

Krzysztof Lis

KROK PO KROKU

# Jak tanio zbudować kolektor słoneczny?

ENERGIA SŁONECZNA DLA KAŻDEGO

## Jak tanio zbudować kolektor słoneczny? Energia słoneczna dla każdego

Krzysztof Lis

Wydanie pierwsze, Toruń 2010

ISBN: 978-83-61744-30-6

Wszelkie prawa zastrzeżone!

Autor oraz Wydawnictwo dołożyli wszelkich starań, by informacje zawarte w tej publikacji były kompletne, rzetelne i prawdziwe. Autor oraz Wydawnictwo Escape Magazine nie ponoszą żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikające z wykorzystania informacji zawartych w publikacji lub użytkowania tej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w publikacji są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Rozpowszechnianie całości lub fragmentu w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Kopiowanie, kserowanie, fotografowanie, nagrywanie, wypożyczanie, powielanie w jakiegokolwiek formie powoduje naruszenie praw autorskich.

Wydawnictwo Escape Magazine

<http://www.EscapeMagazine.pl>

## Spis treści

Przedmowa	5
Kilka słów o jednostkach	6
Rozdział 1 Energia słoneczna. Teoria. Historia wykorzystania	7
Czym jest energia i energetyka słoneczna?	7
Historia korzystania z energii słonecznej	9
Pokrótce o energii słonecznej w teorii	14
Energia słoneczna w Polsce	15
Rozdział 2 Podstawowe zastosowania energii słonecznej	20
Pasywna energetyka słoneczna	21
Fotowoltaika	29
Słoneczne układy do domowej produkcji ciepła	32
Pasywne i aktywne instalacje solarne	33
Piecze słoneczne	35
Stawy słoneczne	35
Kuchnie słoneczne	36
Rozdział 3 Kolektory słoneczne - rodzaje, wykorzystanie, budowa	37
Rodzaje kolektorów słonecznych	37
Wodne (cieczowe) kolektory słoneczne	38
Kolektory powietrzne	40
Kolektor słoneczny jako źródło ciepła do przygotowania cwu	42
Współpraca kolektora z układem ciepłej wody użytkowej	42
Komercyjny układ z kolektorem słonecznym. Analiza opłacalności	45
Rozdział 4 Budowa własnego kolektora słonecznego	47
Etap pierwszy - planowanie i projektowanie	47
Wymiary kolektora słonecznego	48
Zapotrzebowanie na ciepło do produkcji ciepłej wody użytkowej	49
Dobór powierzchni absorbera	52
Absorber i jego pokrycie	53
Wymiennik ciepła	54
Przepływ harfowy czy węzownicowy?	56
Absorber i wymiennik w jednym	57
Czynnik roboczy	58
Izolacja cieplna kolektora	59
Oszklenie	60
Usytuowanie i ustawienie kolektora	60
Jak pozyskać darmowe materiały?	64

Etap drugi - absorber i wymiennik ciepła	66
Wariant pierwszy - absorber z blach i wymiennik z rurek	66
Wariant drugi - absorber z plastiku	69
Etap trzeci - obudowa	78
Materiały i narzędzia	79
Montaż	80
Inne pomysły na wykonanie absorbera i wymiennika ciepła	83
Etap czwarty - montaż gotowego kolektora i podłączenie	83
Układy ciepłej wody użytkowej z zasobnikiem	84
Układy ciepłej wody użytkowej z podgrzewaczem przepływowym	86
Zabezpieczenie przed przegrzewaniem kolektora	87
Rozdział 5 Dopłaty do kolektorów słonecznych	89
Dofinansowanie z NFOŚiGW	89
Koszty kwalifikowane	90
Dofinansowanie z innych źródeł	91
Gminne i miejskie programy dofinansowania	91
Rozdział 6 Co dalej?	94
Ciepło na potem	96
Ciepło i darmowe zimno	98
Pralki i zmywarki na ciepłą wodę	99
Inne mniej lub bardziej szalone pomysły	99
Bibliografia	101

## Przedmowa

Od zawsze chciałem mieć w domu kolektor słoneczny. Od zawsze, to znaczy, gdy zdecydowałem, że chcę zbudować swój dom. O istnieniu kolektorów słonecznych dowiedziałem się już wcześniej i od razu przekonali mnie do siebie. Są przecież metodą na wykorzystanie za darmo energii, którą posiadamy w ogromnych ilościach. Szkoda tylko, że kolektory są na tyle drogie, że mają dużą szansę nie zwrócić się, nawet przez cały okres ich użytkowania. Nie wszystko można przeliczać na pieniądze, więc przez długi czas myślałem, że kolektory i tak kupię. Potem stwierdziłem, że może zamiast kupować, mógłbym je samodzielnie zbudować. Na pewno wyszłoby znacznie taniej.

Na polskim rynku nie ma praktycznych publikacji, które uczą jak zbudować kolektor słoneczny. Adam Słodowy od dawna nie pisze nowych książek, gdyby jednak to robił, na pewno opisałby budowę kolektora. Kupiłem i obejrzałem niemal wszystkie dostępne na polskim rynku książki na ten temat (począwszy od liczących 15 stron poradników z Allegro za 20 złotych, przez książki o teorii wykorzystania energii słonecznej, aż po książki, w których o kolektorach wspomniano tylko przy okazji)<sup>1</sup>, ale i tak nie byłem usatysfakcjonowany. W Internecie też nie było za wiele – znalazłem więcej pytań *Jak tanio zbudować kolektor słoneczny?* niż odpowiedzi. Uznałem, że sam napiszę książkę na ten temat.

