

Piotr Kania (ORCID 0000-0003-2526-8903)

Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
pl. Grunwaldzki 11, 50-377 Wrocław, e-mail: 244642@student.pwr.edu.pl, tel. +48 794 194 689

Innowacje we współczesnym budownictwie – dom pasywny

Innovations in civil engineering – passive house

STRESZCZENIE

Innowacje odgrywają w budownictwie bardzo istotną rolę, a w dzisiejszym świecie najważniejsze są te, które mają na celu ograniczenie zużycia energii. Zmniejszenie zużycia energii w budynkach jest istotne, ponieważ w Unii Europejskiej ta część stanowi aż 40% zużywanej energii, ponadto budynki są odpowiedzialne za emitowanie 35% gazów cieplarnianych. Żeby zmniejszyć tę emisję, należy poprawić efektywność energetyczną budynków. Z tego właśnie powodu powstała idea budynków pasywnych, których zapotrzebowanie energetyczne wynosi maksymalnie tylko 15 kWh/m²/rok.

Słowa kluczowe: współczesne budownictwo, innowacje, dom pasywny

ABSTRACT

Innovations in contemporary engineering play a very important role, and in today's world the most important are innovations aimed at reducing energy consumption. It is important to reduce energy use in buildings, as they account for as much as 40% of the energy consumed in the European Union and are responsible for 35% of greenhouse gases. To reduce their emissions, their energy efficiency must be improved. This is how the idea of passive buildings was born, the energy demand of which is only a maximum of 15 kWh / m² / year.

Keywords: contemporary engineering, innovations, passive house

WPROWADZENIE

Innowacje odgrywają istotną rolę we współczesnej gospodarce, a kreowanie nowych rozwiązań i szybkość ich wprowadzania przez przedsiębiorstwa jest często kartą przetargową w walce konkurencyjnej zarówno na rynku krajowym, jak i międzynarodowym. Współcześnie szczególnie znaczenie mają innowacje w zakresie zmniejszenia zużycia energii. Kreowanie innowacji, których celem jest ograniczenie zużycia energii oraz ochrona środowiska naturalnego, jest priorytetem nie tylko dla gospodarki, ale przede wszystkim dla indywidualnych użytkowników. Dom – miejsce, gdzie spędzamy prawie połowę życia... Powinien on być estetyczny i tani w użytkowaniu. Nie zawsze jednak tak jest. Żeby tak było, powstała innowacja w postaci domu pasywnego. U podstaw tej innowacji była konieczność zapewnienia oszczędności na poziomie użytkownika indywidualnego.

Można powiedzieć, że dom pasywny to jednostka samowystarczalna energetycznie. Jej innowacyjność wynika nie tylko z zastosowania nowoczesnych materiałów budowlanych, nowego podejścia do projektowania, ale także z zastosowania modelu zdecentralizowanej energetyki prosumenckiej. Celem niniejszego opracowania jest wykazanie znaczenia domu pasywnego we współczesnym budownictwie oraz wskazanie zalet i wad takiego rozwiązania. Problematyka ta wpisuje się w ideę zielonej gospodarki (*green economy*), w której podstawą są inwestycje w odnawialne źródła energii z uwzględnieniem rozwoju budownictwa pasywnego. Metodą wykorzystaną w artykule jest analiza opisowa. Technika badawczą zastosowaną podczas pisania był *desk research*, który polega na zbieraniu i analizie danych wtórnych. Opracowanie zostało oparte na dostępnej literaturze przedmiotu.

1. ISTOTA, RODZAJE I ŹRÓDŁA INNOWACJI

Innowacja pochodzi od łacińskiego słowa *innovatio* i oznacza wprowadzenie czegoś nowego (Słownik języka polskiego PWN, b.d.). W literaturze ekonomicznej istnieje wiele różnych definicji innowacji i trudno znaleźć jedną, która byłaby powszechnie akceptowalna. W niniejszym opracowaniu zaprezentowano niektóre z nich.

