

JACEK ZIMNY, RAFAŁ BRZEGOWY, SEBASTIAN BIELIK

KOLEKTORY SŁONECZNE

PODSTAWY TEORETYCZNE, BUDOWA, BADANIA



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA • WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ I ROBOTYKI
SZKOŁA OCHRONY I INŻYNIERII ŚRODOWISKA AGH • POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA

Seria wydawnicza

PROBLEMY INŻYNIERII MECHANICZNEJ, EKOENERGETYKI I INŻYNIERII ŚRODOWISKA®

Redaktor naukowy serii **Jacek Zimny**

POZYCJE WYDAWNICZE SERII:

1. Odnawialne źródła energii w budownictwie niskoenergetycznym, 2010.
2. Laserowa obróbka mikrostrukturów, 2011.
3. Mikrospawanie laserowe w mechatronice, 2012.
4. Kolektory słoneczne – podstawy teoretyczne, budowa, badania, 2013.



JACEK ZIMNY

Profesor nadzwyczajny w Katedrze Systemów Energetycznych i Urządzeń Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Studia, doktorat i habilitacja na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej. Wieloletnie prace badawcze, wdrożeniowe oraz dydaktyczne w kraju i za granicą, w obszarze mechaniki, maszyn technologicznych, urządzeń i systemów ekoenergetyki.

Koordynator i kierownik naukowy międzynarodowych i krajowych zespołów badawczo-wdrożeniowych opracowujących: innowacyjne technologie energetyczne (lasery dużej mocy w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń technologicznych oraz energetycznych; WAT Warszawa, Politechnika Kraków, Uniwersytet Pisa, Politechnika Kijów, ART Olsztyn, AR Kraków, Politechnika Częstochowa, AGH, IOS Kraków, WSK-PZL Kraków, APATOR – Kraków), urządzenia i systemy energetyki odnawialnej: elektrownie wiatrowe, wiatrowe pompy wodne (Uniwersytet Pisa, ALENIA Roma, ART Olsztyn, AR Kraków, AGH, NOWOMAG Nowy Sącz), kolektory słoneczne i fotoogniwa (AR Kraków, Politechnika Częstochowa, Zakłady Mechaniczne Tarnów), energetyka geotermalna i pompy ciepła (PAN Kraków, Polska Geotermalna Asocjacja, Uniwersytet Pisa, AGH, AR Kraków, Zakłady Mechaniczne Tarnów, SeCesPol Gdańsk, Hibertnatus Wadowice, VATRA Kraków, Viessmann).

Współzałożyciel Polskiego Towarzystwa Energetyki Wiatrowej. Członek International Geothermal Association. Przewodniczący Polskiej Geotermalnej Asocjacji im. prof. J. Sokółowskiego. Wieloletni członek Komitetu Problemów Energetyki przy Prezydium PAN, Parlamentarnego Zespołu ds. Restrukturyzacji Energetyki, ekspert Sejmu RP ds. energetyki.

Autor przeszło 400 publikacji, ekspertyz, patentów i wdrożeń.

Prowadzi działalność naukowo-dydaktyczną, organizacyjną i społeczną m. in. w zakresie rozwoju gospodarczego Polski z wykorzystaniem własnych zasobów i źródeł energii, szczególnie geotermicznych, pomp ciepła oraz solarnych – mogących stanowić podstawę samowystarczalności i bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Promotor powszechnego programu oszczędności energii, czystych technologii energetycznych oraz stałego zwiększania efektywności energetycznej i sprawności polskiej energetyki, budownictwa i transportu.

RAFAŁ BRZEGOWY – Mgr inż. mechanik, absolwent Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w 2012 r.; dyplomant prof. Jacka Zimnego w zakresie maszyn, urządzeń i systemów energetyki zasobów słonecznych.

SEBASTIAN BIELIK – Mgr inż. mechanik, absolwent Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w 2012 r.; dyplomant i doktorant prof. Jacka Zimnego w zakresie maszyn, urządzeń i systemów ekoenergetycznych (fotowoltaika, energetyka słoneczna, geotermia, grafen).

JACEK ZIMNY, RAFAŁ BRZEGOWY, SEBASTIAN BIELIK

KOLEKTORY SŁONECZNE PODSTAWY TEORETYCZNE, BUDOWA, BADANIA

REDAKCJA: JACEK ZIMNY

WYDANIE I

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ I ROBOTYKI,
SZKOŁA OCHRONY I INŻYNIERII ŚRODOWISKA AGH
POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA**

KRAKÓW 2013

Opiniodawca:

prof. zw. dr hab. inż. Ryszard H. Kozłowski, Politechnika Krakowska
płk dr hab. inż. Mieczysław Struś, Politechnika Wroclawska

Projekt okładki:

Łukasz Buchała, Jacek Zimny

Na okładce:

Kolektory słoneczne, zastosowania.

Redaktor techniczny:

Krzysztof Szczotka

Korekta:

Krzysztof Szczotka, Sebastian Bielik

Grafika, skład, łamanie:

Rafał Brzegowy, Krzysztof Szczotka, Łukasz Buchała

Wydanie I, 2013, © Jacek Zimny, Kraków 2013. All rights reserved.

Wydawca:

Polska Geotermalna Asocjacja, 30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30,
paw. B3, II p., p. 206, tel. (+48) 12 617 34 13, www.pga.org.pl

Współpraca:

- Szkoła Ochrony i Inżynierii Środowiska AGH, 30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30,
Paw. B3, II p., p. 202, tel.: (12) 617 39 22, www.szkoła.imir.agh.edu.pl
- Katedra Systemów Energetycznych i Urządzeń Ochrony Środowiska,
AGH, 30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30, paw. B3, II p., tel. (+48) 12 617 34 13
www.kseiuos.imir.agh.edu.pl

ISBN 978-83-63318-02-4

Opracowanie graficzne dtp, druk i oprawa:

BUCHERS
DESIGN

Projekt i druk dla każdego.

e-mail: biuro@buchersdesign.pl
www.buchersdesign.pl

Spis treści

| | |
|--|-----------|
| 1. WSTĘP | 9 |
| 2. CEL OPRACOWANIA | 10 |
| 3. STAN OBECNY ORAZ KIERUNKI ROZWOJU KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH NA ŚWIECIE, W UE I POLSCE | 12 |
| 3.1. Energia słoneczna | 12 |
| 3.1.1. Zasoby energii słonecznej w Polsce..... | 14 |
| 3.1.2. Czynniki wpływające na wartość natężenia promieniowania słonecznego..... | 17 |
| 3.2. Rynek kolektorów słonecznych na świecie | 19 |
| 3.2.1. Największe rynki kolektorów słonecznych na świecie..... | 19 |
| 3.2.2. Nowe instalacje solarne na świecie..... | 23 |
| 3.3. Rynek kolektorów słonecznych w Unii Europejskiej | 29 |
| 3.3.1. Przegląd rynku Unii Europejskiej..... | 29 |
| 3.4. Rynek kolektorów słonecznych w Polsce | 40 |
| 3.4.1. Wprowadzenie..... | 40 |
| 3.4.2. Sprzedaż kolektorów słonecznych w Polsce w 2010 roku..... | 41 |
| 3.4.3. Perspektywy rozwoju rynku kolektorów słonecznych..... | 43 |
| 4. PODSTAWY TEORETYCZNE (RETSCREEN® INTERNATIONAL) | 45 |
| 4.1. Geneza kolektorów słonecznych | 45 |
| 4.1.1. Rynki kolektorów słonecznych..... | 46 |
| 4.1.2. Ciepła woda użytkowa..... | 46 |
| 4.1.3. Baseny..... | 48 |
| 4.2. Kolektory słoneczne | 49 |
| 4.2.1. Opis kolektorów słonecznych..... | 49 |
| 4.2.2. Płaskie kolektory słoneczne bez osłony..... | 50 |
| 4.2.3. Płaskie kolektory słoneczne z osłoną przezroczystą..... | 51 |
| 4.2.4. Próżniowe rurowe kolektory słoneczne..... | 53 |
| 4.2.5. Struktura systemu solarnego..... | 54 |
| 4.2.6. Instalacja elementów systemu solarnego..... | 57 |
| 4.3. Terminy i wielkości dotyczące promieniowania | 59 |
| 4.3.1. Podstawy energetyki słonecznej..... | 59 |
| 4.3.2. Natężenie promieniowania na pochyloną powierzchnię..... | 60 |
| 4.3.3. Temperatura nieba..... | 61 |
| 4.3.4. Temperatura wody zimnej..... | 62 |
| 4.3.5. Szacunkowe obliczanie obciążenia..... | 65 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4. Kolektory słoneczne, obliczenia | 66 |
| 4.4.1. Płaskie czy próżniowe kolektory słoneczne..... | 66 |
| 4.4.2. Płaskie kolektory słoneczne bez osłony..... | 67 |
| 4.4.3. Modyfikatory kąta padania..... | 68 |
| 4.4.4. Straty w przewodach i zbiornikach..... | 68 |
| 4.4.5. Straty spowodowane śniegiem i brudem | 69 |
| 4.5. Obliczenia i dobór kolektorów słonecznych wraz z instalacjami | 69 |
| 4.5.1. Podstawy doboru i obliczeń teoretycznych instalacji solarnych..... | 69 |
| 4.5.2. Sposoby doboru systemu solarnego..... | 71 |
| 4.6. Ciepła woda użytkowa (c.w.u.) metoda <i>f</i>-Chart | 72 |
| 4.7. Metoda użyteczności (ang. <i>utilizability</i>) | 77 |
| 4.7.1. Zasada metody użyteczności..... | 77 |
| 4.7.2. Współczynnik geometryczny | 78 |
| 4.7.3. Bezwymiarowy krytyczny poziom promieniowania | 79 |
| 4.7.4. Średnia miesięczna na dzień | 79 |
| 4.8. Model systemu grzewczego basenu | 80 |
| 4.8.1. Basen a warunki klimatyczne | 81 |
| 4.8.2. Bierne zyski słoneczne..... | 82 |
| 4.8.3. Straty parowania | 85 |
| 4.8.4. Straty konwekcyjne..... | 86 |
| 4.8.5. Straty promieniowania | 86 |
| 4.8.6. Straty w wodzie zmagazynowanej..... | 87 |
| 4.8.7. Straty przewodzenia | 87 |
| 4.8.8. Suma nasłonecznienia | 87 |
| 4.8.9. Bilans energetyczny systemu | 88 |
| 4.9. Pozostałe obliczenia | 89 |
| 4.9.1. Sugerowana powierzchnia kolektorów słonecznych | 89 |
| 4.9.2. „Pompowanie” energii | 89 |
| 4.9.3. Rzeczywista wydajność, efektywność systemu oraz energia słoneczna..... | 90 |
| 4.10. Weryfikacja obliczeń | 90 |
| 4.10.1. Weryfikacja domowego układu podgrzewania wody - w stosunku do modelu godzinowego oraz danych pomiarowych | 90 |
| 4.10.2. Weryfikacja układu podgrzewania wody basenowej - w stosunku do modelu godzinowego oraz danych pomiarowych | 94 |
| 4.11. Podsumowanie | 98 |
| 4.12. Przykład wymiarowania instalacji przez Systemy Solarne z Krakowa | 99 |
| 4.12.1. Wymiarowanie powierzchni kolektorów | 99 |
| 4.12.2. Wymiarowanie dla instalacji c.w.u. (cieplej wody użytkowej)..... | 99 |
| 4.12.3. Wymiarowanie dla instalacji wody basenowej | 100 |
| 4.12.4. Wymiarowanie dla systemów c.o. (centralne ogrzewanie)..... | 102 |
| 4.12.5. Efektywność pracy kolektorów..... | 102 |
| 4.12.6. Natężenie przepływu czynnika grzewczego w instalacjach solarnych..... | 103 |
| 4.12.7. Kolektory słoneczne w odniesieniu do dużych instalacji | 104 |

