

Jakub JURA  
Politechnika Częstochowska

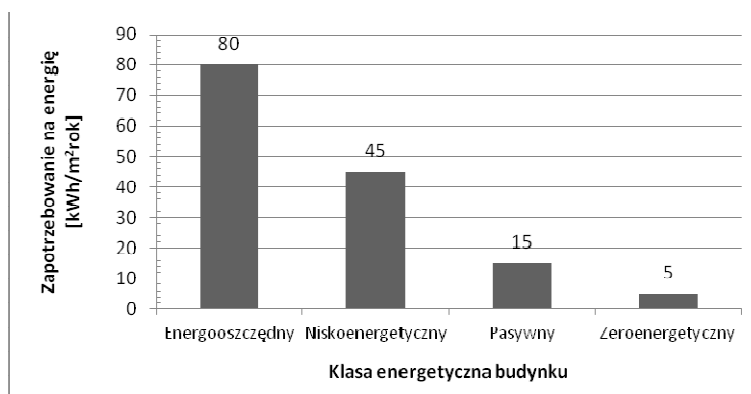
## WPŁYW BUDYNKÓW ZEROENERGETYCZNYCH I PLUSENERGETYCZNYCH NA EMISYJNOŚĆ

W artykule omówiono wpływ budynków o wysokiej klasie energetycznej na emisję zanieczyszczeń. Dokonano podziału budynków energooszczędnych pod względem ich zapotrzebowania na energię nieodnawialną. Scharakteryzowano budynki zeroenergetyczne i plusenergetyczne. Przedstawiono zasoby nieodnawialnych źródeł energii w Polsce oraz sposoby zmniejszenia emisji zanieczyszczeń.

**Słowa kluczowe:** budownictwo zeroenergetyczne, budownictwo plusenergetyczne, emisyjność, wystarczalność zasobów

### WPROWADZENIE

Tradycyjne budynki zużywają 40% całkowitej energii paliw kopalnych w USA i Unii Europejskiej i są jedną z głównych przyczyn emisji gazów cieplarnianych. Zerowe zużycie energii w budynkach jest uznawane za dobry sposób na zmniejszenie emisji dwutlenku węgla, a także na częściowe uniezależnienie gospodarki od paliw kopalnych. Mimo że budynki energooszczędne są rzadkością nawet w rozwiniętych krajach, to stają się coraz popularniejsze. Budynek zeroenergetyczny charakteryzuje się prawie zerowym zapotrzebowaniem na energię nieodnawialną (rys. 1).



Rys. 1. Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla różnych klas budynków [1]

Wznoszenie budynków w wysokich standardach energetycznych pozwala na znaczne obniżenie zapotrzebowania na energię, ale również przez mniejszą emisję zanieczyszczeń ma pozytywny wpływ na środowisko [1].

## 1. CHARAKTERYSTYKA BUDYNKÓW ZEROENERGETYCZNYCH I PLUSENERGETYCZNYCH

Budynki zeroenergetyczne w znaczący sposób różnią się od standardowych zarówno pod względem zastosowanych technologii wykonania, jak i sposobów pozyskiwania i użytkowania energii (tab. 1). Rozwój nowoczesnych zeroenergetycznych budynków możliwy jest nie tylko przez wprowadzanie nowych technologii i technik budowlanych, ale również w dużym stopniu przez prowadzenie badań naukowych na temat konstrukcji budynku. Zużycie energii, niezależnie od definicji oraz poglądów na temat względnego znaczenia definicji, to zbiór środków i oszczędności energii w bilansie energetycznym. Mimo że budynki energooszczędne nie są budowane często, zyskują na znaczeniu i popularności. Koszty wykorzystywane do budowy nowego budynku są odzyskiwane w czasie jego użytkowania. Dzięki bardzo dobrej izolacji, stolarcze okiennej i drzwiowej o najwyższym standardzie, wykorzystywaniu ciepła z zużytego powietrza wentylacyjnego za pomocą rekuperacji oraz jak najlepszemu wykorzystaniu energii pochodzącej od słońca budynki te mogą być samowystarczalne, czyli nie muszą korzystać z energii z sieci zewnętrznych [2].

