

Jakub JURA
Politechnika Częstochowska

ANALIZA PORÓWNAWCZA BUDYNKÓW WZNIESIONYCH WEDŁUG AKTUALNYCH WYMOGÓW ORAZ W STANDARDZIE ENERGOOSZCZĘDNYM I PASYWNYM

W artykule dokonano klasyfikacji budynków pod względem efektywności energetycznej. Zobrazowano podział budynków pod względem ich zapotrzebowania na energię nieodnawialną. Przybliżono także standardy dla budynków wyższych klas energetycznych, takich jak budynki energooszczędne oraz pasywne. Przedstawiono wymagania, jakim odpowiadają budynki wykonane według obecnych standardów, oraz możliwości uzyskania budynków energooszczędnych i pasywnych. Omówiono również celowość zastosowania takich rozwiązań.

Słowa kluczowe: budownictwo energooszczędne, budownictwo pasywne, wymagania dla budynków, standard energetyczny

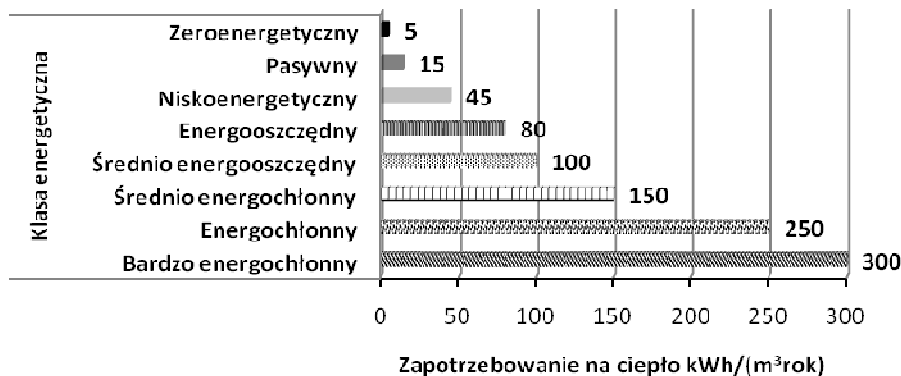
WPROWADZENIE

Wzrost świadomości ludzkiej doprowadził do zwiększenia zapotrzebowania na budynki energooszczędne oraz przyjazne środowisku. Przyczynił się do tego także wzrost cen nośników energii. Ponieważ budownictwo jest jednym z głównych użytkowników energii, dąży się do polepszenia standardu energetycznego nie tylko budynków, które mają zostać wybudowane, ale również już istniejących. Na zwiększenie standardów budynków ma także wpływ ulepszanie używanych oraz pojawianie się nowych materiałów, poprawiających ochronę cieplną. W Polsce z roku na rok poprawia się jakość energetyczna budynków (tab. 1).

Tabela 1. Szacunkowe wartości wskaźnika zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania na przestrzeni lat [1]

Okres	Wartość wskaźnika zapotrzebowania na ciepło [kWh/(m ² rok)]
Budynki z lat 1967-85	240÷290
Budynki z lat 1985-93	160÷200
Budynki po 1993 r.	120÷160
Budynki po 1998 r.	90÷120

Dużym plusem budynków energooszczędnych jest to, że nakłady finansowe na ich wybudowanie nie są dużo większe od nakładów przeznaczonych na wznoszenie obiektów standardowych, a mogą o połowę zmniejszyć zużycie energii w porównaniu z budynkiem spełniającym minimalne wymagania prawne [2]. Wraz z wprowadzeniem nowych przepisów i wymagań potrzebna była klasyfikacja budynków. Mogą być one klasyfikowane według wielu kryteriów. Jednym z nich jest energochłonność (rys. 1).



Rys. 1. Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla różnych klas budynków wg Stowarzyszenia na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju [3]

Z biegiem czasu i wprowadzania nowych przepisów coraz bardziej popularne stają się budownictwo energooszczędne oraz pasywne, które jest bardziej ekonomiczne oraz ekologiczne. Standardy się zmieniają i będą się zmieniać dalej.