Do pisania zbierałem się przez kilka miesięcy. Kilka kolejnych zajęło mi gromadzenie materiałów i samo pisanie. Szczęśliwie dziś jest gotowa.

Chciałbym zadedykować ją Ani i Franciszkowi.

---

<sup>1</sup> Część z nich (ta wartościowa część) znalazła teraz swoje miejsce w bibliografii.

## Kilka słów o jednostkach

Wielokrotnie w tej książce korzystam z przeróżnych wielkości fizycznych. Są one niezbędne do przeprowadzenia choćby przybliżonych obliczeń i przedstawienia ograniczeń dla energetyki słonecznej w polskich warunkach.

Najczęściej operuję dwiema wielkościami: energią (ciepłem) i mocą.

**Energia, wyrażana w dżulach (J) lub watogodzinach (Wh)**, to tak naprawdę miara zdolności wykonania przez dany obiekt pracy lub przekazania przezeń ciepła. Z tego powodu ciepło również wyrażamy w dżulach i watogodzinach. Te jednostki są bardzo małe i niezyciowe – przykładowo do ogrzania litra wody o 1 stopień potrzeba ponad 4 000 dżuli. Dlatego wprowadzono większe jednostki, będące wielokrotnościami tych podstawowych – kilo- i megadżule np. wartość opałowa jednego kilograma węgla to ok. 16-30 megadżuli (MJ), a także kilo- i megawatogodziny.

**Moc wyrażana w watach (W)**, określa ilość ciepła dostarczonego w ciągu jednostki czasu lub wielkość pracy wykonanej w jednostce czasu. Jeden wat to dostarczenie jednego dżula w ciągu jednej sekundy. I znów niekiedy są to niezyciowe jednostki. Domowy kocioł centralnego ogrzewania ma moc rzędu kilku czy kilkunastu kilowatów.

Watogodziny można łatwo przeliczać na dżule i odwrotnie. Jedna watogodzina to działanie mocy jednego wata w ciągu godziny, czyli 3 600 sekund. Zatem:

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J} = 3,6 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 3\,600 \text{ kJ} = 3,6 \text{ MJ}$$



## Rozdział 1

# Energia słoneczna. Teoria. Historia wykorzystania

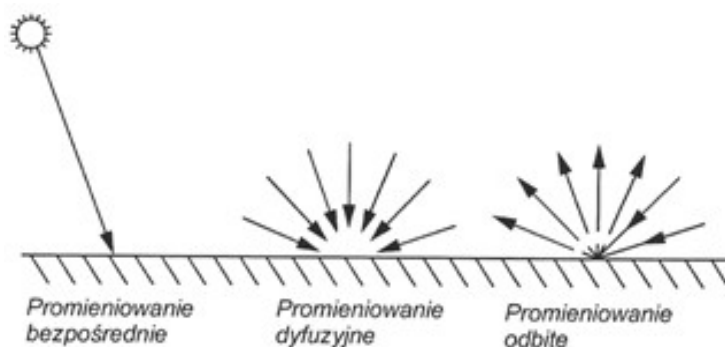


Rysunek 1. Mikołaj Kopernik – wstrzymał Słońce, ruszył Ziemię<sup>(1)</sup>. Dzięki jego odkryciom sformalizowano obserwacje mające znaczący wpływ na wykorzystanie energii słonecznej.

### ***Czym jest energia i energetyka słoneczna?***

*Energia słoneczna* dociera do ziemi pod postacią promieniowania słonecznego, którego część widzimy na co dzień jako światło. Ogrzewa ono powierzchnię Ziemi i wszystkie znajdujące się na niej obiekty. Może służyć do produkcji użytecznego ciepła, ale też energii elektrycznej. Zasoby energii słonecznej, która dociera codziennie do powierzchni naszej planety są olbrzymie, ale niestety rozłożone na równie olbrzymiej przestrzeni. Aby z niej móc skorzystać, zaprzęgając do wykonania dla nas jakiejś użytecznej pracy, musimy ją z tej przestrzeni zebrać i skoncentrować.

Promieniowanie słoneczne docierające do powierzchni ziemi występuje w trzech rodzajach. Po pierwsze, to tzw. *promieniowanie bezpośrednie*, które pochodzi wprost ze Słońca. Czyli to, co opala skórę w słoneczny dzień. Po drugie, to tzw. *promieniowanie dyfuzyjne*, rozproszone przez chmury, zawieszony w powietrzu pył, krople deszczu, itd. Po trzecie, to *promieniowanie odbite* od powierzchni ziemi i znajdujących się niej obiektów (drzew, domów, śniegu).



Rysunek 2. Rodzaje promieniowania słonecznego na powierzchni Ziemi (5).

W każdej sytuacji, gdy mówimy o wykorzystaniu energii słonecznej pod postacią ciepła, kierujemy się następującymi pięcioma hasłami:

- *zysk ciepła,*
- *wymiana ciepła,*
- *transport ciepła,*
- *magazynowanie ciepła,*
- *izolacja od strat ciepła.*

Intuicyjnie rozumiemy ciepło jako coś mocno związanego z temperaturą i jest w tym sporo prawdy. Ciepło jest jedną z form przekazywania energii – energia zmagazynowana pod postacią ciepła jest tym większa, im większa jest temperatura i masa ogrzanego obiektu.