| | |
|---|------------|
| 5. BADANIA KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH ZGODNIE Z EN I PN | 106 |
| 5.1. Normy europejskie i polskie dotyczące kolektorów słonecznych oraz instalacji z nimi związanych | 106 |
| 5.1.1. Norma PN-EN 12975-1:2007 oraz PN-EN 12975-2:2007 | 107 |
| 5.1.2. Norma PN-EN 12976-1:2007 oraz PN-EN 12976-2: 2007 | 107 |
| 5.1.3. PN-EN 12977-1:2007, PN-EN 12977-2:2007 oraz PN-EN 12977-3:2007 | 107 |
| 5.2. Kolektory słoneczne jako obiekt badań..... | 108 |
| 5.2.1. Schemat blokowy obiektu badań | 108 |
| 5.2.2. Model matematyczny obiektu badań | 109 |
| 5.3. Badania eksploatacyjne kolektorów cieczowych | 110 |
| 5.3.1. Schemat i opis stanowiska pomiarowego | 111 |
| 5.3.2. Wymagane warunki badania | 113 |
| 5.3.3. Przebieg badania | 113 |
| 5.3.4. Wyznaczenie charakterystyk cieplnych kolektora słonecznego | 114 |
| 5.4. Parametry opisujące stan nieustalony kolektora słonecznego..... | 116 |
| 5.5. Badania niezawodności cieczowych kolektorów grzewczych | 117 |
| | |
| 6. BADANIA KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH, PRZYKŁADY ĆWICZEŃ LABORATORYJNYCH | 119 |
| 6.1. Dydaktyczne Laboratorium Fizyczne Uniwersytetu Gdańskiego | 119 |
| 6.1.1. Zagadnienia do opracowania | 119 |
| 6.1.2. Zadania doświadczalne | 119 |
| 6.1.3. Zestaw przyrządów | 121 |
| 6.2. Wydział Energetyki i Paliw Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie | 122 |
| 6.2.1. Wykonanie ćwiczenia | 122 |
| 6.2.2. Opracowanie wyników pomiaru | 126 |
| 6.3. Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie..... | 126 |
| 6.3.1. Sporządzenie charakterystyk przepływowych i termicznych | 126 |
| 6.3.2. Charakterystyki w funkcji temperatury wody..... | 127 |
| 6.3.3. Charakterystyki w funkcji wydatku | 131 |
| 6.4. Badania instalacji solarnych w Laboratorium Odnawialnych Źródeł Energii w Zespole Szkół Elektrycznych nr 1 w Krakowie..... | 132 |
| 6.4.1. Analiza wybranych wyników badań | 132 |
| 6.4.2. Symulacyjne programy komputerowe | 139 |
| 6.4.3. Bilans energetyczny instalacji solarnej według badań firmy Sonnenkraft (Technika Grzewcza J. Szymczyk, Gliwice) | 140 |
| | |
| 7. INSTRUKCJA ĆWICZEŃ BADAŃ KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH NA STANOWISKU WYDZIAŁU INŻYNIERII MECHANICZNEJ I ROBOTYKI AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ | 143 |
| 7.1. Cel ćwiczenia..... | 143 |

| | |
|---|------------|
| 7.2. Zakres wymaganych wiadomości | 143 |
| 7.3. Schemat stanowiska | 144 |
| 7.4. Wyznaczenie sprawności teoretycznej kolektorów słonecznych..... | 147 |
| 7.4.1. Wstęp | 147 |
| 7.4.2. Przebieg ćwiczenia..... | 148 |
| 7.4.3. Obliczenia | 149 |
| 7.4.4. Wyniki pomiarów..... | 150 |
| 7.4.5. Wnioski | 152 |
| 7.5. Bilans energetyczny kolektora słonecznego | 152 |
| 7.5.1. Wstęp | 152 |
| 7.5.2. Przebieg ćwiczenia..... | 153 |
| 7.5.3. Obliczenia | 154 |
| 7.5.4. Wyniki pomiarów..... | 155 |
| 7.5.5. Wnioski | 158 |
| 7.6. Literatura..... | 158 |
| 8. WNIOSKI | 159 |
| 8.1. Wnioski poznawcze | 159 |
| 8.2. Wnioski praktyczne | 160 |
| 8.3. Proponowane kierunki badań | 160 |
| 9. BIBLIOGRAFIA..... | 161 |
| 10. PODSUMOWANIE, STRESZCZENIA..... | 163 |
| 10.1. SUMMARY | 164 |
| 10.2. PEZIOME | 165 |
| 11. ZAŁĄCZNIKI | 166 |
| 11.1. Przykłady obliczeniowe według e-platformy RETScreen® | 166 |
| 11.1.1. Karta audytu energetycznego budynku przed i po termomodernizacji – według poprzedniej normy. | 166 |
| 11.1.2. Karta audytu energetycznego budynku przed termomodernizacją – według aktualnej normy. | 171 |
| 11.1.3. Ocena projektu inwestycyjnego (techniczna, ekonomiczna, ekologiczna) z wykorzystaniem e-platformy RETScreen® | 175 |
| 11.2. Weryfikacja obliczeń wykonanych według e-platformy RETScreen® z wykorzystaniem oprogramowania POLYSUN® | 179 |
| 11.3. Karty katalogowe elementów stanowiska WIMiR AGH | 188 |

1. Wstęp

Książka jest pierwszą pozycją naukowo – dydaktyczną (podręcznik akademicki, przewodnik do ćwiczeń laboratoryjnych) w ramach Serii Wydawniczej „Problemy inżynierii mechanicznej, ekoenergetyki i inżynierii środowiska®”, współtworzonej przez ogólnopolskie Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Polska Geotermalna Asocjacja (PGA) z siedzibą w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej, Katedrę Systemów Energetycznych i Urzędzeń Ochrony Środowiska oraz Szkołę Ochrony i Inżynierii Środowiska AGH. Stanowi ona treść wykładów i zajęć dydaktycznych z przedmiotów „Odnawialne zasoby i źródła energii”, oraz „Technologie ekoenergetyczne” prowadzonych przez Autora od 2000 r. dla studentów kierunków: Mechanika, Energetyka, Budownictwo oraz Ochrona Środowiska w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Podręcznik zawiera materiały prezentowane na Studiach Podyplomowych AGH: „Odnawialne zasoby i źródła energii” współfinansowanych okresowo przez Unię Europejską oraz „Audytting energetyczny w budownictwie na potrzeby termomodernizacji oraz certyfikacji energetycznej budynków”. W pracy wykorzystano również materiały pracy inżynierskiej dyplomanta Rafała Brzegowego, 2012, WIMiR, AGH.

Wyrażam podziękowanie Recenzentom tej książki: prof. zw. dr hab. inż. Ryszardowi H. Kozłowskiemu z Politechniki Krakowskiej oraz płk. dr hab. inż. Mieczysławowi Strusiowi z Politechniki Wrocławskiej – za zainteresowanie publikacją, opracowanie opinii oraz krytyczne uwagi.

Moim Współpracownikom w Katedrze Systemów Energetycznych i Urzędzeń Ochrony Środowiska AGH, a szczególnie p. mgr inż. Krzysztofowi Szczotka oraz p. mgr inż. Sebastianowi Bielikowi – dziękuję za pomoc przy opracowaniu edytorским i przygotowaniu książki do druku.

Redaktor Naukowy Serii

2. Cel opracowania

Niniejszy podręcznik zawiera aktualne informacje na temat: stanu obecnego i kierunków rozwoju kolektorów słonecznych – coraz szerzej stosowanych w Polsce; nowych źródeł energii wykorzystujących zasoby odnawialne (OZE); podstaw teoretycznych, działania, budowy, zastosowań oraz badań użytkowych kolektorów słonecznych – zgodnie z obowiązującymi przepisami Unii Europejskiej i prawa polskiego.

Celem pracy jest stworzenie podręcznika podstawowego, metodycznego przewodnika dla wykładowców i studentów (wykłady, ćwiczenia, laboratorium, projekty) – z szeroko pojętej tematyki budowy, eksploatacji i badań kolektorów słonecznych, aktualnie produkowanych i dostępnych w Polsce.

Został on opracowany dla szkół wyższych różnych dyscyplin (mechanika, energetyka, budownictwo, inżynieria rolnicza, inżynieria środowiska, ekologia), zajmujących się tematyką rozwoju konstrukcji, technologii, badań i wdrożeń systemów, maszyn i urządzeń ekoenergetycznych (kolektory słoneczne, fotoogniwa, elektrownie wiatrowe, elektrownie wodne, pompy ciepła, systemy geotermiczne, biogazownie, systemy biomasy, wytwarzanie biopaliw).

Wykorzystana literatura i bibliografia światowa pozwala na wprowadzenie Czytelnika w problematykę stanu obecnego i kierunków rozwoju budowy i zastosowań kolektorów słonecznych w świecie, Europie i Polsce – Rozdział 3.

Rozdział 4. zatytułowany „Podstawy teoretyczne” ogólne, zawiera genezę kolektorów słonecznych; ich podział i budowę; terminy oraz wielkości dotyczące promieniowania słonecznego i energetyki słonecznej; podstawowe obliczenia i dobór kolektorów słonecznych wraz z instalacjami dla potrzeb wytwarzania ciepła i ciepłej wody użytkowej (c. w. u.).

Został on opracowany na podstawie ujednoliconego standardu międzynarodowego z tego zakresu, opracowanego przez światowe Centrum Czystych Technologii Energetycznych (RETScreen® International – Clean Energy Decision Support Centre) w Varennes, prowincja Quebec (Kanada) – jako międzynarodowej e-platformy naukowo-informatycznej RETScreen® International (www.etscreen.net). Platforma RETScreen jest obiektywnym, uniwersalnym narzędziem do oceny i analizy: technicznej, ekonomicznej i ekologicznej, projektów inwestycyjnych dowolnej skali w zakresie odnawialnych źródeł energii.

Kolejny rozdział (5.) to szczegółowa teoria i problemy praktyczne dotyczące badań kolektorów słonecznych i instalacji z nimi związanych zgodnie z wymaganiami Unii Europejskiej (EN) i prawa krajowego (PN).

Wyszczególniono w nim normy europejskie i polskie dotyczące tej problematyki; zdefiniowano kolektory słoneczne jako obiekt badań naukowych i inżynierskich; stanowiska i tory pomiarowe w celu identyfikacji, matematyczno-statystycznego i fizycznego modelowania procesów cieplno-przepływowych, termodynamicz-

nych i energetycznych oraz ich charakterystyk (parametry procesu, wskaźniki, optymalizacja).

Rozdział 6. zawiera propozycje ćwiczeń laboratoryjnych z badań kolektorów słonecznych, realizowanych w wyższych uczelniach i laboratoriach specjalistycznych w Polsce (Uniwersytet Gdański – Dydaktyczne Laboratorium Fizyczne, Akademia Górniczo-Hutnicza – Wydział Energetyki i Paliw, Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, Laboratorium Odnawialnych Źródeł Energii w Zespole Szkół Elektrycznych Nr 1 w Krakowie). Jest to materiał dydaktyczny, przeglądowy, pozwalający zbudować własne stanowiska badawczo-laboratoryjne i opracować instrukcje ćwiczeń i zaliczeń w zależności od możliwości i potrzeb.

Rozdział 7. zawiera szczegółową instrukcję ćwiczeń badań kolektorów słonecznych na stanowisku laboratoryjnym Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH w Krakowie. Obejmuje ona współczesny standard dydaktyczny: cel ćwiczeń, zakres wymaganych wiadomości, schemat i opis stanowiska badawczego, omówienie i wyznaczanie sprawności teoretycznej i rzeczywistej badanych kolektorów słonecznych (Ćw. 1, 2) oraz bilansu energetycznego kolektora słonecznego: teoretycznego i rzeczywistego (Ćw. 3, 4).

W rozdziale 8. określono rodzaje wniosków z każdego badania (poznawcze, praktyczne, proponowane kierunki rozwoju) – jako syntezę dorobku badawczego każdej pracy naukowej i prezentacji wyników badań (seminaria, konferencje, publikacje) również w dydaktyce.