1. CHARAKTERYSTYKA BUDYNKÓW WZNOSZONYCH WEDŁUG AKTUALNYCH WYMAGAŃ

Obecne wymagania dla budynków w zakresie izolacyjności cieplnej określone są przez rozporządzenie [4]. Przepisy te określają, że budynek i jego instalacje powinny być zaprojektowane i wykonane tak, aby użytkowanie budynku zgodne z jego przeznaczeniem wiązało się ze zużyciem energii elektrycznej i ciepła na racjonalnie niskim poziomie. Dodatkowo przegrody zewnętrzne budynku muszą spełniać wymagania izolacyjności cieplnej. Dla budynku przebudowywanego dopuszczalne jest, aby średni współczynnik przenikania ciepła był większy o maksymalnie 15% w porównaniu z budynkiem nowym. Rozporządzenia określają również, że wartość wskaźnika EP, który określa roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną, musi być mniejsza od wartości granicznych określonych przez certyfikat energetyczny obliczany zgodnie z metodologią zawartą w rozporządzeniu [5]. Przegrody zewnętrzne budynku muszą być zgodne z wymaganiami izolacyjności cieplnej niezbędnej dla zabezpieczenia przed kondensacją pary wodnej. Współczynnik EP dla budynku przebudowy-

wanego może być zwiększony o nie więcej niż 15% w porównaniu do budynku nowego o takiej samej geometrii i sposobie użytkowania.

Tabela 2. Porównanie wymagań dotyczących budynków „standardowych”, energooszczędnych i pasywnych

Typ wymagań	Jednostka	Wymagania		
		Obecne wymagania	Budynek energooszczędny	Budynek pasywny
U dla ściany	W/(m ² K)	< 0,3	< 0,2	< 0,15
U dla dachu	W/(m ² K)	< 0,25	< 0,2	< 0,1
U dla okna	W/(m ² K)	< 1,9÷1,7	< 1,3	< 0,8
Zapotrzebowanie na ciepło	kWh/(m ² rok)	brak wymagań	≤ 80	≤ 15
Szczelność budynku n ₅₀	1/h	brak wymagań	1,5	0,6
A/V	1/m	brak wymagań	1,1÷0,7	minimalne
Wentylacja	-	naturalna	mechaniczna z rekuperacją	mechaniczna z rekuperacją
Minimalna temperatura nawiewu	°C	brak wymagań	brak wymagań	16,5
Sprawność odzysku	%	brak wymagań	≥ 70	≥ 80

W obecnych przepisach nie ma określonych wartości granicznych dla wielu wymagań, którym odpowiadają budynki o wyższym standardzie energetycznym, takie jak budynki energooszczędne i pasywne. Budynki wykonywane według aktualnych przepisów nie muszą spełniać dodatkowych warunków, które są niezbędne w przypadku budynków energooszczędnych oraz pasywnych, tj. zapotrzebowanie na ciepło, zapotrzebowanie na moc cieplną, określona szczelność budynku, zużycie energii pierwotnej na określonym poziomie, współczynnik kształtu budynku, zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła czy sprawność odzysku, która dla budynków o wyższym standardzie cieplnym powinny wynosić nawet ponad 80% (tab. 2), [6, 7].

2. CHARAKTERYSTYKA BUDYNKÓW ENERGOOSZCZĘDNYCH

Celem dla nowo projektowanych budynków jest spełnienie standardu energooszczędnego. Trudne jest spełnienie tego standardu dla budynków już istniejących, a szczególnie tych, które funkcjonują już kilkanaście lat. Dla tych poddanych modernizacji wystarczające jest, aby osiągnęły minimalne warunki określone przez warunki techniczne. Budynek energooszczędny powinien się charakteryzować wskaźnikiem zapotrzebowania na energię niższym niż 80 kWh/(m²rok). Przy projektowaniu takiego budynku trzeba wziąć pod uwagę dużo więcej czynników niż przy projektowaniu budynku „standardowego”. Pierwszą decyzją, która ma wpływ

na możliwość uzyskania budynku energooszczędnego, jest odpowiednie dobranie działki oraz usytuowanie na niej budynku. Niezależnie od tego, czy ma to być dom w mieście czy poza nim, przy wyborze działki wskazane jest, aby zrobić analizę nasłonecznienia i zacienienia oraz sprawdzić, jakie obiekty znajdują się wokół interesującego nas terenu. Dobre nasłonecznienie pomieszczeń gwarantuje dostarczenie odpowiedniej ilości ciepła, co ma pozytywny wpływ na bilans cieplny budynku, a tym samym na oszczędność energii.

