

Ewolucja inteligentnego budynku – budynek ekologiczny w Polsce

Krzysztof Duszczyk, Monika Jakubowska


1. Wstęp

Szacuje się, że budownictwo jest najbardziej energochłonnym sektorem gospodarki. W Europie odpowiada za 40% całkowitego zużycia energii elektrycznej i 36% emisji gazów cieplarnianych. Coraz częściej w budownictwie kładzie się nacisk na zrównoważony rozwój. Już we wczesnej fazie projektowania zwraca się uwagę na wykorzystywanie nowoczesnych technologii, pozwalających na konstrukcję budynków przyjaznych zarówno dla użytkownika, jak i dla środowiska naturalnego. Stale rosnące wymagania dotyczące efektywności energetycznej budynków zmuszają konstruktorów do poszukiwania rozwiązań umożliwiających jak największe ograniczenie zużycia energii. Jednym z rozwiązań jest wykorzystanie możliwości, jakie dają instalacje automatyki budynkowej, tzw. instalacje inteligentne, które dzięki zaawansowanemu sterowaniu ogrzewaniem, wentylacją, klimatyzacją czy oświetleniem mogą w znacznym stopniu wpływać na bilans zużycia energii. Kluczową rolę w poprawie efektywności energetycznej oraz zmniejszaniu negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne ma wykorzystanie energii odnawialnej. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w budownictwie pozwala w znacznym stopniu ograniczyć zapotrzebowanie energetyczne budynku oraz przyczynić się do redukcji kosztów eksploatacji budynku. Energia odnawialna, w zależności od zastosowanej technologii, może być wykorzystywana zarówno do ogrzewania mieszkań lub wody użytkowej, jak i do wytwarzania energii elektrycznej.

2. „Zielony budynek” – definicja

Nie ma jednej definicji jednoznacznie określającej „zielony” (ekologiczny) budynek. Dla specjalistów z różnych dziedzin pojęcie to znaczy co innego. Dla architektów i konstruktorów ekologiczny budynek to nowatorskie rozwiązania projektowe i użyte materiały. Dla elektryków i informatyków to inteligentne systemy sterowania i kontroli oraz integracja instalacji budynkowych. Inżynieria środowiska główną uwagę zwraca na ochronę środowiska – wykorzystywanie alternatywnych źródeł energii. Dla właścicieli i deweloperów najistotniejsza jest energooszczędność i koszty eksploatacji. Można jednak stwierdzić, że „zielony” budynek to taki, który wykorzystuje rozwiązania przyjazne środowisku w całym cyklu swego życia, tzn. od etapu projektowania, budowy, użytkowania, remontów, aż do rozbiórk. Cele strategiczne idei *Green Building* to: efektywne użytkowanie energii, zmniejszenie zużycia wody, zdrowie i komfort użytkowników oraz redukcja emisji odpadów i degradacji środowiska naturalnego. Powszechne wdrożenie idei „zielonego” budownictwa może skutkować uzyskaniem wielu korzyści: środowiskowych, ekonomicznych oraz społecznych.

Streszczenie: Artykuł dotyczy zagadnień związanych z tendencjami rozwoju inteligentnego budynku i jego oddziaływania na środowisko naturalne. Przedstawiono warunki naturalne dla rozwoju odnawialnych źródeł energii w Polsce i ich aplikacji w obszarze inteligentnych budynków. Zamieszczono również wyniki analizy opłacalności realizacji ekologicznego budynku w Polsce. Przedstawiono systemy certyfikacji: *Green Building LEED* i *BREEAM*.

 **Abstract:** The article deals with tendencies in the evolution of intelligent buildings and their influence on the natural environment. The text presents natural conditions for the development of renewable sources of energy in Poland and their application in the sphere of intelligent buildings. The author has also included results of an analysis of efficiency and cost-effectiveness of realization of *Green Building* in Poland. *LEED* and *BREEAM* the *Green Building* certificates have been illustrated.

