

Małgorzata Z. WILCZKIEWICZ, dr inż. arch.

Uniwersytet Rolniczy
Katedra Gospodarki Przestrzennej i Architektury Krajobrazu
ul. Balicka 253C, 30-149 Kraków
e-mail: m.wilczkiewicz@ur.krakow.pl

BUDOWANIE KRAJOBRAZU NOWYM KIERUNKIEM W ARCHITEKTURZE NOWEGO JORKU

STRESZCZENIE

Architektura nie istnieje w oderwaniu od krajobrazu. Zawsze jednak istniał pewien dystans pomiędzy domem a ogrodem- była to granica, która chroniła budynek przed niszczącą siłą roślinności. Te dwa, tak odległe od siebie środowiska - naturalne i sztuczne- zostały zmuszone do bardzo bliskiej kooperacji. Stało się tak za sprawą projektantów budujących krajobraz. Autorka omawia nowy kierunek na przykładach obiektów zrealizowanych ostatnio w Nowym Jorku.

1. WPROWADZENIE

Koniec wieku XX przyniósł wiele zagrożeń dla świata i ludzkości co spowodowało potrzebę współdziałania wszystkich kontynentów na wielu frontach. Idea Rozwoju Zrównoważonego, która pojawiła się na zjeździe ONZ-u w roku 1987 została uznana za ideę ogólnoswiatową- uznano za konieczne przeciwstawienie się procesowi degradacji planety Ziemi. Przyjęto do realizacji program zapewniający spełnianie potrzeb teraźniejszości bez zawłaszczania możliwości przyszłych pokoleń dla własnego rozwoju.

2. SUSTAINABLE ARCHITECTURE

Rozpoczęto realizację szeregu programów naukowych, technicznych i wdrożeniowych mających na celu oszczędzanie energii konwencjonalnej i rozwój energetyki grzewczej opartej o alternatywne źródła energii. W ramach ochrony środowiska pojawiły się programy ochrony wody i powietrza przed agresywnym działaniem przemysłu. Na fali *sustainable development* pojawił się termin *sustainable architecture*.

W miastach zazieleniły się dachy, które miały przywrócić równowagę termiczną w betonowych miejskich pustyniach. Zielone dachy obniżając temperaturę budynku przyczyniały się do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej pochłanianej przez klimatyzatory. Woda

pochodząca z opadów atmosferycznych zatrzymywana przez warstwy zielonego dachu paruje bezpośrednio do atmosfery omijając przeciążone miejskie systemy kanalizacyjne. Pyły znajdujące się w zanieczyszczonym miejskim powietrzu gromadzą się na zielonym dachu a zatem oczyszcza się powietrze którym oddychamy. Do zalet należy dodać także naturalny, zielony wygląd budynku. W ciągu ostatnich dwudziestu lat uporano się z problemami technicznymi pojawiającymi się na styku budynek- roślina. Pojawiły się firmy wyspecjalizowane w wykonawstwie a także nauczono się dobierać rośliny o szczególnej odporności na okresowe braki wody. (Fot.1)

Hasła recyklingu rozpowszechnione w Europie obiegły świat. Zaczęto bacznie przyglądać się terenom miejskim nie funkcjonującym w sposób prawidłowy. Zauważono, że na skutek niefortunnnych decyzji planistycznych i projektowych wiele budynków pojawiło się w krajobrazie w sposób nie do końca przemyślany lub też w wyniku zmian ekonomicznych przestały funkcjonować zgodnie z pierwotnym przeznaczeniem. Porzucone i opuszczone stawały się problemem dla miejscowych władz pragnących przywrócić ład przestrzenny.

3. REWITALIZACJA MIEJSKICH TERENÓW POPRZEMYSŁOWYCH.

Wiek XXI wprowadził w życie nowe technologie i rozwiązania techniczne, co sprawiło że obiekty a nawet całe obszary technologiczne które służyły miastu w XX wieku przestały być użytkowane. Mowa tutaj o kolejach nadziemnych, dokach portowych i starych fabrykach zlokalizowanych na terenie Manhattanu (Nowy Jork) Ze względu na wysoki koszt rozebranie i utylizacja stalowych konstrukcji i betonowych fundamentów przekraczało możliwości miejskiego budżetu, a zatem szukano innego rozwiązania.

3.1. Promenade Plantee (Paryż)

Idea zagospodarowania estakad pozostałych po nieużywanych trakcjach kolei nadziemnej przywędrowała do Stanów Zjednoczonych z Francji. Tutaj w 1993 roku został oddany do użytku park usytuowany na końcowej stacji linii kolei nadziemnej łączącej dzielnicę Vincennes z Paryżem. Fragment estakady kolejki został włączony do systemu miejskich kolei podziemnych a pozostała część trakcji kolejowej porastała samowysiewającymi się chwastami, odpornymi na działanie wysokiej temperatury i okresowe braki wody. Widok ten zainspirował architektów i wkrótce na deskach Philippe Mathieux i Jacques'a Vergely powstał projekt zagospodarowania nieużywanej estakady. W roku 1993 park nazwany La Promenade Plantee otworzył swoje podwoje dla zwiedzających. Tak więc nowa funkcja pozwoliła miastu odzyskać teren i zwrócić go mieszkańcom w formie zieleni miejskiej.

3.2. High Line Park (Nowy Jork)

Promenade Plantee zapewne sprawiła że mieszkańcy Meatpack District w Nowym Jorku zamierzali w podobny sposób zagospodarować znajdujące się w ich sąsiedztwie torowisko. W roku 2003 odbył się międzynarodowy konkurs architektoniczny na zagospodarowanie stalowej estakady *High Line*. Zwyciężył zespół architektów Diller Scofidio+Renfro oraz firma zajmująca się architekturą krajobrazu- Jamez Corner Field Operations. Przy realizacji współpracował także holenderski ogrodnik Pier Oudolf. Powstał współczesny wiszący park- ogród, będący efektem współpracy architektów, konserwatorów (metalowa konstrukcja wymagała zabezpieczenia) oraz ogrodników. Pierwszy fragment High

Line Park został oddany do użytku publiczności w 2009. Zielona enklawa, unosząca się nad powierzchnią Manhattanu jest dostępna z poziomu ulicy poprzez klatki schodowe i windy. Nawierzchnia terenu oraz sposób zagospodarowania przestrzeni nawiązuje bardzo wyraźnie do pierwotnej funkcji miejsca, ścieżki przypominają podkłady kolejowe a ławki przesuwają się wzdłuż szyn kolejowych celowo wprowadzonych jako element dekoracji przestrzennej. Całości niezwyklej lokalizacji tego parku dopełnia roztaczający się z estakady widok na Hudson River. Nowo otwarty park udostępnia swoje przestrzenie także osobom niepełnosprawnym, ponieważ dwie windy znajdujące się na estakadzie oraz ubikacje są przystosowane do obsługi osób poruszających się na wózkach. (Fot.2)

4. BUDOWANIE KRAJOBRAZU

4.1. Teardrop Park, Manhattan, NY

Pragnąc udostępnić mieszkańcom manhattańskich apartamentowców kontakt z przyrodą wybudowano fragment krajobrazu w przestrzeni międzyblokowej. Miejsce, gdzie znajduje się obecnie park było pierwotnie zupełnie płaskie. Konfiguracja terenu została tutaj utworzona w sposób sztuczny.

Teardrop Park jest to niewielki obszar znajdujący się pośrodku zabudowy mieszkaniowej Dolnego Manhattanu (New York City) zwanej Battery Park City. Został otwarty dla publiczności w 2004 roku. Kompozycyjnie Park jest podzielony na dwie części, w środku których znajduje się wysoka kamienna ściana, naśladująca naturalną skałę. Materiał do jej zbudowania (nieregularne, granitowe bloki) zostały sprowadzone z gór Catskill znajdujących się w stanie Nowy Jork. W środku ściany znajdują się otwory, z których wypływa woda na zewnątrz. Ideą Michaela Van Valkenburga¹, projektanta parku było utworzenie w zimie sopli lodowych, naśladujących oryginalne sople (ściana lodowa). Dwa obszary Parku łączy krótki tunel, który powstał jako hołd dla Fredericka Law Olmsteda, na wzór sztucznych tuneli wybudowanych w Central Parku. W Teardrop Park urządzenia do zabaw dla dzieci są integralnie związane z utworzonym w sposób sztuczny krajobrazem. Park był projektowany we współpracy z organizacją *Natural Learning Initiative*². Ziemia w Parku została przygotowana w ten sposób, aby mogła utrzymywać roślinność na terenie Parku bez ingerencji sztucznych nawozów. Teardrop Park stał się ulubionym miejscem

¹ Architekt krajobrazu Michael Van Valkenburg otrzymał w 2011 roku nagrodę Honorową ASLA za osiągnięcia w dziedzinie Architektury Krajobrazu dokonane w ciągu ostatnich 10 lat.

² Susan Hines, *Abstract Realism*, Landscape Architecture, February 2007. *Natural Learning Initiative* jest to organizacja skupiająca pedagogów i psychologów opracowujących systemy nauczania w kontakcie z naturą. Wg. Założycieli organizacji, cywilizacja poprzez gwałtowny rozwój oderwała dzieci i młodzież od natury które wzrastają w środowisku sztucznym (klimatyzowane pomieszczenia, podróże samochodem, sale gimnastyczne zamiast spacerów w terenie) *Natural Learning Initiative* próbuje to zmienić . <http://www.naturallearning.org>

mieszkańców okolicznych budynków a rozgłos jaki uzyskał Michael Van Valkenburg w środowisku architektów krajobrazu przyczynił się do otrzymania przez niego wielu nagród przyznawanych corocznie przez ASLA. Wydaje się, że przyczynił się także do otrzymania zlecenia na projekt i realizację Brooklyn Bridge Park, parku otwartego w roku 2010. Nowojorczycy zachwyceni Teardrop Park pokochali styl Valkenburga i zapragnęli kolejnych „zaczysznych miejsc wśród skał i łąk” tuż zaraz obok swoich budynków apartamentowych. Wydaje się że jest on postacią najbardziej reprezentatywną wśród amerykańskich architektów krajobrazu młodego pokolenia działających w myśl idei *sustainable architecture*. (Fot. 3)

4.2. Restauracja przy Lincoln Center, NY, NY.

Omówione powyżej przykłady pokazują jak można stworzyć sztuczny krajobraz wykorzystując jako element nośny konstrukcje obiektów których funkcja uległa zmianie wraz z upływem czasu. Obecnie na fali *Green Sustainable Architecture* postanowiono zamienić betonowe, miejskie pustynie wielkich miast w oazy zieleni. Przykłady rewitalizacji terenów przemysłowych są dowodem, że jest to możliwe. A zatem wykorzystuje się każdy nowy pomysł pozwalający na wprowadzenie zieleni w mury miast. Przyszła więc moda na budowanie budynków, będących elementem krajobrazu w mieście. Architekci nie zadawalają się już projektowaniem zielonego dachu, którego celem jest reemisja spalin i obniżenie temperatury powietrza. Powstają budynki które są sztucznym krajobrazem. Zielony dach jest nie tylko zieloną plamą w szarej strukturze miasta. Jest naturalną zielenią, trawnikiem na który można wejść bosą nogą lub odpocząć na trawie. Oddany w 2011 roku do użytku budynek kawiarni przy Lincoln Center jest właśnie tego typu architekturą. (Fot.4)

Wydaje się że idea Frank Lloyd Wrighta całkowitego zespolenia architektury z krajobrazem wchodzi w życie właśnie teraz. Wzory amerykańskie przenikają do Europy. Kierunki stają się ogólnoświatowe, nie ma podziału na stary i nowy kontynent. Jest tylko dobre albo złe rozwiązanie. Projektanci przemieszczają się z kraju do kraju, projektując w różnych miejscach świata architekturę, która jest wizytówką ich stylu.

Zespół teatrów Lincoln Center wybudowany pół wieku temu pełni rolę centrum kulturalnego dla tej części Manhattanu zwanej Upper West Side. W miejscu gdzie znajdował się modernistyczny plac zamknięty ulicą wybudowano pawilon-restaurację³, budynek który przyciąga uwagę turystów i aktorów. Jego dach w kształcie siodłowym sięgający do ziemi (hyperboidalno-paraboidalny) jest ogólnie dostępną publiczną łąką na której można spacerować boso, ba nawet położyć się w upalny, letni dzień. (Fot. 5) Niezwykły budynek powstał w kooperacji dwóch firm: Diller Scofidio+ Renfro⁴ (DSR) i FXFOWLE jako jeden z elementów renowacji modernistycznego kompleksu the Juilliard School i Alice Tully Hall. Ideą projektantów było przełamanie szarej monotonii modernistycznej, betonowej

³ Linda c.Lentz, *Lincoln Restaurant Pavilion & Lawn*, Architectural Record 06/2011 s.47-53

⁴ Diller Scofidio + Renfro firma ta zajmująca się architekturą krajobrazu jest autorem omawianego już w tekście High Line Park.

przestrzeni miejskiej poprzez wprowadzenie trójkąta naturalnej, prawdziwej zieleni. Zaprojektowany budynek ma także pełnić rolę bariery osłaniającej Lincoln Center przed hałasem dochodzącym z ruchliwej ulicy sąsiadującej z placem.

Sama konstrukcja zielonego dachu, o grubości od 30-45 centymetrów zawiera w sobie szereg warstw izolacji wodoszczelnych jak również system drenażowy zapewniający odpływ wody z nietypowej łąki. Zastosowano również specjalne zabezpieczenia zabezpieczające przed zsuwaniem się darni na skutek ulewnego deszczu. Zasiana tam trawa pochodzi z odpowiednio dobranych gatunków (*Kentucky Bluegrass* i *Tall Fescue Grass*) pomieszanych w proporcjach zarekomendowanych przez eksperta z Cornell Department of Horticulture dr. Franka Rossi. Restauracja Lincoln Center nie jest jedynym przykładem „budowania krajobrazu” Na całym świecie powstają budynki przypominające sztuczne wzgórza pokryte zieloną murawą. Do tych najbardziej znanych możemy zaliczyć Muzeum Holokaustu w Los Angeles⁵ autorstwa Belzberg Architects. „Krajobrazowe” budynki powstają także w Europie. City of Culture of Galicia –archiwum i biblioteka Galicji⁶, kompleks znajdujący się ciągle w budowie w mieście Santiago de Compostella (Hiszpania) Budynki w kształcie sztucznych gór mieszczą bardzo różne funkcje a skomplikowany system zielonego dachu jest dodatkową atrakcją plastyczną. Zielony dach jest wykorzystywany jako przestrzeń rekreacyjna. Na zamieszczonym poniżej zdjęciu widzimy turystów wypoczywających na sztucznej łące dachu „tarasu” nowo wybudowanej restauracji przy Lincoln Center.

5. PODSUMOWANIE

Miejsce styku dwóch podstawowych środowisk- naturalnego i sztucznego- jest w wizji przestrzeni architektonicznej i ogrodowej linią demarkacyjną pomiędzy dwiema dziedzinami kształtowania przestrzennego- architekturą i architekturą krajobrazu. Przez stulecia te dwa środowiska pozostawały w ścisłej separacji a niekontrolowane próby przekraczania tej granicy kończyły się destrukcją budynku spowodowaną poprzez inwazję roślin.

Wydaje się że te dwa systemy –naturalny i sztuczny – wreszcie zaczęły ze sobą kooperować. Po latach prób i doświadczeń architekci odnaleźli sposób aby rozwiązać problemy techniczne związane z połączeniem dwóch środowisk, naturalnego i sztucznego w sposób nie powodujący wzajemnej destrukcji. Możemy jedynie śledzić rozwój tego nowatorskiego kierunku zastanawiając się czy wejdzie on na trwałe do historii światowego budownictwa czy też pozostanie efemerydą, modą jednego sezonu.

6. LITERATURA

- [1] Sarah Amelar *Brooklyn Bridge Park-Designers transform a defunkt shipping complex and reconnect a city with its waterfront* Architectural Record January 2011 s.82-89
- [2] Wacław Celadyn, *Architektura a systemy roślinne- stadium relacji między elementami architektonicznymi a roślinnymi*, Politechnika Krakowska 1992

- [3] Linda c.Lentz, *Lincoln Restaurant Pavilion & Lawn*, Architectural Record 06/2011, s.47-53
- [4] Susan Hines, *Abstract Realism*, Landscape Architecture, February 2007.
- [5] [http:// www.thehighline.org/](http://www.thehighline.org/)
- [6] <http://www.promenade-plantee.org>
- [7] <http://www.brooklynbridgepark.org>
- [8] <http://www.Theteardroppark.org>

THE ARTIFICIAL LANDSCAPE AS A NEW TREND IN XXI CENTURY ARCHITECTURE.

SUMMARY

Green space as a method of revitalization of post-industrial urban places is well known. Two of the New York's latest parks were created in very exceptional places, using as a structure base existing elevated train tracks. Artificial landscape was build atop of the tracks. On the beginning of the XXI Century the architects create the new Hybrid-buildings combined with plants, according to the rules of the sustainable architecture.

SPIS RYSUNKÓW



Rys. 1. Badanie wytrzymałości roślin pod kątem dachowych nasadzeń, Staten Island, NY.

Fot. autor

Fig. 1. Testing station for plant suitability & use regarding future green roofs, Staten Island, NY.



Rys. 2. Wejście do High Line Park (12th.Street West) NYC, NY. Fot.autor
Fig. 2. The 12th.Street Entrance to the High Line Park, NYC, NY.



Rys. 3. Sztuczna ściana przedzielająca The Teardrop Park, NYC, NY. Fot.autor
Fig. 3. The artificial wall divided the space of The Teardrop Park, NYC, NY.



Rys. 4. Restauracja przy Lincoln Center, NYC, NY. Fot. autor
Fig. 4. Restaurant near Lincoln Center, NYC, NY.



Rys. 5. Turyści wypoczywający na dachu-tarasie restauracji przy Lincoln Center, NYC, NY.
Fot. autor
Fig. 5. Tourists resting on the roof of the restaurant at the Lincoln Center, NYC, NY.

Beata WILK-SŁOMKA, dr inż.

Politechnika Śląska
Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice
e-mail: Beata.Wilk-Slomka@polsl.pl

WPLYW ZASTOSOWANIA PASYWNYCH SYSTEMÓW POZYSKIWANIA ENERGII SŁONECZNEJ NA CHARAKTERYSTYKĘ ENERGETYCZNĄ BUDYNKU JEDNORODZINNEGO

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono analizę wpływu zastosowania pasywnych systemów pozyskiwania energii słonecznej na charakterystykę energetyczną budynku jednorodzinnego. Wykorzystanie systemu zysków bezpośrednich to najprostsza forma pasywnego pozyskiwania energii promieniowania słonecznego. W analizach rozpatrywano wpływ zmiany rozwiązań strukturalno-materiałowych przegród nieprzezroczystych (wybrane przegrody zewnętrzne i wewnętrzne) oraz współczynnika przenikania ciepła przegród przezroczystych (okien) na zyski ciepła od promieniowania słonecznego, wskaźniki rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną i końcową oraz zapotrzebowanie na energię dla celów grzewczych i wentylacji dla budynku jednorodzinnego.

