednostek  $dm^3/m^3$ .

**Tabela 10 Jednostkowe dobowe ilości ciepłej wody dla różnych typów budynków wyposażonych w różne rodzaje wewnętrznych instalacji ciepłej wody.**

Rodzaje budynków	Jednostka odniesienia [j.o.]	Jednostka dobową ilości c.w.u. [ $dm^3/((j.o.)\cdot d)$ ]	
		min - max	śr.
1. Budynki mieszkalne (jedno- i wielorodzinne)	[osoba]	30 - 90	60
2. Budynki zamieszkania zbiorowego (hotele, motele, itp.)	[miejsce noclegowe]	40 - 120	90
3. Budynki użyteczności publicznej:			
3.1. Szpitale	[łóżko]	80 - 350	150
3.2. Szkoły	[uczeń]	1 - 10	5
3.3. Budynki biurowe	[pracownik]	1 - 10	4
Objaśnienia:			
1) W budynkach wielorodzinnych wyposażonych w wodomierze mieszkaniowe do rozliczania za c.w.u., podane wskaźniki jednostkowe można zmniejszyć o 20%			
2) Obliczeniową liczbę mieszkańców w zależności od rodzaju lokalu mieszkalnego można przyjmować wg tabeli 7 (jeżeli nie jest znana faktyczna liczba mieszkańców)			

Jeżeli brak jest informacji o liczbie mieszkańców w budynku wielorodzinnym, to obliczeniową liczbę mieszkańców w zależności od rodzaju lokalu mieszkalnego można przyjmować zgodnie z tabelą 11.

Rodzaj lokalu mieszkalnego	Liczba mieszkańców w jednym lokalu
1 - pokojowe	1
2 - pokojowe	2,5
3 - pokojowe	3,5
4 - pokojowe	4
5 - pokojowe	4,5
6 - pokojowe	5

**Tabela 11 Obliczeniowe liczby mieszkańców w budownictwie wielorodzinnym**

Przedstawione metody prostego obliczania zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej pozwolą na przeprowadzenie wstępnej analizy możliwości doboru technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii w sposób maksymalnie zoptymalizowany i to zarówno pod względem energetycznym jak i ekonomicznym.

#### 7.4. Przykład obliczeniowy

Dla przedstawionego wyżej budynku wykonano omawiane obliczenia energetyczne, które posłużyły do analizy poszczególnych technologii wykorzystujących OZE. Na potrzeby poradnika obliczenia ciepłych dokonano dla jednostek wyrażonych w GJ.

Opisany budynek cechują następujące parametry:

- Cechy budowlane:
  - ściany zewnętrzne z cegły pełnej bez ocieplenia:  $U_{sc} = 1,477 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Stropy wewnętrzne:  $U_{st} = 0,674 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Stropodach:  $U_{sd} = 1,099 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Okna i drzwi balkonowe:  $U_{ok} = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Drzwi zewnętrzne:  $U_{dz} = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Wysokość kondygnacji:  $H_{kond} = 2,6 \text{ m}$
  - Powierzchnia użytkowa:  $A_u = 97,6 \text{ m}^2$

Obliczenie strat ciepła

- Przegrody zewnętrzne

Straty przez przegrody zewnętrzne obliczono za pomocą wzoru 2.2 i zestawiono w tabeli. W przypadku obliczenia strat ciepła przez strop nad piwnicą nie mamy oczywiście danych o czynieniu z temperatur tak samo jak dla przegród zewnętrznych (przyjmujemy średnie sezonowe  $2,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) dlatego nie możemy skorzystać z uproszczonego wzoru 2.2 lecz należy liczyć przy użyciu wzoru 1.

