

ARCHITEKTURA

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS

ARCHITECTURE

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

8-A/2010

ZESZYT 18

ROK 107

ISSUE 18

YEAR 107

JOANNA KABROŃSKA*

TECHNOLOGIE BUDOWLANE W PROCESIE POPRAWY JAKOŚCI ENERGETYCZNEJ BUDYNKÓW

BUILDING TECHNOLOGIES IN THE PROCESS
OF IMPROVEMENT OF BUILDINGS' ENERGY
PERFORMANCE

Streszczenie

Artykuł przedstawia nowe i ulepszone materiały budowlane oraz technologie służące zmniejszeniu zapotrzebowania na energię nieodnawialną w budynkach, w tym także wytwarzaniu energii. Rozpatrywane są również przewidywania dotyczące przyszłego zastosowania technologii jako instrumentu uzyskiwania wysokiej jakości energetycznej środowiska zbudowanego.

Słowa kluczowe: technologie budowlane, efektywność energetyczna

Abstract

The paper presents new and improved building materials and technologies for reduced energy consumption, and for energy production in buildings. The forecasted trends for future use of technologies as a means of achieving the high energy quality of the built environment are also investigated.

Keywords: building technologies, energy efficiency

* Dr inż. arch. Joanna Kabrońska, Wydział Architektury, Politechnika Gdańska.

1. Wstęp

Oszczędność energii oraz ochrona naturalnych zasobów i środowiska jest nie tylko jednym z najważniejszych zadań współczesności, lecz także znajduje się wśród najważniejszych społecznych idei. Rezultatem zmieniających się postaw wobec problemów energii i środowiska jest poszukiwanie materiałów i technologii umożliwiających ograniczenie negatywnego wpływu działalności człowieka – między innymi przez polepszenie efektywności energetycznej środowiska zbudowanego. Jednocześnie tworzone są nowatorskie projekty mające na celu zarówno pozyskiwanie energii z odnawialnych zasobów, jak również promocję nowego – służącego ochronie naturalnych zasobów – stylu życia. Jednak takie projekty nie byłyby możliwe bez rozwoju innowacyjnych technologii, w tym technologii budowlanych.

Realizacja opisanych powyżej zadań stała się kluczowym elementem wspólnej polityki państw Unii Europejskiej, a jednocześnie poprawa efektywności energetycznej budynków stała się jednym z priorytetów zarówno tej polityki, jak i „Polityki energetycznej Polski do 2030 roku”. Nie bez znaczenia jest rosnące zapotrzebowanie na energię w państwach rozwiniętych: w ciągu 30 lat – od 1974 do 2004 roku – zużycie energii wzrosło na jednego mieszkańca o 15,7% [8] i nadal rośnie. Przewiduje się zwiększenie zużycia energii o 57% między 2004 a 2030 rokiem [2]. Znaczny udział w owym procesie mają budynki – odpowiadają za 30–50% całkowitego zużycia energii w zależności od poziomu zamożności kraju oraz jego klimatu. Przeciętne zużycie energii przez sektor budowlany w UE wynosiło około 40% całkowitego zużycia, zaś w nowych państwach UE – także w Polsce – mogło wynosić nawet powyżej 50% [10].

Jednym z narzędzi realizacji polityki energetycznej UE jest dotycząca charakterystyki energetycznej budynku dyrektywa: *Energy Performance Building Directive*. Podstawowym celem dyrektywy jest poprawa charakterystyki energetycznej budynków z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań, klimatu oraz efektywności ekonomicznej. Wynika z niej też – wprowadzony od początku 2009 roku w Polsce – obowiązek świadectw charakterystyki energetycznej budynków. Świadectwo zawiera – oprócz charakterystyki energetycznej wyrażonej wskaźnikiem liczbowym – również rekomendacje dotyczące opłacalnych ekonomicznie ulepszeń jakości energetycznej budynku. Dalsze działania w tym kierunku: zwiększenie efektywności systemu świadectw oraz zaostrzenie w 2010/2011 roku minimalnych standardów w zakresie efektywności energetycznej budynków również zapisano w „Polityce energetycznej Polski do 2030 roku”.