Pionierem teorii innowacji jest J. A. Schumpeter, który rozumiał innowację jako wprowadzenie do produkcji wyrobów nowych lub też udoskonalenie produktów już istniejących, wprowadzenie nowego lub udoskonalenie istniejącego procesu produkcyjnego, zastosowanie nowego sposobu sprzedaży lub zakupów, otwarcie nowego rynku, zastosowanie nowych surowców lub półfabrykatów oraz wprowadzenie nowej organizacji produkcji (Schumpeter, 1960, s. 104). M. E. Porter (1990, s. 45) określił innowację jako wszelkiego rodzaju ulepszenia technologiczne, a także lepsze metody i sposoby wykonywania danej rzeczy, które przejawiają się w zmianach produktu, procesu, nowych podejściach do marketingu oraz nowych formach dystrybucji. P. F. Drucker (1992, s. 29 i n.) uważał, że innowacja jest narzędziem przedsiębiorców, za pomocą którego mogą podejmować nową działalność gospodarczą czy też świadczyć nowe usługi. Twierdził, że na poziomie przedsiębiorstwa decydujące znaczenie mają innowacje techniczne. Podkreślał, że innowacja i przedsiębiorczość to integralne części działalności gospodarczej stanowiące impuls do rozwoju przedsiębiorstw, a w efekcie całej gospodarki. Z kolei polski ekonomista M. Kalecki (1980, s. 352) uważał, że innowacje stanowią najważniejszy bodziec rozwoju gospodarczego i należy je rozumieć szeroko, więc nie tylko w odniesieniu do techniki. Według Kaleckiego innowacjami były nowe wynalazki zastosowane po raz pierwszy na skalę światową. Z kolei według P. Kotlera (1984, s. 15-28) innowacja to dobro, usługa lub pomysł postrzegane przez kogoś jako nowe. Nie muszą dotyczyć skali światowej, wystarczy, że są nowe dla przedsiębiorstwa. Podobna definicja innowacji została sformułowana w *Podręczniku Oslo* (2005, s. 48), który jest międzynarodowym standardem w zakresie badań statystycznych dotyczących innowacji. Zdaniem jego autorów „innowacja to wdrożenie nowego lub znacząco udoskonalonego produktu (wyrobu lub usługi) lub procesu, nowej metody marketingowej lub nowej metody organizacyjnej w praktyce gospodarczej, organizacji miejsca pracy lub stosunkach z otoczeniem”. Zgodnie z tą definicją, nieodłącznym elementem innowacji jest wdrożenie nowości do praktyki gospodarczej. Innowacja nie musi być wdrożona przez dane przedsiębiorstwo, można również wdrażać innowacje opracowane we współpracy z innymi przedsiębiorstwami lub instytucjami, a także te, których autorami są inne przedsiębiorstwa lub instytucje.

Wielość definicji innowacji wynika z ich złożoności i interdyscyplinarnego charakteru obejmującego nie tylko ekonomię, ale także inne dziedziny nauki, np. psychologię, socjologię, nauki polityczne, inżynierię produkcji. Pojęcie

innowacji jest nierozdzielnie związane ze zmianą, nowością, reformą oraz ideą postrzeganą jako nowa (Golejewska, 2019, s. 16). Systematyczna innowacja polega na celowym i zorganizowanym poszukiwaniu zmian oraz na ciągłej analizie okazji do społecznej i gospodarczej innowacji, którą taka zmiana mogłaby umożliwić (Pangsy-Kania, 2012, s. 35).

Przedsiębiorstwa, szczególnie małe i średnie, są postrzegane jako najważniejszy element innowacyjności gospodarki (Zięba, 2011, s. 8). Efektami wprowadzanych innowacji dla przedsiębiorstwa mogą być m.in.: obniżenie kosztów działalności, poprawa wizerunku przedsiębiorstwa, wzrost wartości przedsiębiorstwa, podniesienie wydajności działalności gospodarczej i zwiększenie przychodów, różnicowanie oferty sprzedawanych produktów, zdobycie nowych rynków zbytu i ich dywersyfikacja, różnicowanie oferty sprzedawanych produktów, wpływ na zmniejszenie szkodliwości dla środowiska, sprostanie norm prawnym (Mielcarek, 2012, s. 177). Dla klienta natomiast innowacja oznacza po prostu lepszy produkt czy usługę od dotychczas istniejących.

Innowacje mogą być radykalne i przyrostowe (Czerniak, 2013, s. 20). Te pierwsze, nazywane też rewolucyjnymi lub nieprzewidywalnymi, bazują na postępach wiedzy i polegają na zastępowaniu dotychczasowych technologii i kompetencji. Innowacje przyrostowe (ewolucyjne, przewidywalne) polegają natomiast na ulepszaniu dotychczas stosowanych technologii i kompetencji i nie wiążą się z przełomem.

Istnieje wiele rodzajów innowacji. Opierając się na *Podręczniku Oslo*, można wyróżnić następujące rodzaje innowacji, które mogą dotyczyć zarówno produktów, jak i usług:

- innowacje produktowe, które dotyczą znaczących zmian w zakresie dóbr lub usług,
- innowacje procesowe wiążące się ze zmianami w metodach produkcji i dostarczania produktów oraz usług,
- innowacje organizacyjne, które dotyczą wdrożenia nowych metod organizacyjnych lub udoskonalenia istniejących,
- innowacje marketingowe, czyli zmiany w zakresie marketingu, wdrożenia nowych metod marketingowych.

W budownictwie możemy mieć do czynienia z wszystkimi ww. rodzajami innowacji. W niniejszym artykule uwagę skupiono na innowacjach produktowych.