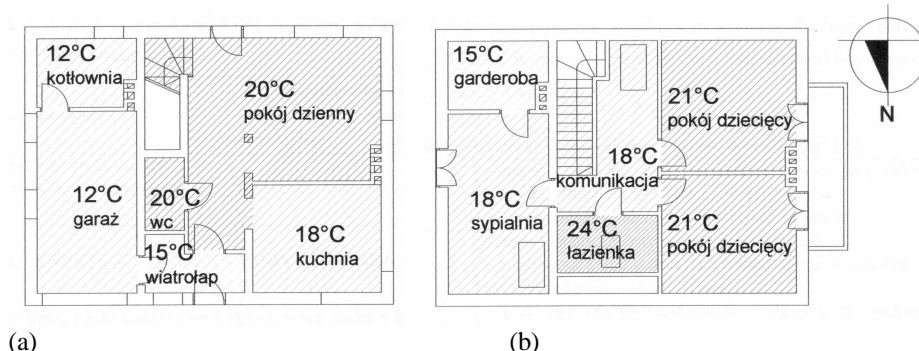
1. WPROWADZENIE

Systemem zysków pasywnych (biernych) określa się takie sposoby wychwytywania, akumulacji i rozdziału zysków ciepła, w których procesy heliologiczne przebiegają bez stosowania mechanicznych urządzeń napędowych. Transport ciepła odbywa się na drodze konwekcji naturalnej, przewodzenia i promieniowania. Istota działania pasywnych systemów wykorzystania energii promieniowania słonecznego polega na przepuszczaniu do wnętrza obiektu promieniowania krótkofalowego przez przezroczyste przegrody, które na napotkanych elementach struktury budynku ulegają konwersji w energię cieplną. Elementy pochłaniające nagrzewając się emitują długofalowe promieniowanie ciepłe, które nie jest wypromieniowywane na zewnątrz. O efektywnym funkcjonowaniu pasywnego systemu

pozyskiwania energii słonecznej decyduje ściśle określony (zaprojektowany) układ strukturalno-materiałowy. Jednym z najprostszych pasywnych systemów pozyskiwania energii słonecznej jest system zysków bezpośrednich. Pochłanianie, akumulowanie i emitowanie ciepła następuje w obrębie pomieszczenia. Pozyskane ciepło przez przegrody przezroczyste (elementy obudowy zewnętrznej) w pewnej części ogrzewa powietrze w pomieszczeniu, a jego chwilowa nadwyżka jest akumulowana w masywnych przegrodach budowlanych (ściany wewnętrzne, stropy, posadzki). Ogrzewane pomieszczenie w całości stanowi kolektor, a otaczające je przegrody – zasobnik i emiter (grzejnik) energii cieplnej pozyskanej z promieniowania słonecznego [2], [3].

2. PRZEDMIOT ANALIZ

Przedmiotem pracy jest budynek mieszkalny jednorodzinny, niepodpiwniczony, parterowy z poddaszem użytkowym, zlokalizowany w Katowicach, przeznaczony dla czterech osób. Budynek zaprojektowany został na rzucie prostokąta o wymiarach 11,3x8,6 m; wykonany w technologii tradycyjnej murowanej; przykryty dwuspadowym dachem o kącie nachylenia 45°; dach przekryty dachówką ceramiczną. Współczynnik kształtu budynku wynosi $A/V_e=0,82 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ – bryła średnio zwarta zgodnie z klasyfikacją przedstawioną w pracy [4]. Układ funkcjonalny charakteryzuje się wyraźnie wydzieloną strefą dzienną i nocną. Układ pomieszczeń został dokonany przy zastosowaniu strefowania pomieszczeń – pomieszczenia najcieplejsze zostały usytuowane w centrum, a wokół nich rozplanowano chłodniejsze. Na rys. 1 przedstawiono rzut parteru i piętra przedmiotowego budynku [1].



Rys. 1. Rzut budynku: (a) parter, (b) poddasze [1]
Fig. 1. Projection of the building: (a) ground floor, (b) attic [1]

Zestawienie powierzchni [1]:

- powierzchnia całkowita: $193,36 \text{ m}^2$
- powierzchnia użytkowa ogrzewana: $124,40 \text{ m}^2$
- kubatura brutto: $608, 20 \text{ m}^3$
- kubatura ogrzewana brutto: $491,20 \text{ m}^3$.

Obliczenia zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną przeprowadzono zgodnie z procedurą zawartą w [6], dodatkowo przyjęto następujące dane:

- c.o.: kocioł 2-funkcyjny gazowy 70%, biomasa 30%; c.w.u.: kocioł 2-funkcyjny gazowy;
- wentylacja: grawitacyjna.

Współczynniki przenikania ciepła dla poszczególnych przegród wynoszą spełniając wymagania izolacyjności termicznej zawarte w [5] – por. tab. 1. Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną i końcową wynosi odpowiednio: EP = 231,42 [kWh/m²a], EK = 292,81 [kWh/m²a].

3. METODOLOGIA ANALIZ

Pierwszym krokiem analiz była zmiana rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych przegród zewnętrznych (zwiększenie grubości materiału izolacyjnego) oraz wybranych przegród wewnętrznych (zmiana pojemności cieplnej). Współczynniki przenikania ciepła charakteryzują się niższymi wartościami niż podane w [5] – por. tab. 1, grupa G1 (W1÷W5). W drugim kroku zmniejszono wartość współczynnika przenikania ciepła przegród tak, aby został spełniony warunek: $U \leq 0,15$ [W/m²K] – por. tab. 1, grupa G2, (W6÷W10). Jednocześnie, w obu grupach zmieniono parametry przegród przezroczystych (okien) – współczynnik przenikania ciepła, rodzaj szklenia, ilość szyb i współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego – por. tab. 2. We wszystkich obliczeniach przyjęto jednakowe rozwiązania instalacyjne, jak dla wariantu wyjściowego W0.

Tabela 1. Współczynniki przenikania ciepła przegród budowlanych

Table 1. Heat transfer coefficients of building partitions

Rodzaj przegrody	Współczynnik przenikania ciepła U [W/m ² K]		
	wariant wyjściowy (W0)	grupa G1 (W1÷W5)	grupa G2 (W6÷W10)
Podłoga na gruncie	0,32	0,25	0,15
Ściany zewnętrzne	0,26	0,21	0,15
Strop nad garażem	0,24	0,21	0,14
Strop nad poddaszem	0,23	0,20	0,14
Dach	0,23	0,21	0,15
Ściana wewnętrzna oddzielająca garaż od parteru	0,44	0,32	0,21

Tabela 2. Charakterystyka przegród przezroczystych (okna jednoskrzydłowe)
Table 2. Window's parameters of individual variants

parametr wariant	współczynnik przenikania ciepła okna U_{okna} [W/m ² K]	rodzaj szklenia	ilość szyb	profil okna	współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego g [-]
W0	1,60	zwykłe	dwie	3-komorowy PCV uszczelnienie zewnętrzne	0,75
W1, W6	1,20	zwykłe	dwie	3-komorowy PCV uszczelnienie zewnętrzne	0,75
W2, W7	1,10	jedna powłoka selektywna	dwie	5-komorowy PCV	0,67
W3, W8	0,95	dwie powłoki selektywne	trzy	5-komorowy PCV wkładka termiczna	0,50
W4, W9	0,86	dwie powłoki selektywne	trzy	5-komorowy PCV wkładka termiczna	0,50
W5, W10	0,95	zwykłe	trzy	5-komorowy PCV wkładka termiczna	0,70

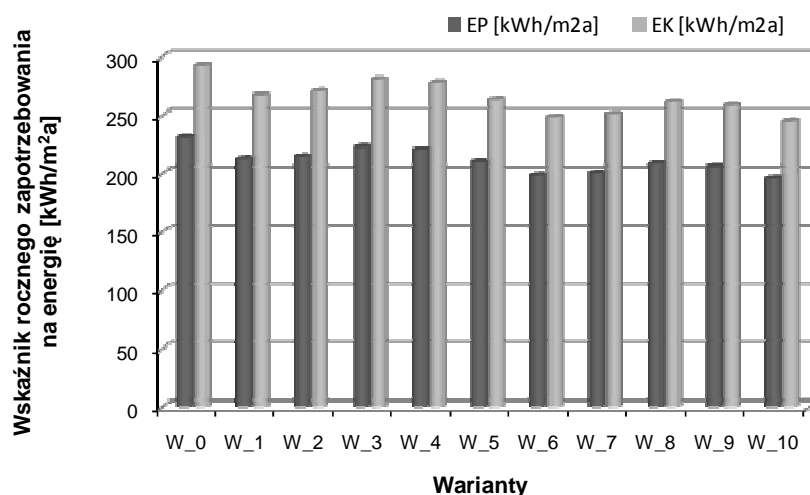
Rozpatrywano okna o wymiarach: 0,9 x 0,9; 0,9 x 1,5; 0,6 x 1,5; 1,5 m x 1,5 m. Współczynniki przenikania ciepła okien zostały obliczone przy pomocy programu GAP-i [7]. Przy opracowaniu charakterystyki przegród przezroczystych korzystano dodatkowo z ogólnodostępnych kart technicznych różnych producentów okien oraz [4], [5].

4. WYNIKI OBLICZEŃ

Dla poszczególnych wariantów (W1÷W10) przeprowadzono analizę zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną, końcową, energię do ogrzewania i wentylacji, a także zysków ciepła od nasłonecznienia w miesiącach sezonu grzewczego. Na rys. 2÷5 przedstawiono wybrane wyniki obliczeń.

Najmniejsze zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną wśród rozwiązań grupy G1 (W1÷W5) otrzymano dla wariantu W5 – wskaźnik EP = 209,62 [kWh/m²a]. Przyjęcie w obliczeniach wartości współczynnika przenikania ciepła przegród zgodnie z danymi zawartymi w tab. 1 i 2, spowodowało zmniejszenie wartości wskaźnika EP o 10% w porównaniu do wariantu W0. Wariant W5 charakteryzuje się także najniższą wartością wskaźnika zapotrzebowania na energię końcową EK = 263,59 [kWh/m²a], co dało także zmniejszenie wskaźnika EK o 10% w stosunku do wariantu wyjściowego.

W grupie G2 najmniejsze zapotrzebowanie na energię pierwotną i końcową uzyskano dla wariantu W10. W tym przypadku uzyskano zmniejszenie wartości wskaźników EP i EK o kolejne 6%, co w efekcie końcowym, w porównaniu do wariantu W0 dało zmniejszenie zapotrzebowania na energię o 16%. Wartości wskaźników EP i EK dla poszczególnych wariantów przedstawiono na rys. 2.

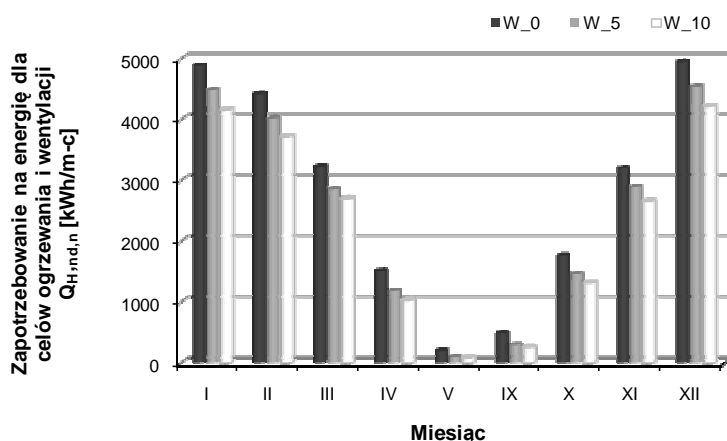


Rys. 2. Wskaźniki zapotrzebowania na energię pierwotną (EP) i końcową (EK)
Fig. 2. Demand of primary (EP) and final (EK) energy

Analizując wyniki obliczeń zapotrzebowania na energię dla celów grzewczych i wentylacji ($Q_{H,Nd,n}$), najniższe wartości zapotrzebowania uzyskano dla wariantu W5 w grupie G1 oraz W10 w grupie G2. Po zastosowaniu modyfikacji (por. tab.1, 2) wartość wskaźnika $Q_{H,Nd,n}$ w ujęciu rocznym, zmniejszyła się odpowiednio dla grup G1 i G2 o 12% oraz 19%, wartości uzyskanego dla wariantu W0. Rozpatrując wartości wskaźnika $Q_{H,Nd,n}$ w miesiącach grzewczych dla wariantu W5 uzyskano zmniejszenie o 8÷50% w porównaniu z wariantem W0. Natomiast dla wariantu W10 wartość $Q_{H,Nd,n}$ zmniejszyła się o 14 ÷ 57% w stosunku do wariantu wyjściowego – por. rys. 3. Redukcja zapotrzebowania zależy od miesiąca sezonu grzewczego – największa w miesiącu maj, czerwiec. W miesiącach zimowych (grudzień-luty) spadek zapotrzebowania waha się w granicach 8 ÷ 15%.

Wartości zysków ciepła od Słońca w okresie miesięcznym i rocznym są stałe odpowiednio dla wariantów, w których zastosowano okna o tych samych parametrach – por. rys. 5, tab. 2. Najmniejsze zyski ciepła uzyskano dla wariantów W3, W4, W8 i W9. W tych wariantach zastosowano okna o najniższym współczynniku przepuszczalności promieniowania słonecznego: $g = 0,5$. Ponadto okna te charakteryzowały następujące parametry: trzy szyby, dwie powłoki selektywne, profil okna wykonany jako 5-komorowy PCV z wkładką termiczną. Zatem pokrycie szyb powłokami selektywnymi oraz niska wartość współczynnika przepuszczalności wpłynęło na najniższą wartość zysków ciepła wśród rozpatrywanych wariantów (W1÷W10).

Największymi zyskami ciepła od promieniowania słonecznego w ujęciu miesięcznym, jak i rocznym charakteryzują się warianty W1, W6. W tych wariantach przyjęto okna o najwyższym współczynniku przepuszczalności promieniowania słonecznego: $g = 0,75$, z szybami zwykłymi, bez dodatkowych powłok selektywnych, i profilu wykonanym jako 3 komorowy.



Rys. 3. Zapotrzebowanie na energię dla systemu grzewczego i wentylacji w miesiącach grzewczych

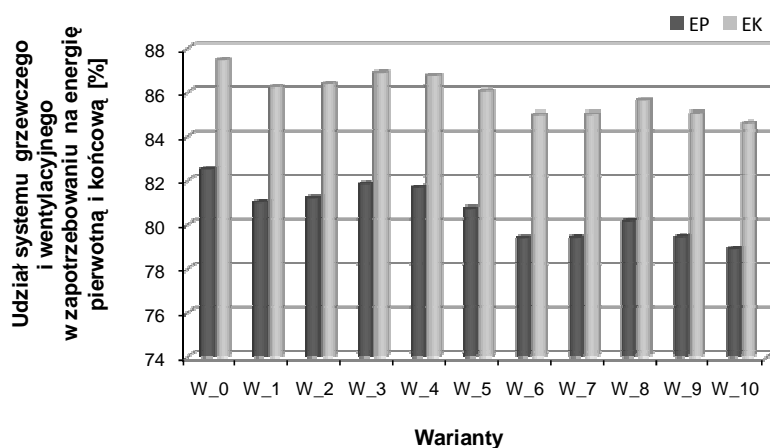
Fig. 3. Energy demand for heating and ventilation system in the heating season

Kierując się przy wyborze najlepszego wariantu kryterium najniższej wartości wskaźnika EP najkorzystniejszym wariantem jest zatem rozwiązanie W10. Biorąc dodatkowo pod uwagę koszty eksploatacyjne czyli zapotrzebowanie na energię końcową – charakteryzuje się on także najniższą wartością wskaźnika EK.

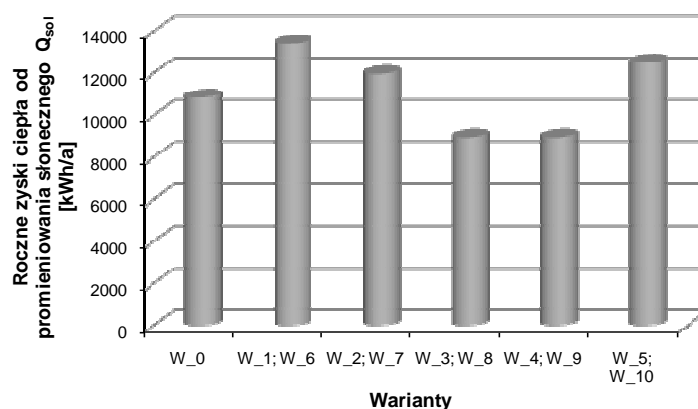
Grubość materiału izolacyjnego ściany zewnętrznej zwiększyła się z $d_1 = 0,12$ m dla rozwiązania wyjściowego W0 do $d_2 = 0,18$ m dla wariantu W10 (wzrost o 50%). Wartość współczynnika przenikania ciepła okien dla wariantu W10 wykazuje spadek o 59% w stosunku do wariantu W0.

Zapotrzebowanie na energię dla celów grzewczych i wentylacji dla najbardziej korzystnego wariantu W10 stanowi 79% całkowitego zapotrzebowania na energię pierwotną

oraz 84% zapotrzebowania na energię końcową – por. rys. 4. Energooszczędne okna zapewniły mniejsze zapotrzebowanie na energię w miesiącach zimowych, pomimo mniejszej liczby dni słonecznych niż w porze letniej, co jest ich dodatkową zaletą.



Rys. 4. Procentowy udział zapotrzebowania na energię dla systemu grzewczego i wentylacji całkowitym zapotrzebowaniu na energię pierwotną i końcową
 Fig. 4. The percentage of energy demand for heating and ventilation system in the total primary and final energy



Rys. 5. Roczne zyski ciepła od promieniowania słonecznego
 Fig. 5. Yearly solar heat gains

5. PODSUMOWANIE

Poszukiwanie oszczędności energetycznych wiąże się z jednej strony z ograniczeniem strat ciepła, a z drugiej efektywnym pozyskaniem i wykorzystaniem energii ze środowiska naturalnego. Ważną rolę w tym procesie powinny odgrywać pasywne systemy pozy-

skiwania energii słonecznej. Najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie systemu zysków bezpośrednich. Realizacja tego rodzaju systemu następuje poprzez dobór okien o odpowiedniej powierzchni uwzględniającej orientację budynku względem stron świata, współczynnika przepuszczalności promieniowania słonecznego oraz współczynnika przenikania ciepła, a także wykorzystanie pojemności cieplnej przegród (zdolności do akumulacji ciepła). Udział zysków słonecznych w bilansie cieplnym budynku zależy od rodzaju, właściwości i wielkości komponentów pełniących w budynku funkcję pasywnego kolektora energii. Stosowanie okien z powłokami selektywnymi pozwala na zmniejszenie strat ciepła, ale jednocześnie przyczynia się do zmniejszenia zysków ciepła od energii słonecznej. Właściwie zaprojektowane rozwiązania strukturalno-materiałowe przegród pozwolą na realizację procesów pochłaniania i akumulowania ciepła, a co za tym idzie zapewnią także warunki komfortu cieplnego w pomieszczeniach.

6. LITERATURA

- [1] Adamowicz W.: Analiza celowości i zakresu zastosowania pasywnych systemów pozyskiwania energii słonecznej w budynku jednorodzinnym. Rozprawa magisterska, Gliwice 2010
- [2] Chwieduk D., Laskowski L., Wnuk R.: Budynki i ich elementy do uzysku i akumulacji energii cieplnej ze źródeł odnawialnych promieniowania słonecznego i ciepła powierzchniowych warstw gruntu. Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa 1990.
- [3] Idczak M., Firląg S.: Okna w budynkach pasywnych-funkcje, wymagania, bilans energetyczny, komfort cieplny. Świat szkła, nr 7, 8/2006
- [4] Laskowski L.: Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008
- [5] Rozporządzenie MI, DzU Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami
- [6] Rozporządzenie MI, DzU Nr 201, poz. 1240 z późniejszymi zmianami
- [7] program komputerowy GAP-i, wersja edukacyjna

INFLUENCE OF USING PASSIVE SOLAR ENERGY SYSTEMS ON THE ENERGY PERFORMANCE OF SINGLE-FAMILY BUILDING

SUMMARY

In the article an analysis of using passive solar systems at the single-family building was described. Using the direct heat gain system by the windows usage is the easiest form of passive solar system. We can also use the heat storage capacity of building partitions (walls, ceilings and floors). The solar heat gain depends on: the surface of windows, the coefficient of windows and glass heat transfer, the type of glazing, the kind of window's profile and the permeability of the solar radiation coefficient. An important problem, which we must consider during deliberations of using passive solar systems is the overheating rooms.

Anna Marta WŁODARCZYK, dr inż. architekt i urbanista

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nysie
Instytut Architektury
ul. Obrońców Tobruku 5; 48-300 Nysa
e-mail: annamartawlodarczyk@gmail.com

ELEMENTY FOTOWOLTAICZNE W KRAJOBRAZIE POLSKI

STRESZCZENIE

Temat pozyskiwania „zielonej” energii, przede wszystkim dzięki elementom fotowoltaicznym nie jest w Polsce tak popularny, jak w Niemczech, gdzie coraz częściej stosuje się nową technikę do korzystania z odnawialnych źródeł energii.

Natomiast w Polsce także obserwuje się od niedawna proces montowania różnorodnego rodzaju wyposażenia ulicy, które współpracuje z techniką fotowoltaiczną lecz w mniejszym zakresie.