Rozdział 9. zawiera obszerną literaturę przedmiotu z zakresu kolektorów słonecznych, energetyki solarnej, wymiany ciepła i masy, solarnych technologii energetycznych – publikowaną drukiem i dostępną w Internecie.

Ważnym rozdziałem podręcznika są Załączniki (Rozdział 11.) zawierające: przykładowy projekt instalacji solarnej z wykorzystaniem e-platformy RETScreen® oraz karty katalogowe podstawowych elementów wyposażenia stanowiska badawczo-dydaktycznego w Laboratorium Ekoenergetyki Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH w Krakowie.

3. STAN OBECNY ORAZ KIERUNKI ROZWOJU KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH NA ŚWIECIE, W UE I POLSCE

3.1 Energia słoneczna

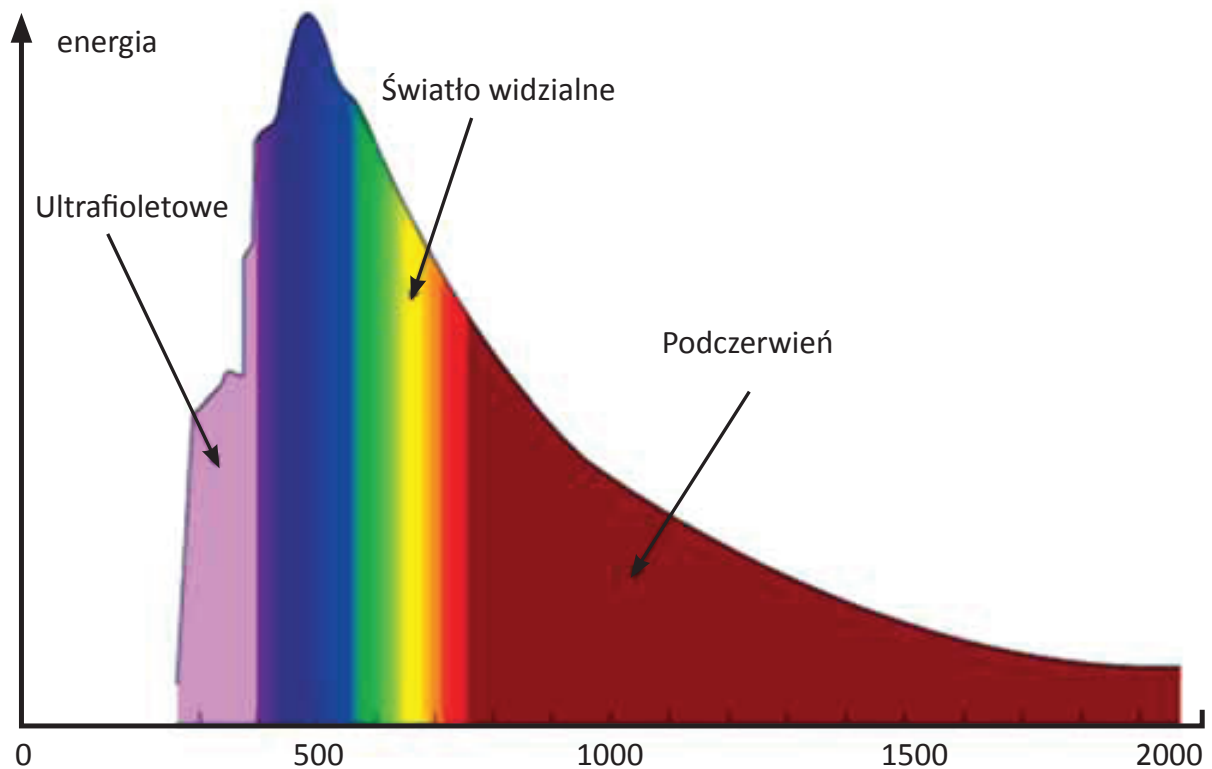
Słońce jest podstawowym źródłem energii dla naszej planety. Słońce znajdujące się w centrum naszego układu słonecznego jest źródłem energii promieniowania słonecznego docierającego do planet układu, energia promieniowania słonecznego wynosi w ciągu sekundy $3,9 \cdot 10^{26}$ J. Część tej energii dociera do powierzchni Ziemi wynosząc $81000 \cdot 10^6$ MW [1].

Przed milionami lat energia promieniowanie słonecznego docierająca do Ziemi została w procesach naturalnych zakumulowana w węglu, ropie naftowej, gazie ziemnym itp. Słońcu również zawdzięczamy energię jaką niosą ze sobą prądyfali morskich, wiatr czy biomasa. Energię słoneczną można także bezpośrednio wykorzystywać poprzez zastosowanie specjalnych systemów do pozyskiwania i akumulowania energii słonecznej. Energię promieniowania słonecznego wykorzystuje się w procesach:

- konwersji fototermicznej, czyli po prostu do ogrzewania (sprawność urządzeń wynosi z reguły powyżej 50%),
- konwersji fotowoltaicznej, czyli do bezpośredniego wytwarzania prądu elektrycznego (sprawność urządzeń 20-60%),
- biofotosyntezy (sprawność przetwarzania promieniowania słonecznego w biomasę nie przekracza 1%).

Promieniowanie słoneczne jest to strumień energii emitowany przez słońce równomiernie we wszystkich kierunkach. Miarą wielkości promieniowania słonecznego docierającego ze słońca do ziemi jest tzw. stała słoneczna. Jest ona wartością gęstości strumienia energii promieniowania słonecznego na powierzchni stratosfery i obecnie wynosi $I_0 = 1367 \text{ W/m}^2$.

Widmo promieniowania słonecznego ma postać zbliżoną do widma promieniowania ciała doskonale czarnego o temperaturze 5777 K, widmo promieniowania słonecznego przedstawiono na rysunku 3.1, natomiast udział poszczególnych rodzajów promieniowania w całkowitym promieniowaniu słonecznym zebrano w tabeli 3.1.



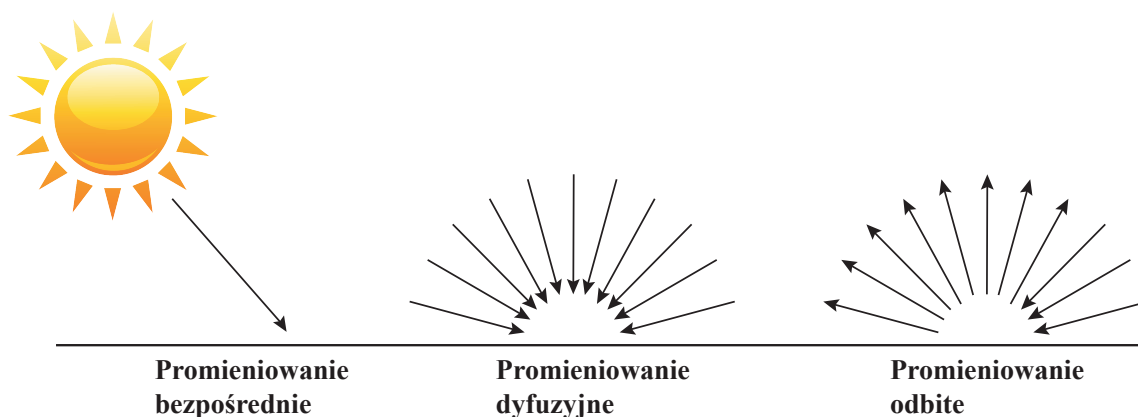
Rys. 3.1 Widmo promieniowania słonecznego.

Tab. 3.1 Procentowy udział poszczególnych rodzajów promieniowania w całkowitym promieniowaniu słonecznym [1].

| | |
|---|------------------------------------|
| $0,03 \mu\text{m} < \lambda < 0,38 \mu\text{m}$ | Ultrafioletowe (UV) (6,4% energii) |
| $0,38 \mu\text{m} < \lambda < 0,78 \mu\text{m}$ | Światło widzialne (48% energii) |
| $0,78 \mu\text{m} < \lambda$ | Podczerwień (45,6% energii) |

W promieniowaniu słonecznym docierającym do powierzchni Ziemi wyróżnia się podstawowe typy promieniowania przedstawione na poniższym rysunku:

- promieniowanie bezpośrednie – pochodzi od widocznej tarczy słonecznej,
- promieniowanie dyfuzyjne – powstaje w wyniku wielokrotnego załamania na składnikach atmosfery,
- promieniowanie odbite – powstaje w skutek odbić od elementów krajobrazu i otoczenia.



Rys. 3.2 Typy promieniowania słonecznego na poziomie Ziemi.

Energię promieniowania słonecznego opisują trzy parametry, z których najważniejszym jest napromieniowanie słoneczne ($kWh/m^2 \text{ rok}$) opisujące ile energii dociera w trakcie całego roku na $1 m^2$ powierzchni w danym miejscu Ziemi, tabela 3.2.

Tab. 3.2 Parametry promieniowania słonecznego

| | | |
|------------|------------------------------------|-----------------------|
| 1 parametr | Promieniowanie słoneczne całkowite | W/m^2 |
| 2 parametr | Napromieniowanie słoneczne | $kWh/m^2 \text{ rok}$ |
| 3 parametr | Usłonecznienie | h/rok |

Zasoby energii słonecznej podobnie jak zasoby innych odnawialnych źródeł energii można podzielić na potencjały:

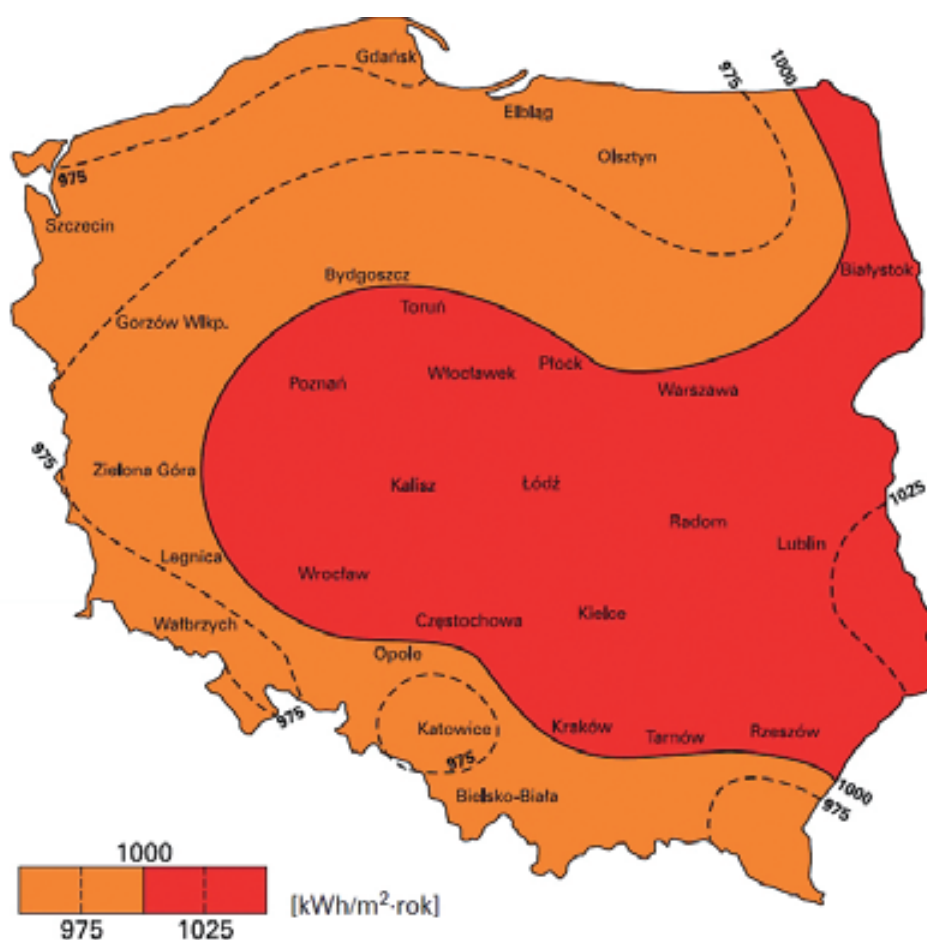
- potencjał teoretyczny – ilość energii możliwą do wykorzystania, przy założeniu że sprawność procesu pozyskiwania wynosi 100%,
- potencjał techniczny (częścią potencjału teoretycznego) – uwzględnia sprawność procesu technologicznego, magazynowanie energii oraz położenie,
- potencjał ekonomiczny (częścią potencjału technicznego) – uwzględnia wszelkie aspekty ekonomiczne dotyczące pozyskiwania energii.