*Zysk ciepła* jest to ta ilość ciepła, która została przekazana do obiektu przez promieniowanie słoneczne. Patrząc globalnie, to ciepło jest magazynowane na ziemi dzięki efektowi cieplarnianemu. Ziemska atmosfera przepuszcza dobrze promienie słoneczne, ale słabiej przepuszcza promieniowanie podczerwone (*cieplne*), emitowane przez jej powierzchnię. W przypadku kolektora słonecznego, promieniowanie słoneczne trafia na powierzchnię absorbera, z którego pod postacią ciepła jest przekazywane



do płynu roboczego przepływającego przez wymiennik ciepła. Płyn odbiera ciepło i trafia tam, gdzie jest ono potrzebne – bezpośrednio do odbiorcy lub do zasobnika ciepła.

*Wymiana ciepła* zasadniczo odbywa się na trzy sposoby: na drodze promieniowania, konwekcji<sup>2</sup> i przewodzenia. Każda rozgrzana powierzchnia emituje promieniowanie elektromagnetyczne (którego część widzimy jako światło, jeśli jest ona odpowiednio mocno rozgrzana, jak np. włókno w żarówce; zimne powierzchnie też emitują promieniowanie, tylko znacznie, znacznie mniej). Z przewodzeniem mamy do czynienia na przykład wtedy, gdy podgrzewamy jedną część jakiegoś przedmiotu a ciepło rozprzyna się po całym przedmiocie, zwiększając jego temperaturę. Konwekcję zaś „widzimy” w garnku, ogrzewanym grzejnikiem pokoju, samochodzie, do którego dmuchawa wtłacza ciepłe powietrze.

Promieniowanie słoneczne dociera do kolektora, ogrzewając górną powierzchnię absorbera. Na drodze przewodzenia przepływa w głąb płyty absorbera i następnie do wymiennika ciepła. Tam, w drodze konwekcji, płyn roboczy odbiera ją od powierzchni wymiennika. Przepłynięcie ogrzanego płynu do zasobnika ciepła albo wprost do kranu też wiąże się z konwekcją. Ona również ma miejsce w samym zasobniku ciepła. Wymiana ciepła jest zawsze tym szybsza, im większa różnica temperatur między ciałem gorącym a zimnym.

*Transport ciepła* w rozumieniu solarnego systemu grzewczego oznacza przenoszenie nośnika ciepła z miejsca, w którym został wyprodukowany (czyli ogrzany), do miejsca, w którym jest wykorzystywany. Często jest to miejsce, w którym *ciepło jest magazynowane*, np. tak zwany zasobnik ciepła. Zasobnik, kolektor słoneczny i wszystkie przewody, którymi płynie ciepła woda mogą (i powinny!) być *zaizolowane w celu uniknięcia strat ciepła*.

---

<sup>2</sup> Większości z nas konwekcja kojarzy się z ruchem ciepłego powietrza (wody) ku górze i zimnego ku dołowi, co jest wynikiem zmian gęstości rozszerzającego się od nagrzewania powietrza. Z naukowego punktu widzenia, konwekcja to coś więcej – to każde zjawisko, w trakcie którego przekazywanie ciepła wiąże się z ruchem gazu lub cieczy. Konwekcją będzie więc ochładzanie się powietrza w pokoju od zimnej ściany albo ogrzewanie się wody od wrzuconej do szklanki rozgrzanej monety.

## ***Historia korzystania z energii słonecznej***

Wielu ludziom może się zdawać, że korzystanie z energii słonecznej jest domeną ostatnich czasów, bo ludzie zaczęli poszukiwać alternatywnych źródeł energii, gdy zasoby paliw kopalnych okazały się ograniczone. Jest to oczywiście nieprawda. Już „jaskiniowcy” woleli te jaskinie, których wejście skierowane było na południowy wschód, co pozwalało na ogrzewanie ich wnętrza przez poranne słońce, bez przegrzewania w trakcie letnich miesięcy.



Rysunek 3. Tradycyjne pueblo na terenie dzisiejszego stanu Kolorado, USA (2).

Indianie z południowo-zachodnich obszarów Ameryki Północnej tak ustawiali swoje *pueblo*<sup>3</sup>, by zimą były ogrzewane przez promienie słoneczne, a latem były od nich osłonięte. Cień rzucany przez skalne ściany i nawisy skutecznie zasłaniały latem stojące wysoko na niebie słońce, dzięki czemu w domach było po prostu chłodniej.

Antyczni Grecy, mieszkający przecież w klimacie śródziemnomorskim, słonecznym niemal przez cały rok, budowali domy tak, by w czasie zim-

---

<sup>3</sup> Pueblo to grupa plemion indiańskich z terenów dzisiejszej Arizony i Nowego Meksyku, obejmująca m.in. plemiona Hopi, Zuni, i inne. Ale nazwą *pueblo* określa się również typowe dla tych plemion osady i w tym znaczeniu to słowo zostało tu użyte.

niejszych miesięcy korzystać z ciepła słonecznego. Jednocześnie latem domy nie były nadmiernie nagrzewane przez słońce. Współczesne wykopaliska prowadzone na terenie wielu antycznych greckich miast wskazują, że w kierunku południowym orientowano nie tylko pojedyncze domy. Całe miasta były projektowane i planowane tak, aby zapewnić wszystkim równy dostęp do energii słonecznej. Warto wspomnieć, że około 500 r. p.n.e., gdy prawie cały obszar Grecji został wylesiony, to właśnie energia słoneczna zastąpić musiała ciepło ze spalania drewna.



Rysunek 4. Termy Dioklecjana wykorzystujące energię słoneczną do podgrzewania Caldarium (pomieszczenie z basenem z gorącą wodą) bez ogrzewania Frigidarium (pomieszczenie z basenem z zimną wodą) (26).