Rodzaj przegrody		Sposób obliczenia	Straty ciepła [GJ/rok]
Ściana zewnętrzna	południowa	$Q_{p\_śc\_S} = 0,3268 \cdot 34,16 \cdot 1,477$	16,49
	wschodnia	$Q_{p\_śc\_E} = 0,3268 \cdot 28,15 \cdot 1,477$	13,59
	północna	$Q_{p\_śc\_N} = 0,3268 \cdot 30,28 \cdot 1,477$	14,62
	zachodnia	$Q_{p\_śc\_W} = 0,3268 \cdot 38,95 \cdot 1,477$	18,80
Stropodach		$Q_{p\_st.d} = 0,3268 \cdot 54,25 \cdot 1,099$	19,48
Strop nad piwnicą*		$Q_{p\_str.} = 0,3268 \cdot 54,25 \cdot 0,674$	8,06
Okna i drzwi balkonowe		$Q_{p\_str.} = 0,3268 \cdot 30 \cdot 2,0$	17,84
Drzwi zewnętrzne		$Q_{p\_str.} = 0,3268 \cdot 2,42 \cdot 2,6$	2,06
<b>SUMA</b>		$Q_p = \sum Q_{p_i}$	<b>110,93</b>

- Straty na ogrzewanie powietrza wentylacyjnego

$$Q_w = 0,1368 \cdot A_u \cdot H_{kond} = 0,1368 \cdot 97,6 \cdot 2,6$$

$$Q_w = 34,7 \text{ GJ/rok}$$

- Straty na ogrzewanie powietrza infiltracyjnego (przez nieszczelności)

Stopień infiltracji dla okien o dostatecznym stanie technicznym przyjmujemy na poziomie  $i=10\%$ , co daje:

$$Q_{inf} = Q_w \cdot i = 34,7 \cdot 10\%$$

$$Q_{inf} = 3,47 \text{ GJ/rok}$$

- Obliczenie zysków ciepła

Budynek mieszkalny, nieocieplny a więc udział zysków ciepła w całkowitym zapotrzebowaniu przyjął na poziomie  $z = 30\%$ , co daje:

$$Q_z = Q_{\text{strat}} \cdot z = (Q_p + Q_w + Q_{\text{inf}}) \cdot z = (110,93 + 34,7 + 3,47) \cdot 30\%$$

$$Q_z = 44,73 \text{ GJ/rok}$$

- Całkowity bilans potrzeb cieplnych budynku

Suma zysków i strat ciepła daje wielkość całkowitego zapotrzebowania na ciepło budynku:

$$Q_{\text{netto}} = Q_p + Q_w + Q_{\text{inf}} - Q_z = 110,93 + 34,7 + 3,47 - 44,73$$

$$Q_{\text{netto}} = 104,37 \text{ GJ/rok}$$

- Zużycie energii na pokrycie potrzeb cieplnych budynku

W celu określenia całkowitego zużycia energii wykorzystanej do ogrzewania budynku w ciągu roku należy również uwzględnić straty na sprawności całego układu grzewczego. W celu obliczenia sprawności całkowitej przyjęto następujące założenia dla analizowanego obiektu:

Źródło ciepła: kocioł gazowy z palnikiem atmosferycznym, brak możliwości regulacji procesu spalania – przyjęto sprawność wytwarzania  $\eta_w = 0,76$

Rodzaj instalacji: instalacja c.o. z przewodami w dobrym stanie technicznym – przyjęto sprawność przesyłania  $\eta_p = 0,95$

Sposób regulacji systemu grzewczego: układ z centralnym systemem regulacji bez zaworów termostatycznych – sprawność regulacji wyliczono ze wzoru nr 6, dla przyjętego współczynnika (tabela 4) równego  $c_o = 0,85$  i wynosi:

$$\eta_r = 1 - (1 - 0,85) \cdot 2 \cdot \sqrt{30\%} = 0,84$$

Rodzaj ogrzewania: ogrzewanie tradycyjne grzejniki prawidłowo usytuowane w pomieszczeniu – przyjęto sprawność wykorzystania  $\eta_e = 0,95$