3.1.1 Zasoby energii słonecznej w Polsce [4] [5]

Natężenie promieniowania słonecznego w Polsce, uwarunkowane jest położeniem geograficznym. Polska leży w umiarkowanej strefie klimatycznej, pomiędzy $49^{\circ}00'$ a $54^{\circ}00'$ szerokości geograficznej północnej oraz między $14^{\circ}07'$ a $24^{\circ}08'$ długości geograficznej wschodniej. Konsekwencją rozciągłości długości geograficznej (ok. 10° czyli ok. 689 km) jest różnica czasu miejscowego między zachodnimi, a wschodnimi krańcami Polski. Południowe obszary Polski mają dzień dłuższy

w zimie od krańców północnych o niemal godzinę, sytuacja ta w czasie lata jest odwrotna. Położenie Polski skutkuje bardzo nierównomiernym rozkładem promieniowania w cyklu rocznym. Niemalże 90% promieniowania słonecznego przypada na okres marzec – listopad. Suma roczna promieniowania słonecznego przypadającego na m^2 podłoża zawiera się dla Polski w przedziałach 950-1250 kWh, zgodnie z rysunkiem 3.3 obszar Polski można podzielić na cztery strefy natężenia promieniowania słonecznego:

- 1. poniżej 996 kWh/m²/rok, tj. ok. 9,75MJ/m²/dobę,
- 2. 996-1022 kWh/m²/rok, tj. ok. 9,75-10 MJ/m²/dobę,
- 3. 1022-1048 kWh/m²/rok, tj. ok. 10- 10,25MJ/m²/dobę,
- 4. powyżej 1048kWh/m²/rok, tj. ponad 10,25MJ/m²/dobę.



Rys. 3.3 Mapa nasłonecznienia Polski [20].

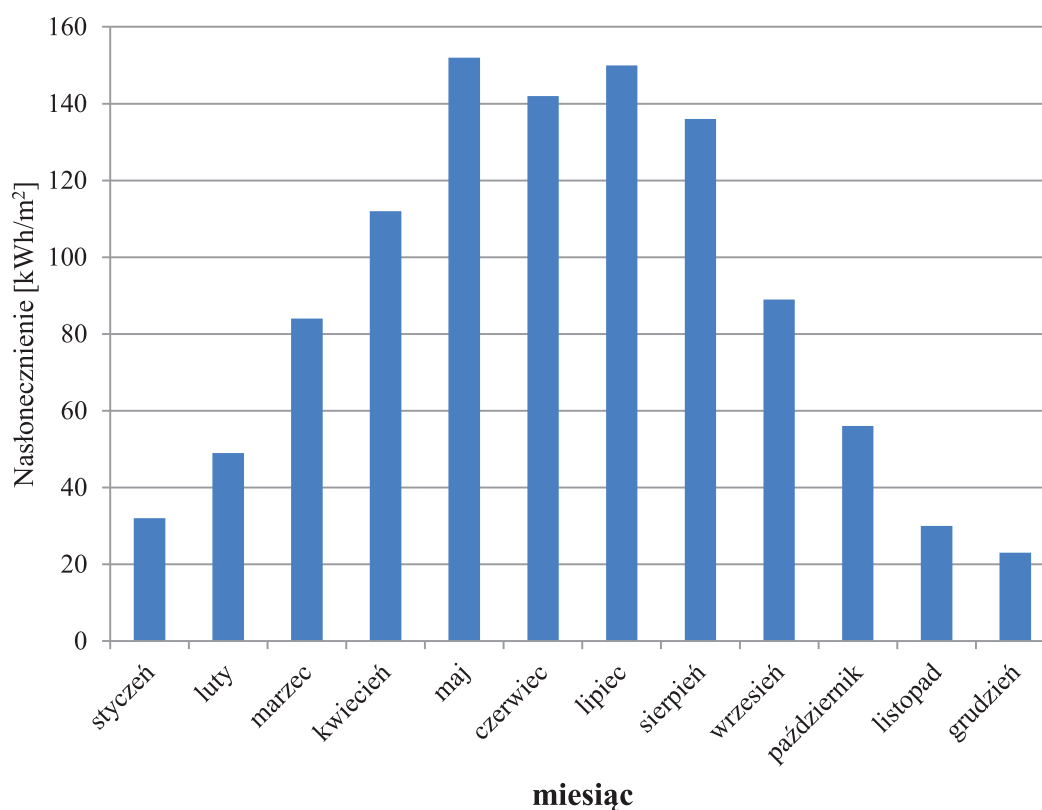
Najlepsze warunki pod względem potencjału obserwuje się na południowo-wschodniej części województwa lubelskiego. Obejmująca niemalże 50% powierzchni centralna część Polski, uzyskuje natężenie promieniowania słonecznego w zakresie 1022-1048 kWh/m²/rok, natomiast południowa, wschodnia i północna część Polski otrzymuje natężenie promieniowania ok. 1000 kWh/m²/rok i mniej.

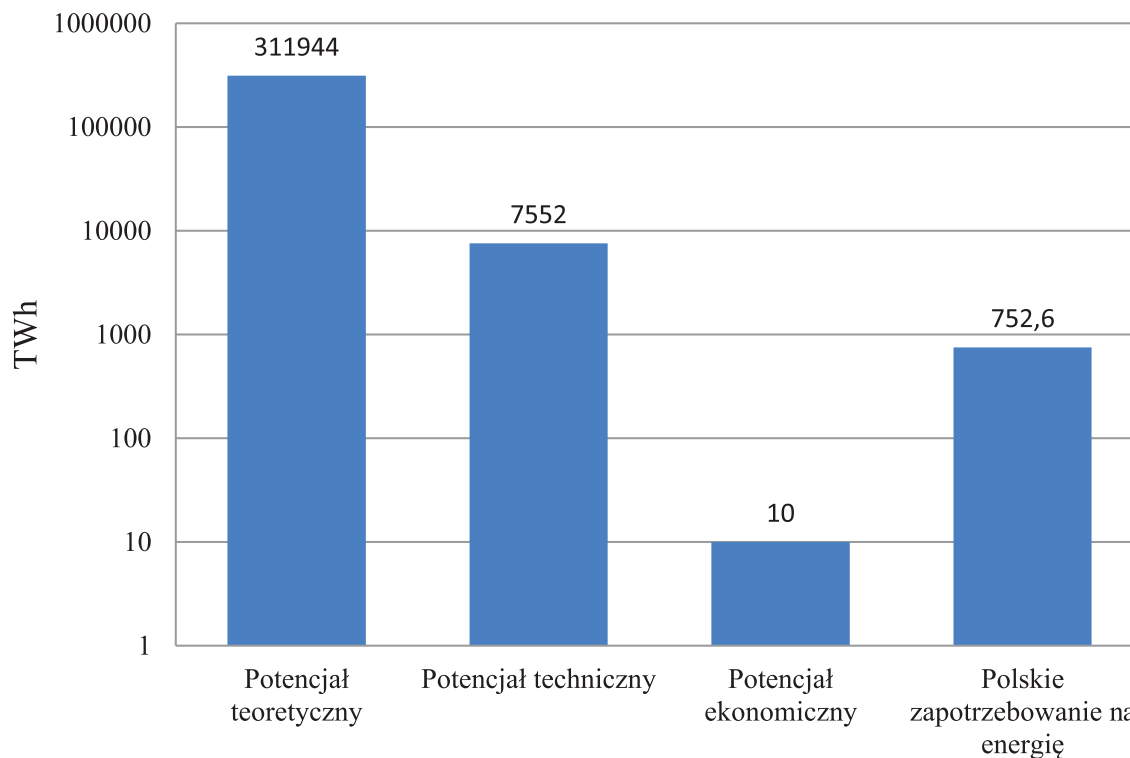
Tab. 3.3 Zasoby energii słonecznej w wybranych regionach Polski [4].

| Region Polski | Średnie roczne napromieniowanie [kWh/m ²] | Przeciętne roczne uśonecznienie [h] |
|---------------|---|-------------------------------------|
| Stołeczny | 967 | 1580 |
| Suwalszczyzna | 975 | 1576 |
| Podhale | 988 | 1467 |
| Dolny Śląsk | 1030 | 1529 |
| Zamojszczyzna | 1033 | 1572 |
| Pas nadmorski | 1064 | 1624 |

W skali roku północne krańce Polski mają o ok. 9% mniej energii słonecznej niż południowe. Z kolei rejony nadmorskie wyróżniają się atmosferą najbardziej przezroczystą dla promieniowania [5]. Niewielki strumień promieniowania docierającego do danego obszaru w miesiącach zimowych, wynika ze znacznego zachmurzenia oraz z niewielkiej wysokości słońca nad horyzontem.

Przykładowy rozkład natężenia promieniowania przedstawiono na rysunku 3.4 dla miasta Krakowa:

**Rys. 3.4** Dane klimatyczne dla Krakowa z bazy danych e-learningowej RETScreen [8].



Rys. 3.5 Potencjał zasobów energii słonecznej Polski [15].

Zgodnie z powyższym rysunkiem potencjał techniczny energii słonecznej jest 100 wyższy niż zapotrzebowanie na energię w Polsce, natomiast potencjał ekonomiczny jest 750 razy niższy, niż polskie zapotrzebowanie na energię. Biorąc pod uwagę powyższe informacje, z punktu widzenia ekonomicznego możliwe jest do uzyskania 1,3% energii słonecznej w całkowitym zapotrzebowaniu na energię w Polsce [15].

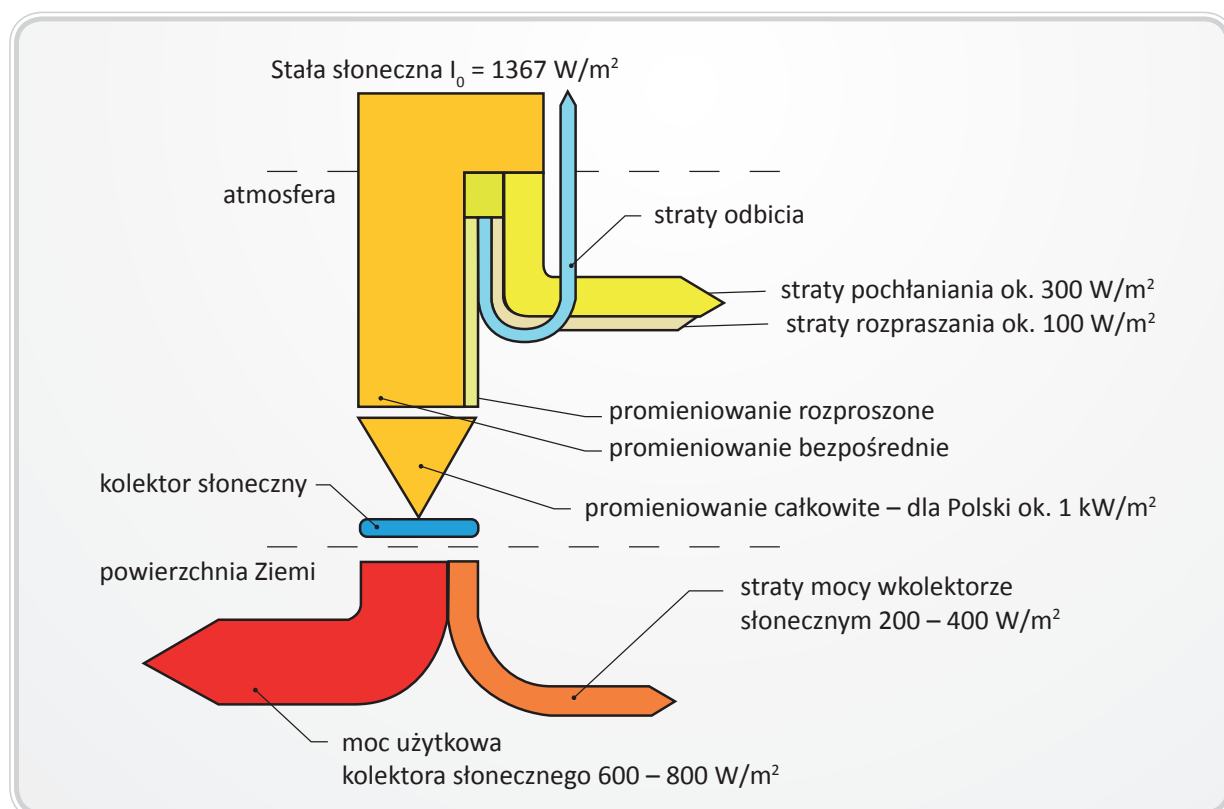
3.1.2 Czynniki wpływające na wartość natężenia promieniowania słonecznego

