

**Witold Lenart**

## **Pierwszeństwo energii pierwotnej w budownictwie**

### **Możliwości sięgania po energię słoneczną**

Promieniowanie słoneczne jest podstawowym źródłem energii dla wszelkiego rodzaju procesów zachodzących na kuli ziemskiej i w jej otoczeniu. Jemu zawdzięczamy rozwój życia wymagającego światła i ciepła. Promieniowanie słoneczne jest przyczyną cyrkulacji powietrza i wód oceanicznych, gdyż nierównomierne nagrzanie różnych fragmentów powierzchni naszej planety wywołuje różnice temperatury i ciśnienia, a w ich konsekwencji - ruchy powietrza i wody. Obieg wody w przyrodzie w różnych jej fazach -gazowej, ciekłej i stałej - wiąże się także z dopływem energii słonecznej.

Bilans promieniowania powierzchni Ziemi jest to różnica pomiędzy pochłoniętym promieniowaniem całkowitym słońca a promieniowaniem efektywnym ziemi:

$$R = (I_{\text{sinh}} + i) \cdot (1 - a) - E_{\text{ef}}$$

gdzie:

$I_{\text{sinh}}$  - natężenie promieniowania bezpośredniego na powierzchnię poziomą,

$i$  - natężenie promieniowania rozproszonego,

$a$  - albedo,

$E_{\text{ef}}$  - natężenie promieniowania efektywnego.

Od bilansu promieniowania zależy stan termiczny powierzchni gruntu. Bilans ten przybiera wartości dodatnie niedługo po wschodzie słońca nad horyzontem, i w ciągu dnia rośnie. Nocą natomiast jest ujemny, równy utracie ciepła drogą promieniowania efektywnego.

Te podstawowe wiadomości pozwalają na konstruowanie najprostszyc systemów wykorzystujących energię promienistą słońca. Najprostszym sposobem odbioru energii krótkofalowego promieniowania słonecznego jest pochłonięcie jej przez ciało doskonale czarne lub zbliżone do niego, o albedzie bliskim zeru, a następnie możliwie szybkie odprowadzenie pochłoniętej energii do miejsc, gdzie może być ona zmagazynowana lub bezpośrednio wykorzystana. Mowa tu zatem o tak zwanych pasywnych systemach wykorzystania energii słonecznej. Polegają one na bezpośrednim wykorzystaniu energii słonecznej do ogrzewania, ale też np. do ochładzania. Systemy pasywne doskonale nadają się do ogrzewania budynków, podgrzewania wody, w różnego rodzaju zbiornikach naziemnych i podziemnych, otwartych i zamkniętych, do suszenia płodów, drewna, żywności przetworzonej, ceramiki itd. Pasywne mogą być także urządzenia cyrkulacyjne, w których ruch wywołany jest różnicą nagrzania powierzchni o innych parametrach fizycznych (albedzie). W systemach pasywnych nie doprowadza się energii z zewnątrz.

Najciekawsze, z punktu widzenia korzyści środowiskowych, w naszych warunkach klimatycznych jest pasywne słoneczne ogrzewanie wnętrza budynków, w tym mieszkalnych. Odpowiednia konstrukcja tych budynków, a zwłaszcza ścian, przegród wewnętrznych oraz dachów i otworów okiennych, pozwala na przejęcie wystarczająco dużej ilości ciepła

pochodzącego z promieniowania krótkofalowego słońca by skrócić okres grzewczy nawet o połowę, a w czasie koniecznego ogrzewania sztucznego, obniżyć zapotrzebowanie na energię cieplną nawet o połowę. Przy uzupełniającym zastosowaniu niektórych elementów wspomaganie istnieje możliwość wzniesienia w warunkach polskich budynków bez ogrzewania sztucznego. Wiedza niezbędna do projektowania i wznoszenia takich budynków, którą można określić terminem Dewic (Design with Climate) jest w Polsce słabo znana. Stosując kolektory słoneczne wspomagane mechanicznie lub elektrycznie należy zacząć od rozwiązań typu Dewic.