Artykuł ma na celu scharakteryzowanie tychże energooszczędnych składników miejsc publicznych, jako nowego sposobu kształtowania krajobrazu Polski. Wyniki opracowania mają przedstawić znaczenie, jakie odgrywają energie odnawialne w tworzeniu wizerunku miast i pejzaży polskich oraz odnoszą się do systematyki elementów fotowoltaicznych w infrastrukturze drogowej.

1. WPROWADZENIE

Energia odnawialna na świecie cieszy się coraz większą popularnością – zwłaszcza w krajach europejskich. Ma to duże znaczenie przy tworzeniu nowego wizerunku naszych miast, jako że elementy fotowoltaiczne są coraz częściej, choć ciągle jeszcze w małym zakresie, zauważalne na ulicach miast i przy drogach szybkiego ruchu w Polsce.

Energia pochodząca ze źródeł odnawialnych, takich jak między innymi słońce, stanowi, zdaniem wielu naukowców, odpowiedź na obecne i przyszłe zapotrzebowanie na prąd, co zauważalne jest także w wyglądzie naszych miast i panoram pozamiejskich.

2. WARUNKI ENERGETYCZNE W POLSCE A „ZIELONA” ENERGIA

Energia odnawialna w Polsce powinna być ważnym składnikiem polskiej polityki energetycznej. Stanowi jednak dotychczas wyzwanie i problem dla kraju. Pomimo, iż

perspektywy się polepszyły, Polska znajduje się wyraźnie w końcowym przedziale w porównaniu z innymi krajami Unii Europejskiej, jeśli chodzi o korzystanie z energii odnawialnej. Polska polityka środowiskowa postawiła sobie za cel podwyższenie do roku 2010 udziału energii odnawialnej w bilansie energetycznym z dotychczasowych 5,0% do 7,5% a do roku 2020 do 15 %. Dziesięć lat później sytuacja ma niewiele się zmienić: do roku 2030 procentowy udział OZE w gospodarce energetycznej Polski ma wzrosnąć zaledwie o jeden procent w porównaniu z latami ubiegłymi. Szacowany potencjał użytkowy tych źródeł wynosi obecnie około 4,5% [1].

W roku 2008 około 58,80% energii w Polsce pochodziło z węgla kamiennego i brunatnego, który jest w tej części Europy bardzo popularny. Dużą popularnością cieszy się ponadto olej i gaz. Łatwo natomiast zauważyć, że energia odnawialna to zaledwie wspomniane niecałe pięć procent udziału.

Jednak pomimo przeważającego udziału węgla w strukturze energetycznej kraju mówi się w Polsce o konieczności jego wycofania, co stoi w sprzeczności z polityką energetyczną w Niemczech, głównie w rejonie Brandenburgii, gdzie węgiel przeżywa od kilku lat swój renesans. Podobnie sprzeczność z naszymi zachodnimi sąsiadami pojawia się w planach budowy w Polsce elektrowni atomowych.

Po katastrofie elektrowni atomowej w Japonii w roku 2011 Niemcy, wobec licznych protestów ludności, wycofały się bowiem z programu atomowego, co w najbliższej przyszłości ma wyrazić się w zamykaniu elektrowni atomowych najpóźniej do roku 2023.

Wobec takiego obrazu energetycznego, energie odnawialne wyrażające się na przykład czerpaniem ze źródeł promieni słonecznych w postaci elementów fotowoltaicznych są przyjazne człowiekowi i przyrodzie. Ich awaria nie grozi katastrofą, a podejmując aspekt architektoniczny wyrażać one mogą nowoczesny charakter zabudowy miast i ich ulic.

3. ELEMENTY FOTOWOLTAICZNE W KRAJOBRAZIE POLSKI

Dla włączenia energii odnawialnych w strukturę energetyczną miasta przedstawiać można wiele wariantów nie tylko krajobrazowych ale także architektonicznych. Rozwiązania obejmują zarówno budynki pojedyncze samowystarczalne energetycznie, jak również zabudowę zintegrowaną w postaci sieci budynków. Dążenie do samowystarczalności energetycznej obiektów jest ważne, jako że optymalnym rozwiązaniem jest obsługiwanie zabudowy energią w sposób zdecentralizowany. W przypadku aktywnego korzystania z energii solarnej szczególnie ważną możliwością jest bezpośrednie przekształcenie energii promieniowania w energię elektryczną za pośrednictwem urządzeń fotowoltaicznych. W zależności od typu komórek słonecznych stopień aktywności przekształcania promieniowania słonecznego w energię elektryczną waha się od 5 do maksymalnie 15 procent [3].

Z prądu powstającego dzięki ogniom fotowoltaicznym korzystać można zarówno poprzez połączenie z baterią magazynującą, jako prąd o zasięgu wyspowym (zdecentralizowany), jak i poprzez połączenie sieciowe o niskim lub średnim napięciu. Poprzez wysokie koszty komórek fotowoltaicznych energia powstająca z ogniw fotowoltaicznych wobec energii wytwarzanej w sposób konwencjonalny w dużych zakładach jest droższy o czynnik od trzeciego do dziesiątego [3], co wiąże się ze wysokimi kosztami inwestycji początkowej. Natomiast uwzględnić należy jednak długoterminową opłacalność i zwrot kosztów inwestycji w urządzenia fotowoltaiczne po początkowym znacznym wydatku.

Obok aspektów architektonicznych ważne są także aspekty krajobrazowe przy korzystaniu z nowych technologii energetycznych. Przykłady z zachodniej Polski (trasa Wrocław - Poznań) przedstawiają krajobraz pól przydrożnych, gdzie elementy fotowoltaiczne stanowią o unowocześnieniu tego wizerunku (fot. 3).

Podobnie na południu kraju urządzenia solarne uaktualniają widok pól i miejscowości w tle (fot. 1, trasa Świnna Poręba – Wadowice). Tam też, w okolicach Zatoru, krajobraz miejski jest miejscami zintegrowany z elementami fotowoltaicznymi (fot. 2). Kolejnym przykładem są okolice Sanoka (fot.4), w południowo-wschodniej Polsce, gdzie energia słoneczna jest także w niektórych miejscach pozyskiwana do oznaczenia przejścia dla pieszych.

Przejścia te są oznakowane poprzez systemy fotowoltaiczne w zestawieniu z zabudowanymi widokami (fot. 6) a także przydrożne obrazy okazują się ciekawe technicznie, bo wyposażone są w elementy fotowoltaiczne (fot.5).

Ta niewielka różnorodność estetyczna i funkcjonalna jest dużym kontrastem w stosunku do bogatych rozwiązań krajobrazowo-energetycznych w Niemczech [2], gdzie realizuje się projekty nie tylko poza miastem przy drogach samochodowych, ale także w miastach. W śródmieściach ustawiane są tam meble uliczne wyposażone w urządzenia fotowoltaiczne o charakterystyce zarówno krajobrazowej, jak i urbanistycznej. Nie brak także akcentów architektonicznych w technice. Tu przykładem może być montowanie elementów fotowoltaicznych na fasadach i dachach budynków już istniejących.



Fot.1. Zestaw hybrydowy: element fotowoltaiczny (oraz mały wiatrak) produkujący energię dla oświetlenia znaku przejścia dla pieszych nad ulicą. W tle tradycyjny krajobraz Świnnej Poręby. Zdjęcie wykonane przy trasie Świnna Poręba-Wadowice na południu Polski.. Zdjęcie: autorka
Fig.1. Hybrid: Photovoltaic element (and small windmill), producing energy for the light of the sign of pedestrian crossing on the road. In the background the traditional landscape of Świnna Poręba. The photo made by the car way Świnna Poręba – Wadowice, on the south of Poland.

Photo: The author



Fot.2. Elementy fotowoltaiczne nad przejściem dla pieszych połączone w swej funkcji z niewielkim wiatrakiem. Ukazane przejście jest wyraźnie widoczne dzięki bogatym oznaczeniom. Zdjęcie wykonane w okolicach Zatoru na południu Polski. Zdjęcie: autorka
Fig.2. Photovoltaic elements over the pedestrian street-crossing. These elements are connected with small windmill. This crossing seems to be very distinct due to many signs. The photo was made next to Zator Town in the south of Poland. Photo: The author



Fot. 3. Krajobraz współczesny: elementy fotowoltaiczne obok przejścia pieszego, oświetlające znaki uliczne. Zdjęcie wykonano na trasie Wrocław – Poznań. Zdjęcie: autorka
Fig.3. The modern landscape: Photovoltaic elements next to the pedestrian crossing, giving light to the street signs. The photo made on the way Wrocław – Poznań. Photo: The author



Fot.4. Krajobraz podmiejski w okolicach Sanoka na południowym wschodzie Polski. Widok o charakterze współczesnym, w którym aktualności dodaje element fotowoltaiczny. Element ten dostarcza energii do oświetlenia znaku dla pieszych przy ulicy. Zdjęcie: autorka

Fig.4.The townscape near the Sanok Town in the south-east of Poland. The view of the present character, where the photovoltaic element is an actualisation of the image. This element provides the energy for the light of the street sign. Photo: The author



Fot.5. Widok ulicy: współczesny wizerunek drogi na odcinku Gliwice-Mikołów na południu Polski. Z przodu pośrodku: element fotowoltaiczny dostarczający nawet zimną energii dla oświetlenia znaku ulicznego na przejściu dla pieszych. Zdjęcie: autorka

Fig. 5. Street-view: The present image of the street by the car way Gliwice – Mikołów in the south of Poland. In the foreground: The photovoltaic element providing energy for the street sign next to pedestrian crossing – working even in winter. Photo: The author



Fot.6. Zabudowany krajobraz przy Niemodlinie na trasie Nysa – Opole. W tym krajobrazie widoczny jest element fotowoltaiczny, którego energia, podobnie jak w poprzednich przypadkach spożytkowana jest na oznaczenie przejścia dla pieszych. Zdjęcie: autorka
Fig.6. The townscape near to Niemodlin on the way from Nysa to Opole. In this image to see is the photovoltaic element which produces the energy for accenting the pedestrian crossing similarly as in previous cases in Poland. Photo: The autor

4. PODSUMOWANIE

Polska posiada bogate zasoby energii odnawialnej, których jednak nie wykorzystuje w pełni. Obok źródeł geotermalnych, biomasy, wody i wiatru istnieje również energia słoneczna, która nie jest jednak tak popularna, jak te wcześniej wymienione. Natomiast doświadczenia skandynawskie pokazują, że nawet niewielka ilość promieni słonecznych napędza produkcję prądu z elementów fotowoltaicznych.

W Polsce urządzenia fotowoltaiczne okazują się znacznie bardziej uboższe niż na przykład w Niemczech. Ograniczają się one przede wszystkim do jednokrotnej funkcji: dostarczają energii głównie dla oświetlenia przejść dla pieszych. Forma ich nie wzbogaca krajobrazu miejskiego. Elementy te zauważyć można coraz liczniej jedynie na zewnątrz miast – przy trasach samochodowych między innymi na południu, południowym zachodzie, zachodzie oraz południowym wschodzie Polski.

Wyniki badań wskazują na systematykę omawianych elementów fotowoltaicznych w infrastrukturze drogowej, która obejmuje ich funkcje, formy oraz lokalizacje.

W ramach funkcji wyróżnia się wspomniane elementy w formie zintegrowanej z systemem hybrydowym lub występujące pojedynczo. Ponadto, energia słoneczna dostarczana jest dla jednej lub dwóch lamp przy przejściach dla pieszych.

Jako aspekt lokalizacji wymienić można montowanie elementów fotowoltaicznych przy drogach krajowych oraz lokalnych. Natomiast w zależności od klasy drogi elementy te ustawiane są po jednej lub po jej obu stronach.

Trzecią cechą urządzeń fotowoltaicznych jest ich forma. Odnosi się ona do oświetlenia energią słoneczną światła nad ulicą lub na jej poboczu, co odzwierciedla się w kształcie słupów, na których ogniwa są montowane. Poza tym, ogniwa te składają się z jednej, trzech lub sześciu części.

Stwierdzić jednak można, że pomimo pojawiających się już elementów fotowoltaicznych w przestrzeni dróg, krajobraz polskich śródmieści czeka na technologiczne ulepszenie elementów swojej formy w postaci wkomponowania różnorodnych, a więc urozmaiconych w formie, jak i wielofunkcyjnych elementów fotowoltaicznych.

5. LITERATURA

- [1] Figiel, E.: Erneuerbare Energien in Polen, w: TU-International, Technische Universitaet Berlin, Berlin, Nr 65/2010, s.22-23
- [2] Hermansdörfer, I.: SolarDesign, Jovis Verlag, Berlin, 2005
- [3] Korda, M.: Staedtebau. Technische Grundlagen, B.G. Teubner Verlag, Wiesbaden 2005
- [4] Archiwum autora: fotodokumentacja oraz badania in situ w Polsce 2010-2012

PHOTOVOLTAIC ELEMENTS IN THE LANDSCAPE AND CITYSCAPE OF POLAND

SUMMARY

Poland possesses rich resources of renewable energies. Though their potential is not used enough. Next to geothermal heat, biomass, water and wind power there is also the sun energy, which is not as popular, as the resources mentioned before. However the experiences from Scandinavia show, that even little amount of solar radiation drives the production of energy by means of photovoltaic elements.

In Poland solar facilities seem to be much poorer than, for example, in Germany. They have one function: they supply the power mainly for lighting up the pedestrian crossings. Their form does not enrich the cityscape. Moreover, these elements are to be seen increasingly outside of cities – by car roads. The paper presents the examples of roads: In the south, south-west, west and south-east of Poland.

The results of researches are connected with the systematic of described photovoltaic elements within the street infrastructure, which embraces their functions, form, and location.

As far as the function is concerned, the mentioned elements are integrated with the hybrid system or they are situated as single photovoltaic. Moreover, the solar energy is supplied for one or for two lamps near the pedestrian street crossings.

As an aspect of location we can mention the installation of photovoltaic elements by the main and local ways. Nevertheless, depending on the class of ways these elements are placed on one or on both street sides.

The third feature of photovoltaic facilities is their form. It refers to the lightening of the pedestrian crossings by means of solar energy. This lightening is usually installed over a street or next to it, which is reflected in the shape of the pillars, where the panels are built up. Besides, the panels consist of one, three or six parts.

To sum up, despite of the present photovoltaic elements within the street space, the cityscape of polish urban areas waits for the technological actualization of elements of its form seen as composition of various shapes and multifunctional photovoltaic elements.

Anna Marta WŁODARCZYK, dr inż. architekt i urbanista

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nysie
Instytut Architektury
ul. Obrońców Tobruku 5; 48-300 Nysa
e-mail: annamartawlodarczyk@gmail.com

ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ W KRAJOBRAZIE MIASTA – PRZYKŁAD EUROPEJSKI: BERLIN

STRESZCZENIE

Temat stosowania energii odnawialnych, przede wszystkim elementów fotowoltaicznych jest szeroko omawiany w ostatnich latach w Niemczech. W stolicy tego kraju, w Berlinie z jednej strony na Politechnice Berlińskiej (Technische Universität Berlin) prowadzone są badania nad korzyściami wynikającymi z użytkowania nowej technologii solarnej, z drugiej zaś strony na ulicach tego miasta zauważyć można od pierwszej dekady XXI wieku parkometry, lampy i inne meble uliczne z zainstalowanymi na nich elementami fotowoltaicznymi, które produkują energię do oświetlania ulicy, bądź do wydawania biletów parkingowych, itp.

Artykuł ma na celu scharakteryzowanie tychże energooszczędnych elementów miejsc publicznych, jako nowego sposobu kształtowania krajobrazu miejskiego oraz przedstawienie znaczenia, jakie odgrywają energie odnawialne w tworzeniu wizerunku miast niemieckich.

1. WPROWADZENIE: ENERGIA ODNAWIALNA W NIEMCZACH I NA ŚWIECIE

Szacuje się, że w roku 2050 Ziemię zamieszkiwać będzie prawdopodobnie około 9,2 miliarda ludzi, którzy zużywać będą o połowę więcej energii niż dzieje się to obecnie, przy udziale 6,7 miliarda mieszkańców naszej Planety. Szczególnie w krajach rozwijających się zapotrzebowanie na prąd jest znaczne. Trzeba jednak zauważyć, że źródła energii wydobywane z Ziemi są ograniczone i zmieniają klimat naszej Planety [3].

Natomiast energia pochodząca ze źródeł odnawialnych, takich jak słońce, wiatr, woda i biomasa stanowi, zdaniem naukowców, odpowiedź na obecne i przyszłe zapotrzebowanie na prąd.

Badacze pracują obecnie intensywnie nad rozwiązaniami gospodarczymi oraz nad inteligentnie sterowanymi sieciami energetycznymi. Na wielu polach Niemcy prowadzą w rankingach pod

względem technologicznym. Równocześnie w dyskusji publicznej energie odnawialne są silnie uwzględniane w tym kraju. Tam też w ciągu ostatnich dziesięciu lat udało się zwiększyć udział energii odnawialnej w produkcji prądu z 4,8 na 15 procent, a w produkcji ciepła z 3,4 na 7,5 procent [2].

2. FOTOWOLTAIKA W KRAJOBRAZIE NIEMIEC

Energia, zwana zieloną, produkowana dzięki ogniwoom fotowoltaicznym jest podstawowym wyzwaniem dla inżynierów, a z punktu widzenia miejskiego – dla urbanistów i architektów oraz architektów krajobrazu. Powinno się bowiem w projektach nowej zabudowy ale także renowacji budynków istniejących uwzględniać zastosowanie elementów fotowoltaicznych. Stać się one powinny tym samym jednym ze składowych elementów w panoramie miasta. Przy tym jednak zwrócić należy uwagę na zrównoważony rozwój współczesnej urbanistyki, co wymaga zauważenia w strukturze miasta budynków historycznych i próby połączenia ich z obecną technologią w sposób, który nie naruszy architektury zabytkowej.

W dzielnicy Prenzlauer Berg w Berlinie obserwuje się od roku 2010 szczególne zainteresowanie energią odnawialną, która wykorzystywana jest w wielu formach krajobrazowych. Jedną z tych form jest zestaw lamp parkowych (fot. 1).

Natomiast jesienią 2010 roku odbyły się, także w Berlinie, Międzynarodowe Targi „Innotrans”, gdzie przedstawiano nowoczesne techniki mobilności, a także meble uliczne, które oprócz swej podstawowej funkcji pełniły także role energetyczne. Urządzenia te to między innymi informacja autobusowa i parkometry połączone z elementami fotowoltaicznymi (fot.2-3).



Fot.1. Lampy połączone z elementami fotowoltaicznymi w parku w dzielnicy Berlina Prenzlauer Berg w 2012 roku. Historyczny krajobraz otaczającej architektury jest wyraźnie ożywiony poprzez nowoczesne dodatki mebla ulicznego w postaci lampy ekologicznej. Foto: autorka

Fig. 1. The lamps connected with photovoltaic elements in a park in the district Prenzlauer Berg in Berlin in 2012. The historical cityscape of the surrounding architecture is distinctly renewed by the modern details of street furniture in a form of ecological lamps. Photo: The author

W Niemczech pracuje się także nad rozwiązaniem problemów, które pojawiają się przy temacie odnawialnych źródeł energii. Prowadzi się tam prace nad możliwościami gromadzenia energii wyprodukowanej w wielu przypadkach w nadmiarze. Wadą “zielonego” prądu okazuje się być na przykład to, że zdarza się, iż nie jest on dostępny dla użytkowników w czasie, gdy jest potrzebny. Pomocą powinna być między innymi transeuropejska sieć energetyczna[3] Będzie ona kosztowna ale patrząc z dystansu ma być najtańszym rozwiązaniem. Elektrownie magazynujące w Norwegii, Alpach i Pirenejach mogłyby tymczasowo gromadzić prąd i w potrzebie przekazywać go dalej. Poprzez połączenie sieciowe umiejscowione na terenie całej Europy gromadzona mogłaby być energia odnawialna ze wszystkich krajów europejskich. Mniejszy, bo regionalny wariant – transeuropejska sieć Morza Północnego jest już planowana.