Stała słoneczna dla Ziemi wynosi $I_0 = 1367 \text{ W/m}^2$, jednakże ilość energii docierająca do powierzchni Ziemi jest znacznie mniejsza. Energia docierająca do Ziemi jest mniejsza od stałej słonecznej dlatego że część energii odbijana jest do kosmosu (zjawisko to nazywa się albedo, w tabeli 3.4 przedstawiono różne powierzchnie i ich współczynniki odbicia), występuje pochłanianie promieniowania słonecznego przez cząsteczki O_3 , H_2O i CO_2 jak i też rozpraszania promieniowania we wszystkich kierunkach przez cząsteczki znajdujące się w powietrzu.

Tab. 3.4 Wartość współczynnika odbicia promieniowania słonecznego ρ dla różnych powierzchni [5].

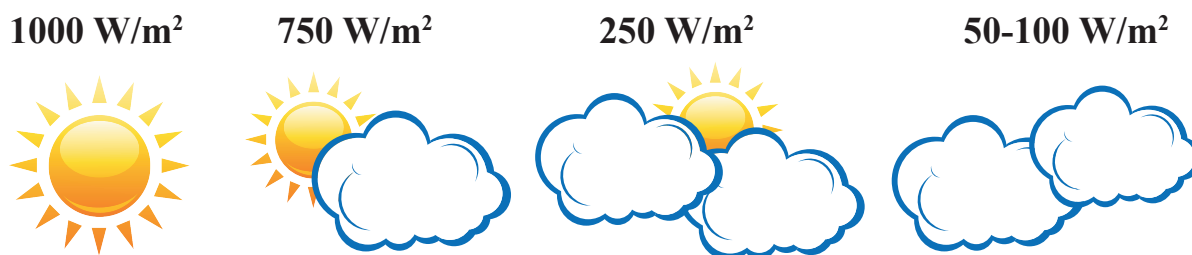
| Rodzaj powierzchni | Współczynnik odbicia |
|---------------------|----------------------|
| Zielony las | 0,03-0,10 |
| Trawa | 0,14-0,37 |
| Grunt | 0,07-0,20 |
| Czarna ziemia | 0,08-0,14 |
| Suchy piasek | 0,18 |
| Mokry piasek | 0,09 |
| Beton (np. chodnik) | 0,25 |
| Asfalt | 0,10 |
| Śnieg lub lód | 0,46-0,87 |

Powyższe wymienione zjawiska zostały przedstawione na wykresie Sankey'a, widoczny na rysunku 3.6, dzięki niemu możemy zauważyć wpływy poszczególnych czynników na ostateczną ilość energii słonecznej docierającej do Ziemi/kolektora. W zależności od strat – do powierzchni ziemi, czy też kolektora słonecznego, może dotrzeć w idealnych warunkach do 1000 kWh/m^2 rok, natomiast kolektor słoneczny jest w stanie wykorzystać z tego maksymalnie do 60-70%, a zatem moc kolektora przeważnie nie przekracza 700 W/m^2 .



Rys. 3.6 Bilans mocy promieniowania słonecznego.

Natężenie promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi w znaczącym stopniu zależy od aktualnie panujących warunków słonecznych. Przy określaniu warunków pogodowych należy ocenić zachmurzenie oraz przejrzystość nieba rysunek 3.7. Przy bezchmurnym niebie wartość natężenia nieznacznie przekracza wartość 1000 W/m^2 , z reguły jednak jest w granicach $600\text{-}800 \text{ W/m}^2$. Przy zachmurzeniu całkowitym, do Ziemi dociera tylko część promieniowania rozproszonego wynoszącego w granicach $50\text{-}100 \text{ W/m}^2$.



Rys. 3.7 Zachmurzenia a wielkość natężenia promieniowania słonecznego.

Bardzo istotny wpływ na energię docierającą do kolektora, ma występująca niekiedy pokrywa śnieżna. W Krakowie okres występowania pokrywy śnieżnej wynoszącej powyżej 1 cm wynosi 62 dni.

3.2 Rynek kolektorów słonecznych na świecie

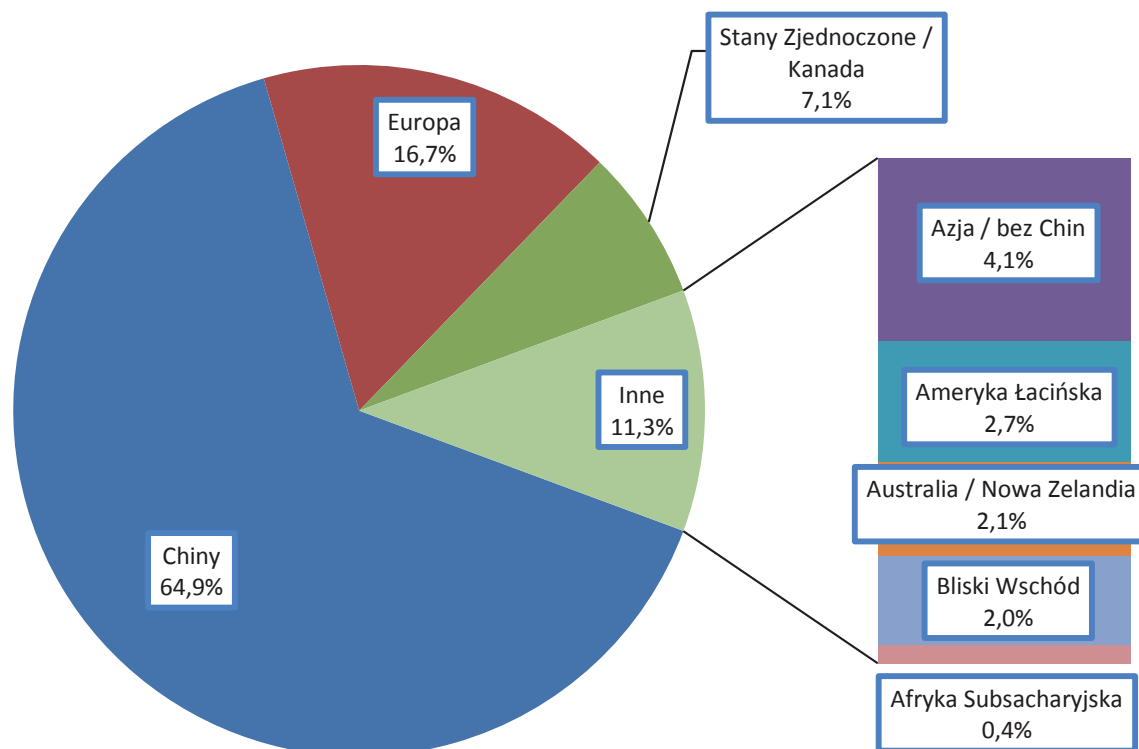
3.2.1 Największe rynki kolektorów słonecznych na świecie

Obecnie rynek kolektorów słonecznych jest jednym z najszybciej rozwijających się rynków energetyki odnawialnej na świecie. Rynek światowy wg. danych z REN 21 jest zdominowany przez Chiny (produkcja kolektorów słonecznych w Chinach obejmuje ponad 68% produkcji światowej) oraz takie państwa jak: Turcja, Japonia, Izrael, Brazylia, Australia oraz USA.

Pod koniec 2011, moc zainstalowana wynosiła $234,6 \text{ GW}_{th}$ odpowiadającej sumie 335,1 milionom metrów kwadratowych powierzchni kolektorów słonecznych zainstalowanych w 56 krajach, ujętych w raporcie Solar Heat Worldwide 2011, Edition 2013 [16]. Te 56 krajów stanowią 4,3 mld ludzi, co stanowi 61% ludności świata. Moc zainstalowana w tych krajach stanowi ponad 95% rynku energii słonecznej na całym świecie.

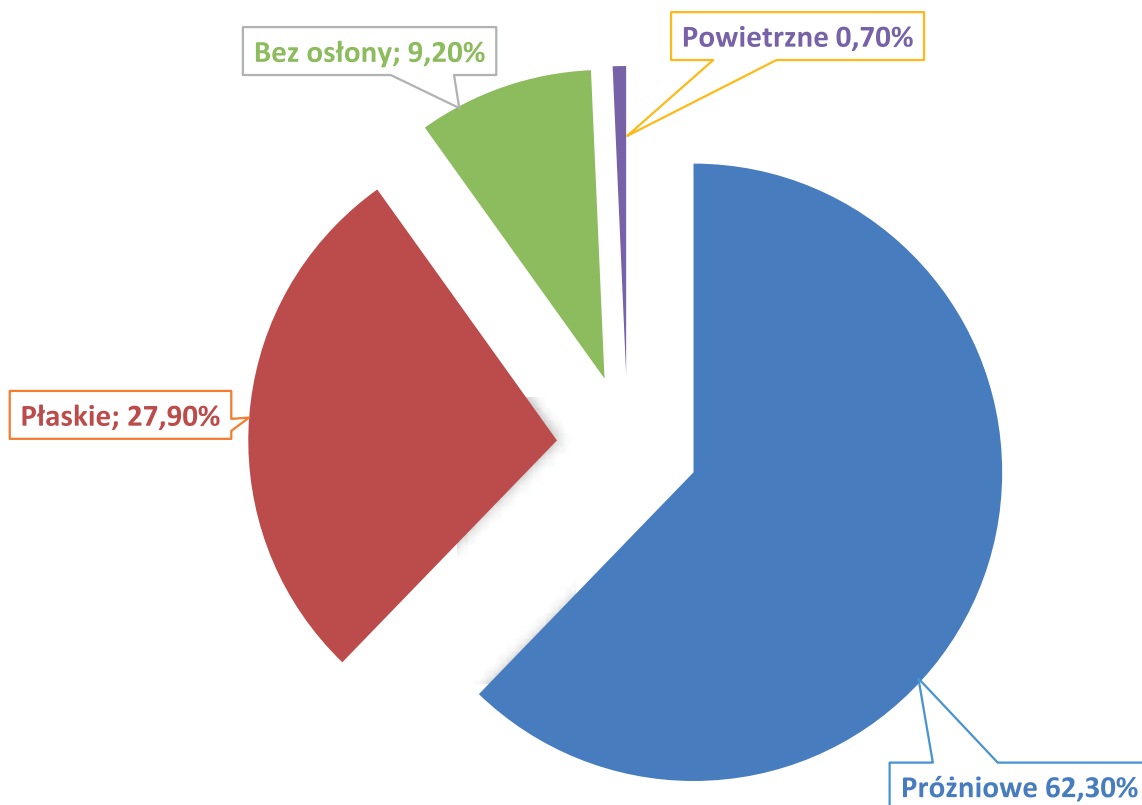
Zdecydowana większość całkowitej mocy została zainstalowana w Chinach ($152,2 \text{ GW}_{th}$) i Europie ($39,3 \text{ GW}_{th}$), które razem stanowiły 81,6% zainstalowanych,

rysunek 3.8. Pozostała moc zainstalowana jest dzielona pomiędzy: Stanami Zjednoczonymi i Kanadą ($16,7 \text{ GW}_{th}$), Azją z wyłączeniem Chin ($9,6 \text{ GW}_{th}$), Ameryce Łacińskiej ($6,3 \text{ GW}_{th}$), Australii i Nowej Zelandii ($4,9 \text{ GW}_{th}$), Bliskim Wschodem reprezentowanym przez kraje: Izraela, Jordanii, Libanu, Maroko i Tunezji ($4,7 \text{ GW}_{th}$), jak również między niektórymi krajami subsaharyjskiej Afryki ($0,9 \text{ GW}_{th}$), a mianowicie Mozambik, Namibia, RPA i Zimbabwe.