Imperium Rzymskie w kwestii wykorzystywania energii słonecznej poczyniło spory postęp, dostosowując projekty domów do potrzeb różnych stref klimatycznych. W oknach wykorzystywano materiały o dobrej przepuszczalności światła np. szkło, budowano również większe obiekty, korzystające z energii słonecznej – między innymi szklarnie i publiczne łaź-

nie. W końcu w rzymskim prawie znalazły się zapisy dające każdemu gwarancję dostępu do światła słonecznego.

Skuteczne wykorzystanie przeszkleń do zwiększenia słonecznych zysków cieplnych zostało w późniejszym czasie prawie zupełnie zapomniane. Za interesowanie pasywnymi zyskami słonecznymi pojawiło się znowu w okresie oświecenia. Wraz z postępem techniki i technologii, produkcja szkła znacznie się zwiększyła, co przyczyniło się do częstszego stosowania szklanych okien. Umożliwiło to też budowanie dużych szklarni, wykorzystywanych do hodowli roślin, ale też w celach rekreacyjnych.

W drugiej połowie XVIII wieku Horace-Bénédict de Saussure, szwajcarski arystokrata (a przy tym fizyk, naturalista i alpinista) eksperymentował z czymś, co dziś moglibyśmy nazwać kolektorami słonecznymi. Nie różniły się niczym istotnym w porównaniu do dzisiejszych kolektorów, zarówno pod względem budowy, jak i zasady działania. Były to po prostu zaizolowane skrzynki z pomalowanym na czarno wnętrzem i jedną ścianką wykonaną ze szkła. Dziś na podobnej zasadzie działają tzw. *kuchenki słoneczne* i w takim właśnie celu te kolektory były wówczas bardzo często wykorzystywane.

W 1881 opatentowano tzw. ściany Trombe'a, połączenie okna i ściany, które pozwala efektywnie pozyskiwać energię słoneczną i przekazywać ją w formie ciepła do pomieszczenia, przy którym zostaną zbudowane.

W 1891 opatentowany zostało pierwsze komercyjne urządzenie do podgrzewania wody energią słoneczną. Amerykański przedsiębiorca z Baltimore w stanie Maryland, Clarence Kemp, połączył w jednym wynalazku pomysł podgrzewania zbiornika z wodą przez promienie słoneczne z możliwościami, jakie dawał kolektor de Saussure'a. Swojemu podgrzewaczowi nadał nazwę handlową „The Climax” (czyli „Szczyt”) i sprzedawał go za 25 ówczesnych dolarów<sup>4</sup>. W odróżnieniu od wielu stosowanych ówczesnie podgrzewaczy w „The Climax” cztery pomalowane na czarno cylindry z wodą zostały umieszczone we wnętrzu skrzyni z sosnowego drewna, zaizolowanej i zamkniętej z jednej strony szybą. W sumie ten kolektor mieścił 32 galony (nieco ponad 120 litrów) wody. Niestety, woda była gotowa (podgrzana) dopiero późnym popołudniem, a do następnego dnia mocno się wychładzała, mimo zapewnień prezentowanych w re-

<sup>4</sup> Uwzględniając inflację, dziś kosztowałby ok. \$600. Te 25\$ to ówczesna miesięczna pensja statystycznego robotnika.

klamach. Wiele z zasad stosowanych dziś przy budowie kolektorów słonecznych zostało sformułowanych właśnie wtedy, podczas tych wczesnych eksperymentów. Zresztą kolektory o bardzo podobnej budowie dziś też są stosowane.

Taki kolektor, według reklamy, był w stanie dostarczyć dość wody dla 3-8 kąpeli. Miał tylko dwie wady: po pierwsze, ciepło magazynowane było w samym kolektorze, więc jego straty były dość duże. Po drugie, kolektory te miały przykry zwyczaj zamarzania gdy instalowane były w chłodniejszym klimacie.

Rozwiązanie obydwu problemów pojawiło się już w 1909 roku, gdy swoje kolektory o nazwie „Day and Night” („Dzień i noc”) zaczął sprzedawać William Bailey. W tym układzie sam kolektor składał się z węzownicy umieszczonej w zamkniętej obudowie. Oprócz tego w domu instalowano ocieplony zbiornik do magazynowania ciepłej wody. Kolektor ustawiano na ziemi w ogrodzie, skierowany na południe. Był to prawdopodobnie pierwszy komercyjny układ termosyfonowy, zdolny do pracy samoczynnej, bez wykorzystania żadnej pompy.

W słonecznych stanach USA solarne układy do podgrzewania wody użytkowej rozpowszechniły się w latach 20-tych ubiegłego stulecia. Przykładowo, do końca I Wojny Światowej sprzedano ponad 4 000 kolektorów „Dzień i noc”. Obfitość energii słonecznej przyczyniła się do tego, że już w 1967 roku 20% populacji Izraela podgrzewało swoją ciepłą wodę właśnie z pomocą Słońca. Po kryzysie paliwowym lat 1970-tych, izraelski parlament przegłosował ustawę, która stwarzała wymóg instalowania kolektorów słonecznych w nowo budowanych budynkach mieszkalnych, z wyjątkiem tych bardzo wysokich o niewystarczającej powierzchni dachu. Dzięki temu dziś Izrael przoduje w wykorzystaniu energii słonecznej w przeliczeniu na mieszkańca, które sięgnęło 3% krajowego zużycia energii pierwotnej<sup>5</sup>.