Źródła innowacji są różnicowane, ale ogólnie można stwierdzić, że wszystkie zagadnienia związane z tworzeniem oraz pozyskiwaniem wiedzy, które w efekcie prowadzą do ich powstania, są takim źródłem (Penc, 1999, s. 157). Według P. Druckera (1992, s. 44 i n.) istnieje siedem źródeł innowacji, które dzielą się na wewnętrzne i zewnętrzne. Do wewnętrznych należą: nieoczekiwane powodzenie, sukces lub nieoczekiwana porażka, nieoczekiwane zdarzenie zewnętrzne, niezgodność między rzeczywistością a wyobrażeniem o niej, potrzeby procesu oraz zmiany w strukturze przemysłu lub strukturze rynku. Do zewnętrznych natomiast P. Drucker zaliczył: zmiany demograficzne, zmia-

ny w postrzeganiu, nastrojach, wartościach oraz powstającą nową wiedzę w dziedzinie nauk ścisłych i innych. Źródłem innowacji może być także działalność badawczo-rozwojowa prowadzona przez dane przedsiębiorstwo, zasoby ludzkie tego przedsiębiorstwa, ale także imitacja, kopiowanie innowacyjnych rozwiązań czy też przypadek. Determinantami innowacyjności przedsiębiorstw będą rynek lub określony typ klientów i konkurencji (Barańska-Fischer, Błażlak i Szymański, 2016, s. 14). Współcześnie innowacje powstają najczęściej jako efekt długotrwałej i ciężkiej pracy.

2. TRENDY WE WSPÓŁCZESNYM BUDOWNICTWIE

Innowacje dotyczą każdego sektora gospodarki. Nowe technologie i metody budowy, nowoczesne materiały budowlane oraz nowoczesne projektowanie mogą spowodować rzeczywiste zmiany w budownictwie przemysłowym i komercyjnym. Przykładem są domy wytwarzające energię elektryczną na miejscu – za pomocą energii wiatrowej i słonecznej – oraz zautomatyzowane inteligentne budynki, które są w stanie dostosować się do potrzeb mieszkańców. Trendy w budownictwie, które dzięki automatyzacji i cyfryzacji wpłyną na zmniejszenie kosztów, to według Nationwide Construction (2016):

- w dziedzinie energii odnawialnej i zrównoważonego rozwoju: instalacje solarne, układy chłodzenia i ogrzewania, zrównoważone materiały budowlane;
- w dziedzinie wirtualnego i rozszerzonego modelowania: nowe sposoby modelowania i wizualizacji projektów lub remontów domów, wyrafinowane modele cyfrowe;
- budownictwo prefabrykowane, w tym usprawnienie procesu budowy, szybsze jej zakończenie, większe bezpieczeństwo i wydajność;
- zintegrowane technologie mobilne i budynki inteligentne, a więc ogromna gama opcji automatyki i sterowania budynkiem; największy popyt mają systemy zapewniające bezpieczeństwo użytkownika, kontrolę i regulację klimatyzacji oraz komunikacji wewnętrznej;
- trójwymiarowe drukowanie: możliwość stosowania form krzywoliniowych.

Trendy w budownictwie są związane z doбором i analizą ogromnej masy informacji, czyli big data. Dotyczą trwałości budynku, jego wpływu na środowisko, cyklu życia, uwzględniają koszty użytkowania. Są także wynikiem umów i współpracy partnerskiej, a więc kontraktów i organizacji (kooperacji), w tym partnerstwa publiczno-prywatnego. Przykładowe innowacje, wpisujące się w te trendy, to zgodnie z raportem platformy Raconteur (Kapliński, 2017):

- samonaprawialny beton (mieszanka zawierająca bakterie, które rozmnażają się, gdy do pęknięć w betonie dostanie się woda (ewentualnie ścieki);
- zapobieganie tworzeniu się mostków termicznych (stosowanie aerożeli, zwiększenie właściwości termicznych o 40%);

- fotowoltaiczne przeszklenia (nawet od strony północnej, koszty są porównywalne z przeszkleniem tradycyjnym);
- wykorzystanie energii kinetycznej pieszych (*kinetic footfall*); dynamiczny rozwój, wytwarzanie energii elektrycznej przez wykorzystanie indukcji elektromagnetycznej (przykładowe zastosowania: boisko piłkarskie w Rio de Janeiro – wspomaganie zasilania reflektorów wokół boiska; londyńska stacja Canary Wharf – zasilanie oświetlenia ulic);
- kinetyczne drogi (*kinetic roads*) polegające na przekształcaniu energii kinetycznej w energię elektryczną wytwarzaną przez poruszające się pojazdy; ma to sprzyjać stabilności ruchu drogowego;
- nowe oprogramowanie integrujące współdziałanie materiałów z konstrukcją (np. obrotowy łuk na stadionie Wembley);
- modelowanie 3D w kontekście rozwoju inteligentnych miast CyberCity3D (CC3D); modelowanie geoprzestrzenne (*Cityzenith*);
- budowa modułowa (modułowe konstrukcje), która charakteryzuje się nowymi prefabrykowanymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi i organizacją *just in time* (metodę tę spopularyzował chiński deweloper Zhang Yue (Broad Sustainable Building), który z jej zastosowaniem dwa lata temu zakończył realizację 57-piętrowego wieżowca (800 apartamentów), która zajęła 19 dni roboczych; zbudował też, w ciągu 15 dni, 30-piętrowy hotel);
- współpraca w chmurze, która dotyczy zdalnej wymiany danych na budowie w czasie rzeczywistym;
- mapowanie aktywów, np. rejestracja wszelkiego osprzętu (instalacje), nanoszenie na plany, korzystanie z internetu rzeczy jako elementu rewolucji 4.0, monitorowanie internetowe (pomocne w proaktywnym utrzymaniu budynków, w obniżce kosztów budowy, w ubezpieczeniach).