Tabela 1. Porównanie cech budynków w różnych standardach energetycznych [3]

Budynek	Zapotrzebowanie na energię	Minimalna grubość izolacji termicznej	Wentylacja	Źródła ciepła
Energooszczędny	70% zapotrzebowania standardowego	15 cm	Mechaniczna	mogą być wykorzystywane źródła odnawialne na część potrzeb
Niskoenergetyczny	45% zapotrzebowania standardowego	20 cm	Mechaniczna z odzyskiem ciepła	wykorzystywane są źródła odnawialne na część potrzeb
Pasywny	30% zapotrzebowania standardowego	30 cm	Mechaniczna z odzyskiem ciepła	wykorzystywane są tylko źródła odnawialne
Zeroenergetyczny	Samowystarczalność energetyczna	40 cm	Mechaniczna z odzyskiem ciepła	wykorzystywane są tylko źródła odnawialne z systemami magazynującymi ciepło

Budynki te ciepło i energię mogą uzyskać z systemów pozyskujących i magazynujących energię z promieniowania słonecznego lub wiatru, którymi są kolektory słoneczne, ogniwa fotowoltaiczne oraz turbiny wiatrowe. Zgodnie z ideą budynków

zeroenergetycznych, nie mogą one wytwarzać energii z paliw kopalnych, takich jak węgiel kamienny czy olej opałowy, a jedynie ze spalania biopaliw, np. pelet czy brykiet. Budynki, które wytwarzają nadwyżkę energii w trakcie roku, zaliczane są do grupy obiektów plusenergetycznych (dodatnioenergetycznych).

Najlepszym momentem, aby wpłynąć na zmniejszenie zużycia energii w budynku, jest głównie proces projektowania z uwagi na możliwość wpłynięcia na efektywne wykorzystanie energii. Projekty zeroenergetyczne znacznie różnią się od konwencjonalnej praktyki budowlanej. Projektantów budynków zeroenergetycznych zwykle łączy to, że w projekcie planowane są sprawdzone pasywne systemy wykorzystania energii słonecznej i klimatyzacji. Światło i ciepło słoneczne, występujące wiatry i chłód ziemi pod budynkiem także można wykorzystać np. poprzez przeprowadzenie elementów instalacji solarnej pod budynkiem i traktując grunt jako akumulator ciepła. Pozwala to na ustabilizowanie dziennych wahań temperatury.

Zaawansowane narzędzia 3D do symulacji komputerowej dają możliwość przeanalizowania obiektu w zależności od zmiennych projektowych, takich jak: orientacja budynku (w stosunku do sezonowego położenia słońca), okna i drzwi (jakiego powinny być typu i gdzie je umiejscowić), grubość i rodzaj izolacji cieplnej, szczelność, efektywność ogrzewania, chłodzenia, lokalnego klimatu i wielu innych zmiennych. Te symulacje pomagają przeanalizować projektantowi, jak rozplanować proces wznoszenia budynku, pozostałą zabudowę, i pozwalają dokonać kalkulacji pod względem finansowym oraz rozwoju dalszych kosztów i korzyści.

Ponadto korzystając ze świetlików, można zapewnić za pomocą światła słonecznego duży procent oświetlenia w domu. Nocne oświetlenie w budynkach o wysokim standardzie energetycznym jest zwykle wykonywane z materiałów fluorescencyjnych i diod LED, które zużywają mniej energii niż żarówki i nie oddają niepożądanego ciepła. Warto wspomnieć, że uzyskanie budynku „zerowego” nie musi wiązać się z używaniem do jego budowy wyłącznie bardzo zaawansowanych i kosztownych technologii. Taki status mogą uzyskać także budynki ziemne, w których izolacją ścian są kostki słomy. Oprócz zapotrzebowania na energię do ogrzewania wpływ na całkowite zapotrzebowanie na energię ma również ciepła woda użytkowa. Ilość ogrzewanej wody może być zmniejszona przez urządzenia uzdatniające wodę czy systemy odzysku ciepła np. ze ścieków.