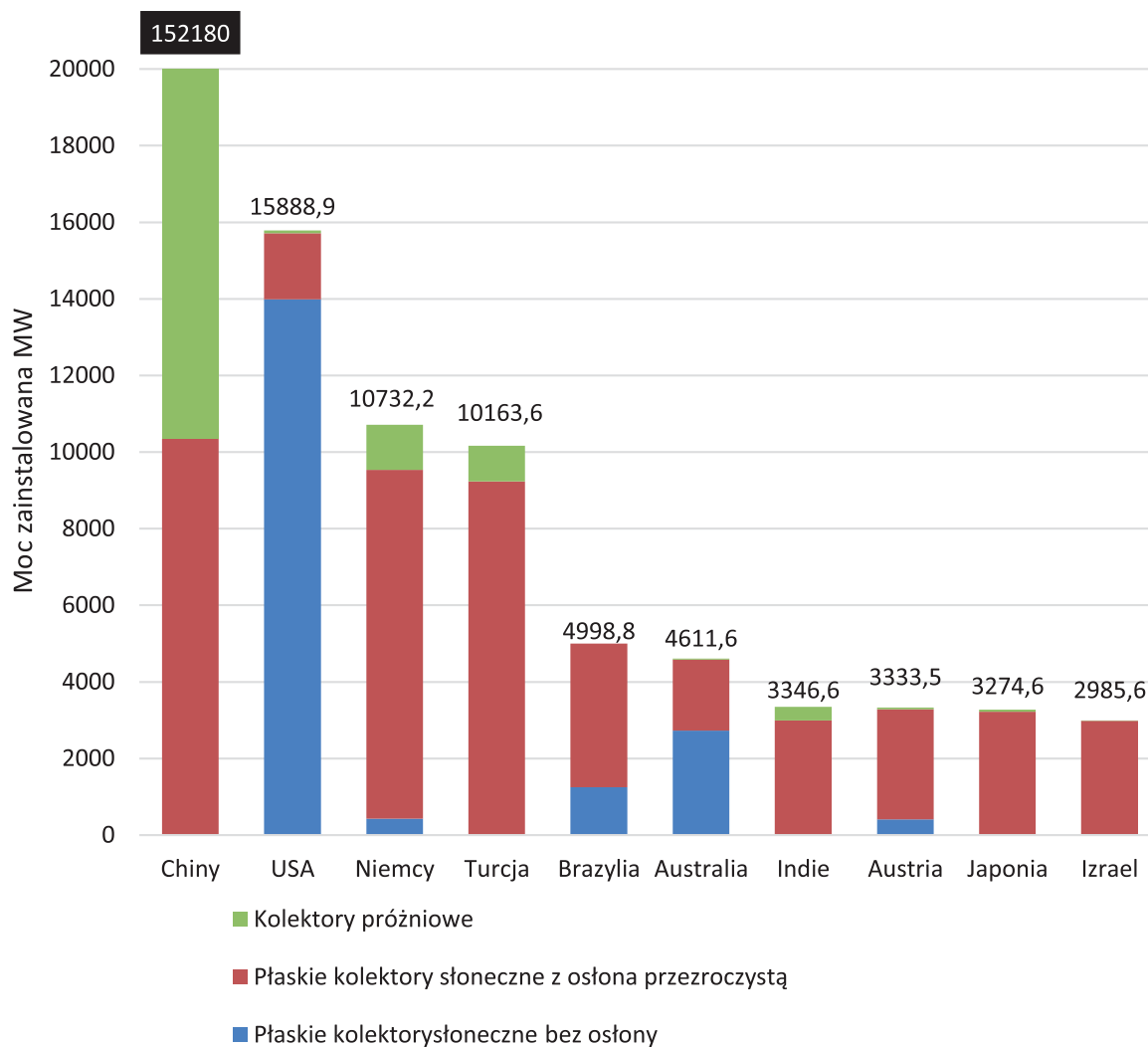
Rys. 3.8 Udział poszczególnej regionów w całkowitej mocy zainstalowanych kolektorów na koniec 2011[16].

Najbardziej popularne są kolektory płaskie 27,9% ($65,4 \text{ GW}_{th} \leftrightarrow 93,4 \text{ mil m}^2$) oraz próżniowe 62,3% ($146,1 \text{ GW}_{th} \leftrightarrow 208,8 \text{ mln m}^2$). Wraz z pojawianiem się nowych basenów kąpielowych w krajach o dużym nasłonecznieniu wzrasta zastosowanie i produkcja kolektorów bez osłony przezroczystej 27,9% ($21,5 \text{ GW}_{th} \leftrightarrow 30,7 \text{ mln m}^2$). Tendencja ta występuje w takich krajach jak: USA, Australia, Niemcy, Kanada, Austria i w krajach południowej Afryki. Na rysunku 3.9 przedstawiono wielkości procentowe ogólnej sprzedaży kolektorów słonecznych na świecie.



Rys. 3.9 Procentowy udział poszczególnych rodzajów kolektorów słonecznych na świecie w roku 2011[16].

Rysunek 3.10 wyraźnie pokazuje, jak różne rodzaje kolektorów są stosowane w krajach produkujących na świecie. Chiny jako światowy lider w łącznej mocy, skupia się w dużej mierze na kolektorach próżniowych, podczas gdy w Stanach Zjednoczonych znajduje się na drugiej pozycji ze względu na wysoką liczbę kolektorów słonecznych bez osłony. Tylko w Australii i do pewnego stopnia w Brazylii większą rolę odgrywają kolektory bez osłony. Reszta "10 krajów" jest wyraźnie skupiona na technologii płaskich kolektorów słonecznych z osłoną przezroczystą.



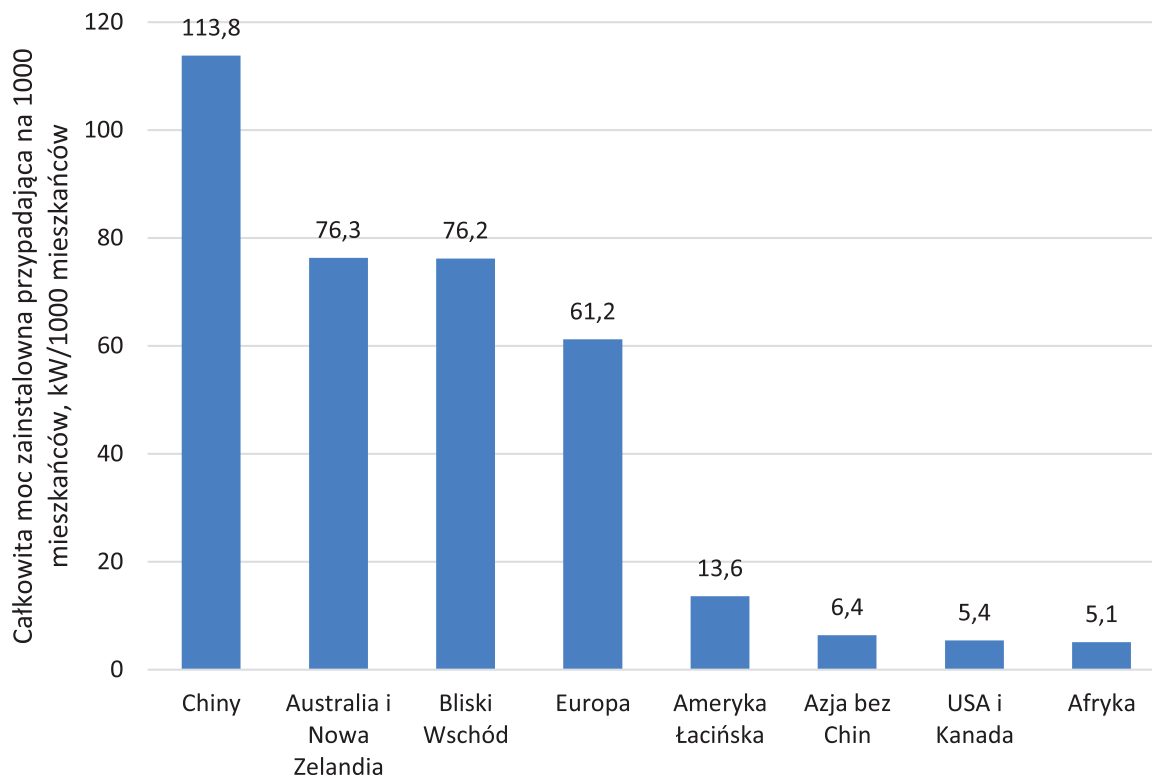
Rys. 3.10 Ogólna charakterystyka sprzedaży cieczowych kolektorów słonecznych w 10 krajach wiodących pod koniec 2011 roku [16].

Regionem świata o największym stosunku mocy zainstalowanych kolektorów słonecznych na 1000 mieszkańców są Chiny ($113,88 \text{ kW}_{th}/1000$ mieszkańców). Zbliżonymi wielkościami mogą się charakteryzować: Australia i Nowa Zelandia $76,7 \text{ kW}/1000$, Bliski Wschód z wynikiem $76,2 \text{ kW}/1000$ mieszkańców oraz Europa $61,2 \text{ kW}/1000$ mieszkańców. Pozostałe regiony świata charakteryzują się wartością tejże wielkości w przedziale $5,1 \div 13,6 \text{ kW}/1000$ mieszkańców rysunek 3.11.

Państwa o największym stosunku mocy na 1000 mieszkańców w roku 2011:

- Cypr pozostał liderem z 2008 r., stosunek słonecznego ogrzewania w przeliczeniu na koniec 2011 r. wynosi 542 kW_{th} na 1000 mieszkańców.
- Austria, która miała 406 kW_{th} na 1000 mieszkańców w 2011 roku, pozostała nadal liderem w Europie kontynentalnej.
- Izrael 400 kW_{th} na 1000 mieszkańców.