Nowe trendy w budownictwie wpisują się w koncepcję zielonej gospodarki (*green economy*), której celem jest zrównoważony rozwój bez degradacji środowiska (Sulich, Rutkowska i Pakulska, 2018). Zielona gospodarka jest też kolejnym etapem rozwoju idei społecznej odpowiedzialności biznesu.

Tymczasem w Polsce wiek zasobów budowlanych jest bardzo zróżnicowany. Szacuje się, że ponad 2/3 budynków w naszym kraju to obiekty wybudowane około 40 lat temu i starsze. Liczbę budynków jednorodzinnych w Polsce można oszacować na około 5370 tys. Z punktu widzenia kryterium izolacyjności cieplnej prawie 65% ma standard niski lub bardzo niski, co oznacza, że to budynki nieocieplone lub ocieplone niewielką grubością materiału izolacyjnego. Poza tym wśród budynków jednorodzinnych większość to budynki ogrzewane kotłami na paliwa stałe, co nie pozostaje bez wpływu na środowisko naturalne. Ocieplanie i docieplanie

budynków w Polsce rozpoczęło się wraz z dostępnością materiałów izolacyjnych. Pierwsze materiały izolacyjne charakteryzowały się znacznie słabszymi parametrami i niższą trwałością niż materiały współczesne. Jakość doboru materiałów oraz stan docieplenia jest ściśle skorelowany ze świadomością i zamożnością inwestora (Firląg, 2019, s. 8–9). W zakresie termomodernizacji należy wziąć pod uwagę ocieplenie ścian zewnętrznych, ocieplenie dachu i stropodachu, ocieplenie podłóg i stropów, odpowiedni dobór okien i drzwi zewnętrznych, a także ograniczenie zużycia energii w czasie wentylacji, modernizację systemów ogrzewania, modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w modernizowanych budynkach.

Izolacje termiczne wpływają na cykl życiowy budynku. Ciągły rozwój technologiczny oraz postęp w badaniach nad inżynierią materiałową pozwalają na uzyskiwanie bardziej wytrzymałych i wydajnych energetycznie produktów (Malinowska i Sikora, 2017).

We współczesnym budownictwie opracowuje się, testuje i wdraża różne projekty budynków energooszczędnych, do których można zaliczyć (GreenHouse, b.d.):

- budynki niskoenergetyczne – inaczej budynki trzylitrowe, charakteryzujące się sezonowym zapotrzebowaniem na ciepło (energię użytkową) na poziomie 25–40 kWh/(m²·rok);
- budynki ekologiczne, do budowy których wykorzystuje się tylko materiały naturalne;
- budynki zrównoważone, które charakteryzują się jak najkorzystniejszą oceną zrównoważoną, obejmującą zagadnienia materiałowe, konstrukcyjne, energię, transport, oddziaływanie na środowisko, wykorzystanie surowców naturalnych oraz zagadnienia logistyczne, o racjonalnej charakterystyce łączącej zagadnienia energii oraz środowiska w odniesieniu do ekonomii oraz z uwzględnieniem trwałości budynku;
- budynki pasywne – inaczej budynki półtoralitrowe, charakteryzujące się sezonowym zapotrzebowaniem na ciepło (energię użytkową) poniżej 15 kWh/m²/rok oraz energię pierwotną poniżej 120 kWh/m²/rok;
- budynki zeroenergetyczne i prawie zeroenergetyczne, czyli budynki o wysokiej charakterystyce energetycznej, zużywające niewielką, wyznaczoną na podstawie rachunku opłacalności ekonomicznej, ilość energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii, które są zlokalizowane w budynku lub w jego pobliżu (na działce należącej do budynku);
- budynki plus-energetyczne (dodatkowo energetyczne) cechujące się dodatnim bilansem energii dostarczonej netto; wytworzona przez nie energia nie tylko pokrywa wszystkie cele użytkowe samego budynku, ale wyprodukowana nadwyżka energii może być odprowadzana do sieci dystrybucyjnej (np. sieci elektrycznej).