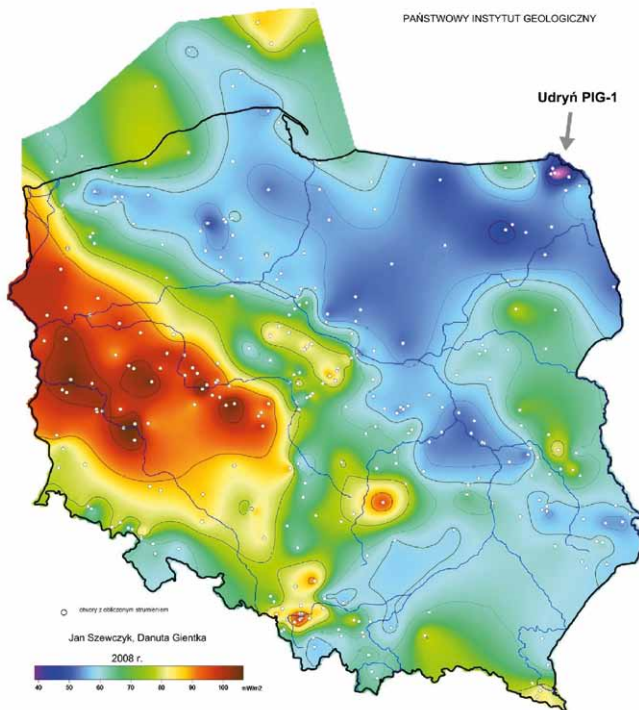
3. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii

Z punktu widzenia „zielonego” budownictwa najistotniejszymi odnawialnymi źródłami energii są: energia geotermalna, słoneczna, wiatrowa oraz odzysk energii odpadowej.

3.1. Energia geotermalna

Aby wykorzystanie energii geotermalnej było opłacalne ekonomicznie, źródło powinno osiągać temperaturę przynajmniej 65°C do głębokości 2 km. Na terenie Polski takie warunki są spełnione dla ok. 40% powierzchni kraju [1]. Rysunek 1 przedstawia mapę strumienia ciepłego dla całego obszaru Polski.

Najkorzystniejsze warunki dla rozwoju energetyki geotermalnej występują w południowo-zachodniej części kraju. Potencjał geotermalny w Polsce jest szacowany na około 30% całkowitego zapotrzebowania na energię cieplną i jest on najwyższy ze wszystkich innych odnawialnych źródeł energii. Dodatkową zaletą jest występowanie źródeł energii geotermalnej (o największym gradiencie) w pobliżu głównych aglomeracji miejskich. Pozwala to na znaczne zmniejszenie strat przesyłowych. Jako czynnik wymiany ciepła, służący do skumulowania rozproszonej energii pochodzącej z wnętrza Ziemi, wykorzystuje się wodę. Produkcja energii elektrycznej z geotermalnej możliwa jest na obszarach o bardzo wysokiej temperaturze (powyżej 150°C). Na obszarach o niższych temperaturach energia geotermalna wykorzystywana jest w ciepłownictwie (pompy ciepła).