Energia zebrana w budynkach o wysokiej klasie energetycznej jest zużywana przez urządzenia domowe i ogrzewanie lub chłodzenie. W przypadku domów jednorodzinnych o różnych technologiach wytwarzania ciepła i energii, aby zapewnić budynkowi energię z paneli słonecznych lub turbin wiatrowych oraz ciepło z biopaliw lub kolektorów słonecznych, trzeba sezonowo przechowywać ciepło do ogrzewania pomieszczeń. W związku z wahaniami popytu na energię dla budynku są one często połączone z siecią energetyczną, co pozwala na przekazanie prądu do sieci w przypadku jego nadwyżki lub odwrotnie na pobieranie go. Budynki takie mogą być również całkowicie autonomiczne.

Zbiór energii jest zazwyczaj bardziej skuteczny, jeśli odbywa się na szczeblu lokalnym, w połączeniu grupy budynków, np. budynki współpracujące na jednym

osiedlu, wsi itp., niż indywidualnie. Jedną z zalet takiego zbioru energii jest usunięcie strat przesyłu i dystrybucji. Domy z zerowym zużyciem kopalnych surowców energetycznych, które zaspokajają swoje potrzeby z wody, słońca, wiatru oraz innych źródeł odnawialnych, należą do budownictwa zrównoważonego.

W Wielkiej Brytanii buduje się zeroenergetyczne dzielnice, a istnieją obecne plany, aby wykorzystać technologie energooszczędne do budowy samowystarczalnych i zeroenergetycznych miast. W takich państwach przez trzy dekady stosowania pasywnego wykorzystania energii słonecznej i pasywnego ogrzewania domu zużycie energii może w niektórych miejscach zmniejszyć się nawet od 70 do 90% i zarazem nie będą one korzystały z energii z systemów zewnętrznych. Bardzo niewielu ekspertów z branży posiada umiejętności i doświadczenie, by w pełni korzystać z możliwości projektu budynku zeroenergetycznego. Warto zwrócić uwagę, że zaawansowane projekty pasywnego wykorzystania energii słonecznej są znacznie tańsze niż dodanie drogich paneli fotowoltaicznych na dachu tradycyjnego budynku.

Wykorzystanie energii w budynkach może się znacznie różnić w zależności od zachowania ich mieszkańców. Badania identycznych domów wykazały dramatyczne różnice w wykorzystaniu energii. W jednym domu może być nawet dwa razy większe zapotrzebowanie na energię niż w innym o tych samych gabarytach i parametrach. W zależności od użytkowników i ich postawy mogą się wahać ustawienia termostatów, oświetlenia i ciepłej wody, a przez to wydawane kwoty. Podstawowymi wymaganiami będącymi standardami budynków zeroenergetycznych, są: izolacja termiczna grubości min. 40 cm, dodatkowo mechaniczna wentylacja z odzyskiem ciepła plus np. elektrownia wiatrowa, kolektor słoneczny, ogniwa fotowoltaiczne i zbiornik wodny jako akumulator ciepła [3-5].

Zalety i wady budynków zeroenergetycznych oraz zeroemisyjnych:

#### Zalety

- zwiększony komfort dzięki bardziej jednolitym temperaturom wewnętrznym,
- redukcja całkowitego kosztu użytkowania poprzez poprawę efektywności energetycznej,
- redukcja całkowitych miesięcznych kosztów utrzymania,
- zwiększona niezawodność - systemy fotowoltaiczne mają 25 lat gwarancji,
- wyższa wartość odsprzedaży potencjalnym kupcom,
- przyszłe prawne ograniczenia emisji dwutlenku węgla i kary mogą zmusić do kosztownych modernizacji budynków o niższym standardzie.

#### Wady

- wyższe początkowe koszty,
- bardzo niewielu projektantów i budowniczych posiada niezbędne umiejętności i doświadczenie, by wybudować takie obiekty,
- potencjalne zmniejszenie kosztów komunalnych w przyszłości może obniżyć wartość zainwestowanego kapitału w efektywność energetyczną,
- problemy ze sprzedażą - rzeczoznawcy są niedoinformowani i nie potrafią uzasadnić wyższej ceny budynku,
- specyfika konkretnego projektu może ograniczyć w przyszłości zdolność do reagowania na wzrost lub spadek temperatur otoczenia,

- bez zoptymalizowanego zapotrzebowania na energię zużycie energii na ogrzewanie i chłodzenie może być większe niż to konieczne,
- przechwytywanie energii słonecznej do puli domu działa swobodnie jedynie przy dobrym nasłonecznieniu, a nie ma możliwości wpływu na pogodę.