Fot. 2. Targi w Berlinie 2010 - wystawa urządzeń ulicznych działających dzięki pobieraniu energii słonecznej: informacja dla podróżujących na przystanku autobusowym. Zdjęcie: autorka

Fig. 2. Trade in Berlin 2010 – exhibition of street facilities functioning with help of solar energy: Information for travelers at a bus station. Photo: The author



Fot. 3. Targi w Berlinie 2010: mebel uliczny działający we współpracy z elementem fotowoltaicznym budzi zainteresowanie zwiedzających. Zdjęcie: autorka
Fig. 3. Trade in Berlin 2010: Street furniture functioning in cooperation with photovoltaic element wakes up curiosity in visitors. Photo: The author



Fot. 4. Berlin, dzielnica Charlottenburg w roku 2011: parkometr obsługiwany energią słoneczną pozyskiwaną z elementu fotowoltaicznego. Po drugiej stronie ulicy: budynek stołówki uniwersytetu Technische Universitaet Berlin. Zdjęcie: autorka
Fig. 4. Berlin, Charlottenburg District in 2011: Parking meter serviced with solar energy from a photovoltaic element. On the other side of the street: The building of the canteen of the Technical University Berlin. Photo: The author

Fotografie 4-6 ukazują różnorodne formy elementów fotowoltaicznych, które pozyskują prąd dla wielu celów. W pierwszym przypadku (fot.4) urządzenia te to parkometry w Berlinie, o kilku możliwościach wyglądu estetycznego. Tu energia czerpana jest z promieni słonecznych dla samo wystarczającego wyposażenia ulicy w dzielnicy Charlottenburg w zachodniej części miasta, jak i w dzielnicy Prenzlauer Berg we wschodniej jego części.



Fot. 5. Berlin, dzielnica Charlottenburg w roku 2011: przystanek autobusowy obsługiwany energią słoneczną pozyskiwaną z elementu fotowoltaicznego umieszczonego na dachu przystanku. Tu ze źródeł odnawialnych pochodzi prąd dla oświetlenia miejsc siedzących oraz zasilanie punktu informacyjnego. Foto: autorka

Fig. 5. Berlin, Charlottenburg District in 2011: Bus station serviced with solar energy from a photovoltaic element placed on the roof of the bus stop. Here the electricity for the lightening of sitting places as well as power supply for information point comes form renewable sources. Photo: The author

W przeciwieństwie do pionowego parkometru elementem poziomym jest przystanek autobusowy także w Charlottenburgu, przy historycznym kościele Gedächtnis Kirche. Na dachu tegoż przystanku ułożono elementy fotowoltaiczne (fot. 5) a wytwarzany w ten sposób prąd służy dla uruchomienia punktu informacyjnego oraz dla oświetlenia tego miejsca. W poziomie ułożono też fotowoltaikę na prawie całej powierzchni dachu łodzi solarnej (fot. 6). Ten ekologiczny sposób napędzania powoduje duże zainteresowanie łodzią i po wstępnej inwestycji znacznie obniża koszty eksploatacji.



Fot.6. Forma elementów fotowoltaicznych na dachu łodzi solarnej ułożonych w poziomie. Zdjęcie: autorka

Fig.6. The form of the photovoltaic elements on the roof of the Solar Boat. Photo: The author

Tak liczne rodzaje tak zwanych mebli ulicznych wyposażonych w elementy fotowoltaiczne, jakie obserwujemy w Berlinie są opisywane także ogólnie w Niemczech [1]. Spośród czterech typów występujących urządzeń, te przedstawione w artykule odnoszą się do krajobrazu oraz przestrzeni urbanistycznej – przestrzeni ulicy.

3. PODSUMOWANIE

Elementy fotowoltaiczne można efektownie wkomponowywać w krajobraz miasta w postaci pionowej (parkometry, lampy), jak i poziomej (pokrycia dachów przystanków, zadaszenia pojazdów).

W analizowanych przykładach niemieckich zauważa się bardzo dużą różnorodność projektów fotowoltaicznych. Tam też funkcje tych urządzeń są rozmaite, dostarczają one prądu do różnych celów. Podobnie różnoraka jest wielkość tych elementów, które umiejscowione są głównie w centrum miasta.

4. LITERATURA

- [1] Hermansdörfer, I.: SolarDesign, Jovis Verlag, Berlin, 2005
- [2] Knaack, J.,M.: Sunny Germany? Deutschlands Erfolg bei der Foerderung der Solarenergie, w: TU-International, Technische Universitaet Berlin, Berlin, Nr 65/2010, s.26-27,
- [3] Von Richthofen, D.: Gruener Strom aus der Steckdose, w: DAAD Letter, Deutscher Akademischer Austauschdienst, Bonn, Nr 1/2010, s.10-13,
- [4] Archiwum autora: badania in situ oraz fotodokumentacja w Berlinie, Niemcy, 2010 - 2012

ENERGYSAVING IN CITYSCAPE – EUROPEAN EXAMPLE: BERLIN

SUMMARY

Photovoltaic elements may be spectacularly composed with the cityscape in vertical form (parking meters, lamps), as well as in horizontal form (cover of the roof of bus stations, cover of roofs of vehicles).

In the analyzed German examples the big variety of photovoltaic designs can be seen. There the functions of these facilities are very different, they supply energy for various purposes. Similarly, the dimensions of the elements are diversified. Moreover, as far as the location is concerned, they are mainly placed in the center of the city.

Krystyna WRÓBEL, dr inż.
Wiesław KUBISZYN, dr inż.

Politechnika Rzeszowska
Katedra Konstrukcji Budowlanych
ul. Poznańska 2, 35-959 Rzeszów
e-mail: wrobel@prz.edu.pl
wkubisz@prz.edu.pl

WPŁYW ZMIAN TECHNOLOGICZNYCH W INSTALACJI ODPROWADZANIA SPALIN NA TRWAŁOŚĆ KOMINÓW STALOWYCH

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono główne zasady budownictwa zrównoważonego. W ramach wdrażania tych zasad kilku dostawców ciepła dla miast Podkarpacia wykonało instalacje odzysku ciepła ze spalin odprowadzanych do kominów stalowych, z myślą o minimalizacji zużycia energii. Modernizacje te spowodowały trzykrotny wzrost intensywności korozji blach trzonów kominów wykonanych ze stali zwykłej. Szczegółowo przeanalizowano wpływ zmiany parametrów odprowadzanych spalin na trwałość komina stalowego o wysokości 60m w jednej z kotłowni miejskich. Omówiono również przyjęte rozwiązania materiałowo – konstrukcyjne niezbędne do wydłużenia okresu przydatności użytkowej komina.

1. ZASADY ZRÓWNOWAŻONEGO BUDOWNICTWA

Główne zasady zrównoważonego budownictwa określone w [1] dotyczące obiektów nowych i eksploatowanych:

1. Budownictwo ma zaspakajać potrzeby społeczne i być przyjazne dla użytkowników.
2. Nie może znacząco ingerować w otaczające środowisko przyrodnicze.
3. Zastosowane rozwiązania muszą być akceptowalne z punktu widzenia ponoszonych nakładów.

Wymagania stawiane obiektom budowlanym obejmują siedem obszarów [2]:

- nośność i stateczność,
- bezpieczeństwo pożarowe,
- higienę, zdrowie i środowisko,

- bezpieczeństwo użytkowania,
- ochronę przed hałasem,
- oszczędność energii i izolacyjność termiczną,
- zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych.

Trwałość obiektów budowlanych determinują:

- projektant poprzez właściwe przyjęcie rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych i funkcjonalnych w oparciu o przewidywane czynniki mogące oddziaływać na budowlę i ich skutki,
- wykonawca poprzez swoją kulturę wykonawczą, stosowanie materiałów właściwej jakości, przestrzeganie reżimów technologicznych,
- użytkownik, którego obowiązkiem jest eksploatacja obiektu zgodna z jego przeznaczeniem, systematyczna kontrola stanu technicznego, usuwanie uszkodzeń powstających w trakcie bieżącej eksploatacji zgodnie z założonym poziomem utrzymania.

Jak wykazują doświadczenia, nawet jeśli większość elementów konstrukcji spełnia wymagania w zakresie trwałości, to występują obszary przyspieszonej degradacji obiektu.

Aby uniknąć rozległych zniszczeń i kosztownych napraw należy przeprowadzać okresowe przeglądy stanu technicznego obiektu i badania tzw. „pozostałego okresu użytkowania”. Zakres i sposób badania konstrukcji zależy od tego w jakim celu je przeprowadzamy.

Wynikiem takiej oceny są zalecenia określające potrzebę wykonania różnego typu zabiegów technicznych takich jak:

- konserwacja, czyli zespół działań zapobiegawczych prowadzonych w czasie eksploatacji obiektu (oczyszczenie, drobne naprawy nie ingerujące w konstrukcję, roboty malarskie, izolacyjne, itp.),
- remont, czyli wykonanie w istniejącym obiekcie (konstrukcji) robót budowlanych polegających na odtworzeniu stanu pierwotnego (nie stanowiących bieżącej konserwacji).

2. PROJEKTOWANIE KONSTRUKCJI „NA TRWAŁOŚĆ”

Trwałość, to zdolność materiału, wyrobu budowlanego, czy elementu do zachowania pewnych cech (pełnienia założonej funkcji) w określonym czasie, przy oddziaływaniu określonych czynników środowiskowych. W tym czasie nie powinno nastąpić istotne obniżenie przydatności (materiału, wyrobu, elementu), jak również nie powinny być ponoszone nadmiernie wysokie koszty utrzymania.

Coraz powszechniej prowadzone są rozważania dotyczące trwałości obiektów budowlanych, a co za tym idzie również projektowania na z góry określony okres użytkowania (service life design).

Projektowany okres użytkowania obiektu (konstrukcji), to czas określony przez: zdefiniowanie określonych stanów granicznych, podanie okresu użytkowania konstrukcji (w latach), założenie poziomu niezawodności, czyli np. określenie prawdopodobieństwa nieprzekroczenia wcześniej zdefiniowanych stanów granicznych w ustalonym okresie użytkowania.

Zgodnie z powyższą definicją remont w dobrze zaprojektowanym i wykonanym oraz prawidłowo użytkowanym obiekcie (konserwowanym we właściwym zakresie i terminach)

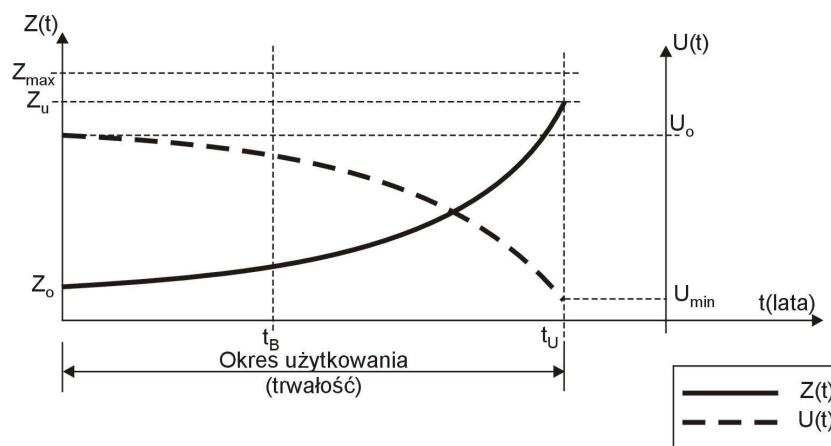
powinien być wykonywany po planowanym okresie użytkowania. Jeśli natomiast obiekt przestaje być przydatny, to po tym czasie podlega rozbiórce.

Ogólne zasady postępowania dotyczące oceny stanu technicznego istniejących obiektów zawarte są w normie [3].

Czas przydatności użytkowej konstrukcji, to zmienna losowa. Parametry określające trwałość zmieniają się w czasie od momentu oddania obiektu do eksploatacji, do momentu osiągnięcia przez te parametry pewnych granicznych wartości minimalnych. Często zmieniają się w czasie również warunki pracy konstrukcji. Zdarzają się sytuacje, kiedy użytkownik obiektu zmienia te warunki nie zdając sobie sprawy z konsekwencji poczynionych zmian.

Wzajemną relację zużycia i przydatności użytkowej obiektu określoną na podstawie [4] przedstawia rys. 1.

Badanie stanu technicznego konstrukcji ma tutaj istotne znaczenie, ponieważ pozwala określić faktyczną kondycję obiektu oraz zaplanować konieczne prace konserwacyjne i remontowe.



Rys. 1. Relacja pomiędzy krzywymi przebiegu zużycia ($Z(t)$) i przydatności użytkowej obiektu budowlanego ($U(t)$).

Fig. 1. Relationship between waste curve $Z(t)$ and usability curve $U(t)$ of the building structure.

Oznaczenia na rysunku: Z_0 – zużycie początkowe, Z_U – zużycie po czasie t_U , Z_{\max} – zużycie maksymalne, U_0 – początkowa wartość przydatności użytkowej, U_{\min} – minimalna wartość przydatności użytkowej, t_B – czas po którym obiekt jest badany, t_U – okres czasu odpowiadający trwałości obiektu.

Okres użytkowania konstrukcji (równy jego trwałości) można określić ze wzoru [5]:

$$Z(t) = Z_0 + \beta \cdot t^n \quad (1)$$

gdzie: Z_0 – zużycie początkowe, β – parametr kinetyczny, n – parametr deterioracji obiektu. Dla $t = t_0 = 0$, $Z = Z_0$; dla $t = t_B$, $Z = Z_B$; dla $t = t_U$, $Z = Z_U$; $Z_{\max} = 1$.

Wraz ze wzrostem zużycia spada przydatność użytkowa obiektu. Funkcja zużycia konstrukcji (Z) po określonym czasie może być zdefiniowana w różny sposób, przykładowo:

$$Z_i = R_i \text{ lub } Z_i = \frac{w}{w_{\max}} \quad (2)$$

gdzie:

R – nośność (stateczność) konstrukcji określana zgodnie z normami,
 w – odkształcenie (przesunięcie) konstrukcji lub inny parametr użyteczności,
 w_{\max} – maksymalna (dopuszczalna) wartość parametru użyteczności konstrukcji (jak wyżej) zgodnie z normami czy też wymaganiami inwestora.

Matematyczny model zmian wartości użytkowej obiektu budowlanego w czasie:

$$U(t) = 1 - Z(t) \quad (3)$$

3. ANALIZA TRWAŁOŚCI OBIEKTU BUDOWLANEGO

Analizę trwałości obiektu budowlanego przeprowadzono na przykładzie komina stalowego o wysokości 60.0 m z konstrukcją wsporczą w postaci odciągów linowych, pracującego w kotłowni węglowej Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej jednego z miast na Podkarpaciu. Obserwacje i analizy stanu technicznego komina autorzy artykułu prowadzą od roku 1994 do chwili obecnej [6]. Każdorazowo przed przeprowadzeniem gruntownego remontu na podstawie stwierdzonego postępu korozji prognozowano okres przyszłej trwałości komina biorąc pod uwagę oczekiwania inwestora w tym zakresie, jego możliwości finansowe oraz intensywność korozji przewodu komina pracującego w specyficznym środowisku [7].

Podstawowe parametry geometryczne komina pokazano na rys. nr 2.

Komin wybudowano w roku 1988 jako jednopowłokowy, bez ocieplenia, ze stali zwykłej.

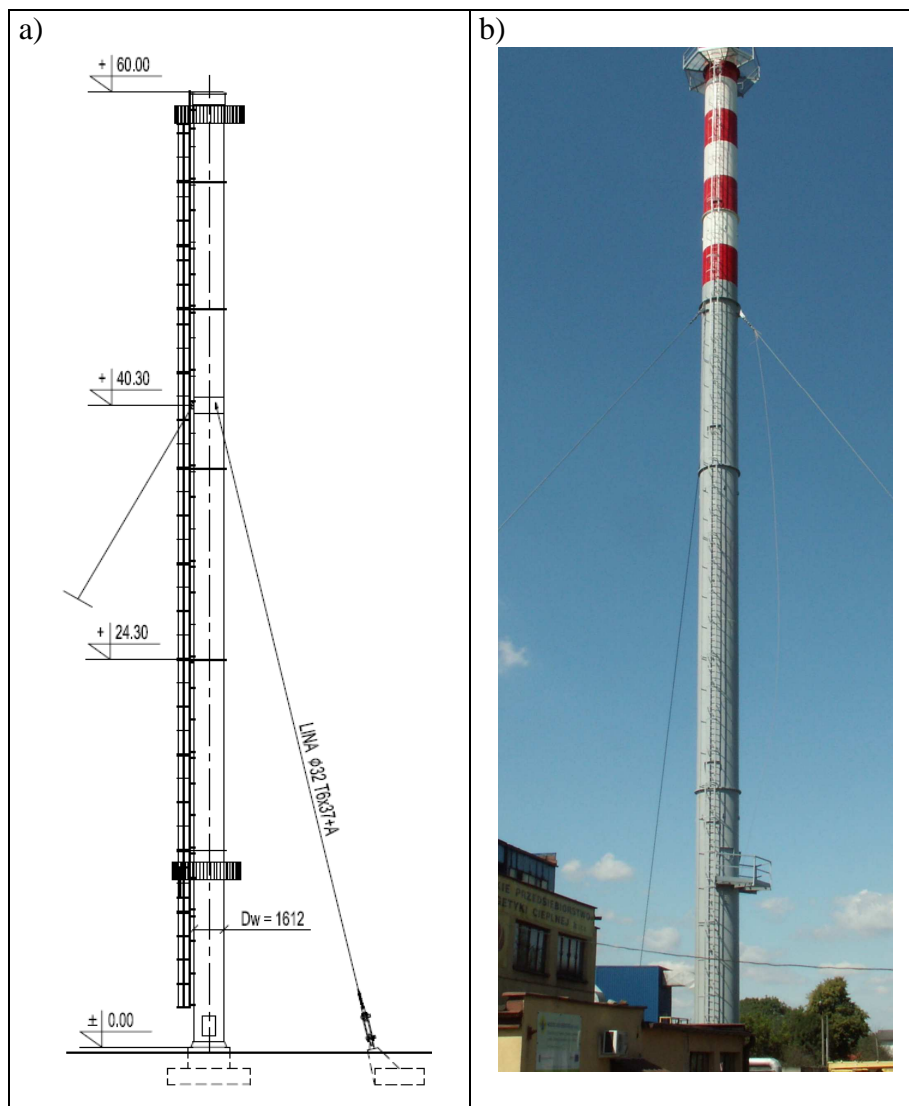
W roku 1998 trzon komina częściowo wymieniono (od poz. +24.3 m do poz. +60.00 m) z uwagi na znacznie większy postęp korozji trzonu w tym obszarze w stosunku do dolnej części komina.

W roku 2006 zmodernizowano sposób odprowadzenia spalin poprzez wykonanie instalacji odzysku ciepła, co spowodowało trzykrotny wzrost intensywności korozji.

W roku 2009 wykonano wzmocnienie trzonu do poz. +19.50 m do poz. +24.3 m, gdzie ubytki blach trzonu połączone z perforacjami były największe.

W roku 2010 dokonano wymiany trzonu komina w połączeniu z gruntowną modernizacją (trzon dwupowłokowy, płaszcz wewnętrzny ze stali nierdzewnej, ocieplenie wełną mineralną, płaszcz nośny zewnętrzny ze stali zwykłej) oraz wzmocnienie fundamentów. Priorytet stanowiło zachowanie średnicy wewnętrznej trzonu z uwagi na parametry układu odprowadzającego spaliny z kotłów.

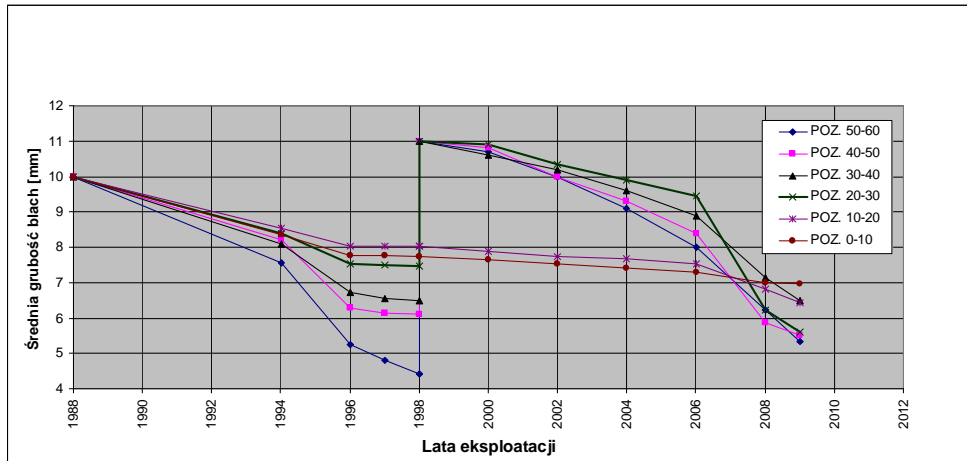
Prognozowany czas przyszłej eksploatacji komina wynosi 20 lat.