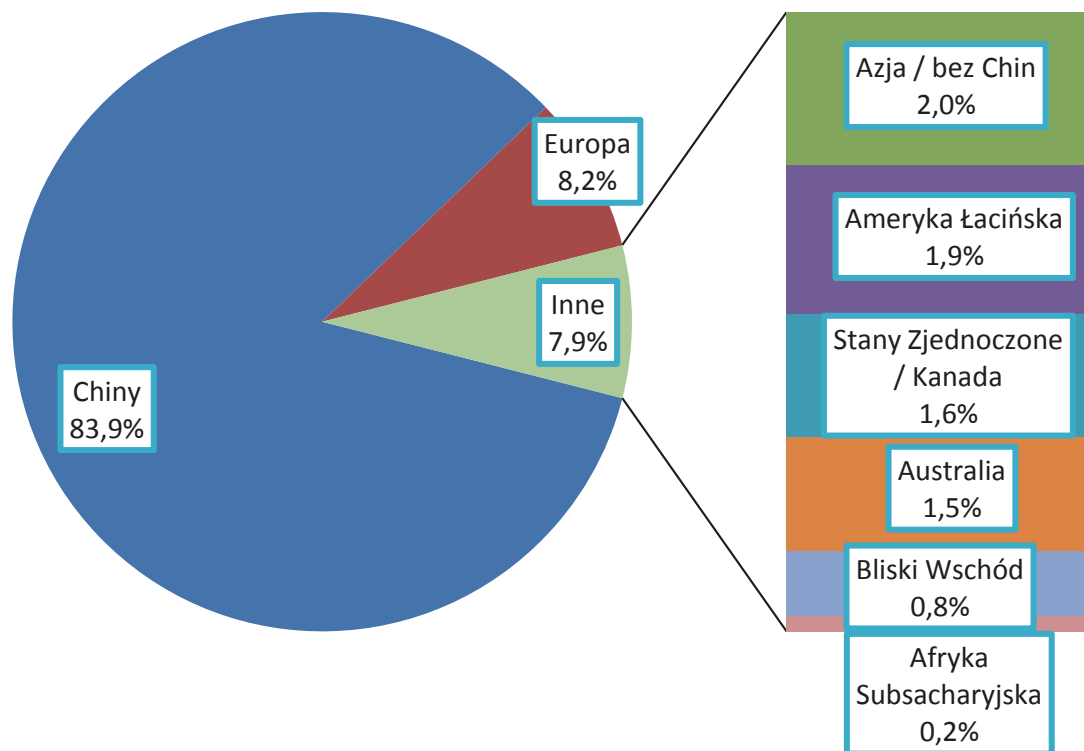
Pozostałymi wiodącymi krajami w skumulowanej wartości mocy kolektorów słonecznych w 2011 roku na 1000 mieszkańców są: Barbados $322 \text{ kW}_{th}/1000$, Grecja $268 \text{ kW}_{th}/1000$, Australia $212 \text{ kW}_{th}/1000$, Niemcy $131 \text{ kW}_{th}/1000$, Turcja $129 \text{ kW}_{th}/1000$, Chiny $114 \text{ kW}_{th}/1000$ oraz Jordania $114 \text{ kW}_{th}/1000$.



Rys. 3.11 Łączna ilość kolektorów mocy kolektorów słonecznych na 1000 mieszkańców [16], Azja bez Chin: Indie, Japonia, Korea Południowa, Tajwan, Tajlandia
 Ameryka Łacińska: Meksyk, Urugwaj, Barbados, Brazylia, Chile
 Europa: EU 27, Albania, Macedonia, Norwegia, Szwajcaria, Turcja
 Bliski Wschód: Izrael, Jordania, Liban, Maroko, Tunezja
 Afryka: Mozambik, Namibia, RPA, Zimbabwe

3.2.2 Nowe instalacje solarne na świecie

W roku 2011 zainstalowano $48,1 \text{ GW}_{th}$, co odpowiada 68,7 mln metrów kwadratowych kolektorów słonecznych, nowo zainstalowanych na całym świecie. Oznacza to wzrost liczby nowych instalacji kolektorów o 14,3% w porównaniu do roku 2010. Dla porównania, wzrost rynku w latach 2009/2010 wyniósł 13,9%, rysunek 3.12.



Rys. 3.12 Udział poszczególny regionów w nowo zainstalowanych mocy kolektorów na koniec 2009. [16]

Głównym promotorem wzrostu powyżej średniej rynkowej w 2009 roku były Chiny, podczas gdy na kluczowych rynkach europejskich, jak również w Stanach Zjednoczonych i innych ważnych regionów gospodarczych, takich jak w Japonii, sektor kolektorów ucierpiał z powodu kryzysu gospodarczego, w wyniku stagnacji lub zmniejszenie rynkach lokalnych.

Głównymi rynkami dla cieczowych płaskich kolektorów słonecznych na całym świecie były Chiny ($40,32 \text{ GW}_{th}$) i Europa ($3,93 \text{ GW}_{th}$), które łącznie stanowią 92,1% nowo instalowanych kolektorów w 2011 roku.

Reszta rynku jest podzielona pomiędzy kraje Azji bez Chin ($0,94 \text{ GW}_{th}$), Ameryką Łacińską reprezentowaną przez Barbados, Brazylię, Chile, Meksyk i Urugwaj ($0,92 \text{ GW}_{th}$), USA i Kanadą ($0,76 \text{ GW}_{th}$), Australią i Nową Zelandią ($0,70 \text{ GW}_{th}$), Bliskim Wschodzie reprezentowany przez Izrael, Tunezję i Jordanię ($0,22 \text{ GW}_{th}$), Afryki reprezentowana przez Mozambik, Namibie, RPA i Zimbabwe ($0,09 \text{ GW}_{th}$).

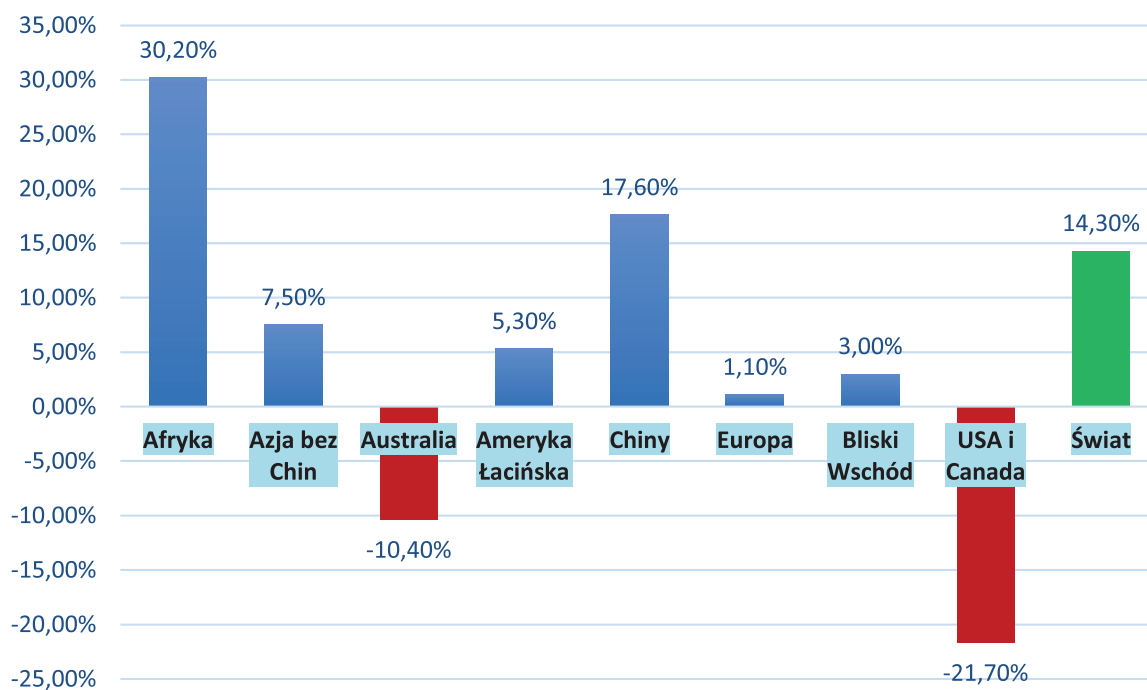
Głównym motorem napędowym wzrostu światowego rynku pozostają Chiny z dynamiką wynoszącą 17,6% w okresie 2010/2011. W porównaniu do poprzedniego okresu (2009/2010) tempo wzrostu nieco wzrosło o 0,9%, (rys. 3.13).

Pozostałe kraje azjatyckie omawiane w niniejszym rozdziale również odnotował dodatnie tempo wzrostu rynku o 7,5%, ale wysokie tempo wzrostu od 2009/2010 z 36,3% nie został osiągnięty. Sytuacja w Ameryce Łacińskiej cechuje się umiarkowanym tempem wzrostu, wynoszącym 5,3% w 2010/2011, jednakże nie dorównuje

ono wzrostowi w latach 2009/2010 wynoszącemu 20,0%. Podobnie jest w regionie Bliskiego Wschodu, gdzie tempo wzrostu wyniosło 3,0% w 2010/2011 oraz 23,4% w latach 2009/2010. Republika Południowej Afryki, największym i najbardziej dojrzałym rynkiem w Afryce subsaharyjskiej, odnotowano wzrost o 30,2%.

W europejskich znakach rynkowych pozytywnej zmiany trendu można zaobserwować po znacznym upadku poprzednich dwóch lat, duży niemiecki rynek w szczególności poprawiła się dynamika 10,4% w okresie 2010/2011. Podsumowując, całkowity rynek europejski wzrosła o 1,1%. Należy tu wspomnieć, że silny rynek w Turcji przyczyniły się znacząco do tego dodatniego wyniku.

Natomiast w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie, zanotowały największy spadek nowych instalacji, względem lat 2010/2011, spadek ten wynosi -21,7%. Kontrastem spadku w USA i Kanadzie jest jego wzrost w latach 2009/2010 który wyniósł 16,1%. W Australii, rynek nowych instalacji kolektorów słonecznych zmniejszył drugi raz z rzędu, -5,4% w latach 2009/2010 i -10,4% w okresie 2010/2011.



Rys. 3.13 Rozwój rynku nowo zainstalowanych mocy między 2010 i 2011 rokiem. [16]

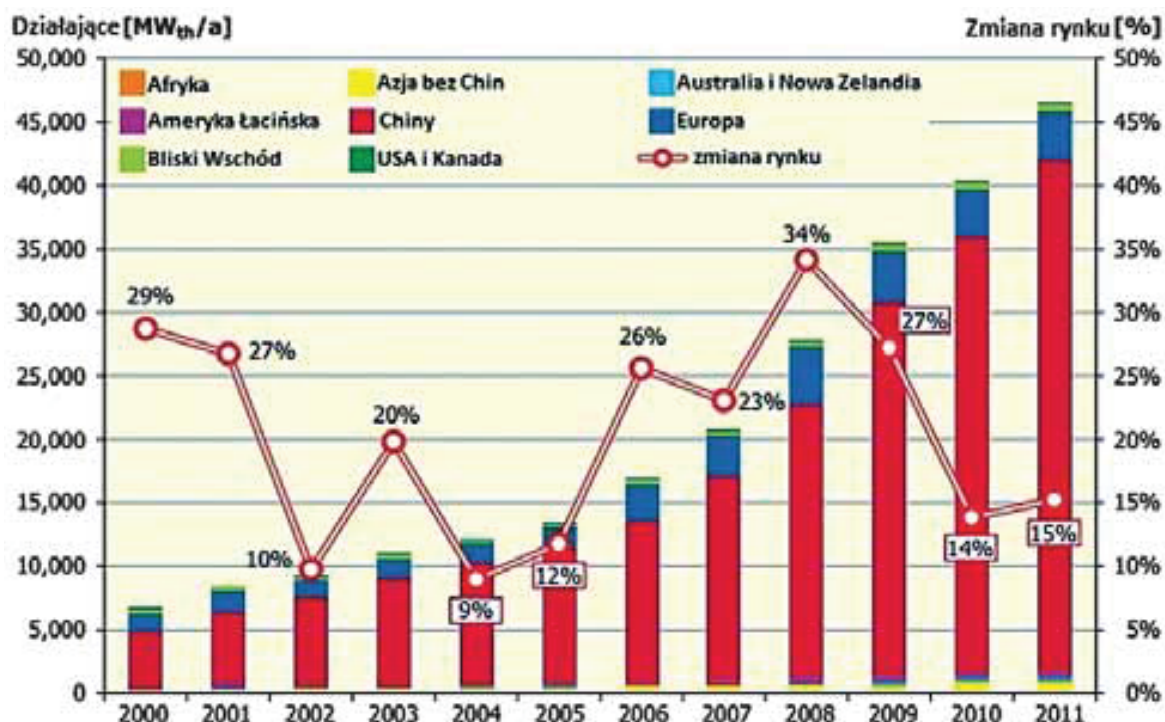
Azja bez Chin: Indie, Japonia, Korea Południowa, Tajwan, Tajlandia