Decydując się na budowę nowego, energooszczędnego domu, warto zatem wziąć pod uwagę innowacyjne rozwią-

zanie, którym jest dom pasywny, który powstał z konieczności zapewnienia oszczędności na poziomie użytkownika indywidualnego.

3. DOM PASYWNY

Budynki w Unii Europejskiej zużywają 40% energii. Jest to więcej niż transport (35%) oraz przemysł (25%). Dlatego tak ważne jest podwyższanie standardów energetycznych budynków poprzez zastosowanie odpowiednich rozwiązań energooszczędnych w trakcie ich budowy. Budynki w UE są ponadto odpowiedzialne za 35% emisji gazów cieplarnianych. Do zmniejszenia tej emisji może się przyczynić poprawa efektywności energetycznej budynków. Ponadto energooszczędny sektor budowlany może się przyczynić do zmniejszenia uzależnienia naszego kraju od importu energii (Firląg, 2014, s. 12–13).

Budynek energooszczędny charakteryzuje się współczynnikiem *EUco* mniejszym lub równym 70 kWh/m²/rok, a do pokrycia części zapotrzebowania na energię mogą być wykorzystywane źródła odnawialne. Budynek niskoenergetyczny natomiast to obiekt o współczynniku mniejszym lub równym 45 kWh/m²/rok, co odpowiada standardowi NF40. Często można się też spotkać z klasyfikacją: budynek energooszczędny siedmiolitrowy (7 litrów oleju opałowego na 1 m² ogrzewanej powierzchni na rok), budynek energooszczędny pięciolitrowy, budynek niskoenergetyczny trzylitrowy i budynek pasywny, który zużywa ok. 1,5 litra oleju opałowego lub 1,5 m³ gazu ziemnego na 1 m² ogrzewanej powierzchni na rok. Budownictwo pasywne intensywnie rozwija się w Niemczech, Austrii, Szwajcarii i Skandynawii (Dom pasywny, b.d.). Poza wymienionymi rodzajami budynków można jeszcze wyróżnić budynek zeroenergetyczny, który nie wykorzystuje konwencjonalnych źródeł energii; budynek dodatnio energetyczny, w którego bilansie energetycznym zyski przewyższają straty; budynek ekologiczny (zielony), który oddziałuje na środowisko w minimalnym stopniu i w którym istotna jest jego zharmonizowana relacja z otoczeniem.

Dom pasywny to rodzaj budynku energooszczędnego, który musi odpowiadać specyficznym kryteriom opracowanym przez Instytut Domów Pasywnych w Darmstadt. Pierwotne cechy tego standardu zostały opracowane jeszcze w latach 80. XX wieku i odpowiadały założeniom budynków zeroenergetycznych, które były w stanie same się ogrzewać. Doświadczenia europejskie spowodowały, że dopuszczono użycie minimalnej ilości energii potrzebnej do ogrzewania. Wymagania dotyczące termoizolacyjności przegród w budynku pasywnym oraz te zawarte w normach prawnych przewidzianych na rok 2021 są do siebie zbliżone. Przykładowo ściany w domu pasywnym muszą mieć współczynnik przenikania ciepła $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, a w przypadku zeroenergetycznych – $U \leq 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Natomiast współczynnik przenikania ciepła w stolarcze pasywnej U_w nie może przekraczać poziomu 0,8 W/m²K, a w stosowanej po 2021 roku –

0,9 W/m²K. W obu standardach niskie zapotrzebowanie na energię konwencjonalną jest uzyskiwane przede wszystkim dzięki bardzo wysokiemu standardowi termoizolacyjności przegród zewnętrznych (Napora, 2018).

Dom pasywny to podstawowa jednostka samowystarczalna energetycznie. Jest on energooszczędny, ponieważ nie stosuje się w nim tradycyjnego systemu ogrzewania i klimatyzacji, lecz wyłącznie dogrzewanie powietrza wentylacyjnego. Zgodnie z definicją W. Feista, założyciela Instytutu Domu Pasywnego, domem pasywnym nazywany jest budynek o zapotrzebowaniu energetycznym nie większym niż 15 kWh/m²/rok. Dla porównania budynki tradycyjne zużywają ok. 120 kWh/m²/rok. Osiągnięcie wartości 15 kWh/m²/rok jest trudne i determinowane wieloma czynnikami, m.in.: materiałem, z którego wykonane są bryła domu oraz przegrody, wielkością i liczbą okien, rozbiem formy architektonicznej bryły i jej przeznaczeniem, ustawieniem względem promieniowania słonecznego. Rozwiązaniem problemu obniżenia poziomu energochłonności jest wprowadzenie modelu zdecentralizowanej energetyki prosumenckiej, który zakłada nowatorskie i perspektywiczne podejście do odbiorcy energii będącego jednocześnie producentem i odbiorcą. Pozwala to na ograniczenie wydatków przeznaczonych na energię

oraz uwalnia odbiorcę od wahań cen i przerw w jej dostawach, zapewniając jednocześnie stabilność i bezpieczeństwo (Maj i Marszałek, 2020, s. 7). Rozwiązaniem problemu bezpieczeństwa energetycznego odbiorców mogłoby być zwiększenie udziału tzw. mikroźródeł prosumenckich w zastępstwie monopolu przedsiębiorstw energetycznych oraz wprowadzenie eklektycznego paradygmatu prosumenckiego, w którym centralne decyzje rządów i korporacji zastępowaliby indywidualne decyzje prosumentów, samorządów oraz małych i średnich przedsiębiorstw (Popczyk, 2018).