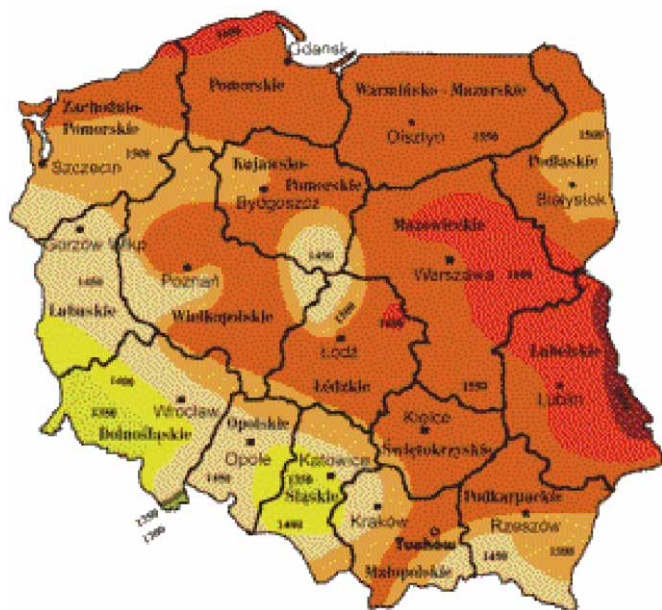


Rys. 1. Mapa strumienia ciepłego na obszarze Polski [2]

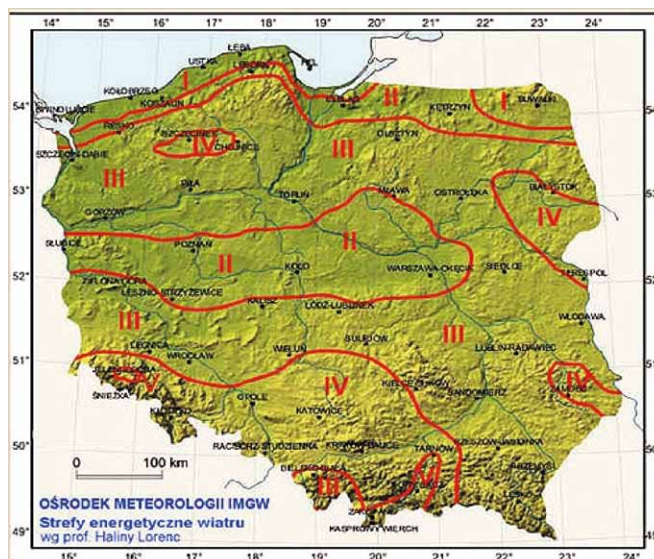
3.2. Energia słoneczna

Docierająca do Ziemi energia słoneczna przekracza kilka tysięcy razy całkowite zapotrzebowanie energetyczne naszej planety. Energia słoneczna może być uważana za najbardziej przyjazną dla środowiska. Nie powoduje emisji zanieczyszczeń, hałasu czy zubożenia zasobów naturalnych. Z uwagi na te zalety zainteresowanie wykorzystaniem energii słonecznej na świecie stale rośnie. Istnieją różne sposoby wykorzystania energii słonecznej. Największe perspektywy wykorzystania tej energii w zielonym budownictwie znajdują się w konwersji fototelektrycznej i fototermicznej. Konwersja fototermiczna polega na wykorzystaniu energii słonecznej do bezpośredniego nagrzewania medium wymiany ciepła (np. wody). Metoda ta stosowana jest w kolektorach słonecznych. Konwersja fototelektryczna, stosowana w ogniwach fotowoltaicznych, polega na przetwarzaniu energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Mapa nasłonecznienia całkowitego Polski została przedstawiona na rys. 2.

Zgodnie z danymi przedstawianymi przez Polskie Sieci Energetyczne SA wynika, że obszar Polski (z uwagi na średnie natężenie światła słonecznego) można podzielić na cztery strefy. Największe nasłonecznienie występuje w strefie RI (rejon Pomorza). Strefa RII obejmuje obszar Polski Wschodniej. Polska Centralna oraz Zachodnia (o trzeciej w kolejności wartości nasłonecznienia) stanowi strefę RIII. Najśłabsze nasłonecznienie występuje w strefie IV (południe Polski).



Rys. 2. Mapa nasłonecznienia całkowitego Polski [3]



Rys. 3. Strefy energetyczne wiatru [4]

3.3. Energia wiatrowa

Szacuje się, że w Polsce produkcja energii elektrycznej przez elektrownie wiatrowe może osiągnąć ok. 17% w całkowitym bilansie energetycznym kraju. Energetyka wiatrowa w Polsce charakteryzuje się wyraźnym zróżnicowaniem regionalnym. Podział terenu Polski na strefy wiatru przedstawiono na rys. 3.