Systemy pasywne Dewic wykorzystują przede wszystkim okna, werandy, patia, elementy szklarniowe, przeszklone wykusze, oranżerie dobudowane i dachowe, loggie półotwarte, baseny otwarte i zamknięte wbudowane w konstrukcję budynku, diafragmy koncentrujące promieniowanie i ekrany odbijające promienie i kierujące je do wewnątrz, powodując zwiększenie strumienia energii dostającego się do pomieszczeń. Stosuje się różne wewnętrzne ściany magazynujące ciepło – tzw. Ściany Trombego. Ważnymi elementami Dewic są pułapki ciepła w postaci strychów, antresoli i wewnętrznych ścian wodnych, a także porcji wody lub innych płynów wmontowanych w ściany i stropy (termofory budowlane). Wszystko po to by utrzymać uwięzione ciepło podczas dni słonecznych zarówno w porze letniej jak i w czasie zimy. Zabiegi takie prowadzą do przesunięcia okresu rozpoczęcia ogrzewania, gdyż zakumulowana energia wystarcza nawet na parę tygodni oraz na przetrwanie doby bez ogrzewania po słonecznym dniu w zimie. Szczególnie korzystne efekty daje zwiększanie pojemności cieplnej stropów, a więc podłóg i sufitów. Z tych powierzchni ciepło oddawane jest równomiernie i stosunkowo długo.

Zbiornik lub staw na dachu to rozwiązanie, które należy przewidzieć przed budową domu. Istnieje cały szereg technik i technologii Dewic tego typu. W naszych warunkach klimatycznych powinny być stosowane rolety zakrywające taki zbiornik, umożliwiające doładowywanie ciepła w każdej nadarzającej się sytuacji. Oczywiście dziś tego typu zamknięcia pracują automatycznie, reagując na warunki solarne.

Można stosować stawy słoneczne, które zalicza się już raczej do niskotemperaturowych aktywnych systemów wykorzystywania energii słonecznej, chociaż bez trudu można opisać także wersję pasywną. W stawie słonecznym adaptowanym do systemu typu Dewic energia promieniowania jest kumulowana dzięki dużemu stężeniu soli w wodzie, praktycznie w postaci solanki. Solanka spełnia jednocześnie rolę substancji chroniącej przed zamarzaniem, rozwojem glonów oraz nadmierną wymianą konwekcyjną pomiędzy warstwami wody – gęstsze partie osiadają na dnie. Typowy staw ma około 100 cm głębokości i parę oddzielonych warstw o różnych, malejących ku górze stężeniach soli. Do warstwy górnej należy stale dolewać wody a dolną uzupełniać solanką. Promieniowanie przenika do dna stawu i nagrzewa warstwę dolną, górne warstwy o mniejszym stężeniu blokują konwekcję, a więc ucieczkę ciepła. Staw słoneczny jest generalnie lepszym rozwiązaniem od kolektora, gdyż wykazuje mniejsze straty ciepła i dłużej akumuluje to

ciepło. Niestety urządzenia takie są w Polsce nieznane, tymczasem pozytywnie przetestowano już je w Skandynawii i na Wyspach Brytyjskich. Rozwiązania aktywne, z turbogeneratorem, pracują w wielu krajach śródziemnomorskich.

Przejdźmy do kolektorów słonecznych są zewnętrzne proste systemy pasywne Dewic polegające na ogrzewaniu słonecznym wody opadowej oraz podgrzewaniu powietrza wstępującego. Element górny składać się powinien ze zbiornika na wodę deszczową i z koniecznym podgrzewaniem śniegu (tu większe straty) oraz z kolektora słonecznego ogrzewającego tę wodę podczas powolnego grawitacyjnego spływania. System dolny polega na kolektorowym podgrzewaniu powietrza, które konwekcyjnie unosi się. Oba strumienie ciepła są w środkowej części budynku kierowane do wnętrza i tam ciepło jest odbierane, a przejściowo magazynowane. O ile z pierwszą fazą tej operacji jest tylko trochę problemów polegających na sterowaniu receptorem tak, by zwiększać dostawę energii (utrzymywać prostopadłość padania promieni na powierzchnię), to druga faza jest zdecydowanie trudniejsza. Nagrzana powierzchnia zależnie od jej charakterystyk fizyczno cieplnych oddaje energię zarówno w obrębie ciała absorbującego jak i przez przewodzenie, turbulencję, konwekcję i przemiany fazowe do atmosfery. To drugie należy uznać za stratę energii. W praktyce nigdy nie uda się skonstruować systemu, który całkowicie wyeliminuje takie straty.