Rys. 2. Analizowany komin: a) schemat komina, b) widok komina po modernizacji w 2010r.

Fig. 2. Analysed chimney: a) scheme of the chimney, b) view of the chimney after modernization in 2010.

Na rysunku nr 3 przedstawiono zmianę grubości blach trzonu komina w latach 1988-2009. Każdy odcinek o wysokości 10,0 m rozpatrywano oddzielnie.



Rys. 3. Wykres zmian średniej grubości blach trzonu komina w latach 1988-2009 wykonanego ze stali zwykłej.

Fig. 3. Diagram of changing mean thickness of the windshield plate made of ordinary steel since 1988 to 2009.

Funkcję zużycia komina określono na podstawie kinetyki procesu korozyjnego w powiązaniu ze stanami granicznymi nośności. Jako kryterium przydatności użytkowej przyjęto zapas grubości blach trzonu komina w stosunku do grubości minimalnej określonej z warunku nośności komina z uwzględnieniem stateczności miejscowej z równania [8]:

$$\frac{N}{\varphi \cdot N_{Rc}} + \frac{M}{M_R} \leq 1, \quad (4)$$

w którym: N, M – obliczeniowe siły wewnętrzne,
 φ – współczynnik wyboczeniowy obliczany ze wzoru:

$$\varphi = \left(1 + \bar{\lambda}^{3.2}\right)^{-0.625} \quad (5)$$

$\bar{\lambda}$ – smukłość względna prętowa.

Nośność przekroju na ściskanie N_{Rc} i zginanie M_R wyznaczono z wzorów:

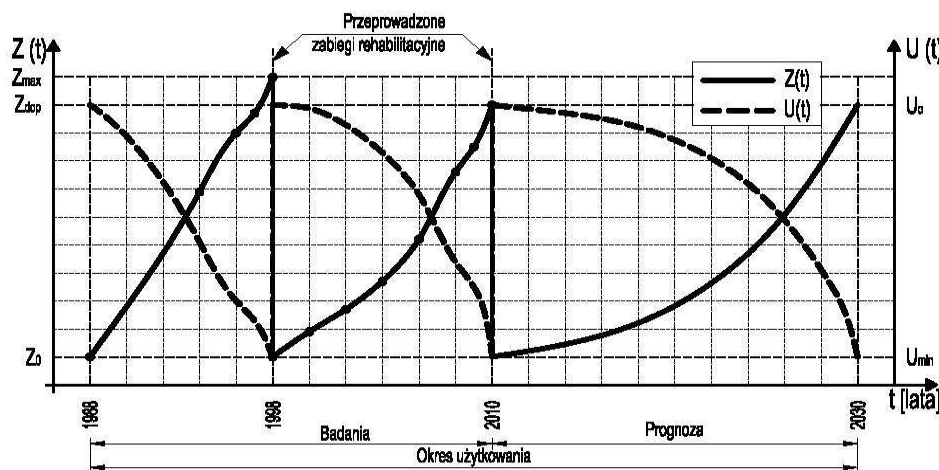
$$N_{Rc} = \varphi_p \cdot \alpha_{kor} \cdot A \cdot f_{dT} \quad (6)$$

$$M_R = 1,2 \cdot \varphi_p \cdot \alpha_{kor} \cdot W \cdot f_{dT} \quad (7)$$

gdzie: A – pole powierzchni przekroju rury, f_{dT} – wytrzymałość obliczeniowa stali przewodu w temperaturze eksploatacji komina, W – sprężysty wskaźnik zginania rury,

φ_p - współczynnik niestateczności miejscowej ścianki komina, α_{kor} - współczynnik efektu korozji wyznaczono na podstawie intensywności korozji Δt [mm/rok].

Na tej podstawie każdorazowo prognozowano czas przyszłej eksploatacji komina. Wyniki tej analizy przedstawiono na rysunku nr 4.



Rys. 4. Relacja pomiędzy krzywymi przebiegu zużycia ($Z(t)$) i przydatności użytkowej ($U(t)$) analizowanego komina.

Fig. 4. Relationship between waste curve ($Z(t)$) and usability curve ($U(t)$) of the analyzed chimney.

4. WNIOSKI

1. Zjawisko wzrostu intensywności korozji komina wraz z jego wysokością jest znane i obserwowane od wielu lat. W kominach opalanych węglem, przy średniej temperaturze spalin od 140 do 160°C wynosi ona średnio 0,30 do 0,50 mm/rok. Intensywność korozji zmienia się także wzdłuż wysokości komina – rośnie wraz z wysokością.
2. W latach 2005-2006 w wielu ciepłowniach wykonano instalacje odzysku ciepła ze spalin, co spowodowało obniżenie kosztów jednostki wytwarzanego medium, redukcję strat ciepła oraz obniżenie temperatury odprowadzanych spalin. Skutkiem negatywnym takiego rozwiązania był prawie trzykrotny wzrost intensywności korozji blach trzonów kominów wykonanych ze stali zwykłej (niestopowej).
3. Budowa kominów jednopowłokowych ze stali zwykłej przestała być rozwiązaniem ekonomicznie zasadnym.
4. Ta nowa sytuacja spowodowała potrzebę poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych w zakresie budowy kominów stalowych. Coraz częściej stosowanym rozwiązaniem są kominy dwupowłokowe z trzonem nośnym ze stali zwykłej i przewodem wewnętrznym ze stali nierdzewnej, odpornej na działanie stężonego

kwasu siarkowego powstającego przy temperaturze spalin poniżej temperatury kwasowego punktu rosy.

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzenie tych wszystkich racjonalnych działań było możliwe dzięki dbałości właściciela komina o jego stan techniczny. Kontrolowanie stanu technicznego komina we właściwych terminach pozwoliło na wychwycenie niepokojących zjawisk i podjęcie odpowiednich działań zaradczych. Działania te zapewniły bezpieczeństwo użytkowania i ciągłość eksploatacji komina. Przy tego typu modernizacjach bardzo ważne jest również, aby bilans kosztów podejmowanych przedsięwzięć był dodatni.

6. LITERATURA

- [1] Agenda 21 on Sustainable Construction, International Council For Research and Innovation in Building And Construction, July 1999.
- [2] Zrównoważone budownictwo. Seria: Dokumenty Unii Europejskiej dotyczące budownictwa. Warszawa, ITB, 2010.
- [3] Norma ISO/CD 13822:2010: „Bases for design of structure – Assessment of existing structures.
- [4] Ściślewski Z.: Trwałość budowli. Kielce, Politechnika Świętokrzyska 1995.
- [5] Ślusarek J.: The durability model of selected building structure. Archives of Civil Engineering, LII, 3, 2006.
- [6] Własne oceny stanu technicznego i projekty remontu komina wykonane w latach 1994-2010.
- [7] PN-EN 1993-3-2: 2008. Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 3-2: Wieże, maszty i kominy – Kominy.
- [8] PN-93/B-03201 Konstrukcje stalowe. Kominy. Obliczenia i projektowanie.

THE EFFECT OF TECHNOLOGICAL CHANGES IN WAEST INSTALLATION ON STEEL CHIMNEY SERVICE LIFE

SUMMARY

The paper presents the basic rules of sustainability in building industry. In order to introduce them some suppliers providing heat to a few cities of the Podkarpacie Region built installations recovering heat from waste gases sent up a steel chimney. The modernization is responsible for a threefold corrosion increase of windshield made of ordinary steel.

The effect of the change gas parameters on the service life of the steel chimney in one of city coal-fired boiler plant, was investigated in great detail. The chimney was observed, estimated and investigated by the authors of the paper for more than 20 years. Mathematical model of the service life object's and its usability was created. The applied changes in the chimney structure introduced in other to prolong its usability were discussed.

Wojciech ZALEWSKI, prof. dr hab. inż.

Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki
Instytut Inżynierii Ciepłej i Procesowej
Zakład Chłodnictwa i Klimatyzacji
Al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków
e-mail: wzalewski@pk.edu.pl

POMPA CIEPŁA POWIETRZE-WODA Z PAROWACZEM TYPU „SOPEŁ LODU”

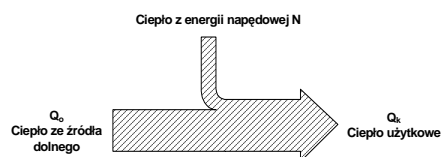
STRESZCZENIE

W pracy opisano konstrukcję parowacza typu „sopel lodu” i przedstawiono przykładowe wyniki badań pompy ciepła powietrze-woda z parowaczem tego typu.

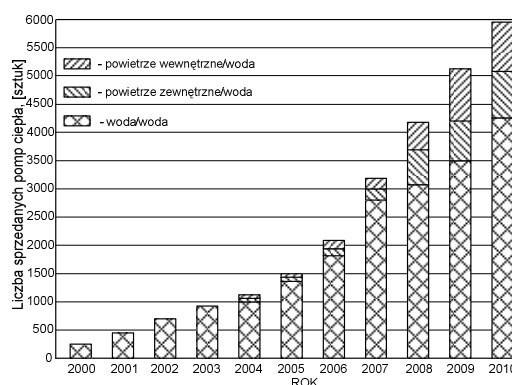
1. WPROWADZENIE

W naszym otoczeniu znajdują się ogromne ilości energii cieplnej, która nie może zostać wykorzystana tylko dlatego, że znajduje się na za niskim, z punktu widzenia potrzeb, poziomie temperatury. Pompa ciepła jest właściwie jedynym znanym urządzeniem, umożliwiającym wykorzystanie niskotemperaturowych źródeł energii. Jej podstawowa rola polega na pobieraniu ciepła ze źródła o niższej temperaturze (dolnego) i przekazywaniu go do źródła o temperaturze wyższej (górnego). Odbywa się to kosztem energii doprowadzonej z zewnątrz. Na użyteczną energię cieplną pompy ciepła składa się więc ilość ciepła pobrana ze źródła dolnego i ilość ciepła odpowiadająca energii doprowadzonej do jej napędu (rys. 1).

Najłatwiej dostępnym źródłem ciepła jest energia zawarta w powietrzu atmosferycznym. Wykorzystanie jej nie powoduje zakłóceń równowagi cieplnej otoczenia. Z tego powodu zauważa się w ostatnim okresie wzrost zainteresowania pompami ciepła, które wykorzystują jako dolne źródło ciepła powietrze. Na rysunku 2 przedstawiono porównanie liczby pomp ciepła sprzedanych w Polsce w latach 2000÷2010. Od połowy ubiegłej dekady daje się zauważyć wyraźny wzrost liczby sprzedanych pomp typu powietrze-woda.



Rys. 1. Bilans ciepła pompy ciepła
Fig. 1. Heat balance of the heat pump



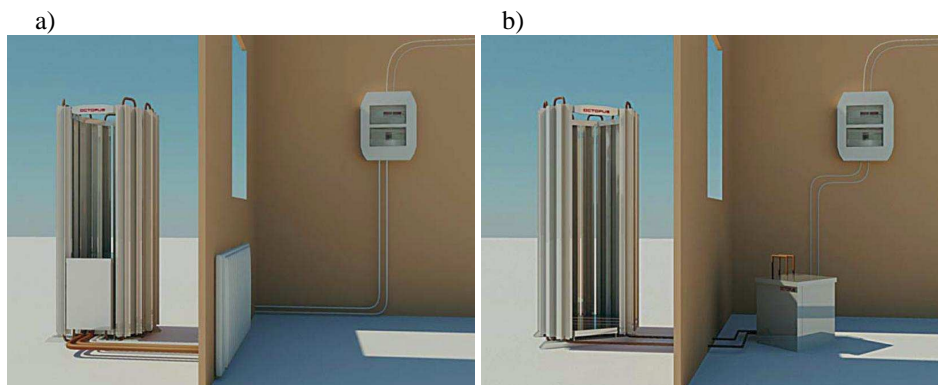
Rys.2. Liczba sprzedanych pomp ciepła w Polsce w latach 2000÷2010 [1]
Fig. 2. Number of sold heat pump in Poland in years 2000÷2010 [1]

Powietrze jako dolne źródło ciepła ma jednak szereg wad, które ograniczają jego wykorzystanie. Należą do nich [2]:

- duże wahania temperatury, zarówno w okresie dobowym jak i rocznym,
- niekorzystne warunki wymiany ciepła (małe współczynniki przejmowania ciepła) i konieczność budowania wymienników o dużej powierzchni wymiany ciepła,
- tworzenie się szronu na powierzchni wymiennika, gdy jej temperatura jest niższa od 0°C (warstwa szronu tworzy dodatkowy opór cieplny oraz utrudnia przepływ powietrza) i konieczność jego okresowego oszraniania,
- zła koherentność, czyli czasowa zgodność wydolności źródła z zapotrzebowaniem na energię cieplną,
- konieczność stosowania wentylatorów wymuszających przepływ powietrza przez wymiennik, stanowiących źródło hałasu.

Niektóre z tych wad można wyeliminować stosując jako ujęcie ciepła na dolnym źródle wymiennik typu „sopel lodu”.

Na rysunkach 3a i 3b przedstawiony został widok ogólny wymiennika typu „sopel lodu”, pełniącego funkcję parowacza pompy ciepła powietrze-woda. Zbudowany jest on z szeregu pionowych rur ożebrowanych wzdłużnie. Agregat skraplający może być umieszczony na zewnątrz budynku (wewnątrz parowacza) (rys. 3a) lub znajdować się w pomieszczeniu wewnątrz budynku (na zewnątrz parowacza) (rys. 3b).



Rys. 3. Dwa różne rozwiązania konstrukcyjne parowacza typu „sopel lodu” [4]: agregat skraplający wewnątrz (a) i na zewnątrz (b) parowacza

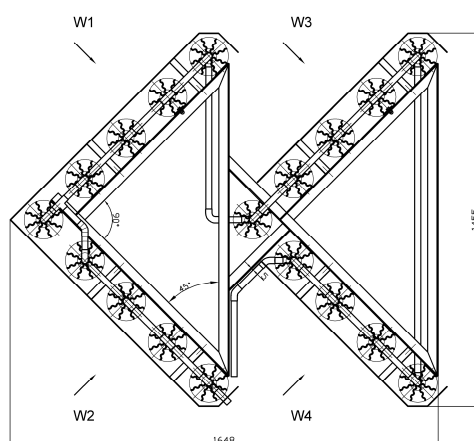
Fig. 3. The two different designs of the „ice-stick” type evaporators [4]: condensing unit inside (a) and outside (b) the evaporator

Parowacz pompy ciepła, czerpiącej energię z otaczającego powietrza, jest urządzeniem technicznym o znaczących gabarytach i masie, trudnym do ukrycia w otaczającej nas przestrzeni. Sprawność działania tego urządzenia jest wyższa w przypadku zapewnienia właściwej ekspozycji na wiatr (przepływ powietrza). To sprawia, że parowacze mogą stanowić często dominantę w małej architekturze ogrodowej lub innym miejscu jego usytuowania. Z tego powodu wymiennik powinien być tak zaprojektowany, aby jego wygląd nie powodował dysharmonii z otoczeniem.

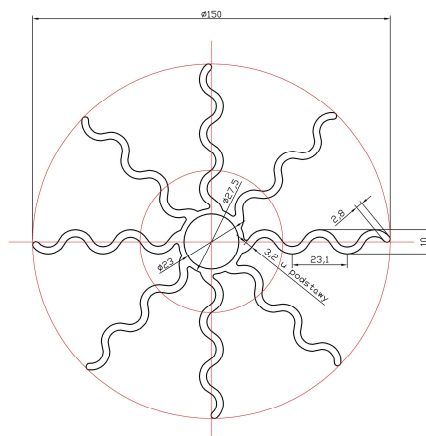
2. OPIS KONSTRUKCJI WYMIENNIKA TYPU „SOPEL LODU”

W Zakładzie Chłodnictwa i Klimatyzacji Instytutu Inżynierii Ciepłej i Procesowej Politechniki Krakowskiej powstał, jako efekt realizacji projektu celowego, prototyp parowacza pompy ciepła, przewidziany do pracy w warunkach konwekcji swobodnej. Posiada on budowę modułową, umożliwiającą tworzenie w prosty sposób jednostek o większych wydajnościach cieplnych (poprzez łączenie poszczególnych modułów) (rys. 4), a otwarte kształty modułów pozwalają lepiej wykorzystać energię cieplną przepływającego powietrza.

Podstawowymi elementami parowacza są rury miedziane, ożebrowane wzdłużnie żebrami aluminiowymi (rys. 5). W celu maksymalnej intensyfikacji procesu wymiany ciepła z otaczającym powietrzem zwiększono pole powierzchni żeber poprzez ich sfalowanie na całej wysokości. Parowacz, którego pole powierzchni wewnętrznej wymiany ciepła wynosi $2,26\text{m}^2$ zbudowany jest z 18 rur o wysokości 2m.



Rys. 4. Rzut poziomy parowacza [3]
Fig. 4. Plan of the evaporator [3]

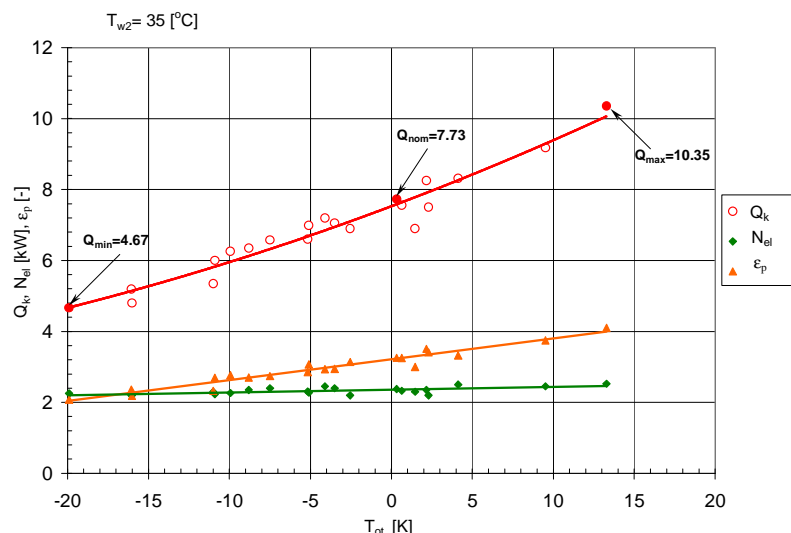


Rys. 5. Profil ożebrowania rury parowacza [3]
Fig. 5. Profile of the evaporators finned tube [3]

3. BADANIA CIEPLNE POMPY CIEPŁA Z PAROWACZEM TYPU „SOPEL LODU”

Badania doświadczalne pompy ciepła wykonane zostały w różnych warunkach temperaturowych, zarówno jeżeli chodzi o temperaturę dolnego źródła ciepła (powietrza) T_{ot} jak i temperaturę wody podgrzanej w skraplaczu T_{w2} . Zakres zmienności temperatur wynosił odpowiednio: T_{ot} (-20; 15°C) i T_{w2} (30; 55°C). Czynnik ziębniczy: R407C.

Na rysunku 6 przedstawiono przykładowo przebieg zmienności wydajności cieplnej skraplacza Q_k , mocy elektrycznej pobieranej przez silnik sprężarki N_{el} oraz współczynnika wydajności cieplnej $\varepsilon_p = Q_k/N_{el}$ pompy ciepła w funkcji temperatury otoczenia T_{ot} , dla temperatury wody na wyjściu ze skraplacza $T_{w2} = 35^\circ\text{C}$.



Rys. 6. Zmierzone wartości Q_k , N_{el} i ε_p dla temperatury wody $T_{w2} = 35^\circ\text{C}$ [3]

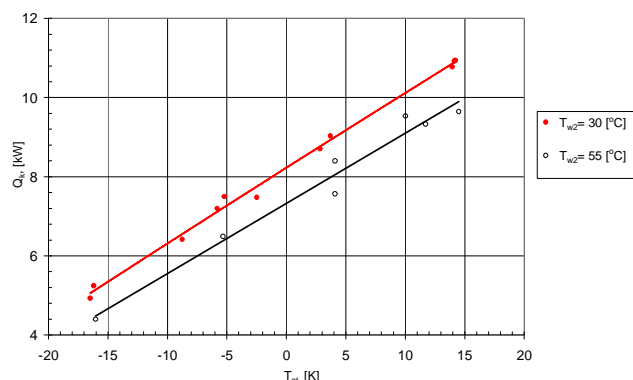
Fig. 6. Measured values of Q_k , N_{el} and ε_p for water temperature $T_{w2} = 35^\circ\text{C}$ [3]

Nominalna wydajność cieplna pompy ciepła odpowiadająca temperaturze powietrza $T_{ot} = 0^\circ\text{C}$ i temperaturze wody $T_{w2} = 35^\circ\text{C}$ wynosi $Q_{knom} = 7,73$ kW, przy współczynniku wydajności cieplnej $\varepsilon_p = 3,25$. Maksymalna wydajność cieplna osiągnięta dla temperatury wody grzewczej $T_{w2} = 35^\circ\text{C}$ wynosi $Q_{kmax} = 10,35$ kW (przy $\varepsilon_p = 4,1$).