Obszar Polski (zgodnie z opracowaniem IMiGW) można podzielić na pięć stref energetycznych warunków wiatrowych:

- strefa I – wybitnie korzystna;
- strefa II – bardzo korzystna;
- strefa III – korzystna;
- strefa IV – mało korzystna;
- strefa V – niekorzystna.

Najbardziej korzystne warunki występują w północnych rejonach kraju. Według IMiGW korzystne warunki wiatrowe dla instalowania elektrowni wiatrowych obejmują około 60 000 km² powierzchni Polski, ale tylko ok. 5% z nich może być przeznaczonych na budowę instalacji.

4. Analiza opłacalności (techniczno-ekonomiczna)

Analiza dotyczy wolno stojącego domu jednorodzinnego o powierzchni 160 m² i kubaturze 380 m³, zlokalizowanego w pobliżu Warszawy. Budynek składa się z dwóch kondygnacji.

Lokalizacja budynku jest istotna z uwagi na parametry klimatyczne, dotyczące średnich temperatur zewnętrznych, promieniowania słonecznego, właściwości gruntu itp.

Zgodnie z klasyfikacją energetyczną budynków przykładowy budynek można zakwalifikować do klasy B (zapotrzebowanie energetyczne budynku na poziomie 60 W/m²).

Analizie zostały poddane dwa rozwiązania budynków opartych na tym samym podkładzie architektonicznym, lecz wykonane w oparciu o różne typy instalacji elektrycznych (instalacja tradycyjna i inteligentna) oraz z założeniem, że jeden z nich będzie wykorzystywał najnowsze rozwiązania z dziedziny ekologii.

4.1. Budynek tradycyjny

W budynku przewiduje się wykonanie instalacji oświetlenia wewnętrznego i zewnętrznego. Energię grzewczą oraz ciepłą wodę użytkową budynek będzie pozyskiwał dzięki elektrycznemu kotłowi c.o. Kocioł elektryczny będzie połączony z zasobnikiem c.w.u. oraz wodną instalacją grzewczą. Zastosowano kocioł elektryczny z uwagi na jego wysoką sprawność oraz niższą cenę niż kotła olejowego lub gazowego. Założenia projektowe dla budynku wykonanego w oparciu o tradycyjną instalację elektryczną przewidują ogrzewanie wyłącznie elektryczne przy pomocy kotła elektrycznego o mocy 18 kW. Dla uproszczenia obliczeń przyjęto, że sprawność kotła elektrycznego wynosi 100%. Ilość energii elektrycznej musi zatem w całości pokrywać zapotrzebowanie energetyczne budynku, które zostało obliczone dla stałej temperatury wnętrza na poziomie 21°C. W celu zoptymalizowania zużycia energii elektrycznej na cele grzewcze kocioł będzie produkował ciepło, wykorzystując tańszą energię elektryczną w nocy (tzw. taryfa nocna), a oddawał ciepło w dzień.

4.2. Budynek ekologiczny

Zainstalowana w budynku inteligentna instalacja elektryczna (system KNX) nadzoruje i steruje pracą kotła elektrycznego oraz napędów termoelektrycznych, kontrolując pracę zaworów grzejnikowych. W wybranych pomieszczeniach znajdują się ścienna regulatory temperatury. Regulacja temperatury dla każdego pomieszczenia jest realizowana przez centralny panel sterujący, umożliwiający zaprogramowanie odpowiednich temperatur dla ustalonych przedziałów czasowych i dni tygodnia. System ogrzewania jest zintegrowany ze wszystkimi oknami w budynku. Otwarcie okna powoduje zadziałanie kontaktronu okiennego. Sygnał powoduje zadziałanie napędu zamykającego zawór grzejnikowy w obrębie danego pomieszczenia. Zakłada się wykorzystanie pompy ciepła (moc około 11,5 kW)