Duży wpływ na koszty eksploatacji ma bryła obiektu. W znacznym stopniu straty ciepła wynikają z przenikania przez przegrody zewnętrzne, takie jak: ściany, podłoga, dach oraz drzwi i okna. Zwracając na to uwagę, warto wybrać obiekt o jak najmniejszej powierzchni przegród zewnętrznych oraz małym jej stosunku do kubatury. Najlepsza w tym wypadku jest bryła zbliżona do sześcianu. Ma to związek z tym, że jest mało narożników, a to głównie przez nie następują największe straty ciepła. Istotnym aspektem dotyczącym bryły jest odpowiedni dobór wysokości pomieszczeń. Powinny one być zgodne z polskimi wymaganiami określonymi w normach, lecz nie powinny być zbyt wysokie. Jest to uwarunkowane tym, że całe pomieszczenie trzeba ogrzać, a im wyższe pomieszczenie, tym więcej ciepła potrzeba. Nie należy wybierać również domów parterowych, lecz piętrowe lub z poddaszem użytkowym. W nich ciepło przenikające przez strop ogrzewa pomieszczenia na wyższym piętrze, natomiast w budynkach parterowych ucieka na zewnątrz.

Kolejny etap to dobór projektu pod względem układu pomieszczeń. Warto, aby pomieszczenia, w których spędza się dużo czasu, takie jak pokoje dzienne, salon czy jadalnia, znajdowały się od południa. Można z tej strony zbudować werandę lub przeszklony ganek. Odkryty taras najlepiej usytuować z południowego wschodu, by się zbyt nie nagrzewał. Od strony wschodniej powinno się umieszczać np. sypialnie, do których dostanie się w trakcie dnia odpowiednia ilość promieniowania słonecznego. Od strony wschodniej oraz północnej należy umieszczać lokale nieogrzewane. Mogą to być pomieszczenia gospodarcze, kotłownia, garaż, hol czy garderoba, ale również z tych stron powinny być umieszczone drzwi wejściowe. Czynniki wynikające z odpowiedniego nasłonecznienia, klimatu i temperatury pozytywnie wpływają na samopoczucie. Ciekawą uwagą jest również ograniczenie w domu podziałów na dużą ilość pomieszczeń, co prowadzi do przegrzewania się pomieszczeń po stronie południowej. By budynek był energooszczędny, należy również wybudować go z odpowiednich materiałów. Można użyć ścian szkieletowych, a następnie je wypełnić termoizolacją, mogą być również szalunkowe kształtki styropianowe uzupełnione betonem. Najkorzystniejsze jest jednak wybranie ściany dwuwarstwowej, składającej się z warstwy konstrukcyjnej oraz termoizolacji. Jako warstwę nośną wybrać można wyroby silikatowe, z betonu komórkowego, elementy prefabrykowane lub tradycyjne wyroby z ceramiki, lecz polecane są one jedynie z powodu niższej ceny. Istotne znaczenie ma także, aby budynek był wykonany z materiałów akumulujących ciepło. Ciepło, które zostanie zmagazynowane przy świecącym słońcu, następnie zostaje oddawane po zachodzie słońca i ociepla pomieszczenia. Druga warstwa ścian zewnętrznych, a więc ocie-

plenie w domu energooszczędnym, wymaga dodatkowych nakładów finansowych. By budynek był energooszczędny, jego średni współczynnik przenikania ciepła nie powinien przekraczać $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Możliwe jest to dopiero po zainwestowaniu większych kwot pieniężnych właśnie w kupno dobrych materiałów termoizolacyjnych. Ocieplane powinny być nie tylko ściany zewnętrzne, ale także każde inne przegrody, które mają styczność ze środowiskiem zewnętrznym, takie jak dach i podłoga. Dobrze zaizolowana musi być również podłoga na gruncie i do niej należy użyć podobnej grubości warstwy termoizolacyjnej jak dla ścian. Ważne jest również odpowiednie zabezpieczenie dachu przed nadmierną stratą ciepła, gdzie zastosować się powinno wełnę mineralną o grubości około 30 cm. Przy ocieplaniu należy pamiętać, aby izolacja była odpowiednio ułożona. Jeśli nie będzie to zrobione prawidłowo, to dom nie będzie dobrze zaizolowany.