Całkowita sprawność systemu grzewczego wynosi:

$$\eta_c = \eta_w \cdot \eta_p \cdot \eta_r \cdot \eta_e = 0,76 \cdot 0,95 \cdot 0,84 \cdot 0,95$$

$$\eta_c = 0,576$$

Dla tak obliczonej sprawności systemu grzewczego można obliczyć zużycie energii (energii paliwa) na ogrzewanie budynku:

$$Q_{brutto} = \frac{Q_{netto}}{\eta_c} = \frac{104,37}{0,576}$$

$$Q_{brutto} = 181,2 \text{ GJ/rok}$$

- Zużycie paliwa na pokrycie potrzeb cieplnych budynku

Przy znanej wartości opałowej paliwa (dla gazu można przyjąć  $W_d = 0,035 \text{ GJ/m}^3$  paliwa) można obliczyć roczne zużycie gazu na ogrzewanie całego budynku.

$$P_{gazu} = \frac{Q_{brutto}}{W_d} = \frac{181,2}{0,035}$$

$$P_{gazu} = 5177 \text{ m}^3/\text{rok}$$

- Obliczenie zapotrzebowania mocy cieplnej

Dla wyliczonego zapotrzebowania na ciepło i określonego czasu trwania sezonu grzewczego wyliczono moc cieplną obliczeniową, dla której dobiera się urządzenie grzewcze.

$$N_{max} = 0,1224 \cdot Q_{netto} = 0,1224 \cdot 104,37$$

$$P_{gazu} = 12,8 \text{ kW}$$

- Obliczenie zapotrzebowania na ciepło do przygotowania c.w.u.

Założenia:

- Liczba mieszkańców (jednostek): (j.o.) = 4 os.
- Temperatura wody podgrzanej:  $T_{c.w.u.} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura wody zimnej:  $T_{w.z.} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- Jednostkowe zapotrzebowanie wody:  $V_{jedn.} = 60 \text{ dm}^3/\text{os.}$
- Liczba dni w roku przygotowywania wody:  $L_{dni} = 365 \text{ dn/rok}$
- Sposób przygotowania wody: pojemnościowy podgrzewacz elektryczny

Miejscowe przygotowanie ciepłej wody dla grupy punktów poboru w jednym pomieszczeniu sanitarnym, bez obiegu cyrkulacyjnego.

- Jednostkowe zapotrzebowanie energii: zużycie energii na podgrzanie  $1 \text{ m}^3$  zimnej wody obliczamy ze wzoru nr 10 dla obliczonej sprawności układu c.w.u.:

$$\eta_{c.w.u.} = \eta_w \cdot \eta_p = 0,93 \cdot 0,8$$

$$\eta_{c.w.u.} = 0,744$$

$$q_{c.w.u.} = \frac{0,18855 \cdot k}{\eta_{c.w.u.}} = \frac{0,18855 \cdot 1}{0,744}$$

$$q_{c.w.u.} = 0,25343 \text{ GJ/m}^3 \text{ wody}$$

- Roczne zapotrzebowanie energii na przygotowanie

W celu obliczenia rocznego zapotrzebowania energii należy najpierw obliczyć dobowe zapotrzebowanie wody:

$$V_{\text{dobowe}} = \frac{(j.o.) \cdot v_{\text{jedn.}}}{1000} = \frac{4 \cdot 60}{1000}$$

$$V_{\text{dobowe}} = 0,24 \text{ m}^3/\text{dob}$$

$$E_{c.w.u.} = q_{c.w.u.} \cdot V_{\text{dobowe}} \cdot L_{\text{dni}} = 0,25343 \cdot 0,24 \cdot 365$$

$$E_{c.w.u.} = 22,2 \text{ GJ/rok}$$

- Roczne zużycie energii elektrycznej na przygotowanie c.w.u.

$$E_{c.w.u.} = \frac{22,2}{3600} \cdot 10^6 = 6166,7 \text{ kWh/rok}$$

Dla tak przedstawionego przykładu analogicznie można wyliczyć poszczególne wielkości energetyczne dla twojego budynku.