Przebieg zmian wydajności cieplnej pompy ciepła w funkcji temperatury powietrza dla dwóch różnych temperatur wody grzewczej $T_{w2} = 30$ i 55°C przedstawiono na rysunku 7.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- wydajność pompy ciepła w warunkach nominalnych ($0/35^\circ\text{C}$) wynosi 7,73 kW, przy współczynniku wydajności cieplnej $\varepsilon_p = 3,25$;
- na wydajność cieplną pompy ciepła bardzo silny wpływ ma temperatura powietrza; w warunkach $15/30^\circ\text{C}$ wydajność cieplna pompy wynosiła 11,0 kW, a w warunkach $-15/30^\circ\text{C}$ już tylko 5,3 kW;
- maksymalny, otrzymany w badaniach, współczynnik wydajności cieplnej wynosi $\varepsilon_{pmax} = 5,5$ (w warunkach $15/30^\circ\text{C}$).



Rys. 7. Zależność wydajności ciepłoty pompy ciepła w funkcji temperatury powietrza T_{ot} dla temperatury wody na wylocie ze skraplacza $T_{w2} = 30^\circ\text{C}$ i 55°C [3]

Fig. 7. Dependence of the heat pump capacity on air temperature T_{ot} for outlet water temperature $T_{w2} = 30^\circ\text{C}$ and 55°C [3]

4. PODSUMOWANIE

Pompy ciepła z parowaczami typu „sopel lodu” mogą stanowić alternatywę dla powietrznych pomp ciepła z parowaczami, w których przepływ powietrza wymuszony jest wentylatorem. Nie emitują hałasu i nie wymagają bezwzględnie odszraniania powierzchni wymiany ciepła. Specyfika konstrukcji, wynikająca z charakteru pracy wymiennika (praca w warunkach konwekcji swobodnej) powoduje, że ich wymiary gabarytowe i masa muszą być znacznie większe niż wymienników wentylatorowych. Stwarza to pewne problemy związane z ekspozycją parowacza w plenerze.

5. LITERATURA

- [1] Gaziński M.; Rozwój zastosowań pomp ciepła, Chłodnictwo & Klimatyzacja 9, 2011.
- [2] Zalewski W.; Pompy ciepła sprężarkowe, sorpcyjne i termoelektryczne, Wyd. Politechniki Krakowskiej, 2001.
- [3] Zalewski W., Niezgoda-Żelasko B., Żelasko J. i inni; Opracowanie technologii i dokumentacji technicznej oraz badania prototypu pompy ciepła typu powietrze-woda, Sprawozdanie z realizacji projektu celowego nr ROW-II-436/2008, Inst. Inżynierii Ciepłej i Procesowej PK, 2009.
- [4] Witryna internetowa www.octopus.tm.

AIR-WATER HEAT PUMP WITH „ICE-STICK” TYPE EVAPORATOR

SUMMARY

In the paper the design of the „ice-stick” type evaporator has been shown. The examples of the air-water heat pump investigations with this type of evaporator has been presented.

Agata ZDYB, dr

Politechnika Lubelska
Wydział Inżynierii Środowiska
Zakład Fizyki Technicznej i Ekobudownictwa
ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin
e-mail: a.zdyb@pollub.pl

PERSPEKTYWY ZASTOSOWAŃ BARWNIKOWYCH OGNIW SŁONECZNYCH W POLSCE

STRESZCZENIE

W referacie przedstawiono budowę, sposób działania i zalety barwnikowych ogniw słonecznych. Omówione zostały możliwości zastosowania tego typu ogniw w Polsce z uwzględnieniem oszacowania kosztów.

1. WPROWADZENIE

Fotowoltaiczna konwersja energii słonecznej na energię elektryczną budzi coraz większe zainteresowanie ze względu na ograniczenie zasobów paliw kopalnych oraz szkody dla środowiska jakie powoduje ich eksploatacja i spalanie.

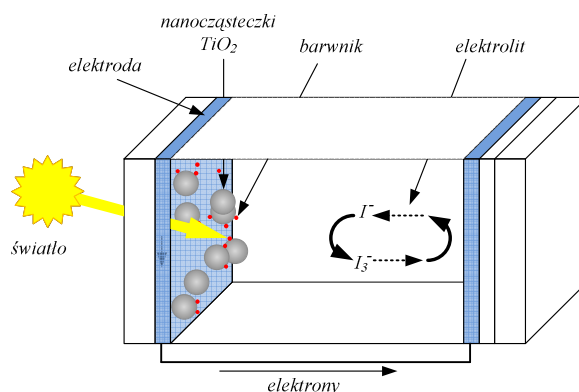
Wśród fotowoltaicznych ogniw słonecznych można obecnie wyróżnić cztery generacje: tradycyjne ogniwa krzemowe, ogniwa cienkowarstwowe, fotoelektrochemiczne (barwnikowe i organiczne) oraz najnowsze – ogniwa wykorzystujące kropki kwantowe (QDSSC – quantum dot sensitized solar cells) [1]. Barwnikowe ogniwa słoneczne (DSSC – dye-sensitized solar cells) zostały opracowane i po raz pierwszy przetestowane przez M. Gratzela [2]. Zaliczane są one do ogniw fotoelektrochemicznych, które wcześniej nie odgrywały istotnej roli ze względu na małe wydajności. Rozwój nanotechnologii umożliwił wprowadzenie do ich struktury nanocząstek, dzięki czemu wzrosła znacząco powierzchnia czynna w procesie absorpcji światła. Powszechnie wykorzystywane są tu nanocząstki ditlenku tytanu TiO_2 , który jest materiałem nietoksycznym, tanim i łatwo dostępnym. Rekordowa wydajność DSSC wynosi obecnie 12,3% [3] i wartość ta jest na poziomie odpowiadającym rozpowszechnionym na rynku ogniwom opartym na amorficznym krzemie.

2. BARWNIKOWE OGNIWA SŁONECZNE

W barwnikowym ogniwie słonecznym padające fotony są absorbowane przez cząsteczki barwnika organicznego, które wskutek tego przechodzą do stanu wzbudzonego i przekazują elektron do pasma przewodnictwa ditlenku tytanu [4, 5]. Rolą barwnika jest sensybilizacja ogniw w widzialnym zakresie widma słonecznego, ponieważ sam ditlenek tytanu absorbuje w nadfiolecie. Przekazane elektrony wędrują następnie pomiędzy nanocząstkami do przewodzącej warstwy na oświetlanej elektrodzie i biorą udział w przepływie prądu przez obwód zewnętrzny do drugiej elektrody. W całej drodze jaką pokonuje elektron w DSSC największy wpływ na wydajność ma etap przekazu elektronu ze stanu wzbudzonego molekuly barwnika do pasma przewodnictwa ditlenku tytanu. Z tego względu proces ten jest obecnie intensywnie badany [6-11].

2.1. Budowa i zasada działania DSSC

Budowę ogniw DSSC przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat budowy DSSC

Fig. 1. Schematic structure of the DSSC

Zasadniczym elementem struktury ogniw barwnikowego jest elektroda, na którą pada promieniowanie słoneczne. Pierwszy etap przygotowania tej elektrody polega na osadzeniu i rozproszczeniu nanocząstek TiO_2 o rozmiarach 10-30 nm na szkło z warstwą przewodzącą (TCO – transparent conducting oxide). Warstwa ta następnie jest zgrzewana w temperaturze 450-500°C i ma ona grubość ok. 10 μm . W otrzymanej strukturze występują nanopory i dzięki temu 1 cm^2 takiej warstwy ma czynną powierzchnię o wartości 1000 cm^2 . Kolejnym krokiem jest namoczenie powierzchni w roztworze barwnika organicznego, którego ilość jest znacznie zwiększona dzięki porowatej strukturze TiO_2 (ok. 10^{-7} mol/cm^2). Cząsteczki barwnika adsorbują się na nanocząstkach TiO_2 i osiągnięta wydajność pochłaniania światła jest bliska 100% dla długości fali odpowiadającej maksimum absorpcji danego barwnika.

Przeciwelektrodę stanowi szkło pokryte czernią platynową, a pomiędzy elektrodami znajduje się elektrolit – roztwór z układem redoks (zwykle jod rozpuszczony w jodku potasu), który dostarcza elektronów do regeneracji cząsteczek barwnika.

2.2. Zalety ogniw barwnikowych

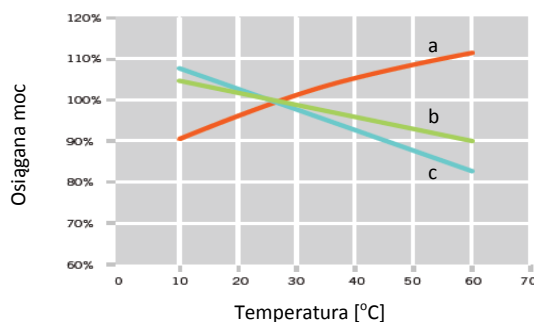
Ogniwa barwnikowe posiadają wiele zalet, szczególnie istotnych z punktu widzenia inżynierii środowiska oraz zastosowań jako elementy zintegrowane z architekturą (BIPV – building integrated photovoltaics). DSSC cechuje:

- przezroczystość i różnorodne barwy modułów,
- elastyczność modułów [12],
- prosta konstrukcja i niedrogie materiały,
- niewielka ilość stosowanych materiałów (jak w przypadku półprzewodnikowych ogniw cienkowarstwowych),
- możliwość usuwania warstw osadzonych na elektrodach, co ułatwia recykling.

Dwie pierwsze wymienione cechy zapewniają różnorodność możliwości zastosowania ogniw barwnikowych. W przyszłości mogą one pełnić rolę użytkową jako okna lub panele reklamowe, a także stanowić element dekoracyjny w architekturze zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz budynków. Jedna z firm zaprezentowała niedawno wzorzysty, wielobarwny moduł DSSC [13], przypominający średniowieczne witraże, w których podobnie jak w ogniwach barwnikowych, wykorzystywane były szczególne własności nano-cząstek, choć ich twórcy nie byli tego świadomi.

Oprócz wymienionych zalet ogniwa barwnikowe wyróżnia także bardzo duża wydajność kwantowa (90%), sprawność energetyczna taka jak w przypadku amorficznych ogniw krzemowych (12%), jak również utrzymywanie parametrów pracy przy rozproszeniu i małym natężeniu światła.

Wydajność ogniw barwnikowych rośnie z temperaturą, co stanowi bardzo istotną zaletę i sprzyja efektywnemu wykorzystywaniu promieniowania słonecznego w okresie letnim, gdy nasłonecznienie i temperatura otoczenia osiągają największą wartość. Ta własność odróżnia DSSC od ogniw krzemowych, których sprawność w lecie maleje. Zależność wydajności od temperatury dla tych dwu typów ogniw przedstawia wykres na rys. 2.



Rys. 2. Wpływ temperatury na ogniwa: a) DSSC, b) mc-Si, c) pc-Si, na podstawie [14]

Fig. 2. Effect of temperature on: a) DSSC, b) mc-Si, c) pc-Si, based on [14]

Działanie ogniw barwnikowych i krzemowych było porównywane także w warunkach zewnętrznych w Kariya City w Japonii, gdzie wykorzystano instalację eksperymentalną [15]. Zostały tam użyte moduły DSSC oraz moduły z ogniwami krzemowymi.

Kilkuletnie testy przeprowadzone w Japonii wykazały przewagę modułów DSSC nad modułami wykorzystującymi polikrystaliczny krzem (pc-Si). Rezultaty badań wykazały, że [15]:

- przy zachmurzeniu wydajność DSSC jest większa niż ogniw pc-Si,
- kąt padania światła w niewielkim stopniu wpływa na sprawność DSSC,
- wzrost temperatury obniża wydajność ogniw krzemowych, natomiast wpływa korzystnie na DSSC,
- w naturalnych warunkach zewnętrznych DSSC produkują o 20-30% energii więcej niż pc-Si.

Ogniwa barwnikowe posiadają także istotne zalety w aspekcie ekonomicznym. Prognozowana do 2012 r. cena wynosi poniżej 0,5 €/W [16]. Koszty produkcji DSSC nie są wysokie dzięki stosowaniu tanich i łatwo dostępnych materiałów, w niewielkich ilościach. Obecnie elementem powiększającym koszty jest ruten, który występuje w kompleksie stosowanym jako sensybilizator. W wielu ośrodkach na świecie prowadzone są badania nowych sensybilizatorów, które mają na celu obniżenie kosztów oraz zwiększenie wydajności ogniw.

Obecnie produkcja i komercjalizacja DSSC jest w początkowej fazie. Największą firmą wdrażającą DSSC w różnych produktach użytkowych np. w sterownikach do sprzętu elektronicznego i wyposażeniu rowerów jest G24Innovations. Firma ta ma plan rozwoju w ramach którego w Walii powstanie 30 MW fabryka DSSC.

Wszystkie omówione zalety ogniw barwnikowych z pewnością przyczynią się do rozpowszechnienia ich zastosowań w przyszłości.

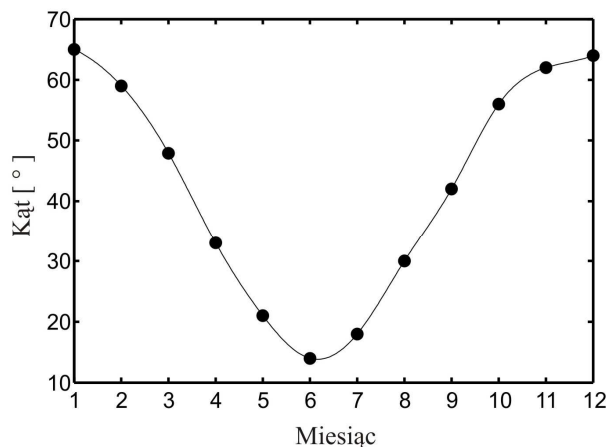
3. OSZACOWANIE MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA OGNIW BARWNIKOWYCH W POLSCE

W Polsce występują znaczne różnice wartości mocy padającego promieniowania słonecznego pomiędzy letnimi i zimowymi miesiącami. Jednym z najlepiej nasłonecznionych regionów naszego kraju jest Lubelszczyzna. W Lublinie – największym mieście regionu, w grudniu maksymalna wartość całkowitej mocy promieniowania wynosi 218 W/m² przy optymalnym nachyleniu oświetlanej powierzchni (skierowanej na południe) do poziomu, wynoszącym 64°. W lipcu moc ta wynosi 570 W/m², a optymalny kąt nachylenia ma wówczas wartość 18°.

Wykres na rys. 3 przedstawia optymalny kąt nachylenia oświetlanej powierzchni w poszczególnych miesiącach roku. Wykorzystane tu dane liczbowe zostały wygenerowane dla Lublina przez JRC Photovoltaic Geographical Information System. Zgodnie z tym źródłem danych w letnim półroczu wartość średnia optymalnego kąta wynosi 26°.

Najbardziej korzystnym okresem do stosowania barwnikowych ogniw słonecznych w Polsce jest letnie półrocze ze względu na ograniczony zakres temperatur otoczenia (10-50°C), w których mogą one pracować. Biorąc pod uwagę to ograniczenie temperatur zewnętrznych i liczne wcześniej omówione zalety ogniw barwnikowych należy rozpatry-

wać ich specyficzne możliwości wykorzystania. Perspektywicznie ogniwa te mogą być stosowane do zasilania urządzeń klimatyzacyjnych, wentylatorów oraz drobnych przenośnych urządzeń. Można je instalować bezpośrednio jako część urządzenia lub w lekkich konstrukcjach, które są demontowane przed zimą (parasole, markizy).



Rys. 3. Optymalne wartości kąta nachylenia w Lublinie

Fig. 3. Optimum values of the tilt angle in Lublin

3.1 Szacunkowe obliczenia

Poniższe oszacowania dotyczą zastosowania prototypowych modułów DSSC do użytku na zewnątrz. Moduł taki ma długość 25,4 cm, szerokość 20 cm, grubość ok. 1 mm, waży 50 g, jest bardzo giętki, wodoodporny i ma trwałe pokrycie. Parametry techniczne modułu wyznaczone przy standardowym oświetleniu 1000 W/m^2 przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Dane techniczne modułu DSSC

Table 1. Technical data of DSSC module

Parametr	Symbol	Wartość
Napięcie obwodu otwartego	V_{oc}	8 V
Prąd zwarcia	I_{sc}	140 mA
Maksymalna moc	P_{max}	0,55 W
Temperatura pracy	T_{op}	10-50°C
Temperatura przechowywania	T_{st}	-10-55°C

W niniejszych rozważaniach moduły takie mogą służyć do zasilania 100 W odbiornika prądu np. wentylatora, żarówki lub ok. 40 m taśmy LED (przy założeniu mocy maksymalnej 2,4 W/m taśmy). Zakładając czas pracy wynoszący 8 h, po uwzględnieniu strat można oszacować zapotrzebowanie dzienne 1200 Wh. Biorąc pod uwagę liczbę godzin usłonecznienia na Lubelszczyźnie, która średnio wynosi 4,38 h/dobę wyznaczona wartość mocy, jaką należy w tym przypadku otrzymać z modułów wyniesie 1200 Wh / 4 h = 274 W.

Całkowity nakład inwestycyjny jest sumą kosztu modułów (np. 300 W*4 zł/W = 1200 zł), akumulatorów żelowych (ok. 2000 zł) oraz przewodów i.t.p. stanowiący ok. 20% kosztów. Czas zwrotu inwestycji został wyznaczony na podstawie następującej zależności [17]:

$$T = \frac{N}{E \cdot C}, \quad (1)$$

gdzie: N – nakład inwestycyjny wyrażony w PLN, E – roczna ilość energii elektrycznej wytworzonej w panelu PV [kWh/rok], C - opłata za zużycie energii elektrycznej [PLN/kWh]. Wartości otrzymane dla dwóch wariantów cenowych przedstawione są w tabeli 2.

Tabela 2. Oszacowane koszty i czas zwrotu inwestycji

Table 2. The estimated cost and payback time

Nakład inwestycyjny [PLN]	Cena za 1 W energii z modułów PV [PLN]	Cena za 1 kWh energii elektrycznej [PLN]	Czas zwrotu inwestycji [lata]
3840	4	0,64	20
3120	2	0,8	13

4. PODSUMOWANIE

Barwnikowe ogniwa słoneczne (DSSC) należą do nowej generacji ogniw i budzą szczególne zainteresowanie ze względu na osiąganą w warunkach laboratoryjnych wydajność wynoszącą 12,3 %. Posiadają one wiele istotnych zalet w porównaniu do typowych ogniw krzemowych. Jednak temperatura pracy prototypowych modułów DSSC wynosi 10-50°C, co w naszej strefie klimatycznej stanowi znaczące ograniczenie. Czas zwrotu inwestycji związanej z wykorzystaniem DSSC będzie w przyszłości zależny od cen energii elektrycznej, cen modułów i potencjalnych subwencji.

5. LITERATURA

- [1] Robel I., Subramanian V., Kuno M., Kamat P.V.; Quantum dot solar cells. Harvesting light energy with CdSe nanocrystals molecularly linked to mesoscopic TiO₂ films, J. Am. Chem. Soc. 128, 2385-2393 (2006).
- [2] O'Regan B., Grätzel M.; A low-cost, high efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films, Nature 353, 737-740 (1991).