Budynki pasywne to nie tylko domy jednorodzinne. Jednym z pierwszych w Polsce biurowych budynków pasywnych jest budynek doświadczalny Politechniki Poznańskiej wyposażony w centralę grzewczo-chłodzącą z pompą ciepła współpracującą z gruntowym wymiennikiem ciepła GWC oraz z kolektorem słonecznym. Budynek ma drewniany szkielet i został przebudowany z zastosowaniem materiałów i elementów dopuszczonych do stosowania w budownictwie energooszczędnym i pasywnym (Basińska i Koczyk, 2014, s. 43–54). Warto dodać, że na świecie jest już ok. 50 tys. budynków pasywnych, z czego blisko połowa znajduje się w Niemczech.

Dom pasywny zapewnia oszczędności dla jego właściciela. Na rysunku 1 zaprezentowano porównanie rocznych



Rysunek 1. Porównanie rocznych kosztów ogrzewania domu dla różnych wartości wskaźnika zapotrzebowania na ciepło

Źródło: Firląg (2014, s. 13).

kosztów ogrzewania domu dla różnych wskaźników zapotrzebowania na ciepło.

Jak wynika z rysunku 1, najniższy koszt ogrzewania domu występuje w wypadku domu pasywnego, gdzie roczny koszt został oszacowany na poziomie 450 zł w porównaniu z 5400 zł w wypadku domu tradycyjnego. Jednak technologie niskoenergetyczne, które mają zastosowanie w budownictwie pasywnym, są często drogie i wymagają odpowiedniej wiedzy co do ich właściwego zastosowania na etapie projektowania i wykonywania obiektu, a następnie podczas jego eksploatacji. Zatem podejmując się realizacji lub modernizacji budynku w celu uzyskania standardu domu pasywnego, należy ocenić opłacalność takiego przedsięwzięcia. Oceny racjonalności planowanych działań można dokonać metodologią audytu energetycznego (Marciniak i Ujma, 2018).

Budynki pasywne są wyposażone w mechaniczną wentylację nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła. Świeże powietrze dostaje się do pomieszczeń za pośrednictwem kratki nawiewnych. Konieczność ograniczenia strat ciepła pociąga za sobą konieczność maksymalnego ograniczenia niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego. Realizacja szczelnego domu pasywnego wymaga zaplanowania odpowiednich rozwiązań już na etapie projektowym (Firląg, 2009).

Wraz ze zmianą prawa budowlanego w roku 2021 dom wysoko energooszczędny stanie się standardem w budownictwie jednorodzinny. Jego przegrody będą musiały spełniać bardzo restrykcyjne kryteria termoizolacyjności, co ma zbliżyć polskie budownictwo do idei budownictwa pasywnego (Napora, 2018).

Innowacyjność w zakresie materiałów budowlanych spowodowała, że uzyskanie ścian o wysokiej izolacyjności cieplnej nie musi oznaczać ich znacznego pogrubienia ani też zastosowania bardzo drogich materiałów. Rozwój technologii termoizolacyjnych spowodował, że możliwe jest osiągnięcie lepszych efektów ocieplenia przy mniejszych grubościach. Tradycyjny styropian EPS o współczynniku przewodzenia ciepła 0,044 W/mK został zastąpiony surowcem z domieszką grafitu, co pozwoliło poprawić ten parametr nawet do poziomu 0,031 W/mK. Kolejnym przełomowym etapem stało się wprowadzenie styropianu grafitowego produkowanego metodą wtrysku pneumatycznego – ETIXX Fasada λ 31, który cechuje się wysoką stabilnością wymiarową. Formowane ciśnieniowo płyty mają płaski kształt, starannie wyprofilowane krawędzie i większe wymiary 600 × 1200 mm. Zastosowanie dużych płyt o udoskonalonej geometrii pozwala zmniejszyć udział spoin oraz łączników mechanicznych w warstwie termoizolacji, co przekłada się na redukcję mostków termicznych i uzyskanie lepszych efektów ocieplenia. Płyty ETIXX o grubości 15 cm i współczynnika oporu $R = 4,65 \text{ m}^2\text{K/W}$ pozwalają stworzyć ścianę o parametrze U zgodnym z wymogami na 2021 rok. Chociaż wysoka izolacyjność cieplna przegród jest istotnym elementem domu pasywnego, to zaprojektowanie domu na 2021 rok

wymaga spełnienia większej liczby kryteriów. Nieodzowne jest również zastosowanie zrównoważonych urządzeń wykorzystujących energię odnawialną, w postaci np. kolektorów słonecznych do przygotowania ciepłej wody. W domach pasywnych zamiast tradycyjnej wymiany powietrza przez wentylowniki w oknach stosuje się wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła, natomiast dodatkowe ilości pozyskują zorientowane na południe duże przeszklenia.

