



## Energochłonność procesów technologicznych w budownictwie z uwzględnieniem tendencji rozwoju techniki

Marlena Rajczyk<sup>1</sup>

### STRESZCZENIE:

W artykule przedstawiono analizę oraz wskazano tendencje rozwoju obciążenia energochłonności przy realizacji oraz eksploatacji obiektów budowlanych. Wskazano potrzebę wykorzystania energii elektrycznej pozyskiwanej z fotowoltaiki z ukierunkowaniem na jej użycie w procesach budowlanych.

### SŁOWA KLUCZOWE:

energochłonność; procesy technologiczne; fotowoltaika

### 1. Wprowadzenie

Analizując kwestie energooszczędnego budownictwa, należy wspomnieć o kluczowym wykorzystaniu w ostatnich latach dla celów zmniejszenia energochłonności procesów budowlanych styropianu, który jest podstawowym materiałem w technologii termomodernizacji obiektów budowlanych. Użycie styropianu nie powinno jednak pozostawać jedynym wiodącym kierunkiem oszczędności energetycznej w budownictwie. Jak wynika z analizy energetycznej budownictwa mieszkaniowego, 70% zapotrzebowania energetycznego obejmuje eksploatacja obiektu w czasie przewidzianego okresu jego życia. Pozostałe 30% zapotrzebowania energetycznego to bilans energii związany z produkcją materiałów oraz z zapotrzebowaniem energetycznym na kompleksową realizację obiektu [1]. W pierwszej oraz drugiej grupie zapotrzebowania energetycznego w minionym 10-leciu znaczący postęp w rozwoju spowodowało wprowadzenie systemów bazujących na wykorzystaniu energii elektrycznej jako najbardziej efektywnego sposobu technicznego zastosowania źródeł energetycznych w zrównoważonym rozwoju budownictwa, szczególnie pozyskiwanej z odnawialnych źródeł energii. W końcu XIX wieku napędy parowe osiągały najwyższą sprawność ( $\mu$ ) mechanicznych układów napędowych na poziomie 7%. W przypadku silnika wysokoprężnego sprawność układu napędowego była na poziomie 40%, natomiast dla napędów elektrycznych sprawność wynosiła 80%. Ze względu na utrudnienia wynikające z potrzeby połączenia narzędzi roboczych z przewodami elektrycznymi urządzenia mechaniczne w robotach budowlanych zdominowane zostały przez niezależne napędy z silnikami spalinowymi, szczególnie w grupie maszyn dużych mocy do robót ziemnych. Specyfika pracy maszyn do transportu pionowego, np. żurawi budowlanych, wind oraz sprzętu tzw. małej mechanizacji, już w połowie XX wieku połączona była z uwzględnieniem efektywnych układów elektrycznych wynikających ze wskaźnika sprawności ( $\mu$ ). Obecny stan wiedzy oraz obserwowane tendencje rozwoju wskazują na potrzebę zwiększenia ogólnej wiedzy w zakresie bardziej efektywnego wykorzystania energii elektrycznej na potrzeby budownictwa. Dotyczy to zarówno pierwszej, jak i drugiej grupy zapotrzebowania energetycznego związanego

<sup>1</sup> Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa ul. Akademicka 3, 42-218 Częstochowa, e-mail: mrajczyk@bud.pcz.pl, orcid id: 0000-0002-4893-0931

z produkcją materiałów budowlanych, z procesami budowlanymi oraz z eksploatacją obiektów budowlanych.

## 2. Energochłonność materiałów budowlanych

Zwiększenie zapotrzebowania na materiały budowlane, których produkcja, transport czy utylizacja wiąże się z bilansem energii, powinno być wykorzystane w tzw. zrównoważonym rozwoju. W związku z tym należy dokonywać wyboru technologii wytwarzania przez minimalizację zapotrzebowania i efektywnego wykorzystania energetycznego. Z danych literaturowych [2-5] wynika, że 42% energii w UE zużywa budownictwo.