W tym samym okresie i w USA solarne systemy podgrzewania wody zaczęły się rozpowszechniać w całym kraju. Dalszy rozwój techniki przyniósł

---

<sup>5</sup> Energia pierwotna to suma energii zawartej w pierwotnych nośnikach energii, czyli paliwach kopalnych, biomasie, energii wiatru, słońca, spadku wody i innych źródłach energii. Różni się od energii użytecznej, wykorzystywanej w naszych domach tym, że część jej tracimy bezpowrotnie np. podczas produkcji prądu w węglowej elektrowni.



wzrost wydajności i sprawności kolektorów, zwiększenie żywotności kolektorów i, przede wszystkim, większą bezobsługowość.

Dziś kolektory słoneczne są czymś zupełnie normalnym i powszechnym w krajach mocno oświetlanych przez Słońce, takich jak Grecja, Cypr, Izrael, Australia, ale też w Japonii.



Rysunek 5. Liczne kolektory słoneczne na dachu jednego z bloków mieszkalnych w Tel Awiwie (Izrael). Oprócz samych kolektorów doskonale widoczne są również cylindryczne zasobniki ciepłej wody użytkowej (3).

W 2005 roku w Hiszpanii wprowadzono wymóg instalowania, w nowych budynkach mieszkalnych, ogniw fotowoltaicznych i kolektorów słonecznych do zasilania w energię elektryczną<sup>6</sup> i ciepło.

Nawet w stosunkowo ubogich Chinach już ponad 30 milionów gospodarstw domowych korzysta z dobrodziejstw darmowej energii słonecznej do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Nic w tym dziwnego, bo na

---

<sup>6</sup> Rzecz jasna nie cała energia elektryczna zużywana w hiszpańskich domach produkowana jest przez te ogniwa fotowoltaiczne.



tamtejszym rynku podstawowy kolektor słoneczny kosztuje ledwie 1 500 juanów, czyli ok. 600 złotych!

### ***Pokrótko o energii słonecznej w teorii***

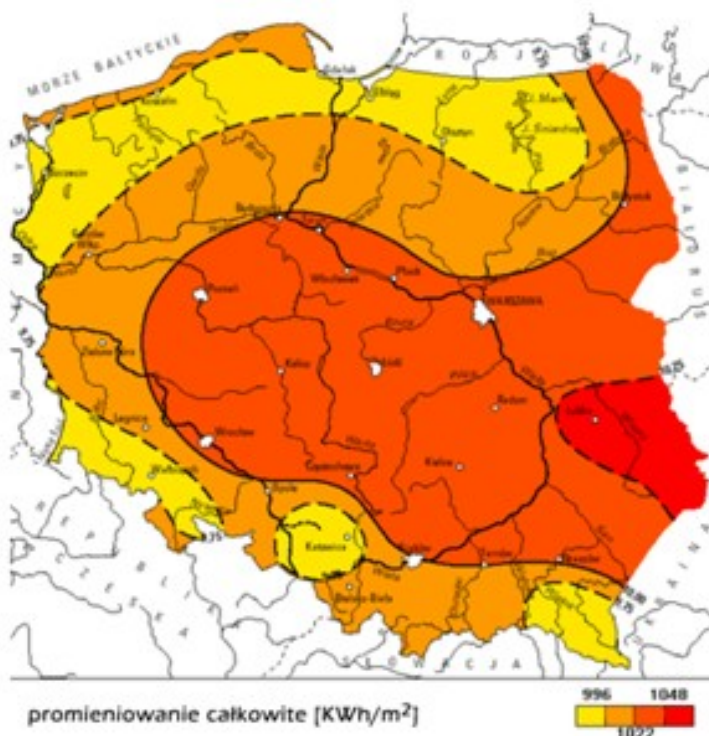
Na dobrą sprawę prawie cała energia, którą wykorzystujemy, pochodzi od naszej najbliższej gwiazdy. Zasoby paliw kopalnych – węgla, ropy naftowej, torfu, gazu ziemnego – to nic innego jak zmagazynowana forma energii słonecznej powstała z obumarłych roślin i zwierząt. Energia słońca powoduje cyrkulację wody w przyrodzie, jej parowanie z mórz i rzek, które przenosi wodę w formie chmur i opadów do wyżej położonych obszarów. Spływając stamtąd napędza ona turbiny wodne. To właśnie promieniowanie słoneczne wymusza powstanie układów wysokiego i niskiego ciśnienia, co z kolei powoduje, że zaczynają wiać wiatry. Jedynie energia jądrowa i geotermalna nie ma nic wspólnego z działaniem Słońca.

Ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni ziemi w dużej mierze zależy od jej kąta padania na powierzchnię. Pierwsze uzasadnienie jest oczywiste i znane nam z codziennego życia – widzimy bowiem różnicę między ilością kropli deszczu padających na prawie pionową szybę samochodową a poziomy jego dach. Analogicznie wygląda ilość promieni słonecznych padających prostopadle lub pod innym kątem na jakąś powierzchnię. Drugie uzasadnienie jest nieco bardziej skomplikowane – przy niższym kącie padania promienie słoneczne przechodzą przez grubszą warstwę atmosfery niż przy wysokim. Jako że para wodna i pyły zawarte w atmosferze rozpraszają promienie słoneczne, to energii słonecznej dociera do ziemi mniej, co widać podczas wschodu i zachodu słońca – długą drogę przez atmosferę udaje się przejść jedynie światłu o czerwonym kolorze.