Konieczność zmniejszenia zużycia energii do minimum wpływa na kształt bryły domu, która jest prostopadłościannym przykrytym dwuspadowym dachem. Bryła domu pasywnego jest zwarta; ściany zewnętrzne są szczelne, warstwowe, z odpowiednią izolacją termiczną; konstrukcja zewnętrzna jest szczelna i pozbawiona mostków termicznych; okna są potrójnie szklone i wypełnione gazem szlachetnym; system wentylacji jest energooszczędny. Przykład domu pasywnego został zaprezentowany na rysunku 2.

Koszt wybudowania domu pasywnego może być znacząco wyższy od tradycyjnego, jednak późniejsze zyski z codziennej eksploatacji szybko powinny zrównoważyć poniesioną inwestycję. Układ pomieszczeń w domu tego typu jest tak zaprojektowany, aby było możliwe osiągnięcie pasywnych zysków solarnych, czyli ograniczenie dziennych pomieszczeń światłem słonecznym. W tym celu stosuje się przeszklenia o dużej powierzchni. Często w domach pasywnych projektuje się okna połaciowe, które zajmują całą ścianę południową budynku. Od strony północnej zaś unika się projektowania otworów okiennych, ponieważ straty ciepła są tam największe. W idealnym domu pasywnym na ścianie północnej nie będzie żadnych okien albo będą tylko niewielkie, niezbędne świetliki o wysokiej szczelności. Dlatego powinny tu być tylko pomieszczenia gospodarcze czy też garaż. W domu pasywnym mogą się także znajdować instalacje wspomagające. W Polsce, ze względu na długi okres jesienno-zimowy i niewielką ilość słońca w tym czasie, takim rozwiązaniem jest piec akumulacyjny na energię elektryczną, który włącza się jedynie nocą, gdy obowiązuje niższa taryfa opłat za prąd. Dom pasywny jest inwestycją, która – jeśli jest odpowiednio zaplanowana oraz wykonana – pozwala na zmniejszenie kosztów eksploatacji obiektu nawet o 80% (Spurgiasz, 2020).

PODSUMOWANIE

W sektorze budownictwa mieszkaniowego w Europie budownictwo pasywne staje się standardem. Związane jest to z możliwością poprawy zarówno aspektu ekonomicznego, jak i jakości środowiska naturalnego. Dom pasywny musi być tak zaprojektowany, aby jego zapotrzebowanie na energię do celów ogrzewania nie przekraczało 15 kWh/m²/rok, a dodatkowe zapotrzebowanie na ciepło zostaje pokryte przez energię odnawialną. Ekonomiczne uzasadnienie budowy domu pasywnego sprawdza się poprzez porównanie z domem budowanym zgodnie z obowiązującymi normami zapotrzebowania na energię. Jeśli z prognoz i obliczeń wynika, że suma kosztów budowy domu pasywnego i jego eksploatacji w cią-



Rysunek 2. Pierwszy dom pasywny wybudowany w województwie zachodniopomorskim
 Źródło: Pierwszy dom pasywny... (b.d.).

gu 30 lat będzie równa sumie kosztów budowy i eksploatacji domu tradycyjnego, to taka budowa jest ekonomicznie uzasadniona. Dom pasywny ma na celu zatrzymanie wytwarzanej energii wewnątrz domu i zminimalizowanie jej strat. Budowa takich domów jest możliwa dzięki innowacjom w zakresie materiałów budowlanych. Domy pasywne wyznaczają nowy kierunek rozwoju budownictwa, ale ich minusem może być bryła takiego domu, która wynika z konieczności zapewnienia energooszczędności. Prostokątów z zwykłym spadzistym dachem niekoniecznie jest ładny, ale *de gustibus non disputandum est*.