Szybkie odprowadzenie pochłoniętej energii może zatem odbywać się przede wszystkim na drodze przewodnictwa, gdyż sposób ten jest w przypadku powietrza bardzo nieefektywny. Z powyższego wynika, że można łącząc różne systemy Dewic (są ich setki) uzyskać korzystny efekt energetyczny prawie lub całkiem bez stosowania zabiegów aktywnych.

Świadomie nie użyto tu ani razu określeń zwykle stosowanych przy ocenianiu różnych źródeł energii, uważanych za ekologicznie poprawne. Teraz, kiedy omówiono zasadnicze kryteria ekologiczne w stosunku do tych źródeł, można się rozprawić z tą terminologią. Definicje opatrzone w odpowiednie przykłady dotyczące się budownictwa.

### **Odnawialne źródła energii**

Odnawialność oznacza możliwość funkcjonowania systemu przekazywania energii odbiorcy bez względu na uwarunkowania zewnętrzne i w czasie teoretycznie nieograniczonym. Są to zatem te źródła, które funkcjonują na Ziemi bez przerwy, przy obecności - zbliżonych składem do dzisiejszego - atmosfery, hydrosfery, biosfery i litosfery. Zasadniczo odnawialność odbywa się w cyklach sezonowych związanych z ruchem obiegowym Ziemi a więc także cyklami wegetacyjnymi, obiegiem wody, niektórymi cyklami geochemicznymi itd. Odnawialność oznacza także pozostawienie w nienaruszonym stanie rozkładu energii pierwotnej na Ziemi. Łatwo dowieść, że niektóre z uznawanych powszechnie odnawialnych rodzajów energii nie są odnawialnymi. Odnawialne źródła energii (OZE) to źródła, które są nieustannie uzupełniane w procesach naturalnych, czyli można nimi zarządzać w sposób zapewniający, że ich zapasy nigdy się nie uszczuplą na naturalnie

funkcjonującej Ziemi. Większość rodzajów, OZE posiada zasoby tak ogromne, że wyczerpanie ich przez ludzkość nie jest możliwe w długiej perspektywie czasu. Przeto zawsze stawiamy sobie pytanie: dlaczego historia gospodarcza cywilizacji ziemskiej przechodzi marnotrawną fazę pomijania tego nieskończonego bogactwa?

Na wstępie należy zakwestionować energię geotermalną, co prawda, są miejsca gdzie jej zasoby są bardzo duże, ale teoretycznie zawsze są wyczerpywalne. Energia geotermalna jest przydatna w budownictwie, gdyż lokalizacja takich źródeł może być korzystnie powiązana z zabudową. Osiedle, raczej nie budynek, jako odbiorca tej energii pozwala także na racjonalizację odbioru energii.

Także niektóre odmiany energetyki biomasowej nie mogą być zaliczone do w pełni odnawialnych gdyż, przy korzystaniu z tej energii zcerpuje się inne zasoby (edaficzne, mineralne, wodne). Nie jest do końca odnawialna energia wykorzystująca odpady. Sądzymy, że produkcja tak potężnej, jak obecnie, masy odpadów jest tylko krótkim epizodem w historii obecności człowieka na Ziemi. W budownictwie ten rodzaj energii wiąże się z licznymi problemami technicznymi, także sozotechnicznymi (emisja do atmosfery, odpady).

Wreszcie niektóre odmiany energii wód zawierają skazę nieodnawialności. Mowa zwłaszcza o energetyce wodnej szczytowo-pompowej, gdzie w istotny sposób deformowany jest lokalny obieg wód oraz o wielkich zbiornikach i hydroelektrowniach, gdzie stopień trwałego, nieodnawialnego przekształcenia środowiska jest znaczący. Budownictwo w nieznacznym stopniu jest przygotowane do bezpośredniego odbioru takiej energii – wyjątkiem są małe siłownie wodne.