- [3] Yella A. et al.; Porphyrin-Sensitized Solar Cells with Cobalt (II/III)-Based Redox Electrolyte Exceed 12 Percent Efficiency, *Science* 334, 629 (2011).
- [4] Grätzel M.; Dye-Sensitized Solar Cells, *J. Photoch. Photobio. C* 4, 145-153 (2003).
- [5] Deb S.K.; Dye-sensitized TiO₂ thin-film solar cell research at the National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Solar Energy Materials & Solar Cells* 88, 1–10 (2005).
- [6] Tae E.L., Lee S.H., Lee J.K., Yoo S.S., Kang E.J., Yoon K.B.; A Strategy To Increase the Efficiency of the Dye-Sensitized TiO₂ Solar Cells Operated by Photoexcitation of Dye-to-TiO₂ Charge-Transfer Bands, *J. Phys. Chem. B* 109, 22513-22522 (2005).
- [7] Huber R., Moser J.E., Grätzel M., Wachtveitl J.; Real-Time Observation of Photoinduced Adiabatic Electron Transfer in Strongly Coupled Dye/Semiconductor Colloidal Systems with a 6 fs Time Constant, *J. Phys. Chem. B* 106, 6494-6499 (2002).
- [8] Martini I., Hodak J.H., Hartland G.V.; Effect of Structure on Electron Transfer Reactions between Anthracene Dyes and TiO₂ Nanoparticles, *J. Phys. Chem. B* 102, 9508-9517 (1998).
- [9] Nawrocka A., Zdyb A., Krawczyk S.; Stark Spectroscopy of Charge-Transfer Transitions in Catechol-Sensitized TiO₂ Nanoparticles, *Chemical Physics Letters* 475, 272-276 (2009).
- [10] Zdyb A., Krawczyk S.; Molecule-solid interaction: Electronic states of anthracene-9-carboxylic acid adsorbed on the surface of TiO₂, *Applied Surface Science* 256, 4854-4858 (2010).
- [11] Krawczyk S., Zdyb A.; Electronic Excited States of Carotenoid Dyes Adsorbed on TiO₂, *J. Phys. Chem. C* 115, 22328-22335 (2011).
- [12] <http://www.tecnologiaericerca.com>, dostęp 15.02.2012.
- [13] www.agreenliving.org, dostęp 15.02.2012.
- [14] Karta katalogowa, www.G24i.com, dostęp 10.02.2011.
- [15] Nazeeruddin M.K., Grätzel M.; Transition Metal Complexes for Photovoltaic and Light Emitting Applications, 113-175, in: *Structure and Bonding*, Ed.: Mingos D.M.P., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (2007).
- [16] Greenpeace and EPIA Report, Solar Generation 6, 2011 Solar Photovoltaic Electricity Empowering the World, www.greenpeace.org, dostęp 10.02.2011.
- [17] Nowak W., Stachel A.A., Borsukiewicz-Gozdur; *Zastosowania OZE*, Wyd. Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin (2008).

THE PROSPECTS OF DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS APPLICATIONS IN POLAND

SUMMARY

Dye-sensitized solar cells (DSSC) provide a promising alternative concept to conventional PV devices. This paper presents structure, operation and advantages of DSSC as well as the dependence of their performance on the temperature. The estimated cost of DSSC application in Poland is also discussed.

.

Kazimierz ŻARSKI, dr inż.

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
Zakład Ogrzewnictwa i Wentylacji
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
ul. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
e-mail: k_zarski@ic.torun.pl

BILANS CIEPLNY KOLEKTORA SŁONECZNEGO W ROKU PORÓWNAWCZYM

STRESZCZENIE

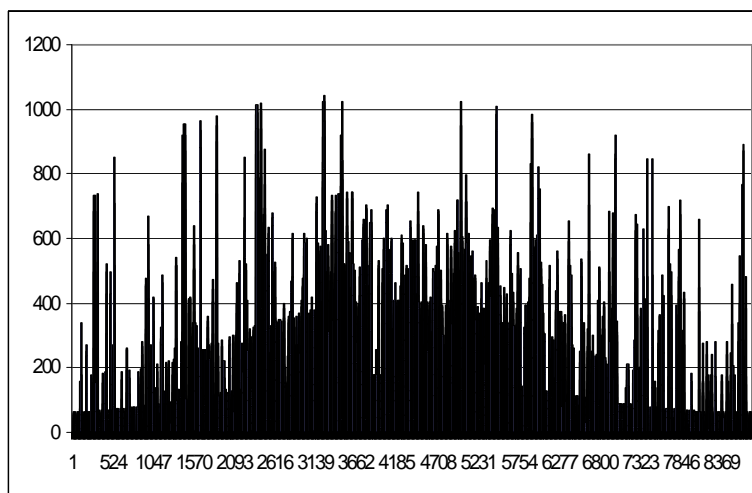
W referacie przedstawiono bilans cieplny kolektora słonecznego metodą „hour by hour”, na podstawie danych meteorologicznych roku porównawczego. W bilansie uwzględniono straty ciepła liniowe i nieliniowe oraz ciepło potrzebne do podgrzania kolektora słonecznego do temperatury zapewniającej podgrzanie ciepłej wody. Bilans sporządzono w budynku jednorodzinnym zlokalizowanym w Toruniu. Wyniki porównano z metodą obliczeń opartą o średnie miesięczne warunki meteorologiczne.

1. WPROWADZENIE

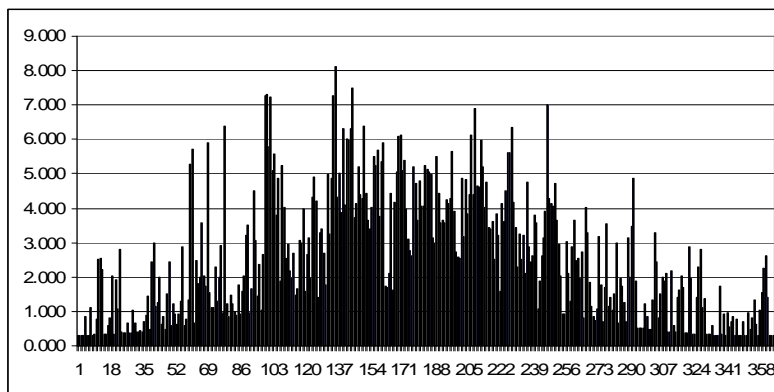
Do określenia rocznej efektywności kolektora słonecznego jest używana przeważnie [np. 2,3] metoda oparta na bilansie energii promieniowania słonecznego i strat ciepła w warunkach średnich w każdym miesiącu roku. O ile w warunkach średnich można precyzyjnie określić sumę energii promieniowania słonecznego padającego na płaszczyznę o danej orientacji i pochyleniu, o tyle bilans strat ciepła do otoczenia wymaga arbitralnego ustalenia godzin nasłonecznienia. W referacie przedstawiono metodę bilansu ciepła kolektora słonecznego w odstępach 1 godziny, na podstawie przeciętnych danych meteorologicznych, z uwzględnieniem liniowych i nieliniowych strat ciepła do otoczenia i ciepła potrzebnego do ogrzania materiału kolektora w pierwszej godzinie nasłonecznienia. Jako przykładowy przyjęto budynek jednorodzinny zlokalizowany w Toruniu. Przyjęto kolektory płaskie, cieczowe, eksponowane na południe, położone pod kątem 45° do płaszczyzny poziomej.

2. WARUNKI NASŁONECZNIENIA W TORUNIU

Na rys. 1. pokazano rozkład natężenia promieniowania słonecznego w ciągu przeciętnego roku, padającego na powierzchnię o orientacji południowej i pochyleniu do poziomu 45° , na rys. 2., odpowiednio sumę energii promieniowania słonecznego [5].

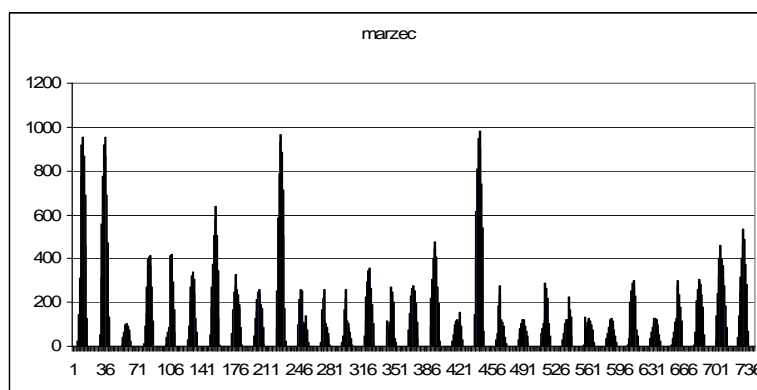


Rys. 1. Promieniowanie słoneczne w ciągu roku porównawczego w Toruniu [W/m^2] padające na powierzchnię o orientacji S_{45} [5] – oś pozioma – godzina roku
Fig. 1. Solar radiation in the reference year in Toruń [W/m^2] in case of S_{45} surface orientation [5] – horizontal axis – hour of the year



Rys. 2. Suma energii promieniowania słonecznego [kWh/m^2] w Toruniu (S_{45}) w poszczególnych dniach roku [5]
Fig. 2. Sum of solar radiation energy [kWh/m^2] in Toruń (S_{45}) in the days of the year [5]

Suma energii promieniowania słonecznego w ciągu roku padającej na jednostkę powierzchni przy orientacji S_45 wynosi 935.26 kWh/m². Na rys. 3. pokazano przykładowe natężenie promieniowania słonecznego (w tych samych warunkach) w marcu.



Rys. 3. Promieniowanie słoneczne w Toruniu w marcu [W/m²] padające na powierzchnię o orientacji S_45 [5]

Fig. 3. Solar radiation in march in Toruń [W/m²] in case of S_45 surface orientation [5]

Warunki nasłonecznienia w Toruniu można uznać za przeciętne w warunkach polskich.

3. BILANS CIEPLNY KOLEKTORA SŁONECZNEGO

Na rys. 4. pokazano przykładowy widok kolektora płaskiego.



Rys. 4. Kolektor płaski [1]

Fig. 4. Plane solar collector [1]

Podstawowe dane techniczne kolektora słonecznego [4] zawiera tabela 1.

Tabela 1. Dane techniczne kolektora słonecznego [4]

Table 1. Technical data of solar collector [4]

A [m ²]	a ₁ [W/(m ² K)]	a ₂ [W/(m ² K ²)]	η _o	m [kg]
1.817	4.46	0.0096	0.811	39

Oznaczenia: A – powierzchnia absorbera, a₁ – liniowy współczynnik strat ciepła, a₂ – nieliniowy współczynnik strat ciepła, η_o – sprawność optyczna, m – masa kolektora

Tzw. sprawność optyczna (termin handlowy) nie jest pojęciem ścisłym. Bardziej prawidłowe byłoby określenie: sprawność bez uwzględnienia strat ciepła do otoczenia. Powierzchnia absorbera jest podstawowym parametrem doboru kolektora. Współczynnik strat ciepła a₁ jest współczynnikiem liniowym przenikania ciepła, odniesionym do powierzchni czynnej (absorbera). Charakteryzuje straty ciepła do otoczenia przy niskiej temperaturze powietrza zewnętrznego (od października do marca). Przy wyższej temperaturze powietrza zewnętrznego (od kwietnia do września) straty ciepła nie mają charakteru w pełni liniowego. Charakteryzuje je współczynnik strat ciepła a₂, nieliniowy, odniesiony do drugiej potęgi różnicy temperatury. Równanie bilansu ciepła kolektora słonecznego w stanie nieustalonym, w formie dyskretniej, można zapisać w postaci

$$\Delta Q_{\text{sol}} = \Delta Q_{\text{str}} + \Delta Q_{\text{m}} + \Delta Q_{\text{inst}} \quad (1)$$

gdzie:

ΔQ_{sol} – ciepło przekazane w wyniku promieniowania słonecznego w jednostce czasu, J,

ΔQ_{str} – strata ciepła do otoczenia w jednostce czasu, J,

ΔQ_m – ciepło zakumulowane w materiale kolektora w jednostce czasu, J,

ΔQ_{inst} – ciepło odprowadzone do instalacji słonecznej w jednostce czasu, J.

Składowe bilansu ciepła w elementarnym przedziale czasu Δτ [s] są odpowiednio równe

$$\Delta Q_{\text{sol}} = I_{\text{sol}} \cdot A \cdot \eta_o \cdot \Delta \tau \quad (2)$$

gdzie:

I_{sol} – natężenie promieniowania słonecznego, przy danej orientacji i pochyleniu płaszczyzny, W,

A – powierzchnia absorbera, m²,

$$\Delta Q_{\text{str}} = (\Phi_1 + \Phi_2) \cdot \Delta \tau \quad (3)$$

gdzie:

Φ₁ – liniowy strumień strat ciepła, równy (a₁, a₂ – oznaczenie w tabeli 1.)

$$\Phi_1 = a_1 \cdot A \cdot (t_w - t_e) \quad (4)$$

nieliniowy strumień strat ciepła:

$$\Phi_2 = a_2 \cdot A \cdot (t_w - t_e)^2 \quad (5)$$

gdzie:

t_w – temperatura cieczy wewnątrz kolektora, °C,

t_e – temperatura powietrza zewnętrznego (otoczenia), °C,

$$\Delta Q_m = m \cdot c_p \cdot \Delta t \quad (6)$$

gdzie:

m – masa kolektora, kg,

c_p – ciepło właściwe materiału kolektora, średnio 400 J/(kg K),

Δt – przyrost temperatury kolektora, K.

$$\Delta Q_{inst} = m_w \cdot c_{pw} \cdot \Delta t_w \cdot \Delta \tau \quad (7)$$

gdzie:

m_w – strumień masy cieczy odbierającej ciepło, kg/s,

c_{pw} – ciepło właściwe cieczy, w funkcji temperatury, J/(kg K),

Δt_w – przyrost temperatury cieczy w kolektorze słonecznym, K.

Sprawność kolektora słonecznego z uwzględnieniem strat η można określić z wzoru

$$\eta = \frac{\Delta Q_{sol} - \Delta Q_{str} - \Delta Q_m}{\Delta Q_{sol}} \quad (8)$$

Oznaczenia jak w poprzednich wzorach. W tabeli 2. przedstawiono przyjętą temperaturę wody w kolektorze słonecznym w poszczególnych miesiącach przy średniej temperaturze powietrza zewnętrznego. Przyjęto następujące założenia: liczba mieszkańców: 4 osoby, jednostkowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę: 50 kg/d, liczba kolektorów słonecznych: 3, orientacja: S, kąt nachylenia do poziomu: 45 °.

Tabela 2. Przyjęta temperatura wody t_w w kolektorze w poszczególnych miesiącach roku
Table 2. Assumed water temperature t_w in solar collector in months of the year

miesiąc	t_e [°C]	t_w [°C]
styczeń	-0.73	30
luty	-0.91	30
marzec	3.3	35
kwiecień	6.79	35
maj	13.64	60
czerwiec	17.23	60
lipiec	17.02	60
sierpień	16.26	60
wrzesień	13.58	35
październik	7.65	35
listopad	2.38	30
grudzień	1.16	30

Symulację sporządzono w każdej godzinie roku, wyznaczając sumę energii promieniowania słonecznego i odejmując od niej straty liniowe, nieliniowe i ciepło do podgrzania materiału kolektora słonecznego (tylko w pierwszej godzinie). Zastosowano wzory (1..7). W tabeli 3. podano wyniki symulacji w czasie całego roku, w zestawieniu miesięcznym. Wyniki uzyskane metodą „hour by hour” porównano z wynikami uzyskanymi na podstawie średniej miesięcznej temperatury powietrza zewnętrznego (prezentowane w tab. 4.).

Tabela 3. Wyniki symulacji w całym roku przy metodzie „hour by hour”
Table 3. Result of simulation in a full year at „hour by hour” method

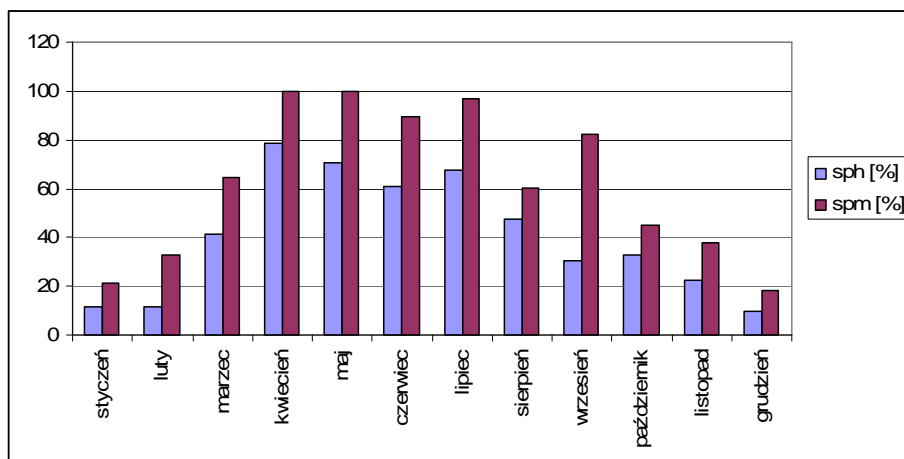
miesiąc	t_e [°C]	$I_{sol\bar{s}}$ [W/m ²]	Q_{sol} [kWh]	m_{cw} [kg]	sp [%]
styczeń	-0.73	36.16	118.94	715.31	11.54
luty	-0.91	47.60	141.40	660.92	11.80
marzec	3.30	94.63	311.24	2552.74	41.17
kwiecień	6.79	142.77	454.44	4713.85	78.56
maj	13.64	187.65	617.19	4376.28	70.59
czerwiec	17.23	174.10	554.16	3637.82	60.63
lipiec	17.02	181.68	597.56	4199.21	67.73
sierpień	16.26	147.05	483.66	2936.74	47.37
wrzesień	13.58	112.09	356.77	1839.87	30.66
październik	7.65	70.92	233.25	2041.00	32.92
listopad	2.38	50.14	159.59	1335.21	22.25
grudzień	1.16	32.34	106.38	598.28	9.65
suma				29607.24	40.56
m_{cw} - masa wody podgrzanej od 10 °C do 55 °C					

sp – stopień pokrycia zapotrzebowania na c.w.

Tabela 4. Wyniki symulacji w całym roku w warunkach średnich miesięcznych
Table 4. Result of simulation in a full year in average month conditions

miesiąc	t_e [°C]	$I_{sol\bar{s}}$ [W/m ²]	Q_{sol} [kWh]	m_{cw} [kg]	sp [%]
styczeń	-0.73	36.16	118.94	1328.08	21.42
luty	-0.91	47.60	141.40	1837.03	32.80
marzec	3.3	94.63	311.24	3993.50	64.41
kwiecień	6.79	142.77	454.44	6000.00	100.00
maj	13.64	187.65	617.19	6200.00	100.00
czerwiec	17.23	174.10	554.16	5377.21	89.62
lipiec	17.02	181.68	597.56	6003.89	96.84
sierpień	16.26	147.05	483.66	3725.27	60.09
wrzesień	13.58	112.09	356.77	4939.60	82.33
październik	7.65	70.92	233.25	2786.55	44.94
listopad	2.38	50.14	159.59	2276.21	37.94
grudzień	1.16	32.34	106.38	1149.60	18.54
suma				45616.94	62.49

Na rys. 5. przedstawiono graficznie porównanie stopnia pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę w poszczególnych miesiącach obliczone metodą „hour by hour” (sph) i przy średniej miesięcznej temperaturze powietrza zewnętrznego (spm).



Rys. 5. Porównanie stopnia pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę przy metodzie „godzinowej” i miesięcznej

Fig. 5. Comparison of percentage of HDW demand fulfilling at “hour by hour” and “month” method

W średnich warunkach nasłonecznienia (Toruń) roczne pokrycie zapotrzebowania na ciepłą wodę wynosi w dokładnym modelu obliczeń ok. 40%. W modelu opartym o średnie miesięczne parametry meteorologiczne wynik jest znacznie większy i wynosi ok. 62%. Do celów projektowych można przyjąć 35÷45% pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę przez kolektory słoneczne w czasie roku, przy powierzchni absorbera przypadającej na 1 osobę: ok. 1.4 m². Przy powierzchni absorbera 0.9 m² na 1 osobę stopień pokrycia zapotrzebowania na c.w. wynosi ok. 27%. Nie zmienia tej proporcji zwiększenie liczby mieszkańców, np. przy projektowaniu kolektorów słonecznych w budownictwie wielorodzinnym. Tak więc, przekazywane przez producentów urządzeń do pozyskania energii słonecznej informacje o 70-80% pokryciu zapotrzebowania na ciepłą wodę w roku, w przeciętnych warunkach meteorologicznych prawdopodobnie **nie są zbliżone do rzeczywistych**. Oczywiście, parametry nasłonecznienia w latach meteorologicznych mogą się różnić od siebie, ale nie więcej niż 10÷20%. Obliczony wskaźnik pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę może być przyjęty w kalkulacjach opłacalności montażu kolektorów słonecznych. Prezentowany arkusz kalkulacyjny może być wykorzystany do obliczeń w dowolnych, innych warunkach lokalizacji, przy innej orientacji i pochyleniu płaszczyzny kolektora i przy innym typie kolektora (np. próżniowym).