Aby zmniejszyć obciążenie środowiska, uczestnicy procesów budowlanych powinni kłaść nacisk na tzw. zrównoważone technologie zapotrzebowania na energię oraz na najbardziej efektywne jej wykorzystanie na wszystkich etapach cyklu życia i obróbki produktu. Dzięki takiemu podejściu realizacja budynków staje się nie tylko czysta, ale również bardziej ekonomiczna. Jednym z narzędzi określających wpływ materiału na otoczenie jest badanie produktu prowadzone w ramach określenia wskaźnika energii pierwotnej (EP), zgodnie z normami EN 15804 oraz EN 14025. W tym miejscu należy zauważyć, że wizja S. Żeromskiego o przyszłości szklanych domów jako wizjonerskiego argumentu kształtującego świadomość młodego człowieka staje się symbolem XXI wieku. Przykładem może być np. Huta Szkła „Guardian” oceaniona przez ośrodek badawczy Rosenheim, który wydał dla Guardiana deklaracje I i II stopnia zrównoważonego rozwoju, obejmujące trzy fazy oceny produktu: wytworzenia, wbudowania oraz utylizacji. Ciągłe prace nad podwyższeniem parametrów przyczynią się do realizacji wizjonerskich projektów architektonicznych, umożliwiając wykorzystanie nowoczesnych materiałów, tj. szkła o wysokich parametrach termoizolacyjnych z efektywną ochroną przeciwsłoneczną, a także o wysokich właściwościach izolacji akustycznej. Materiał ten pozwala na stworzenie nowoczesnych obiektów. Analiza energetyczna materiału obejmuje: produkcję, eksploatację z późniejszym jego porcyklingowym wykorzystaniem. Ocena wykazała, że właśnie ten materiał charakteryzuje się wysokim parametrem zrównoważonego rozwoju budownictwa. Szkło wpływa również na rozwój technologii fotowoltaicznych, wskazując na potrzebę efektywnego i ekonomicznego uzasadnienia w przyszłości wykorzystania tego materiału w budownictwie kubaturowym w aspekcie energetycznym.

## 3. Energochłonność procesów budowlanych w ocenie sprawności systemu ze wskazaniem źródeł energetycznych

W publikacjach [6, 7] autorzy omawiają metodę wyboru racjonalnych warunków produkcji elementów budowlanych w oparciu o kryterium minimalnego zużycia energii, gdzie za kryterium optymalizacji funkcji celu przyjęto minimalną wartość energii całkowitej zużywanej w ciągu danego procesu technologicznego. Wybór w metodzie oceny produkcji energetycznej polega na wprowadzeniu funkcji celu, w której między innymi bilansowane są ogniwa procesu fizyko-mechanicznego oparte na prawie zachowania energii, gdzie energię przypisuje się do danego procesu budowlanego, związanego ze wznoszeniem, eksploatacją w założonym czasie technicznego zużycia obiektów i utylizacją użytkową.

W procesie realizacyjnym jednostkowa energochłonność jest określona wg wzoru [6]:

$$\varepsilon = w \mu / p \quad (1)$$

gdzie:  $w$  - całkowita siła oporów związana z obróbką wbudowania elementu (N),  $\mu$  - sprawność systemu,  $p$  - ilość produkcji ( $m^2$ ,  $m^3$ , m.b., kg).

W bilansie energetycznym jednostkowa energochłonność przyjmuje postać:

$$\varepsilon p = \mu N t \quad (2)$$

gdzie:  $\varepsilon$  - jednostkowa energochłonność [ $kWh/m^3$ ],  $p$  - ilość produkcji [ $m^2$ ,  $m^3$ , m.b., kg],  $\mu$  - sprawność maszyny (systemu),  $t$  - czas trwania procesu [h],  $N$  - moc zainstalowana [kW].

#### 4. Energochłonność procesu a sprawność systemu

Jak wynika z analizy energetycznej procesu technologicznego, dla napędów maszyn i urządzeń wykorzystywanych podczas kompleksowej mechanizacji procesów budowlanych dominującą rolę spełnia ocena energetyczna maszyn. Ich sprawność w ujęciu ewolucyjnym można określić dla poszczególnych napędów:

- parowych, których sprawność wynosi do 7%,
- spalinowych, których sprawność wynosi do 42%,
- elektrycznych, których sprawność wynosi do 84%.