### ***Energia słoneczna w Polsce***

Ilość energii słonecznej, którą mamy do dyspozycji w Polsce, zależy od wielu czynników. Przede wszystkim od jej położenia geograficznego – Polska leży między 49 a 54 równoleżnikami, przez co kąty padania promieni słonecznych są stosunkowo niewielkie. Warunki klimatyczne, przede wszystkim stosunkowo chłodne zimy i jesienie, utrudniają skuteczne wykorzystanie słońca. Bardzo trudno jest w naszych warunkach zbudować dom ogrzewany głównie przez energię słoneczną.

Średnie roczne nasłonecznienie na poziomą powierzchnię wynosi w Polsce ok. 950-1 150 kWh/m<sup>2</sup>. Tyle energii dociera do poziomej powierzchni w ciągu całego roku, z czego bardzo duża część (ok. 55%) to promieniowanie rozproszone. W ciągu roku mamy do dyspozycji zaledwie 1 600 godzin nasłonecznienia<sup>7</sup>. Oczywiście zdecydowana część energii słonecznej dociera do Polski latem – w ciągu zimowego półrocza (od października do kwietnia) jedynie 20% całości. Jeszcze lepiej widać to gdy porównać natężenie promieniowania słonecznego – w grudniu jest ono czternastokrotnie niższe, niż w lipcu.



Rysunek 6. Sumaryczne roczne nasłonecznienie na poziomą powierzchnię w Polsce (25).

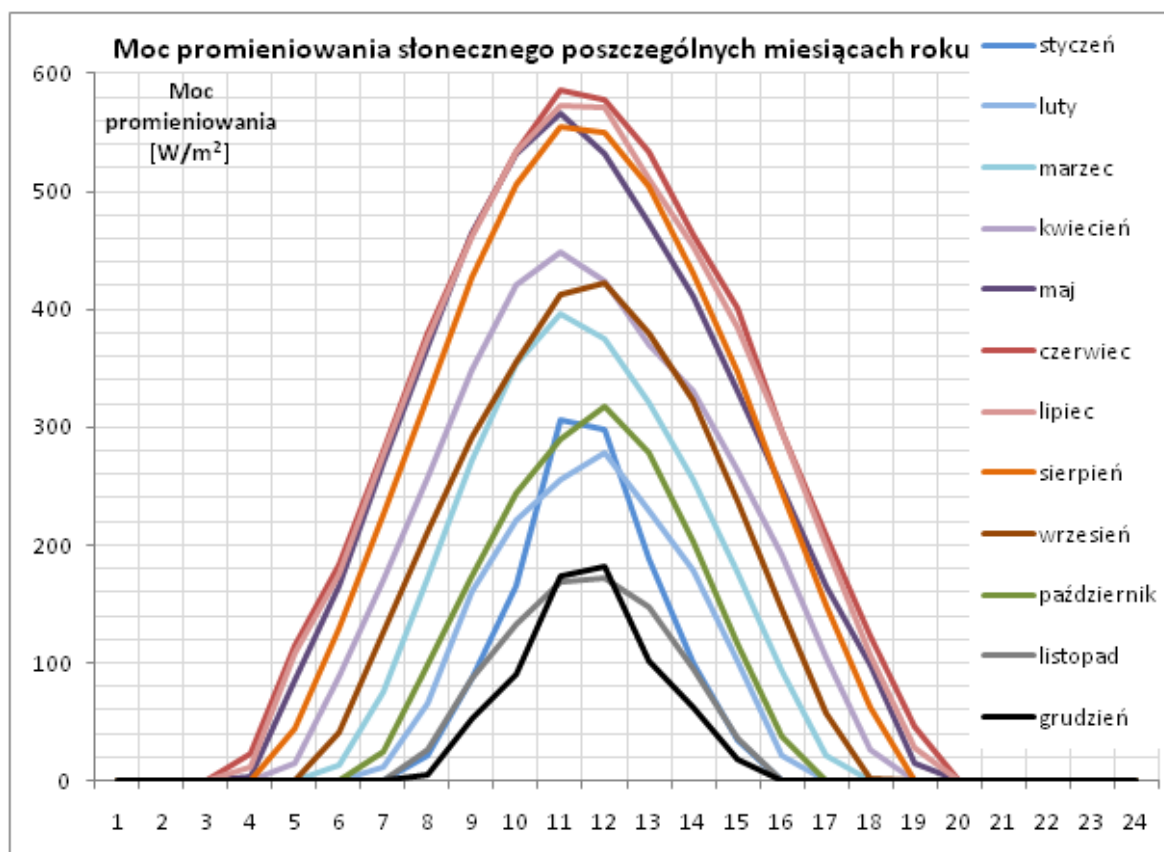
Duży kłopot sprawiają nam również temperatury. Ogrzewanie słoneczne jest w Polsce trudne do zrealizowania, bo zimą jest zbyt mało słońca, by można nim ogrzać dom w niskich temperaturach. Duże straty ciepła utrudniają też działanie kolektorów słonecznych. Z tego względu tylko niektóre ich rodzaje nadają się do wykorzystania zimą. Uzasadnione wydaje się być magazynowanie ciepła zgromadzonego latem do użycia zimą. Nie jest to łatwe ani tanie, ale daje się zrealizować.