2. Oszczędność energii w budynkach

Ilość energii wykorzystywanej w budynku wiąże się przede wszystkim z koniecznością zapewnienia komfortu i bezpieczeństwa użytkownikom, w tym odpowiedniej dla funkcji budynku temperatury, wilgotności i jakości powietrza wewnętrznego. W zależności od warunków zewnętrznych, wewnątrz budynku wymaga ogrzewania lub chłodzenia, kontroli wilgotności, wymiany powietrza. Wskutek stosowania ciągle udoskonalanych urządzeń i systemów w budynku (jak na przykład klimatyzacja) ilość energii

zużywanej przez budynki jest coraz większa. Wymienione elementy wskazują, jakie metody mogą przyczynić się do polepszenia efektywności energetycznej budynków. Wyższą efektywność energetyczną można uzyskać, ograniczając zużycie energii lub wykorzystując (wytwarzając) w budynku energię ze źródeł odnawialnych, przy czym stosować można zarówno tradycyjne i znane od dawna metody, jak też dopiero powstające technologie, w tym:

1. Środki projektowe oraz z zakresu technologii budowlanych dla maksymalizacji zysków energetycznych i minimalizacji strat energii w budynku.
2. Technologie związane z wytwarzaniem lub pozyskiwaniem energii ze źródeł odnawialnych lub przez skojarzone wytwarzanie ciepła i elektryczności (takie rozwiązania są promowane w nowej metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku), w tym technologie dla wytwarzania energii na małą skalę.
3. Wysokosprawne instalacje w budynku (grzewcze, c.w.u., oświetlenia, etc.) oraz systemy kontroli (termostaty, wyłączniki zmierzchowe, etc.).
4. Innowacyjne technologie budowlane i materiały.

Do pierwszej grupy zaliczyć można między innymi: wysoką jakość przegród zewnętrznych, przegrody przeszklone projektowane w sposób umożliwiający maksymalizację zysków cieplnych z promieniowania słonecznego i ochronę przed przegrzaniem, a także zaprojektowanie zwartej bryły budynku i jego usytuowanie w terenie z uwzględnieniem warunków lokalnych: ukształtowania terenu, kierunku wiatru, zieleni.

Urządzenia i systemy do wytwarzania energii na niewielką skalę – w tym w budynku – mogą wykorzystywać energię słoneczną (kolektory słoneczne płaskie oraz próżniowe, panele fotowoltaiczne), biomasę, energię wiatru (turbiny wiatrowe), wody (mikrohydroelektrownie), ziemi (gruntowe pompy ciepła) lub w sposób skojarzony produkować energię cieplną i elektryczną w oparciu o urządzenia małych mocy (mikrokogeneracja) [9].

3. Zastosowanie materiałów i technologii budowlanych dla poprawy jakości energetycznej budynków

Wśród technologii służących poprawie jakości energetycznej budynków jest wiele znanych już od lat, jednak nie są one stosowane na szerszą skalę – przede wszystkim z powodów ekonomicznych. Jednym z najważniejszych współczesnych wyzwań jest więc powszechne, bardziej efektywne wykorzystanie istniejących, ulepszonych technologii dla uzyskania wyższej jakości energetycznej budynków. Równocześnie powstają innowacyjne technologie i materiały, które – po obniżeniu kosztów stosowania – będzie można wprowadzić do masowego użytku.