LITERATURA

- Barańska-Fischer, M., Błażlak, R. i Szymański, G. (2016). *Innowacje w biznesie. Wybrane zagadnienia* Łódź: Monografie Politechniki Łódzkiej.
- Basińska, M. i Koczyk, H. (2014). Energy estimation of experimental passive building. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*, 61(3), 43-54.
- Czernecki, J. (2013). *Polityka innowacyjna w Polsce. Analiza i proponowane kierunki zmian*. Warszawa: Difin.
- Dom pasywny. (b.d.). Pobrane 21 października 2020 r. z <http://arcada.com.pl/dompasywny/>
- Drucker, P. (1992). *Innowacja i przedsiębiorczość. Praktyka i zasady*. Warszawa: PWE.
- Firląg, S. (2009). Określenie przepuszczalności powietrznej domu pasywnego. *Rynek Instalacyjny*, 11, 65-70.
- Firląg, S. (2014). *Poradnik inwestora. Budując z głową, budując energooszczędnie*. Warszawa: Fundacja Ziemia i Ludzie.
- Firląg, S. (red.). (2019). *Kompleksowa termomodernizacja budynków jednorodzinnych*. Warszawa: Fundacja Ziemia i Ludzie.
- Golejewska, A. (2019). *Regionalne systemy innowacji w Polsce. Funkcjonowanie, efektywność i perspektywy rozwoju*. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- GreenHouse. (b.d.). Nowe trendy w budownictwie. Pobrane 17 października 2020 r. z <http://domzeroenergetyczny.info/nowe-trendy-w-budownictwie.html>
- Kalecki, M. (1980). *Kapitalizm. Dynamika gospodarcza*, t. 2. Warszawa: PWE.
- Kapliński, O. (2017). Innowacje i trendy w budownictwie amerykańskim, *Materiały Budowlane*, 3, 74-76.
- Kotler, Ph. (1984). *Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola*. Warszawa: Gebethner i S-ka.
- Maj, A. i Marszałek, K. W. (2020). Ekologiczna świadomość i odpowiedzialność estetyczna w zawodzie architekta. *GLOBEnergia*, 3, 6-8.
- Malinowska, A. i Sikora, P. (2017). Problemy związane z zastosowaniem nowoczesnych technologii, w tym nanotechnologii, w termomodernizacji budynków. W: *Materiały z Konferencji „Współczesne problemy budownictwa”*, Katowice, październik 2017.
- Marciniak, M. i Ujma, A. (2018). Ocena opłacalności dostosowania obiektu mieszkalnego do standardu budynku pasywnego. *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, Budownictwo*, 24 (174), 232-238.
- Mielcarek, P. (2012). Innowacje a kształtowanie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. W: M. Sławińska (red.). *Gospodarka, technologia, zarządzanie* (s. 177-188). Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
- Napora, W. (2018). Cechy domu pasywnego. Pobrane 21 października 2020 r. z https://www.dobrzemieszkaj.pl/najlepsze_domy/technologie/334/cechy_domu_pasywnego,225882.html
- Nationwide Construction. (2016, 15 marca). Commercial Construction Company Industry: Top 5 Innovative Trends [Wpis na blogu].

- Pobrane 17 października 2020 r. z <http://www.nationwideconstruction.us/commercial-construction-company-industry-top-five-trends/>
- Pangsy-Kania, S. (2012). Rola innowacji w sektorze usług. W: M. Olszański i K. Piech (red.), *E-Biznes – innowacje w usługach. Teoria, praktyka, przykłady* (s. 22-40). Warszawa: PARP.
- Penc, J. (1999). *Innowacje i zmiany w firmie*. Warszawa: Placet.
- Pierwszy dom pasywny wybudowany w woj. zachodniopomorskim. (b.d.). Pobrane 21 października 2020 r. z <https://budujemydom.pl/budowlane-abc/domy-energooszczędne-i-pasywne/aktualności/18123-pierwszy-dom-pasywny-wybudowany-w-woj-zachodniopomorskim>
- Podręcznik Oslo. *Zasady gromadzenia i interpretacji danych dotyczących innowacji*. (2005). Paryż: OECD i Eurostat.
- Popczyk, J. (2018). Energetyka, jaką znamy, zniknie do 2050 roku. W: *Materiały IV Kongresu Energetycznego, Wrocław, 19-20 września 2018*.
- Porter, M. E. (1990). *The competitive advantage of nations*. London: The Macmillan Press.
- Schumpeter, J. (1960). *Teoria wzrostu gospodarczego*, Warszawa: PWN. *Słownik języka polskiego PWN*. (b.d.). Pobrane 16 października 2020 r. z <https://sjp.pwn.pl/slowniki/innowacja.html>
- Spurgiasz, K. (2020, 24 stycznia). Co to znaczy, że dom jest pasywny? Pobrane 21 października 2020 r. z <https://www.extradom.pl/porady/artykul-co-to-znaczy-ze-dom-jest-pasywny>
- Sulich, A., Rutkowska, M. i Pakulska, J. (2018). Green Economy as the next development stage of the Corporate Social Responsibility idea. W: *The International Scientific Conference on Challenges in Social Sciences and Business, Dubai, March 17-19, 2018*.
- Zięba, M. (2011). Innowacje w małych i średnich przedsiębiorstwach – rozważania teoretyczne. *Przeгляд Organizacji*, 7-8, 8-11.