Kolejnym ważnym elementem, o który należy zadbać, jest właściwy dobór stolarki okiennej i drzwiowej. Właśnie przed ujściem ciepła przez te przegrody najczęściej jest się obronić. I z tego powodu należy odpowiednio zbilansować straty i zyski przez przegrody przezroczyste. Przeszkłone wyroby powinny w optymalny sposób wykorzystywać wpływy z nasłonecznienia i pozwalać na odpowiednie doświetlenie pomieszczeń. Większe okna montuje się w ścianach od południa, mniejsze natomiast od strony północnej. Dla standardu budynku energooszczędnego współczynnik przenikania ciepła dla całego okna powinien wynosić nie więcej niż w granicach $0,8 \div 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Na izolacyjność cieplną budynku mają wpływ nie tylko dobre okna, ale również odpowiedni ich montaż i wynikający z tego wpływ mostków liniowych, a także wkładki dystansowe trzymające szybę. By osiągnąć jeszcze lepsze wyniki cieplne, warto stosować rolety zewnętrzne lub okiennice, które w pewnym stopniu ograniczają straty ciepła zimą oraz chronią latem pomieszczenia przed przegrzaniem. W trakcie wznoszenia budynku należy unikać mostków cieplnych, czyli zadbać o odpowiednią szczelność budynku. Powietrze powinno dostawać się do domu wyłącznie przez system wentylacyjny.

Warta polecenia jest wentylacja nawiewno-wywiewna z rekuperacją. Dzięki niej jest dostarczana odpowiednia ilość świeżego powietrza, zmniejszone są straty ciepła oraz usuwane zanieczyszczenia powstające w budynku, takie jak kurz, dwutlenek węgla oraz mikroorganizmy. W budynkach energooszczędnych sprawność odzysku ciepła przez wentylację powinna wynosić minimum 70%. Duże znaczenie ma także dobór odpowiedniego ogrzewania. Budynki te wymagają znacznie mniejszej mocy niż te w standardowych domach. Dlatego warto zapoznać się z informacjami o tym, jaka ilość ciepła będzie potrzebna i na podstawie tego dobrać urządzenia grzewcze, np. bardzo ekonomiczny kocioł kondensacyjny. Pojemność grzejników powinna być jak najmniejsza, ponieważ wtedy grzejniki szybciej reagują na zapotrzebowanie na ciepło. Instalacja powinna być dobrze zaizolowana oraz posiadać jak najwyższą sprawność, by unikać niepotrzebnych strat ciepła. Idąc za nowymi trendami, można również skorzystać z ekologicznych źródeł ciepła. Takimi źródłami energii mogą być między innymi biopaliwa, kolektory słoneczne, ogniwa fotowoltaiczne czy pompy ciepła [2, 7, 8].

3. BUDYNKI O NISKIM ZAPOTRZEBOWANIU NA ENERGIĘ - BUDYNKI PASYWNE

Budynki pasywne to w większości te energooszczędne, lecz muszą one spełniać bardziej restrykcyjne wymagania oraz korzystać z odnawialnych źródeł energii. Rozwój nowoczesnych budynków możliwy jest nie tylko przez rozwój nowych technologii i technik budowlanych, ale również znacznie przez prowadzenie badań naukowych na temat konstrukcji budynku. Zużycie energii, niezależnie od definicji oraz poglądów na temat względnego znaczenia energii to zbiór środków i oszczędności energii w bilansie energetycznym. Mimo że budynki pasywne nie zdarzają się często, to jednak zyskują na znaczeniu i popularności. Takie podejście może przyczynić się do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla oraz uzależnienia budynków od paliw kopalnych. Koszty ponoszone przy budowie nowego budynku są oszczędzane w czasie jego użytkowania. Dzięki bardzo dobrej izolacji oraz stolarnce okiennej i drzwiowej najwyższych standardów, wykorzystywaniu ciepła z zużytego powietrza wentylacyjnego za pomocą wentylacji z odzyskiem ciepła oraz jak najlepszemu wykorzystaniu energii pochodzącej od słońca, budynki te są prawie samowystarczalne. Ciepło i energię uzyskują z systemów pozyskujących i magazynujących energię z promieniowania słonecznego lub wiatru, a więc kolektory słoneczne, ogniwa fotowoltaiczne oraz turbiny wiatrowe. Ciepło nie jest wytwarzane z paliw kopalnych, np. takich jak węgiel kamienny czy olej opałowy, a ewentualnie jedynie ze spalania biopaliw, takich jak pellet czy brykiet. Najlepszym momentem w celu zmniejszenia zużycia energii w budynku jest zazwyczaj proces projektowania. W celu efektywnego wykorzystania energii projekty pasywne znacznie różnią się od konwencjonalnej praktyki budowlanej. Projektanci tych budynków zwykle łączą w projekcie sprawdzone pasywne sposoby wykorzystania energii słonecznej, światła, siły wiatru i chłodu ziemi. Budynki te są zwykle przystosowane do wykorzystania energii słonecznej i zacielenia oraz połączone z akumulatorami ciepła w celu ustabilizowania dziennych wahań temperatury.