Obecnie znaczną część wysiłków koncentruje się na rozwiązaniach polepszających jakość zewnętrznej obudowy budynku: izolacyjność termiczną przegród i ich zachowanie w zmiennych warunkach zewnętrznych. Skutkiem badań są zaawansowane technologicznie materiały budowlane o różnym przeznaczeniu. Wśród materiałów szczególnie nadających się do polepszenia jakości obudowy budynku można wskazać materiały izolacyjne: na przykład tak zwane izolacje transparentne, które nie tylko ograniczają uciekanie ciepła, podobnie jak tradycyjne materiały izolacyj-



ne, lecz również przepuszczają ponad 50% promieniowania słonecznego. Do takich materiałów zaliczyć można szkło o zadanych właściwościach umożliwiających eliminację niepożądanych zjawisk fizycznych, jak przegrzewanie, olśnienie czy uciekanie ciepła. Mogą to być silnie odbijające promieniowanie podczerwone szkła niskoemisyjne lub szkła przeciwsłoneczne z powłoką refleksyjną z tlenków metali, a także połączenia różnych powłok w jednej tafli lub tafle z różnymi powłokami w jednym zestawie, co umożliwi uzyskanie zakładanych cech przegrody przezroczystej.

Kolejną grupą materiałów są tak zwane materiały inteligentne (ang. *smart*) o właściwościach zmieniających się w efekcie impulsu elektrycznego, termicznego, świetlnego czy chemicznego – możemy do nich zaliczyć szkła chromogeniczne o zmiennych właściwościach optycznych, zależnych od czynników naturalnych lub sztucznych. Znane od dekad szkła fotochromowe reagują na zmiany natężenia promieniowania słonecznego, szkła termochromowe zmieniają się pod wpływem wahań temperatury powietrza, zaś szkła elektrochromowe pod wpływem przyłożonego impulsu elektrycznego zmieniają swój wygląd (od przezroczystego do matowego lub lustrzanego). Szkła elektrochromowe umożliwiają (w przeciwieństwie do dwu pierwszych) kontrolę operatora nad systemem przeszklenia, jednocześnie jednak powodują konieczność rozwiązania innych, dodatkowych problemów, jak działanie w trybie awaryjnym (czyli poziom przejrzystości szkła) lub długotrwała wytrzymałość w określonych warunkach pracy układu [3]. Systemy fasadowe z zastosowaniem szkła elektrochromowego polepszają komfort użytkownika, pozwalając na optymalne wykorzystanie energii słonecznej, dynamiczne zacienianie dla uniknięcia przegrzania, doświetlanie wnętrza światłem naturalnym – tym samym wpisują się w pojęcie „inteligentnej fasady” (ang. *smart skin*). Folie o właściwościach elektrochromowych mogą natomiast być stosowane w konstrukcjach powłokowych, co umożliwi tworzenie dużych i lekkich budynków, gdzie można zoptymizować napływ energii słonecznej i światła widzialnego do budynku [3]. Nowe technologie pozwalają więc na tworzenie budynków, których zewnętrzna obudowa wchodzi w różnorodne interakcje ze środowiskiem zewnętrznym, reagując na zmieniające się warunki otoczenia.

Elementem zewnętrznej obudowy budynku mogą również być elementy aktywnie wykorzystujące energię słoneczną: dokonujące konwersji tej energii na energię cieplną lub elektryczną. Panele fotowoltaiczne PV są przedmiotem wielu badań. Powstająca technologia czwartej generacji ma umożliwiać uzyskanie efektu fotowoltaicznego w szerokim zakresie promieniowania słonecznego, przez co istnieje możliwość produkcji energii nawet przy braku bezpośredniego oświetlenia słonecznego – przy częściowym zachmurzeniu. Takie ogniwo mogą stanowić na przykład, połączone w jedną warstwę nano-cząstki i polimery [2]. Systemy fotowoltaiczne zintegrowane z budynkami BIPV (Building Integrated Photovoltaic) – przezroczyste lub pokryte wzorami panele – redukują szczytowe zapotrzebowanie na energię oraz straty przesyłu. Mogą też być częścią stałych lub regulowanych urządzeń zacieniających.

4. Efektywność energetyczna – scenariusze dla przyszłości

Wskazuje się trzy główne pola działań na rzecz jakości energetycznej budynków: zmniejszenie zapotrzebowania na energię, upowszechnienie alternatywnych

źródeł energii wraz z wytwarzaniem energii na małą skalę (w budynkach) oraz użycie nowatorskich systemów magazynowania. Ten ostatni element jest uznawany za szczególnie ważny, gdyż umożliwia dopasowanie popytu i podaży energii, co wiąże się z koniecznością jej efektywnego magazynowania.