Aktualnie tendencje rozwoju niekonwencjonalnych źródeł energetycznych [8] wskazują, że światowy zrównoważony rozwój skłania się do mieszanego wykorzystania energii elektrycznej. Z tym związany jest również dynamiczny rozwój maszyn i urządzeń z napędami elektrycznymi z autonomicznym źródłem zasilania od nowej generacji akumulatorów eliminujących niedogodność posługiwania się tego typu urządzeniami bez konieczności stosowania połączenia przewodem elektrycznym. Jako przykład można podać ofertę firmy Stihl, która sprzedaje elektryczne wózki widłowe wykorzystywane do znormalizowanego transportu paletowego w przedziale nośności od 1600 do 8000 kg, w których autonomiczna instalacja dostarcza energii do elementów roboczych w czasie 8 godzin pracy. Natomiast w grupie tzw. małej mechanizacji firma Stihl oferuje coraz większy asortyment maszyn i narzędzi zasilanych przez autonomiczne akumulatorowe źródła energetyczne, np. piły z łańcuchami wyposażonymi w segmenty diamentowe lub tarcze diamentowe do cięcia betonu. Należy oczekiwać, że w nadchodzącym czasie pojawią się ręczne maszyny do robót wykończeniowych w postaci zacieraczek wysokowydajnych, wiertarek zainstalowanych z systemem zintegrowanej bezpyłowej pracy oraz szlifierek, które oprócz efektywnego wykorzystania energii charakteryzują się również cichą pracą. Z tym związany jest rozwój systemów fotowoltaicznych o wyższej sprawności. Systemy te stają się coraz bardziej powszechnym źródłem zasilania sprzętów małej mechanizacji oraz sprzętów średniej mocy, co znacząco wpłynie na wskaźnik zrównoważonych procesów budowlanych zarówno w I, jak i II grupie zapotrzebowania energetycznego w budownictwie.

Z doniesień literaturowych wynika, że w 2016 roku w Chinach zainstalowano elektrownie fotowoltaiczne o mocy 34 GW, tj. połowie potencjału fotowoltaicznego zainstalowanego na całym świecie w 2016 roku. Dla porównania w Unii Europejskiej w 2016 roku było to 7 GW. W USA w 2016 roku zainstalowany potencjał szacowany był na poziomie 14 GW, w Niemczech na 1 GW. Obecnie łączna moc zainstalowanej fotowoltaiki wynosi w Niemczech 40 GW, a w Polsce dążymy w nadchodzącym czasie do 1 GW. W przypadku odbiorców indywidualnych ważnym elementem rozwoju technologii fotowoltaicznej będą baterie do magazynowania energii, gdzie w przyszłości ich naładowanie będzie trwać kilka sekund na kilkunastogodzinną eksploatację dla 30 tysięcy cykli pracy bez strat w pojemności. Liczne publikacje przedstawiają nowatorską konstrukcję akumulatorów z USA, w której wykorzystane są superkondensatory oraz grafen dla potrzeb połączenia z kondensatorem nanorurkami o wysokiej przewodności elektrycznej, które są owinięte w metalowe półprzewodniki o grubości kilku atomów. Z kolei John B. Goodenough, wynalazca znanych ogniw litowo-jonowych, przyszłość akumulatorów widzi w szkle, które ma zastąpić stosowany do tej pory ciekły elektrolit. Wyposażona w stały elektrolit bateria ma gromadzić trzy razy więcej energii. Szkło jako ciało stałe o stanie amorficznym jako struktura wewnętrzna przypomina ciecz, dlatego stosowane domieszki, które pojawiają się w ostatnim okresie w postaci struktur grafenowych, pozwalają zrobić z niego elektrolit. Ponadto John B. Goodenough wskazuje również na możliwość zamiany litu na sód. Praca [7] wydana przez brytyjskie Royal Society of Chemistry jest nową strategią w rozwoju bezpiecznych baterii i wskazuje, że w nadchodzącym czasie nastąpi bardzo wiele zmian w techniczno-technologicznych rozwiązaniach i zastosowaniach w budownictwie.