## 2. ROZWÓJ GOSPODARKI ZEROEMISYJNEJ I SYSTEMY WPLYWAJĄCE NA ZMNIEJSZENIE EMISJI

W ujęciu globalnym wielkość zasobów staje się nie tylko terminem geologicznym, ale także politycznym i ekonomicznym. Dodatkowo dochodzi do tego fakt wyczerpywalności kopalnych nośników energii. Stąd bardziej adekwatnymi określeniami niż „wielkość zasobów” są: „dostęp do zasobów” i „wystarczalność zasobów”.

Pomimo znacznych zasobów kopalnych nośników energii, w tym głównie węgla, w pewnym momencie ulegną one wyczerpaniu. Stąd też powstaje konieczność rozwijania technologii czerpiących energię ze źródeł odnawialnych. Zasoby odnawialnych nośników energii, z których, jak ocenia się, jedynie energia wiatru i słońca mogłaby sama w całości zaspokoić roczne światowe zapotrzebowanie na energię, nie są jednak dostępne w identycznym stopniu w każdym miejscu na Ziemi. Generalnie energia słoneczna jest w skali globalnej dostępna w takich ilościach, które przewyższają roczne zapotrzebowanie na energię. Jednak dotychczas jest ona wykorzystywana w znikomych ilościach i w małym stopniu przyczynia się do zaspokajania potrzeb energetycznych ludności.

W Polsce występują znaczne zasoby stałych oraz dużo mniejsze płynnych i gazowych paliw kopalnych. Dalsza eksploatacja na obecnym poziomie może doprowadzić do ich całkowitego wyczerpania. W tabeli 2 pokazano zasoby bilansowe paliw kopalnych według stanu na 2005 rok i ich przewidywaną wystarczalność. Należy dodać, że krajowe zasoby gazu ziemnego i jego krajowa produkcja, nie mówiąc już o ropie naftowej, nie są w stanie pokryć krajowego zapotrzebowania na te nośniki energii [6].

Tabela 2. Zestawienie krajowych zasobów bilansowych złóż surowców energetycznych kopalnych (w przeliczeniu na petadżule) [6]

Wyszczególnienie	Ogółem [PJ]	Zagospodarowane [PJ]	Wykorzystanie [PJ/rok]	Średnia wystarczalność [rok]
Węgiel kamienny	933 573	329 551	2004	40
Węgiel brunatny	119 951	16 416	538	164
Gaz ziemny	5196	4157	182	23
Ropa naftowa	915	784	35	23

## 3. DOSTĘPNOŚĆ ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W POLSCE

### Energia promieniowania słonecznego

Liczbę godzin słonecznych w Polsce określono od 1234 h/rok (w Katowicach) do 1671 h/rok (w Gdyni). Jest ona związana z zachmurzeniem oraz waha się w ciągu

roku. Prócz liczby godzin słonecznych ważna jest również intensywność usłonecznienia, mierzona roczną gęstością strumienia promieniowania słonecznego na płaszczyznę poziomą. W Polsce sięga  $950 \div 1250 \text{ kWh/m}^2$ . Całkowite promieniowanie roczne Polski to średnio  $990 \text{ kWh/m}^2 \pm 10\%$ . Najlepsze warunki do wykorzystania energii słonecznej występują w województwie lubelskim, a szczególnie w dawnych województwach chełmskim i zamojskim, na południowych częściach województwa podlaskiego oraz na Wybrzeżu.