Redukcja maksymalnego (szczytowego) zapotrzebowania na energię pojedynczego budynku może być osiągnięta przez zastosowanie kombinacji „pasywnych” elementów w budynku, alternatywnych źródeł energii oraz systemów magazynowania. Oprócz tego powstają technologie, które wymagają magazynowania energii na masową skalę.

Do takich technologii należy CSP (*Concentrated Solar Power*) – skoncentrowana energia słoneczna jest przetwarzana na ciepło (temperatura wytworzona w ten sposób wynosić może ponad 1000°C) wprawiające w ruch turbiny prądotwórcze. Rozwój CSP potwierdza przewidywania odnośnie znaczącego postępu w zakresie technologii pozyskiwania energii słonecznej, który miałby nastąpić w czasie najbliższych 10 lat. Chociaż początek wznoszenia obiektów korzystających z tej technologii miał miejsce niemal dwadzieścia lat temu, dopiero teraz zaczęły powstawać – także w Europie – nowe realizacje. W Hiszpanii zbudowano niedawno lub obecnie wznosi się słoneczne instalacje: Andasol 1,2 oraz 3, Gemasolar czy Solnova 1 (ten ostatni obiekt jest częścią projektu Solúcar Platform – największej słonecznej instalacji w Europie, która do 2013 roku ma osiągnąć moc 300 MW) [6]. Jednak technologia CSP wymaga wydajnych systemów magazynowania zgromadzonej w ciągu dnia energii, by można ją było wykorzystać w nocy. Ciepło zebrane w czasie dnia może być magazynowane w betonie, ceramice, a także w materiale zmiennofazowym.

Właśnie materiał zmiennofazowy (ang. *phase change material* – PCM) jest kolejną technologią, z którą wiąże się duże nadzieje. Wydajnej i taniej technologii do magazynowania znacznych ilości ciepła poszukiwano od dawna, gdyż mogłaby polepszyć komfort użytkownika budynku przez ograniczenie zmian temperatury wewnętrznej. Materiały zmiennofazowe wkomponowane w przegrody budynku mają zdolność zwiększania akumulacji ciepła. Rozważa się także użycie materiałów zmiennofazowych dla pozyskiwania energii słonecznej, dla odzysku ciepła czy w systemie klimatyzacji w budynku. Jednak zastosowanie takiego materiału w budynku napotyka też problemy – nie jest możliwy wybór materiału PCM, który pasowałby do wszelkich możliwych warunków klimatycznych, występujących w określonej lokalizacji – materiał, który ogranicza skoki temperatury w zimie, nie jest skuteczny w lecie, jako że pozostaje w stanie płynnym przez cały ten czas [7]. Zakłada się, że w przyszłości takie i inne, dopiero rodzące się technologie umożliwią dalszą redukcję zapotrzebowania na energię w budynkach – przez zmniejszenie szczytowego zapotrzebowania na energię nowe technologie budowlane staną się bardziej opłacalne ekonomicznie, będą też bardziej zadawalające estetycznie i sprawniejsza będzie kontrola komfortu w budynku.

Oprócz poszukiwań najbardziej efektywnych technologii trwają też prace nad projektami, które promować będą nowy styl życia, uwzględniający w jak największym stopniu konieczność ochrony naturalnych zasobów i środowiska. Ponieważ przeważająca część zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych ma miejsce w miastach, budowa eko-miast może w przyszłości stać się kluczem dla kompleksowego rozwiązania problemów energetycznych i środowiskowych. Podjęta w la-

tach siedemdziesiątych budowa Arcosanti, pierwszego miasta łączącego innowacyjne (w owym czasie) technologie z oszczędnością energii, znalazła współczesną kontynuację w projekcie Masdar. Budowa zeroemisyjnego miasta Masdar (nazwa oznacza „źródło”) na pustyni w pobliżu Abu Dhabi jest obecnie najbardziej awangardowym projektem w dziedzinie energii odnawialnej.