Rozkład docierającego do Polski promieniowania słonecznego jest mocno nierównomierny. Statystycznie, w ciągu jednego czerwcowego dnia do

<sup>7</sup> Tylko, bo cały rok to aż 8 760 godzin...

metra kwadratowego powierzchni skierowanej na południe i umieszczonej pod kątem  $30^\circ$  do poziomu dociera aż ponad 5,2 kWh, podczas gdy dla tej samej powierzchni w grudniu – jedyne niecałe 0,7 kWh<sup>8</sup>. Uwzględnia to nie tylko różnicę w kącie padania promieni słonecznych, ale także warunki pogodowe – zachmurzenie i zamglenie. Jeśli uwzględnić fakt, że zimą temperatury są znacznie niższe, niż latem, a przez to straty ciepła z kolektora są kilkukrotnie większe, okazuje się, że praktycznie niemożliwe jest dobranie takiej instalacji, która latem będzie pracowała równie dobrze, jak i zimą. Albo latem będziemy mieli znaczny nadmiar energii, której nie możemy wykorzystać, albo zimą będziemy musieli produkować ją z innych źródeł. Dlatego uważam, że w naszym kraju korzystanie z kolektorów do ogrzewania pomieszczeń jest mrzonką.

Poniższy wykres przedstawia moc promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię skierowaną na południe, umieszczoną pod kątem  $30^\circ$  do poziomu, w czasie średniego dnia każdego z dwunastu miesięcy roku.



<sup>8</sup> Opracowanie własne w oparciu o typowe lata meteorologiczne oraz opracowane na ich podstawie statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków, a konkretnie o dane dla stacji pomiarowej Warszawa Okęcie w latach 1971-2000.

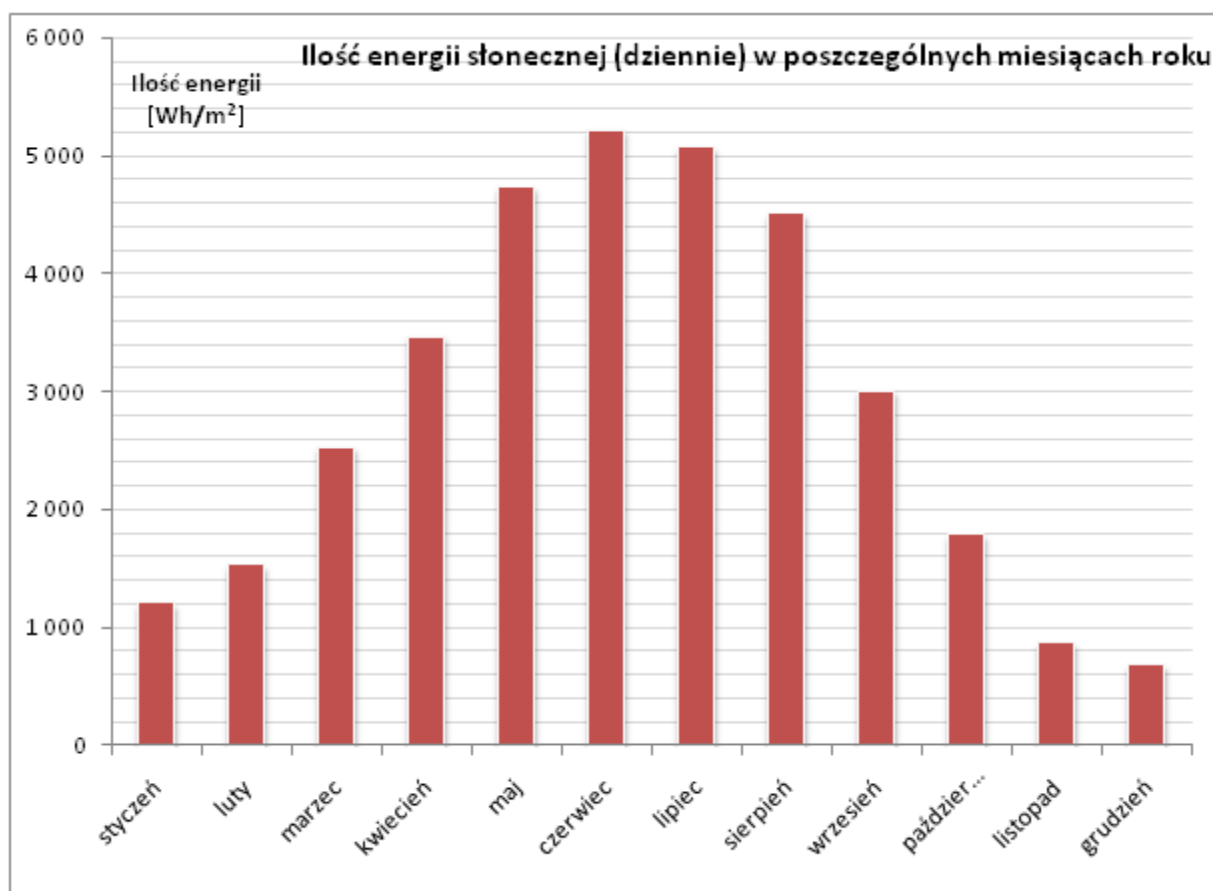
Rysunek 7. Moc promieniowania słonecznego w ciągu dnia w poszczególnych miesiącach roku.

Przykładowo, linia dla czerwca (ciemnoróżowa) pokazuje, że w czasie typowego (średniego) dnia czerwca maksimum promieniowania słonecznego występuje ok. godziny 11 i wynosi ponad  $580 \text{ W/m}^2$ .

Wykres jasno wskazuje również, że np. w grudniu w południe mamy do dyspozycji więcej energii słonecznej, niż w listopadzie, co zapewne wynika z tego, że grudzień częściej bywa pogodny.

Poniższy wykres przedstawia sumaryczną ilość energii słonecznej docierającej średnio w ciągu dnia do tej samej powierzchni w poszczególnych miesiącach. Widać, że w miesiącach letnich (maj-sierpień) ta ilość energii zmienia się jedynie w niewielkim zakresie, natomiast w okresie przejściowym (marzec-kwiecień oraz wrzesień-październik) znacznie spada.