### **Energia wiatrowa**

Porównując Polskę do innych państw europejskich, obserwuje się w niej średnie warunki wiatrowe. Średnie roczne prędkości wiatru na poziomie 10 m nad powierzchnią terenu to  $1,5 \div 5,3 \text{ m/s}$ . Należy wziąć pod uwagę, że przedstawione dane są podawane dla warstw przyziemnych atmosfery i nie uwzględniają ruchu mas powietrza na wysokości kilkudziesięciu metrów nad powierzchnią terenu, a także lokalnych wiatrów występujących z powodu szczególnej rzeźby terenu. Najlepsze warunki wietrzne znajdują się głównie na północy Polski. Są to głównie środkowe, najbardziej wysunięte na północ części wybrzeża od Koszalina po Hel, rejon wyspy Wolin, środkowa Wielkopolska i Mazowsze, Suwalszczyzna, Beskid Śląski i Żywiecki, a także Bieszczady i Pogórze Dynowskie.

Potencjał rocznej produkcji energii elektrycznej w Polsce w elektrowniach wiatrowych jest szacowany na  $6,0 \div 8,0 \text{ TWh}$ .

### **Energia z wody**

Wodne zasoby energetyczne w Polsce są niewielkie, a wynika to z niekorzystnie rozłożonych opadów, dużej przepuszczalności gruntu oraz niewielkich spadków terenu. Mimo to hydroenergetyka dostarcza najwięcej energii elektrycznej, biorąc pod uwagę wszystkie odnawialne źródła energii. Kataster sił wodnych wynosi około  $23,6 \text{ TWh}$ . Jednakże rzeczywisty możliwy do wykorzystania potencjał wynosi około  $13,7 \text{ TWh}$  rocznie, z czego ponad 45% przypada na Wisłę, a tylko  $1,6 \text{ TWh}$  na małą energetykę wodną (MEW).

Potencjał wykorzystania energii z polskich rzek w chwili obecnej wynosi około 13%, z czego 90% stanowi duża energetyka wodna. Duże hydroelektrownie przepływowe produkują około  $1,75 \text{ TWh/rok}$ . Zainstalowana moc całkowita w elektrowniach wodnych to  $2050 \text{ MW}$ , przy czym aż 70% ( $1366 \text{ MW}$ ) stanowią elektrownie szczytowo-pompowe.

### **Energia z biomasy**

- Do produkcji energii jest wykorzystywana także biomasa. Można podzielić ją na:
- stałą (rośliny i ich części nadające się do spalania, głównie produkty odpadowe powstające w gospodarce rolnej, leśnej oraz przemyśle drzewnym),
  - ciekłą (wszystkie rodzaje biopaliw płynnych w postaci olejów roślinnych i alkoholi),
  - gazową (biogaz z dużą zawartością metanu, uzyskiwany na drodze naturalnej fermentacji odpadów komunalnych, osadów oczyszczalni ścieków, gnojowisk).

Biomasa we wszystkich wspomnianych formach jest dostępna w Polsce. Największe znaczenie ma obecnie ta pochodząca z produkcji rolnej i leśnej. Potencjał techniczny biopaliw w kraju jest szacowany na około 684,6 PJ w skali roku, z czego 407,5 PJ przypada na biopaliwa stałe. Zasoby biopaliw stałych składają się głównie z nadwyżek biomasy uzyskiwanych w rolnictwie (195 PJ), leśnictwie (101 PJ), sadownictwie (57,6 PJ) oraz z odpadów przemysłu drzewnego (53,9 PJ).

Europejskie Centrum Energii Odnawialnej szacuje, że potencjał techniczny drewna i jego odpadów z lasów i sadów, możliwy do wykorzystania w energetyce, wynosi około 8,81 mln Mg. Nadwyżki słomy do energetycznego wykorzystania sięgają natomiast 7,84 mln Mg rocznie.

### **Wody termalne**

Charakterystyka krajowych zasobów geotermalnych jest rezultatem wieloletnich prac oraz analiz wyników badań geologicznych, geofizycznych, hydrologicznych i wiertniczych. Powstał w ten sposób model wgłębnej budowy geologicznej Polski. Zaobserwowano, że na jej obszarze występuje około 6500 km<sup>3</sup> wód geotermalnych o temperaturze od 30 do 120°C. Ponad 60% Nizy Polskiego zajmują okręgi grudziądzko-warszawski i szczecińsko-łódzki, w których znajduje się 95% objętości wód i energii cieplnej, zawartej w wodach geotermalnych. Na obszarze kraju występuje duże zróżnicowanie parametrów geotermicznych, wynikające ze szczególnego położenia Polski. O możliwościach wykorzystania złóż geotermalnych i budowie ciepłowni decydują warunki hydrogeologiczne złoża oraz właściwości cieplne i chemiczne wody geotermalnej.