Projekt miasta zakłada zużycie 30 kWh energii elektrycznej w budynkach na osobę w ciągu dnia (dla porównania przeciętna dla regionu wynosi 54 kWh). Zacienienie ulicy w efekcie większej gęstości zabudowy ma obniżyć temperaturę o niemal 20°C, zaś zastosowanie pomp ciepła przemieszczających energię cieplną z powierzchni w głąb ziemi zredukuje zapotrzebowanie na klimatyzację o 30%. Woda ma pochodzić z odsalania wody morskiej, co w połączeniu z recyklingiem obniży jej zużycie do 40% normy dla regionu. Energia słoneczna, wiatrowa oraz inne źródła energii odnawialnej dostarczą energii dla działania miasta, w tym dla laboratoriów badawczych i zakładów produkcyjnych. Miasto ma zużywać 20% energii konwencjonalnego miasta o podobnym rozmiarze – w Masdar ma zamieszkać 50 000 mieszkańców. Zakończenie budowy przewidziano na 2016 rok [1]. W założeniu ma to być korzystające wyłącznie z odnawialnej energii miasto o zerowej emisji dwutlenku węgla i o padów, a jednocześnie pierwszy test zastosowania na znaczną skalę technologii dotąd testowanych tylko na niewielką skalę – w większości w indywidualnych budynkach.

5. Wnioski

Wiele z omówionych technologii może być stosowanych już teraz lub znajdzie zastosowanie w najbliższej przyszłości. Można je stosować zarówno w pojedynczych budynkach, jak i w większych zespołach.

Budynki wyjątkowo nadają się do wykorzystywania chociażby konwersji energii słonecznej. Powłoka budynku jest głównym miejscem dla pozyskiwania takiej energii – stąd przewidywana fundamentalna rola budynków w przyszłości, nie tylko w zakresie wytwarzania energii, lecz jako aktywnych składników – węzłów rozdziału energii lub jej magazynów – w zdecentralizowanym modelu wytwarzania energii z pomocą alternatywnych źródeł. Powstające obecnie technologie budowlane będą miały ważną rolę do odegrania w tym modelu.

Literatura

- [1] Bullis K., *A Zero-Emissions City in the Desert*, Technology Review, 2/2009, 56-63.
- [2] Deubener J., Helsch G., Moiseev A., Bornhöft H., *Glasses for solar energy conversion systems*, Journal of the European Ceramic Society, 29/2009, 1203-1210.
- [3] Granqvist C.G., Niklasson G.A., Azens A., *Electrochromics: Fundamentals and energy-related applications of oxide-based devices*, Applied Physics A 89/2007, 29-35.



- [4] Hinnells M., *Technologies to achieve demand reduction and microgeneration in buildings*, Energy Policy, 37/2008, 4427-4433.
- [5] Munari Probst M.C., Roecker C., *Towards an improved architectural quality of building integrated solar thermal systems (BIST)*, Solar Energy, 81/2007, 1104-1116.
- [6] Ondrey G., *Solar's Second Coming*, Chemical Engineering, 3/2009, 18-21.
- [7] Pasupathy A., Velraj R., *Effect of double layer phase change material in building roof for year round thermal management*, Energy and Buildings, 40/2008, 193-203.
- [8] Pérez-Lombard L., Ortiz J., Pout Ch., *A review on buildings energy consumption information*, Energy and Buildings, 40/2008, 394-398.
- [9] Pitts A., *Future proof construction – Future building and systems design for energy*, Energy Policy, 36/2008, 4539-4543.
- [10] Poel B., van Crutchen G., Balaras C.A., *Energy performance assessment of existing dwellings*, Energy and Buildings, 39/2007, 393-403.
- [11] Ryghaug M., Sørensen K.H., *How energy efficiency fails in the building industry*, Energy Policy, 37/2009, 984-991.
- [12] Xu X., Van Dessel S., *Evaluation of an Active Building Envelope window-system*, Building and Environment, 43/2008, 1785-1791.