Z powyższego wynika, że w szeroko rozumianej dziedzinie budownictwa i mieszkalnictwa najbliższym ideału odnawialności znajduje się prosta energetyka solarna (cieplna), energia ruchu i termiki wód, także oceanicznych w przypadku miast nadmorskich oraz najprostsza (cieplna) wersja energetyki biomasowej (zwłaszcza związana z odpadami biomasy). Odnawialna jest oczywiście energia wytwarzana przez organizmy, w tym przez człowieka. W grupie energii odnawialnej można wydzielić pierwotne rodzaje energii.

Pierwotne źródła energii związane są z aktywnością słońca i systemu słonecznego. Należy tu także powszechna energia grawitacji, w tym energia grawitacyjna Księżyca, Słońca i innych planet (ta ostatnia praktycznie nieistotna). Źródła te w naszej, ludzkiej skali czasu są niewyczerpywalne. Także geotermia wnętrza Ziemi jest w tej skali niewyczerpywalna, ale przy praktycznym jej wykorzystaniu mamy do czynienia z lokalnymi (np. magmowymi) ogniskami tej energii, których zasięg i zasoby energetyczne są wyraźnie ograniczone. Źródła pierwotne w rezultacie przemian naturalnych, zachodzących w przyrodzie przekształcają się w inne formy energii związane z różnymi źródłami (woda, ruch powietrza, biomasa itd.). Konwersja energii pierwotnej jest możliwa także podczas operacji technicznych. Jest ich bardzo wiele. Ocenia się, że energia pierwotna jest o kilka rzędów wielkości większa od obecnie dysponowanej przez człowieka energii sztucznej. Energia promieniowania słonecznego docierająca do Ziemi i zaabsorbowana wynosi około  $4 \times 10^{24}$  J/rok. Grawitacja

Księżycyca i Słońca oceniana jest na około  $10^{20}$  J/rok. Energię geotermalną wnętrza Ziemi można ocenić na  $10^{21}$  J/rok.

W odniesieniu do budowli można jeszcze dodać jedną istotną cechę odnawialności. W budynku wykorzystuje się energię, która w sposób naturalny (ze słońca) dociera do skrawka powierzchni Ziemi tylko parokrotnie większego od powierzchni zabudowy. Następuje tu zatem bardzo ograniczona redystrybucja energii, nie powodująca zresztą istotnego niedoboru w miejscach, z których jest ona kierowana na potrzeby tej budowli.

Poniżej dokonano nowego zdefiniowania kilku terminów.

### **Niekonwencjonalne źródła energii**

Jest to termin o wyraźnym zabarwieniu relatywnym. Niekonwencjonalność najczęściej odnosi się do systemów tradycyjnych w regionie. A tradycje bywają bardzo różne. W Norwegii tradycyjna jest hydroenergetyka, w Polsce energetyka węglowa ze znaczącym udziałem burowęglowej, we Francji jądrowa itd. Niekonwencjonalne mogą być także metody mieszane (np. pompy ciepła, systemy rekuperacyjne, czy odzysk ciepła z odpadów). Niekonwencjonalność nie koniecznie oznacza właściwe relacje w stosunku do środowiska. Wydaje się ponadto, że naturalne źródła energii (energia pierwotna) może być nazwana konwencjonalną, gdyż to ona była najwcześniej wykorzystywana przez człowieka. Stąd sprzeczność. Niekonwencjonalne źródła energii w polskim budownictwie to przede wszystkim inne niż spalanie paliw (bezpośrednio lub centralnie).

### **Alternatywne źródła energii**

Do tego określenia uwagi są podobne. Z tym, że zgodnie ze znaczeniem słowa alternatywny należy tu rozumieć pewien konkretny rodzaj energii, którym chcemy zastąpić dotychczasowy (w domyśle gorszy, np. uciążliwszy dla środowiska). A więc nie zawsze jest to źródło bezwzględnie najlepsze. Alternatywą dla spalania węgla jest często spalanie ropy lub gazu, a dla energetyki wodnej energetyka jądrowa.