W części Nizy Polskiego istnieje możliwość uzyskania wód geotermalnych o temperaturach w granicach 58÷82°C na głębokości do 1630 do 2250 m. Również na Podhalu występują znaczne zasoby wód termalnych o temperaturze rzędu 80÷96°C, znajdujące się na głębokości 2300÷3560 m.

Potencjał techniczny energii geotermalnej w Polsce to około 6787 PJ/rok, w tym 104 PJ/rok to potencjał energii zawartej w wodach Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (o temperaturze 10÷28°C), reszta jest zawarta w wodach o temperaturze wyższej (40÷100°C). Potencjał można też odnieść do zasobów eksploatacyjnych - stanowi on 1,5÷2,5% zasobów dyspozycyjnych, co odpowiada 100÷170 PJ/rok [6].

„Przed naszym krajem stanęły poważne wyzwania związane głównie z ograniczeniem emisji gazów cieplarnianych. Tak wysoka emisja tych gazów jest spowodowana m.in. silnym uzależnieniem polskiej energetyki od węgla (94% energii elektrycznej i cieplnej powstaje na bazie tego nośnika energii) oraz niewielkim wykorzystaniem źródeł odnawialnych w porównaniu z innymi krajami UE, a także brakiem elektrowni jądrowych.

Należy również podkreślić, że w Polsce występują nie najlepsze warunki do wykorzystania zasobów niektórych odnawialnych źródeł energii” [7].

## PODSUMOWANIE

Najnowsze dyrektywy i ustawy są skoncentrowane na dążeniu do oszczędzania energii. Dla budownictwa ma to przełożenie na chęć jak największego zmniejszenia zużycia energii przez budynki. Spełnić te wymagania można poprzez zminimalizowanie zapotrzebowania na energię, co wiąże się z propagowaniem i wznoszeniem budynków energooszczędnych, pasywnych, zeroenergetycznych czy plusenergetycznych. Budynki zeroenergetyczne i plusenergetyczne dzięki zastosowanym w nich technologiom i systemom pozwalają na uniezależnienie się od energii pozyskiwanej z sieci oraz z nieodnawialnych źródeł energii. Korzystają one wyłącznie ze źródeł odnawialnych i pozyskaną energię magazynują w systemach akumulujących, co pozwala na wykorzystanie jej w późniejszym czasie. Skorzystanie z systemów energooszczędnych pozwala w znaczący sposób zminimalizować emisję zanieczyszczeń, wpływa pozytywnie na środowisko naturalne.

## LITERATURA

- [1] Pomysł na dom - [www.pomyslnadom.pl](http://www.pomyslnadom.pl)
- [2] Żurawski J., Budownictwo zero - lub prawie zeroenergetyczne w warunkach polskich, Izolacje 2012, 9.
- [3] [www.argox.com.pl](http://www.argox.com.pl)
- [4] [www.ekobudowanie.pl](http://www.ekobudowanie.pl)
- [5] Ennergo Portal budownictwa energooszczędnego i wykorzystania OZE [www.ennergo.alba.home.pl](http://www.ennergo.alba.home.pl)
- [6] Technologie zeroemisyjne i energooszczędność - uwarunkowania wdrażania w Polsce, Praca zbiorowa pod redakcją K. Czaplickiej-Kolarz, I. Pyki, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2010.
- [7] Gawin D., Sabiniak H., Świadectwa charakterystyki energetycznej. Praktyczny poradnik, Wydawca ArCADiasoft Chudzik sp.j., Łódź 2010.

## EFFECT OF ZERO-ENERGY AND PLUS-ENERGY BUILDINGS FOR EMISSIONS

**The article presents the influence of high-energy class building on pollution emission. There was illustrated distribution of energy efficient buildings in terms of their demand for non-renewable energy. Zero-energy and plus-energy buildings were characterized. Resources of non-renewable energy sources in Poland and ways to reduce pollutant emissions were presented.**

**Keywords:** zero-energy building, construction plus-energy, emissivity, sufficiency of resources