Zaawansowane narzędzia 3D do symulacji komputerowej pozwalają przeanalizować wszystkie możliwości w zależności od zmiennych projektowych, takich jak orientacja budynku, okna i drzwi - jakiego powinny być typu i gdzie je umiejscowić, grubość i rodzaj izolacji cieplnej, szczelność, efektywność ogrzewania, chłodzenia, oświetlenia i innych urządzeń, a także lokalnego klimatu. Te symulacje pomagają przewidzieć projektantowi, jak wykonać budynek, pozostałą zabudowę i pozwoli ocenić pod względem finansowym dla rozwoju dalszych kosztów i korzyści. Budynki te budowane są ze względu na konieczność oszczędzania energii i ograniczania emisji produktów spalania paliw. Systemy ogrzewania i chłodzenia są mniej obciążone poprzez wykorzystanie niezwykle efektywnych systemów, dodatkowej izolacji, wysokiej wydajności wentylacji naturalnej i innych technik. Właściwości te zależą od strefy klimatycznej, w której znajduje się budynek. Ilość ogrzewanej wody może być zmniejszona przez urządzenia uzdatniające wodę, systemy odzysku ciepła ze ścieków. Ponadto, świetliki za pomocą światła słonecznego zapewniają duży procent oświetlenia w domu. Nocne oświetlenie jest zwykle wykonywane z materiałów fluorescencyjnych i diod LED, które zużywają mniej energii niż żarówki i nie oddają niepożądanego ciepła. Zużycie energii moż-

na zminimalizować, wybierając efektywne urządzenia. Zebrana energia dostępna jest do użytku przez urządzenia domowe i ogrzewania lub chłodzenia. W przypadku domów jednorodzinnych o różnych technologiach wytwarzania ciepła i energii, aby zapewnić budynkowi energii z paneli słonecznych lub turbin wiatrowych oraz ciepła z biopaliw lub kolektorów słonecznych trzeba sezonowo przechowywać ciepło do ogrzewania pomieszczeń. Przez wahania popytu energii przez budynek są one często połączone z siecią wodociągową i energetyczną. Pozwala to na przekazywanie prądu do sieci, kiedy występuje nadwyżka, oraz pobieranie go, kiedy jest jej za mało. Pozyskanie energii jest zazwyczaj bardziej skuteczne, jeśli odbywa się na szczeblu lokalnym, w połączeniu w grupy budynków, np. budynki współpracujące na jednym osiedlu, wieś itp., niż indywidualnie. Jedną z zalet takiego zbioru energii jest usunięcie strat przesyłu i dystrybucji. Budowa domów z zerowym zużyciem kopalnych surowców energetycznych, które zaspokajają swoje potrzeby z wody, słońca, wiatru oraz innych źródeł odnawialnych, należy do budownictwa zrównoważonego.