### **Ekologiczne źródła energii**

To także termin relatywny. Używamy go w zestawieniu z źródłami mniej ekologicznymi, czyli mniej przyjaznymi środowisku lub nawet wyraźnie szkodliwymi. W tym przypadku pojawiają się także inne niż samo źródło, elementy energetyki oceniane z punktu widzenia ochrony środowiska: systemy magazynowania, sprawność, systemy przesyłania, obciążenia materiałowe, emisje do środowiska, awaryjność itd.

### **Energetyka klasyczna**

To zanieczyszczanie powietrza i wód oraz dewastacja otoczenia. Oczywiście zawsze pamiętać należy, że spalanie paliw jest klasycznym zaprzeczeniem jednej z najważniejszych zasad zrównoważonego rozwoju głoszącej, że sięganie po zasoby nieodnawialne (ropa, gaz ziemny, węgiel, naturalne paliwo jądrowe) jest dopuszczalne jedynie wtedy, gdy wiąże się z rozwojem technologii i technik wykorzystujących zasoby odnawialne. Tymczasem, co nieco

dalej będzie zilustrowane danymi, zasoby paliw naturalnych są na wyczerpaniu, a sprawność urządzeń energetyki cieplnej wciąż jest niedostateczna.

### **Energetyka przyjazna środowisku, (lub) energetyka zrównoważonego rozwoju (EZR)**

Wydaje się, że w danym regionie i czasie można rekomendować pewną listę sposobów pozyskiwania i użytkowania energii, która byłaby tak zatytułowana. Terminem tym warto byłoby zastąpić używany w Polsce – Odnawialne Źródła Energii (OZE).

### **Architektura bioklimatyczna**

To sposób postępowania podczas projektowania w budownictwie, który poszukuje rozwiązań takich by budynek z dołączoną do niego przestrzenią funkcjonował w większej harmonii z otaczającym je środowiskiem, wykorzystując optymalne warunki środowiska i minimalizując efekty niepożądane zapewniając naturalne i zdrowe miejsce do życia. Architektura bioklimatyczna proponuje rozsądny i solidny kierunek projektowania budynków, który może być wykorzystany w dowolnym stylu architektonicznym nie naruszając jego indywidualnych cech. Trzeba pamiętać, że nawet drobne ulepszenia są korzystne. Nie ograniczając projektanta, architektura bioklimatyczna proponuje nowe zasady architektoniczne, które często dają wysoką jakość pod względem budowlanym i harmonizują ze środowiskiem.

Projektując budynki należy kierować się czterema głównymi zasadami:

- Starać się rozszerzać miejsca, w których się żyje, pracuje i spędza czas wolny, nie zagrażając zdrowiu jego mieszkańców i nie zwiększając objętości zabudowy;
- Używać jak najmniej energii i nie powodować niepotrzebnych uszkodzeń środowiska naturalnego w ciągu całego cyklu istnienia budynku;
- Starać się produkować minimalną ilość odpadów;
- Do budowy budynku należy używać zasobów energii odnawialnej, a nie materiałów z zagrożonych gatunków lub środowisk.

Ta ostatnia uwaga jest szczególnie ważna. W dzisiejszej dobie szerokiej podaży materiałów budowlanych istotne jest by nieświadomie nie preferować tych, których wytworzenie i transport pochłaniają znaczące ilości energii, energii, którą można byłoby zaoszczędzić. Dobrą ilustracją tego problemu jest załączona poniżej tablica z przeciętnymi danymi o energochłonności ważniejszych materiałów budowlanych.