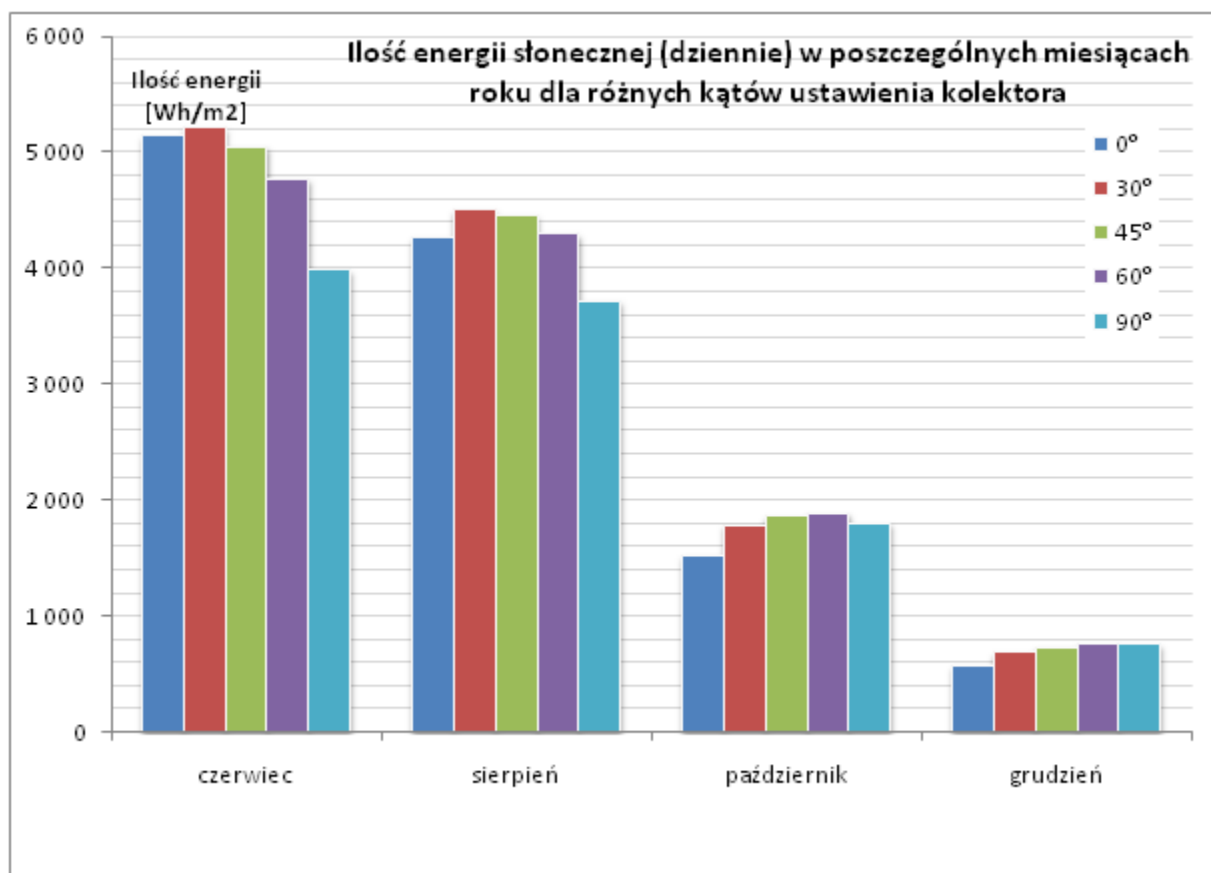
Z tego wykresu widać również, że ilość energii dostępnej w najzimniejszych miesiącach roku jest bardzo mała.



Rysunek 8. Ilość energii słonecznej docierającej dziennie do powierzchni nachylonej pod kątem 30 stopni i skierowanej na południe w ciągu roku.

Ciekawie wygląda też porównanie średnich dziennych ilości energii słonecznej padającej na powierzchnię kolektora w zależności od kąta jego ustawienia. Wykres ilości energii docierającej do kolektorów dla czterech wybranych (jako reprezentatywne) miesięcy i pięciu kątów nachylenia kolektora (płasko, pionowo, nachylony do poziomu pod kątem 30, 45 i 60 stopni) przedstawia Rysunek 9. Jasno wynika z niego, że zimą optymalny kąt nachylenia jest bliższy 60°, podczas gdy w czerwcu jest zbliżony do 30°.

Pod koniec 2007 łączna moc kolektorów słonecznych zainstalowanych w Polsce według opracowania (4) wynosiła 169 MW, z czego niecałe 4 MW kolektorów powietrznych, 138,5 MW kolektorów płaskich szklonych i 25,7 MW kolektorów próżniowych. W przeliczeniu na 1 000 mieszkańców, łączna moc kolektorów płaskich szklonych i próżniowych wyniosła ok. 4,3 kW. Systemów słonecznych (wodnych) naliczono w sumie niecałe 29 000, o łącznej powierzchni kolektorów prawie 236 000 m<sup>2</sup>. Ich eksploatacja w roku 2007 przyniosła 76,5 GWh ciepła oszczędności.



Rysunek 9. Ilość energii słonecznej docierającej dziennie dla czterech wybranych miesięcy w zależności od kąta nachylenia powierzchni.

## Pełna wersja

Jak tanio zbudować kolektor słoneczny?  
Energia słoneczna dla każdego



<http://www.escapemagazine.pl/369697-kolektor-sloneczny>