współpracującej z systemem centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej oraz zastosowanie panelu fotowoltaicznego dającego możliwość odsprzedaży nadwyżki produkowanej energii elektrycznej lokalnemu operatorowi energetycznemu. W celu zapewnienia odpowiedniego komfortu w budynku oraz obniżenia strat energii związanych z wentylacją zastosowano system rekuperacji powietrza. Dla zapewnienia maksymalnej sprawności odzysku ciepła zastosowano rekuperator przeciwprądowy. Rekuperator przechodzi w stan spoczynku w przypadku nieobecności domowników lub po zadziałaniu kontaktronu okiennego. Oświetlenie zewnętrzne jest sterowane z wykorzystaniem czujek ruchu. Każdy z obwodów posiada dedykowaną dla niego czujkę ruchu, współpracującą z systemem inteligentnej instalacji. Sterowanie i wizualizacja instalacji budynkowych są realizowane za pomocą centralnego panelu wizualizacyjnego.

4.3. Zużycie energii elektrycznej

Oszacowane zużycie energii elektrycznej w budynku tradycyjnym wyniosło 25 449 kWh/rok. Zastosowanie pompy ciepła umożliwiło obniżenie kosztów energii elektrycznej poniesionych na cele ogrzewania o ok. 78%. Całkowity uzysk energii z systemu fotowoltaicznego wyniósł 4787 kWh/rok. Odpowiednio dobrany system rekuperacji powietrza wentylacyjnego, po uwzględnieniu poboru energii elektrycznej przez sam rekuperator, przyniósł oszczędności równe 1586 kWh/rok. Największe oszczędności wynikające ze sterowania oświetleniem uzyskano dla oświetlenia zewnętrznego, które w budynku z instalacją tradycyjną było włączone przez 5 godzin w ciągu doby, zaś dzięki zastosowaniu czujek ruchu szacunkowy czas załączonego oświetlenia obniżył się do ok. 1 godziny na dobę. W ostatecznym rozliczeniu z dostawcą energii elektrycznej można przyjąć wielkość całkowitego zapotrzebowania budynku na energię elektryczną, pomniejszoną o wielkość uzyskaną z paneli fotowoltaicznych. Przy takim założeniu w budynku wyposażonym w inteligentną instalację elektryczną, pompę ciepła, panele fo-

Tabela 1

Rodzaj paliwa	Jednostka energii	Wielkość emisji CO ₂
Węgiel kamienny	1 MWh	0,76 t
Węgiel brunatny	1 MWh	0,87 t
Gaz ziemny	1 MWh	0,35 t
Paliwo jądrowe	1 MWh	0 t

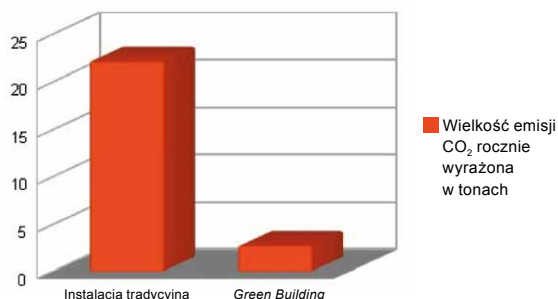
towoltaiczne oraz rekuperator powietrza wentylacyjnego oszacowane zużycie energii elektrycznej wyniesie 3136 kWh/rok.