Materiały	Gęstość	Wartość najniższa		Wartość najwyższa	
	Kg/m <sup>3</sup>	GJ/tonę	GJ/m <sup>3</sup>	GJ/tonę	GJ/m <sup>3</sup>
<b>Składniki naturalne</b>	1500	0,03	0,05	0,12	0,93
<b>Cement</b>	1500	4,3	6,5	7,8	11,7
<b>Cegły</b>	~1700	1	1,7	9,4	16

<b>Drewno budowlane (przygotowane miękkie drewno)</b>	~500	0,52	0,26	7,1	3,6
<b>Szkło</b>	2600	13	34	31	81
<b>Stal (części stalowe)</b>	7800	24	190	59	460
<b>Gips</b>	~1200	1,1	1,3	6,7	8

Powyższe dane mogą być brane pod uwagę przy projektowaniu kształtu budynku, materiału i najbliższego otoczenia; do produkcji i utrzymania otrzymanych instalacji zapewniających ciepło, klimatyzację i oświetlenie. Dla tych samych potrzeb należy wykorzystać, gdy tylko jest to możliwe, naturalne mechanizmy przyrody; sprowadzając do minimum niekorzystny wpływ na środowisko związany z budową budynku, przez cały okres jego istnienia lub któregoś z jego elementów oraz podczas jego rozbiórki, recyklingu lub pozbywania się gruzów po wyburzeniu. Z punktu widzenia strategicznego architektura bioklimatyczna może zmienić estetyczną jakość naszych budynków i miast oraz ich niekorzystny wpływ na środowisko, sprawiając, że będą:

- Bardziej przyjazne i zdrowsze dla życia;
- Bardziej opłacalne pod względem inwestowania i eksploatacji bieżącej;
- Stworzą pewniejszą przyszłość dla ich obecnych i przyszłych mieszkańców.

Należy pamiętać, że budynki i budowle, całe budownictwo, zużywają prawie 50% powszechnie wykorzystywanej energii, czego skutkiem jest także zanieczyszczenie środowiska. Ostatnie osiągnięcia technologiczne ulepszyły wydajność energetyczną w wielu dziedzinach, włącznie z transportem i przemysłem, jednak nie w budownictwie. Czas najwyższy na postęp i tu, tym bardziej, że możliwości są nawet większe niż w innych gałęziach przemysłu, gdzie standardy technologiczne są już silnie wyśrubowane

#### **Pozostałe aspekty środowiskowe budownictwa**

Kwestie energetyczne są zasadniczym zagadnieniem dla współczesnego budownictwa i mieszkalnictwa a także po prostu dla poszczególnych budynków i budowli. Należy przy tym pamiętać, że problem powinien być rozwiązywany jednocześnie w sferze zastosowywania nowych odnawialnych i zgodnych ze zrównoważonym rozwojem źródeł energii oraz przy pełnym oszczędzaniu energii we wszystkich węzłach jej użytkowania. Ważny jest także aspekt regionalny a nawet lokalny – energia powinna być wykorzystywana w zgodzie z dobrze rozpoznanymi miejscowymi możliwościami. Chodzi na przykład o sposobność sięgania po energię odnawialną z sąsiedztwa budynku. Ale w podobny sposób należy zanalizować inne aspekty środowiskowe, do których należą:

- Wodochłonność, a więc stosowanie systemów zawracania wody w obiegu, wykorzystywania wód zewnętrznych (opadowych, roztopowych, kondensatów) wreszcie optymalnych sposobów oczyszczania wód także na miejscu;

- Stanowcze usuwanie źródeł zanieczyszczenia powietrza, zwłaszcza odorami, bioaerozolami i substancjami lotnymi kojarzonymi z zagrożeniami zdrowia;
- Likwidacja źródeł hałasu wibracji i promieniowania elektromagnetycznego niejonizującego;
- Dbłość o ograniczanie odpadów związanych ze wszystkimi fazami budownictwa to znaczy realizacją inwestycji, eksploatacją budowli i ich rozbiórką;
- Szczególne traktowanie zieleni i życia fauny w otoczeniu budynków i w samych budynkach;
- Usuwanie przyczyn zagrożeń nadzwyczajnych, w tym związanych z wprowadzaniem substancji niebezpiecznych.

Wreszcie obecna faza rozwoju każe traktować przestrzeń, jaką przeznaczamy pod budownictwo, jako zasób nieodnawialny. Powinny być zatem wprowadzane standardy relacji pomiędzy wykorzystaniem tej przestrzeni a efektami społecznymi, szerzej niż ekonomicznymi.

**Dr Witold Lenart**

**Uniwersytet Warszawski**

**Wydział Geografii i Studiów Regionalnych**

2006