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych szczegółowych obliczeń bilansu cieplnego kolektorów słonecznych do celów przygotowania ciepłej wody, w przeciętnych warunkach nasłonecznienia, jednostkowego zapotrzebowania na ciepłą wodę (50 kg/d) i powierzchni kolektora słonecznego (absorbera) przypadającej na 1 osobę ok. 1.4 m², można przyjąć stopień pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę równy ok. 40%. Do symulacji przyjęto temperaturę ciepłej wody równą 55 °C, zgodnie z warunkami technicznymi, jakim powinny odpowiadać budynki [6]. Przyjęcie niższej temperatury wody, np. 45 °C, zwiększy stopień pokrycia zapotrzebowania do ok. 47%, zatem prawie do połowy. W budownictwie jednorodzinym minimalna powierzchnia kolektora słonecznego (absorbera), przypadająca na 1 mieszkańca, powinna być nie mniejsza niż 1.4 m². Przyjęcie mniejszej powierzchni kolektora może prowadzić do mniej korzystnych wyników analizy techniczno-ekonomicznej celowości zastosowania kolektorów słonecznych do przygotowania ciepłej wody w warunkach polskich.

5. LITERATURA

- [1] www.budowaplus.pl
- [2] www.builditsolar.com
- [3] Program GETSOLAR Professional
- [4] Hewalex: dane techniczne kolektorów słonecznych
- [5] Ministerstwo Infrastruktury: wmo122500iso - dane meteorologiczne IMGW dla Torunia
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z późn. zmianami

THERMAL BALANCE OF SOLAR COLLECTOR IN THE REFERENCE YEAR

SUMMARY

In this paper thermal balance of solar collector using method „hour by hour”, on the basis of meteorological data in the reference year is presented. In the balance linear and non-linear heat loss and heat to warm up the material have been taken into account. The balance is prepared for one-family house. The results have been compared with calculation based on average month's meteorological data.

Agnieszka ŻELAZNA, mgr inż.
Justyna STEFANIAK, mgr inż.
Artur PAWŁOWSKI, dr hab., prof. PL

Politechnika Lubelska
Zakład Zrównoważonego Rozwoju
ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin
e-mail: a.zelazna@wis.pol.lublin.pl

ASPEKTY ŚRODOWISKOWE WYKORZYSTANIA URZĄDZEŃ DO KONWERSJI ENERGII SŁONECZNEJ

STRESZCZENIE

Jednym z nadrzędnych postulatów rozwoju zrównoważonego w aspekcie środowiskowym jest redukcja poziomu zużycia energii ze źródeł konwencjonalnych. Odnawialne źródła energii, takie jak energia słoneczna, stają się powszechne w wielu zastosowaniach. Najpopularniejszy sposób użytkowania energii słonecznej to podgrzew ciepłej wody użytkowej. W artykule przedstawiono wyniki analizy środowiskowej wykorzystania dwóch najczęściej stosowanych typów kolektorów słonecznych w budynku jednorodzinnym zlokalizowanym w Warszawie metodą oceny cyklu życia. Badania wykazały, że zwrot nakładów energetycznych na produkcję systemu słonecznego do podgrzewu ciepłej wody użytkowej następuje już w pierwszym roku pracy.

1. WPROWADZENIE

Współczesna cywilizacja do swego funkcjonowania potrzebuje energii, która w skali globalnej jest wytwarzana głównie ze spalania paliw kopalnych. Oznacza to nie tylko zmniejszenie dostępnych bogactw naturalnych naszej planety, ale także rosnącą degradację środowiska. Dominującą pozycję (ok. 70% udziału w rynku) zajmuje energetyka węglowa [1]. Jej rozwój jest odpowiedzialny za wzrost ekwiwalentu dwutlenku węgla ($\text{CO}_{2\text{eq}}$) w atmosferze o ok. 50% w ciągu XX w. [2], co przyczyniło się do powstania nowych zagrożeń środowiskowych związanych ze zmianami klimatycznymi i globalnym ociepleniem. Aby zapobiec dalszej degradacji biosfery, niezbędne jest wprowadzenie istotnych zmian w sposobach produkcji energii. To zarazem jeden z filarów koncepcji rozwoju

zrównoważonego, będącej obecnie podstawą wyznaczania kierunków polityki i rozwoju gospodarczego tak na poziomie krajowym, jak i międzynarodowym [1,3,4,5].

Rozwój zrównoważony odnosi się do trzech ważnych grup problematycznych: środowiskowej, społecznej i ekonomicznej [6, 8]. W kontekście energetycznym kwestie środowiskowe obejmują m.in. problem wyczerpywalności kopalnych nośników energii, a także fakt, że korzystanie z jednych źródeł energii oznacza większy poziom emisji zanieczyszczeń, niż w przypadku korzystania z innych. Kwestie ekonomiczne i społeczne odnoszą się m.in. do kosztów budowy infrastruktury energetycznej, w tym także kosztów ponoszonych przez społeczeństwo, ponadto do wpływu inwestycji energetycznych na rynek pracy [7].

Aby uczynić zadość wymogom rozwoju zrównoważonego, niezbędna jest, między innymi, redukcja zużycia energii ze źródeł konwencjonalnych, co można osiągnąć przez wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii [9]. Jednym z nich jest energia słoneczna, którą najczęściej wykorzystuje się do systemów podgrzewu ciepłej wody użytkowej.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki analizy środowiskowej eksploatacji takiego systemu w budynku jednorodzinnym, zlokalizowanym w Warszawie. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem metody Oceny Cyklu Życia (Life Cycle Assessment, LCA).

2. WYKORZYSTANIE ENERGII SŁONECZNEJ W POLSCE

Pierwotnym źródłem energii dla Ziemi jest Słońce. Energia słoneczna wykorzystywana w procesie fotosyntezy stoi u podstawy każdego łańcucha pokarmowego, jest także siłą napędową ruchów wód i wiatru, a przed milionami lat została uwięziona w zasobach węgla i ropy naftowej [10].

Energia słoneczna znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach. Należy tu wskazać choćby na powszechnie stosowane formy biernego ogrzewania pomieszczeń wykorzystujące zyski słoneczne poprzez szyby okienne czy oświetlanie powierzchni ziemi w porze dziennej. Rozpowszechnioną formą wykorzystania energii słonecznej są również tunele i szklarnie stosowane w rolnictwie i ogrodnictwie [11].

Systemy słoneczne w instalacjach pojawiły się na polskim rynku stosunkowo niedawno. Obejmują one podgrzewanie ciepłej wody użytkowej oraz wspomaganie centralnego ogrzewania w miesiącach przejściowych, jesiennych i wiosennych [12]. W przypadku fotowoltaiki, najczęściej stosowane są systemy podłączone do sieci energetycznej i zintegrowane z budynkami [13].

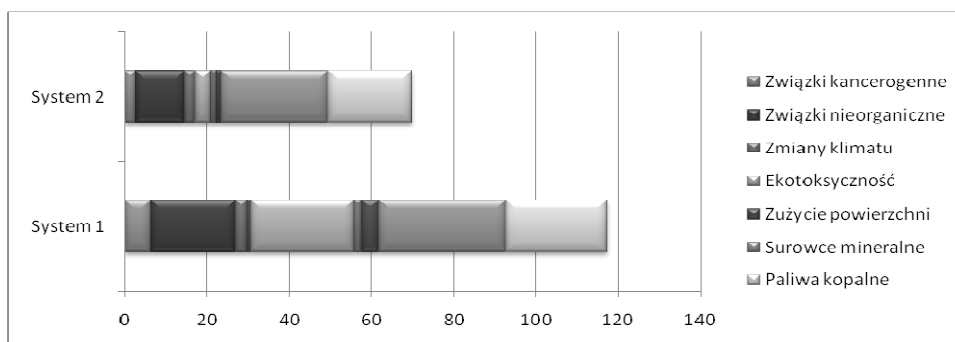
Według danych Głównego Urzędu Statystycznego, fototermika pojawia się w opracowaniach statystycznych dopiero w roku 2002, a ilość energii pozyskiwana z tego źródła corocznie wzrasta. Zgodnie z porozumieniami przyjętymi przez Polskę na szczeblu międzynarodowym, przewiduje się konsekwentny wzrost udziału odnawialnych źródeł energii na polskim rynku energetycznym. Wymagania te wynikają z postanowień Dyrektywy 2009/28/WE oraz pakietu klimatycznego „3x20”, przyjętego przez Parlament Europejski w 2008 roku. Intencjonalne udziały źródeł odnawialnych w krajowych rynkach energetycznych do roku 2020 mają wynieść 20% dla całej Unii Europejskiej i 15% dla Polski [14, 15].

3. ANALIZA EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH WYKORZYSTANIA KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH

Do analizy zastosowano metodę ocen cyklu życia LCA, której podstawowym założeniem jest stworzenie bilansu ekologicznego produktu, a zatem oszacowanie wejść i wyjść poszczególnych procesów składających się na cykl życia produktu. W analizie oparto się na własnym bilansie materiałowym instalacji, wykorzystując bazy danych produktowych dostępne w oprogramowaniu SimaPro v7.2.

Na podstawie stworzonej inwentaryzacji procesów rozbudowy instalacji ciepłej wody użytkowej o kolektory słoneczne wykonano analizy ich wpływu na środowisko z uwzględnieniem budowy, użytkowania i końcowego zagospodarowania. Dla założeń projektowych (lokalizacja instalacji – Warszawa, budynek jednorodzinny, 5 użytkowników instalacji, średnie dobowe zużycie c.w.u. na osobę na poziomie 50l, podgrzew wody za pomocą grzałki elektrycznej, zasobnik 300l) wykonano symulację działania instalacji w poszczególnych miesiącach za pomocą oprogramowania GetSolar.

Porównano możliwy uzysk energetyczny dla systemu z kolektorami próżniowymi (System 1) o łącznej powierzchni $6,42\text{m}^2$ oraz systemu z kolektorem płaskim, absorber miedziany (System 2) o łącznej powierzchni $6,42\text{m}^2$. Dane inwentaryzacyjne obejmowały zużycie materiałów (budowa kolektorów, zużycie przewodów i złączek miedzianych, pompa i system automatyki, czynnik grzewczy obiegu słonecznego) oraz energii na procesy budowy i eksploatacji instalacji słonecznej.

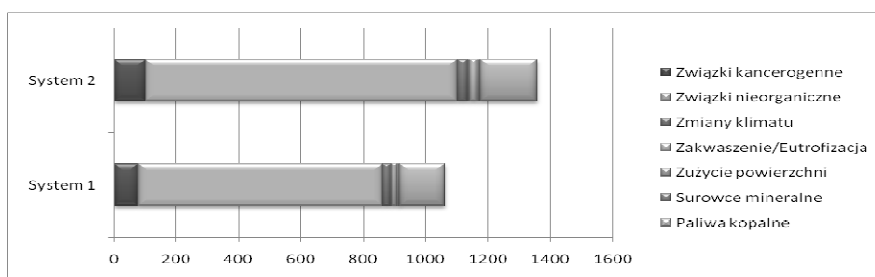


Rys. 1. Obciążenia środowiskowe z budowy instalacji wg metody EcoIndicator'99, Pt
Fig. 1. Environmental impacts from installations' building by EcoIndicator'99 method, Pt

Metoda oceny efektów środowiskowych wywieranych w perspektywie cyklu istnienia produktu EcoIndicator'99, wykorzystana w niniejszym przykładzie, upraszcza kategorie szkód do trzech podstawowych: Zdrowie ludzkie, Jakość ekosystemu, Surowce mineralne. Jednocześnie w metodzie tej wyróżniamy 11 kategorii oddziaływań: Surowce mineralne, Paliwa kopalne, Eksploatacja ziemi, Zakwaszenie/Eutrofizacja, Ekotoksyczność, Dziura ozonowa, Radiacja, Zmiany klimatu, Związki nieorganiczne, Związki organiczne, Związki rakotwórcze. W metodzie tej dokonano parametryzacji poszczególnych substancji wprowadzanych do środowiska oraz zużywanych jego zasobów w odniesieniu do określonych wzorców.

Oceniana funkcja szkody przedstawia relację pomiędzy wpływem produktu lub/i procesu, czy też obiektu na środowisko, a szkodą wyrządzoną w stosunku do ludzkiego zdrowia, jakości ekosystemu i zubożenia surowców naturalnych [16]. Wynik przedstawiany jest jako wskaźnik punktowy, Pt.

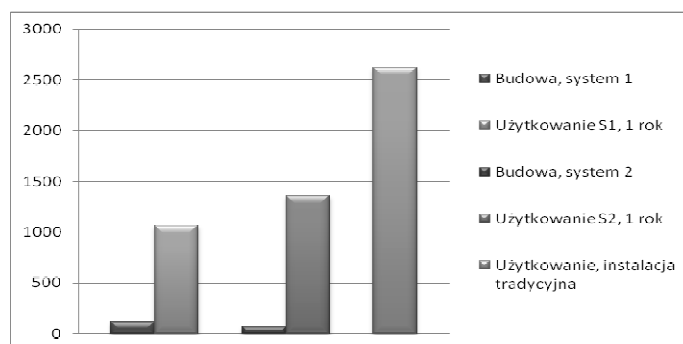
Na rys.1. przedstawiono obciążenia środowiskowe obliczone za pomocą metody EcoIndicator'99 dla procesu budowy instalacji. W danych inwentaryzacyjnych uwzględniono materiały i energię potrzebną do procesów produkcji urządzeń (źródło – baza Eco-invent) oraz ich montażu. Jak wynika z rysunku, głównymi kategoriami wpływu w przypadku budowy systemu są zużycie surowców mineralnych i paliw kopalnych, głównie na produkcję kolektorów słonecznych. Całkowity wskaźnik obciążeń środowiskowych dla systemu z kolektorem płaskim jest mniejszy (68 Pt) od obciążeń generowanych przy budowie systemu z kolektorem próżniowym (116 Pt).



Rys. 2. Obciążenia środowiskowe z użytkowania instalacji wg metody EcoIndicator'99, Pt

Fig. 2. Environmental impacts from installations' use by EcoIndicator'99 method, Pt

Na rys. 2. porównano obciążenia związane z pierwszym rokiem użytkowania instalacji podgrzewu c.w.u., z uwzględnieniem zużycia energii elektrycznej na dogrzewanie wody oraz pracę pompy układu słonecznego. Wykorzystanie energii elektrycznej łączy się głównie z emisją związków nieorganicznych do atmosfery i – co oczywiste – zużyciem paliw kopalnych. Użytkowanie instalacji z kolektorami próżniowymi, z uwagi na większy uzysk energetyczny, łączy się z niższym zużyciem energii dodatkowej, przez co generuje mniejsze obciążenia dla środowiska.



Rys. 3. Ocena pierwszego roku pracy instalacji wg metody EcoIndicator'99, Pt

Fig. 3. Assessment of the first year of installations' use by EcoIndicator'99 method, Pt

Otrzymane wyniki porównano z pracą instalacji tradycyjnej, wykorzystującej grzałkę elektryczną. Sprawność wykorzystania energii przyjęto na poziomie 99%. Jak wynika z rysunku 3., obciążenia środowiskowe związane z budową i pracą instalacji w systemie 1, jak i w systemie 2, już w pierwszym roku pracy są niższe, niż wskaźnik dla jednorocznej pracy instalacji tradycyjnej (dobowe zużycie energii elektrycznej przyjęto na podstawie wyników programu GetSolar na poziomie ok. 11kWh).

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych symulacji stwierdzono, że zwrot nakładów energetycznych na produkcję systemu słonecznego do podgrzewu ciepłej wody użytkowej następuje już w pierwszym roku jej pracy. Przedstawione wyniki opracowano na podstawie symulacji komputerowej, zatem będą to dane przybliżone z uwagi na niepewność związaną ze zmiennością rzeczywistego rozbioru wody oraz warunków pogodowych. Niemniej jednak, przedstawione założenia oraz dostępne w światowej literaturze przykłady częściowych analiz [17, 18] stanowią podstawę do stwierdzenia, że wykorzystanie kolektorów słonecznych do podgrzewu ciepłej wody użytkowej jest z perspektywy cyklu życia rozwiązaniem korzystnym i ekologicznym, gdyż pozwala osiągnąć znaczne zmniejszenie emisji związanych z przygotowaniem c.w.u. już po pierwszym roku ich użytkowania.

Wykorzystanie oceny cyklu życia w przypadku systemów energetycznych ma na celu wzrost wiedzy ich użytkowników, projektantów oraz potencjalnych inwestorów na temat wybranej technologii. Stanowi to krok ku podejmowaniu świadomych decyzji o zastępowaniu tradycyjnych systemów nowoczesnymi i ekologicznymi, co prowadzi do ograniczania emisji do środowiska i zmniejszenia konsumpcji paliw kopalnych. Kwestie te, jak to podkreślono we wstępie, są niezwykle istotne z punktu widzenia wdrażania koncepcji zrównoważonego rozwoju nie tylko w prawodawstwie, ale przede wszystkim w mentalności i codziennym życiu użytkowników instalacji słonecznych.

5. LITERATURA

- [1] Pawłowski A.: Sustainable Development as a Civilizational Revolution. Multidimensional Approach to the Challenges of the 21st century, CRC Press, Taylor & Francis Group, A Balkema Book, Boca Raton, Londyn, Nowy Jork, Leiden, 2011
- [2] Lindzen R.: Global warming: the origin and nature of the alleged scientific consensus. Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Vol. 5, Nr 2, str. 13-28, 2010
- [3] Leroy P., Nelissen N.: Social and Political Sciences of the Environment. International Books, Utreht 1999
- [4] Hull Z.: Does the idea of sustainable development show a new vision of the development of civilization? Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Vol. 2, Nr 1, str. 49-57, 2007.
- [5] WCED: Our Common Future, The Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Nowy Jork 1987
- [6] Pawłowski A.: Conditions of Polish Energy Security and Sustainable Development, w: Bojar E. (red.), Eco-Management For Sustainable Regional Development, Dom Organizatora, Toruń 2011, s. 385-407.

- [7] Pawłowski A.: Sustainable energy as a sine qua non condition for the achievement of sustainable development. *Problemy Ekorozwoju*, 2009, 4(2), 3-7
- [8] Piemental D., *Biofuels, Solar and Winds as Renewable Energy Systems*, Springer, 2011,
- [9] Żelazna A., Pawłowski A.; Korzyści środowiskowe z wykorzystania systemów solarnych na przykładzie budynku jednorodzinnego, *Proceedings of ECOpole 2011*
- [10] Kalotek J., *Odnawialne źródła energii*, Radom 2006,
- [11] Klugmann-Radziemska E., *Odnawialne źródła energii – przykłady obliczeniowe*, Gdańsk 2011
- [12] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- [13] Popczyk J.: Ocena potencjału realizacji celów Pakietu 3x20, w szczególności w aspekcie redukcji emisji za pomocą różnych technologii. *Zmiany klimatu - wyzwania dla gospodarki*, 2009, 4, <http://csm.org.pl/>
- [14] www.pre.nl, 2011
- [15] Carsson B.: Suitability analysis of selective solar absorber surfaces based on a total cost accounting approach. *Solar Energy Mater. Solar Cells*, 2007, 91, 1338-1349.
- [16] Gaidajis G. i Angelakoglou K.: Assessment of the environmental impacts deriving from the life cycle of a typical solar water heater. *J. Eng. Sci. Technol. Rev.*, 2011, 4(1), 92-95.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF SOLAR ENERGY CONVERSION SYSTEMS

SUMMARY

One of the principal demands of sustainable development is the reduction of the conventional energy consumption level. Renewable sources of energy, such as solar, are becoming common in many applications. The most popular way to use solar energy is preparation of domestic hot water. The results of Life Cycle Assessment of the two most common types of solar collectors in the detached house located in Warsaw are presented in the article. The research proved, that energy costs used for the production of the solar system are returned in the first year of operation.