4.4. Emisyjność CO₂

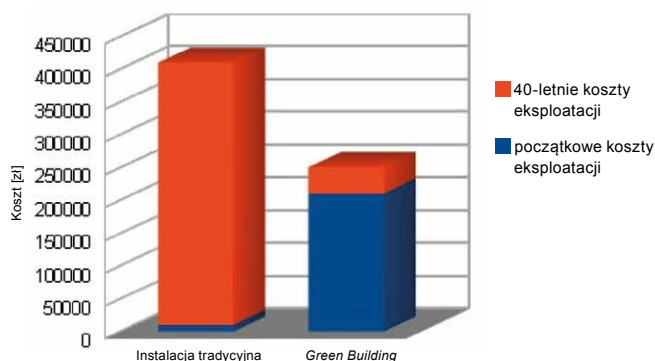
Oceny negatywnego oddziaływania (obiektu lub procesu) na środowisko naturalne dokonuje się poprzez określenie wielkości emisji dwutlenku węgla CO₂, która powstaje przy produkcji skonsumowanej energii elektrycznej. Emisyjność jest rozumiana jako wielkość emisji CO₂ w danym roku, z instalacji wytwarzającej energię elektryczną odniesioną do wielkości produkcji energii elektrycznej w danym roku, w tej instalacji, wyrażoną w MWh. Obliczenia wielkości emisji CO₂ przeprowadza się w oparciu o tzw. współczynnik emisji. Wielkość emisji dwutlenku węgla w zależności od rodzaju paliwa przedstawiono w tabeli 1.

Przeprowadzono analizę dotyczącą wpływu budynku jednorodzinnego na wielkość emisji CO₂, w zależności od wybranej konfiguracji (budynek tradycyjny i ekologiczny). W celu oszacowania wielkości emisji CO₂ założono, że energia elektryczna pobierana przez budynek jest produkowana z węgla brunatnego. W oparciu o to założenie oraz wielkość zapotrzebowania budynku na energię elektryczną obliczono całkowitą roczną emisję CO₂. Wyniki przeprowadzonej analizy oraz obliczeń przedstawiono na rysunku 4.

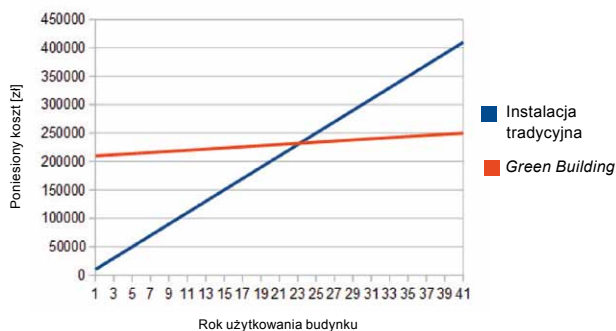
reklama



Rys. 4. Roczna wielkość emisji CO₂ dla analizowanych przypadków



Rys. 5. Relacje między kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi na przestrzeni 40 lat



Rys. 6. Koszt inwestycji na przestrzeni lat dla analizowanych wariantów

Zastosowanie inteligentnej instalacji oraz technologii z zakresu zielonego budownictwa pozwoliło na uzyskanie ograniczenia emisji dwutlenku węgla aż o 87,71% w skali roku.

Analizie podlegała również opłacalność inwestycji. W analizie założono, że czas „życia” budynku wynosi 40 lat. Na rysunku 5 przedstawiono relacje między kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi dla analizowanych przypadków.

Koszty całkowite inwestycji na przestrzeni lat, dla obu wariantów instalacji, przedstawiono na rysunku 6. Celem analizy ekonomicznej było również określenie prostego czasu zwrotu inwestycji. Rysunek 6 pozwala na jego oszacowanie.

Tabela 2

Budynek tradycyjny	$Q > 100 \text{ kWh/m}^2$
Budynek energooszczędny	$Q < 70 \text{ kWh/m}^2$
Budynek pasywny	$Q < 15 \text{ kWh/m}^2$
Budynek samowystarczalny	Nie pobiera energii z zewnątrz

Tabela 3

Lp.	Kategoria
1	Ekologia – budynek przyjazny dla środowiska
2	Wykorzystanie wody
3	Zużycie energii
4	Materiały i surowce naturalne
5	Architektura środowiska wewnętrznego
6	Innowacyjność

Tabela 4

Poziom	Kryteria
Certyfikowany	>37% max
Srebrny	>47% max.
Złoty	>56% max.
Platynowy	>75% max