Projekty pasywnego wykorzystania energii słonecznej są znacznie tańsze niż dodanie drogich paneli fotowoltaicznych na dachu tradycyjnego budynku. Pasywny system chłodzenia, nowoczesne techniki inżynierii oraz klimatyzator może zmniejszyć zapotrzebowanie od 70 do 90%. Energia może być wykorzystana w budynku w zależności od zachowania ich mieszkańców. Akceptacja tego, co ma być wygodne, jest bardzo różna. Badania identycznych domów wykazały dramatyczne różnice w wykorzystaniu energii. W jednym domu może być nawet dwa razy większe zapotrzebowanie na energię niż w innym. W zależności od użytkowników i ich postawy mogą się wahać ustawienia termostatów, oświetlenia i ciepłej wody, a przez to wydawane kwoty. Podstawowymi standardami budynków pasywnych są: izolacja termiczna grubości min. 40 cm, dodatkowo mechaniczna wentylacja z odzyskiem ciepła plus np. elektrownia wiatrowa, kolektor słoneczny, ogniw fotowoltaiczne i przykładowo zbiornik wodny jako akumulator ciepła [7, 8].

PODSUMOWANIE

Zauważyć można, że z rozwiązań energooszczędnych w nowych budynkach warto skorzystać, nawet biorąc pod uwagę zwiększone koszty przy realizacji, ponieważ zmniejszone koszty podczas użytkowania takiego budynku zwrócą się z nawiązką osobie stosującej te rozwiązania. W obecnych czasach stale rozwijające się możliwości nowoczesnych materiałów i technik wykonania powinny powodować spadek ich cen, które pozwalają na wykonanie budynku w standardzie energooszczędnym. W wyniku tego wybudowanie obiektu energooszczędnego może być dostępnejsze dla większej części ludzi decydujących się na nowy dom. Stosowanie technik uzyskania budynku pasywnego wiąże się, niestety, z dużo większymi nakładami finansowymi przy realizacji budynku i może w znaczący sposób wpływać na ilości obiektów powstałych w tych standardach. Jednak obserwuje się powstawanie takich obiektów, co napawa optymizmem na przyszłość. W istniejących już budynkach dążenie do zmodernizowania ich do standardów energooszczędnych czy pasywnych jest nieuzasadnione. Wynika to z uwagi na ponowne wy-

dawanie środków na rzeczy wykonywane podczas wznoszenia budynku, tj. wydatki na stolarkę okienną, wentylację czy ocieplenie. W większości wypadków osiągnięcie tak wysokiego standardu energetycznego okazałoby się niemożliwe, natomiast w budynkach, które zostałyby doprowadzone do takiego poziomu nawet przy dużych oszczędnościach, wiązało się w praktyce z niemożliwością odzyskania zainwestowanych funduszy. W przypadku powstałych już budynków warto wykonać ich modernizację, aby odpowiadały określonym przez przepisy wymaganiom, do czego zachęcać mogą dofinansowania, które uzyskać można z różnych programów ekologicznych. Stosując wszystkie dostępne możliwości oszczędzania energii, zmniejszamy nie tylko koszty użytkowania budynku oraz ogólne zapotrzebowanie na energię, ale dzięki temu przyczyniamy się także do mniejszego zanieczyszczenia środowiska, co na pewno wpływa lepiej także na nasze zdrowie i samopoczucie.

LITERATURA

- [1] Szczechowiak E., Realizacja polityki energetycznej w budownictwie w świetle nowych rozporządzeń, Materiały Budowlane 2009, 1, 14-17.
- [2] Kaczowska A., Dom pasywny, Wydawnictwo KaBe, Krosno 2009.
- [3] www.termoexpert.com.pl
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU z 2008 r., Nr 201, poz. 1238.
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej, DzU z 2008 r., Nr 201, poz. 1240.
- [6] Czarniecki L., Kaproń M., Definiowanie zrównoważonego budownictwa, Materiały Budowlane 2010, 1, 28-31
- [7] Żurawski J., Budownictwo energooszczędne i pasywne, Materiały Budowlane 2009, 1, 34-36.
- [8] Technologie zeroemisyjne i energooszczędność - Uwarunkowania wdrażania w Polsce, praca zbiorowa pod red. K. Czaplickiej-Kolarz, I. Pyki, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2010.

COMPARATIVE ANALYSIS FOR BUILDINGS CONSTRUCTED BY CURRENT STANDARDS AND ENERGY-EFFICIENT AND PASSIVE STANDARDS

This paper presents the classification of buildings in terms of energy-efficiency. Discusses the division of buildings in terms of their demand for non-renewable energy. Also shown the standard for building of the higher energy classes and energy-efficient and passive buildings. It also discusses the desirability of the use of such solutions.

Keywords: energy-efficient buildings, passive houses, the requirements for buildings, energy standard