#### 5. Wnioski

W ciągu 10 lat około 80% narzędzi i instalacji z grupy tzw. małej mechanizacji wykorzystywanych w budownictwie będzie posiadało 3 razy większe moce energetyczne oraz zwiększone

pojemności elektroenergetyczne. Nowe konstrukcje baterii będą zasilane w dużym stopniu z fotowoltaicznych systemów zasilania.

Należy oczekiwać, że w nadchodzącym dziesięcioleciu rozwój naukowy doprowadzi do zwiększenia do 30% sprawności znamionowej systemów monokrystalicznych ogniw fotowoltaicznych. W 2018 roku w Chinach Akademia Nauk poinformowała o osiągnięciu sprawności znamionowej dla monokrystalicznych ogniw fotowoltaicznych na poziomie 24%.

Oczekiwać należy, że w bliskiej przyszłości większość narzędzi technologicznych z grupy maszyn tzw. małej mechanizacji oraz zintegrowanych systemów automatyzacji utrzymania i zarządzania obiektami budowlanymi zasilane będą z wysoko efektywnych akumulatorowych źródeł energetycznych.

Celowe jest wprowadzenie do programu nauczania studentów kierunku budownictwo rozszerzonych podstaw w zakresie teorii i praktyki budowy i eksploatacji systemów pozyskiwania oraz magazynowania energii z wykorzystaniem układów fotowoltaicznych oraz automatycznych akumulatorowych źródeł energii elektrycznej.

## **Literatura**

- [1] Kraszkiewicz D., *Energoozczędność w budownictwie*, [https://pol.sika.com/content/poland/main/pl/group/newsletter/do\\_pobrania.html](https://pol.sika.com/content/poland/main/pl/group/newsletter/do_pobrania.html) (28.11.2018).
- [2] Bromberek Z., *Energoozczędność a rozwój miast, Izolacje 2014*, 1, 14-19.
- [3] Golański M., *Wybór materiałów budowlanych w kontekście efektywności energetycznej i wpływu środowiskowego*, *Przeg. Bud.* 2011, 3, 76-83.
- [4] Ustawa z dnia 27.04.2001, *Prawo Ochrony Środowiska Dz.U.* 2001, Nr 62.
- [5] *Jak zmniejszyć energochłonność materiałów budowlanych*, [http://www.budnet.pl/Jak\\_zmniejszyc\\_energochlonnosc\\_materiałow\\_budowlanych,Ekologicznie\\_i\\_energoozczednie,120208-czytaj.html](http://www.budnet.pl/Jak_zmniejszyc_energochlonnosc_materiałow_budowlanych,Ekologicznie_i_energoozczednie,120208-czytaj.html) (28.11.2018).
- [6] Bobko T., Całusiński P., *Wybór racjonalnych warunków produkcji energetycznych elementów budowlanych*, *BoZPE* 2012, 1(9), 19-35.
- [7] Braga M.H., Grundish N.S., Murchison A.J., Goodenough J.B., *Alternative strategy for a safe rechargeable battery*, *Energy Environ. Sci.* 2017, 10, 331-336.
- [8] Bobko T., Całusiński P., *Modelowanie energoozczędnej technologii produkcji elementów konstrukcji budowlanych metalowych o zadanych parametrach*, [w:] T. Bobko, J. Rajczyk (red.), *Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2011, 9-24.

## **Energy consumption of technological processes in construction, taking into account the trend of technology development**

### **ABSTRACT:**

The article presents an analysis and indicates trends in the development of the load of energy intensity in the implementation and operation of construction works. The need to use electric energy obtained from photovoltaic is indicated with an indication of the directions of evaluation of its development of the use of electricity in building processes in the aspect of access to new technologies.

### **KEYWORDS:**

energy consumption; technological processes; photovoltaics