5. Systemy certyfikacji zielonych budynków

W budownictwie energooszczędnym przywiązuje się dużą wagę do zmniejszenia zużycia energii w trakcie eksploatacji danego obiektu. Zużycie energii w budynku określa się, stosując wskaźniki energochłonności eksploatacyjnej budynku, które określają roczny całkowity wskaźnik zużycia energii (c.o., c.w.u. i energia elektryczna) w odniesieniu do 1 m² powierzchni lub 1 m³ objętości rozważanej przestrzeni budynku, wyrażany w kWh/m² lub kWh/m³ powierzchni użytkowej. Budownictwo przyjazne środowisku naturalnemu i człowiekowi realizuje zasady zrównoważonego rozwoju w wyniku takiego oddziaływania, które uwzględnia metody oszczędzania zasobów naturalnych naszego globu oraz przeciwdziałania zanieczyszczeniu gleby, powietrza i wody. Klasyfikacja Energetyczna Budynków przedstawiona została w tabeli 2.

Od marca 2010 roku do certyfikowania obiektów *Green Building* na terenie Polski dopuszczone są dwa systemy: LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) i BREEAM (*British Research Establishment Environmental Assessment Method*).

5.1. System certyfikacji LEED

LEED jest amerykańskim systemem certyfikacji wielokryterialnej. Przewiduje oddzielne systemy certyfikacji dla budynków nowych oraz istniejących.

System oceny obejmuje sześć kategorii przedstawionych w tabeli 3.

Certyfikacja LEED wyróżnia cztery poziomy przedstawione w tabeli 4.

Tabela 5

Lp.	Kategoria
1	Zarządzanie
2	Energia
3	Woda
4	Ekologia i wykorzystanie terenu
5	Zdrowie i samopoczucie
6	Transport
7	Materiały
8	Odpady
9	Zanieczyszczenia

Tabela 6

Poziom	Kryteria
Niecertyfikowany	<30%
Dostateczny	30–44%
Dobry	45–54%
Bardzo dobry	55–69%
Znakomity	70–84%
Wybitny	≥85%

5.2. System certyfikacji BREEAM

BREEAM jest brytyjskim systemem certyfikacji wielokryterialnej. Certyfikat BREEAM przyznawany jest zarówno dla budynków w fazie projektowej, jak i budynków istniejących.

System oceny obejmuje dziewięć kategorii przedstawionych w tabeli 5.

Certyfikacja BREEAM wyróżnia sześć poziomów przedstawionych w tabeli 6.

Organizacją pozarządową, promującą na terenie Polski projektowanie, realizację oraz użytkowanie inwestycji zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, jest Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego (rys. 7).




Rys. 7. Logo organizacji

6. Wnioski

Dyrektywa UE 2009/28WE z dn. 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zobowiązuje Polskę do uzyskania 15% docelowego udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 roku. Można stwierdzić, że w Polsce istnieją korzystne warunki do rozwoju inwestycji realizowanych zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Z przeprowadzonych rozważań wynika, że nowoczesne technologie wykorzystane w budynku ekologicznym (w odniesieniu do budynku tradycyjnego) pozwoliły na ponad 8-krotne obniżenie zużycia energii elektrycznej oraz emisji CO₂.

Bibliografia

- [1] www.pgi.gov.pl
- [2] www.energiaidom.pl/wykorzystanie-energii-geotermalnej-w-polsce
- [3] www.tomi-solar.eu/informacje/energia_sloneczna_w_polsce.html
- [4] www.baza-oze.pl/enodn.php?action=show&id=18
- [5] KOPER K.: *Green Building –tendencje rozwojowe inteligentnego budynku*. Praca dyplomowa magisterska, Politechnika Warszawska. Wydział Elektryczny, Warszawa 2013.

 doc. dr inż. Krzysztof Duszczyk, mgr inż. Monika Jakubowska
Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej
Wydział Elektryczny, Politechnika Warszawska