Ameryka Łacińska: Meksyk, Urugwaj, Barbados, Brazylia, Chile

Europa: EU 27, Albania, Macedonia, Norwegia, Szwajcaria, Turcja

Bliski Wschód: Izrael, Jordania, Liban, Maroko, Tunezja

Afryka: Mozambik, Namibia, RPA, Zimbabwe



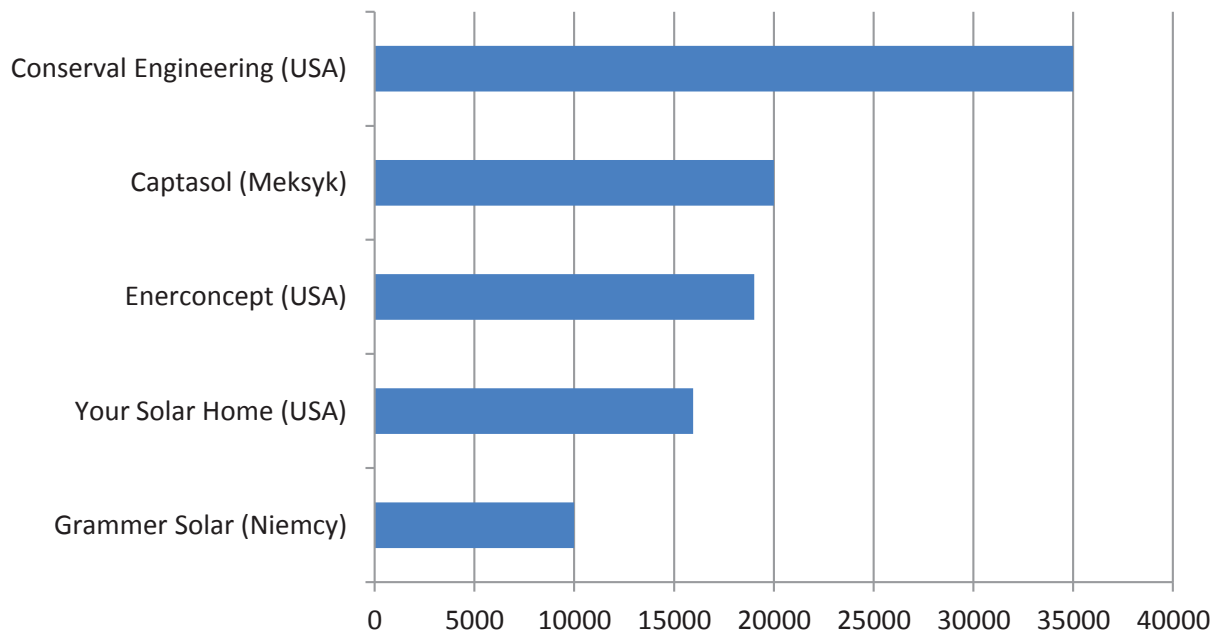
Rys. 3.14 Roczne nowe instalacje płaskich i próżniowych kolektorów słonecznych od roku 2000 do 2011. [16] Azja bez Chin: Indie, Japonia, Korea Południowa, Tajwan, Tajlandia Ameryka Łacińska: Meksyk, Urugwaj, Barbados, Brazylia, Chile Europa: EU 27, Albania, Macedonia, Norwegia, Szwajcaria, Turcja Bliski Wschód: Izrael, Jordania, Liban, Maroko, Tunezja Afryka: Mozambik, Namibia, RPA, Zimbabwe

Na całym świecie rozwój rynku oszklonych kolektorów słonecznych (cieczowych) charakteryzuje się stałym wzrostem w ciągu ostatnich 11 lat. W okresie lat 2000 i 2011 średnie tempo wzrostu na świecie wynosiło 20%. Nowe instalacje w roku 2011 w porównaniu do takowych w 2000 są 7-krotnie większe, a w porównaniu roku 2011 do roku 2010 światowy rynek wzrósł o 15,4%. Dynamika utrzymała się na stabilnym poziomie w porównaniu do okres 2009/2010, po spadku w dwóch poprzednich latach (rys. 3.14).

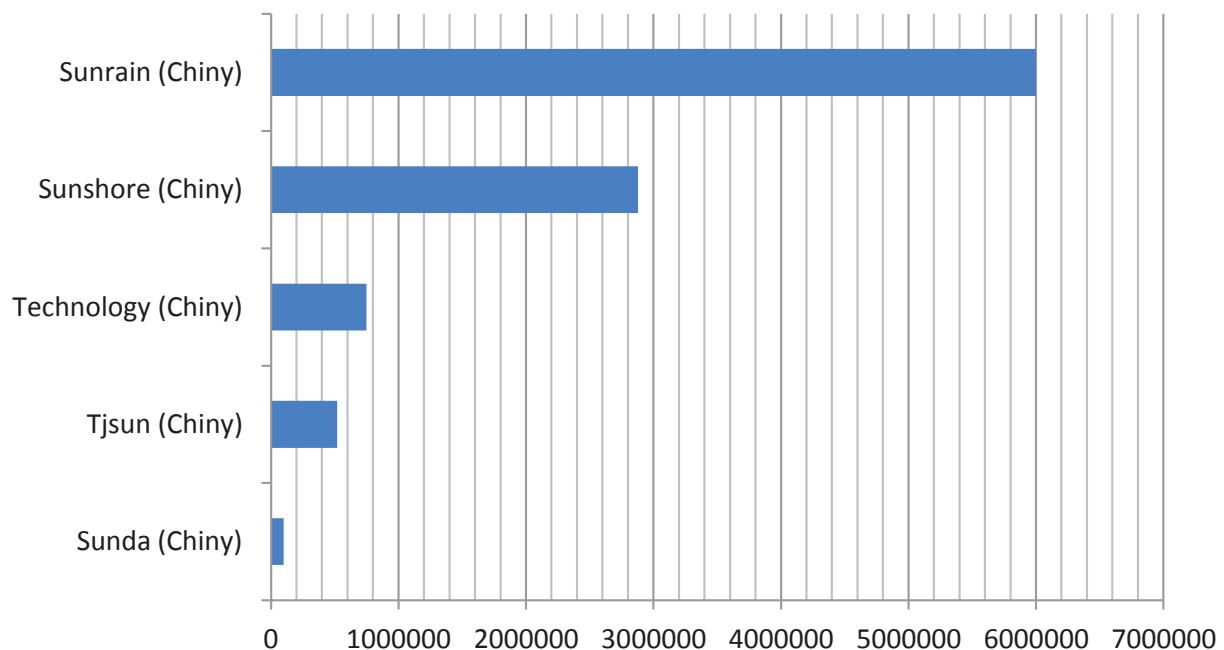
W Chinach rynek charakteryzuje się stałym wzrostem, podczas gdy w Europie, drugim co do wielkości regionu gospodarczego, rynek charakteryzuje się dużymi wahaniami. Po spadku między 2008 roku a 2010 roku rynek ustabilizował się w 2011 (rys. 3.14).

Na całym świecie rozwój rynku oszklonych kolektorów słonecznych (cieczowych) charakteryzuje się stałym wzrostem w ciągu ostatnich 11 lat. W okresie lat 2000 i 2011 średnie tempo wzrostu na świecie wynosiło 20%. Nowe instalacje w roku 2011 w porównaniu do takowych w 2000 są 7-krotnie większe, a w porównaniu roku 2011 do roku 2010 światowy rynek wzrósł o 15,4%. Dynamika utrzymała się na stabilnym poziomie w porównaniu do okres 2009/2010, po spadku w dwóch poprzednich latach (rys. 3.14).

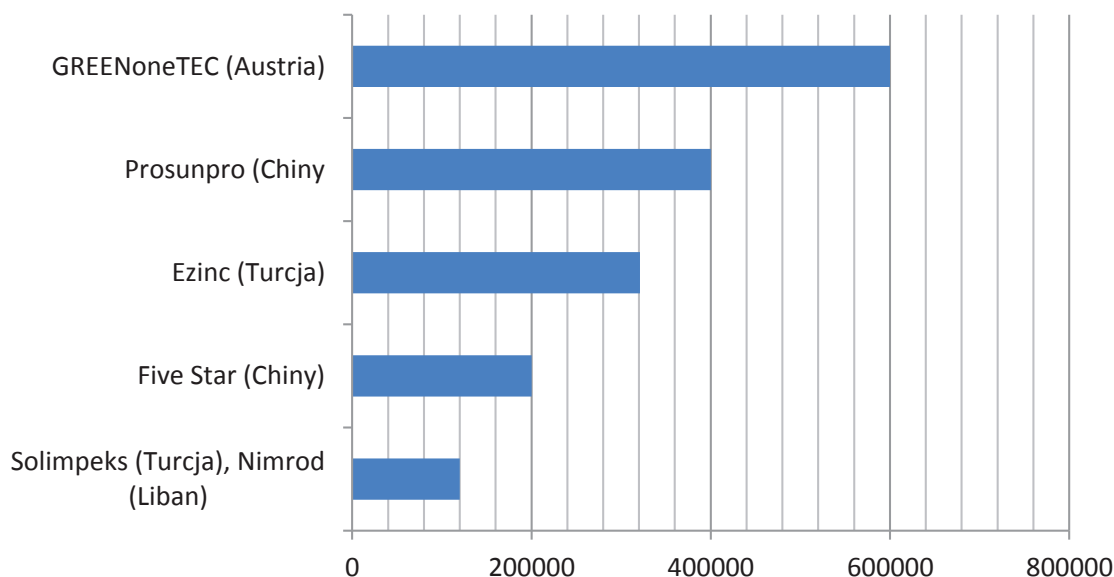
W Chinach rynek charakteryzuje się stałym wzrostem, podczas gdy w Europie, drugim co do wielkości regionu gospodarczego, rynek charakteryzuje się dużymi wahaniami. Po spadku między 2008 roku a 2010 roku rynek ustabilizował się w 2011 (rys. 3.14).



Rys. 3.15 Najwięksi producenci powietrznych kolektorów na świecie pod względem wyprodukowanej powierzchni kolektorów [REN 21 – “Renewables 2012- Global Status Report”, Francja 2012, dostępny pod:<http://ren21.net/>]



Rys. 3.16 Najwięksi producenci próżniowych kolektorów na świecie pod względem wyprodukowanej powierzchni kolektorów [REN 21 – “Renewables 2012- Global Status Report”, Francja 2012, dostępny pod:<http://ren21.net/>]



Rys. 3.17 Najwięksi producenci płaskich kolektorów na świecie pod względem wyprodukowanej powierzchni kolektorów [REN 21 – “Renewables 2012- Global Status Report”, Francja 2012, dostępny pod:<http://ren21.net/>]

Rok 2011 był trudny dla producentów i dystrybutorów instalacji słonecznych ze względu na sytuację gospodarczą w północnych krajach śródziemnomorskich oraz ogólnej negatywnej perspektywy reprezentowanej przez wiele europejskich krajów. Przemysł boleśnie odczuł zastój w produkcji kolektorów po bardzo dobrej sprzedaży w latach 2008-2009. W 2011 roku, co najmniej osiem spółek upadło lub zostało wykupione, w tym hiszpański Isofoton. Chiny zdominowały globalny przemysł instalacji słonecznych przez kilka lat. Największe firmy Linuo New Materials, Sangle, Micoe, Himin i Sunrain Group zaczynają współpracować z ze sobą aby dominować na globalnym rynku. Chociaż większość chińskiej produkcji trafia na lokalny rynek, eksport do krajów rozwijających się w Afryce i Ameryce Łacińskiej i Południowej ciągle rośnie. Chińskie produkty zaczęły również trafiać do europejskich odbiorców. Najwięksi producenci płaskich kolektorów na rynku europejskim to GreenOne-Tec (Austria), Bosch Thermotechnik (Niemcy), Ezinc (Turcja), Viessmann (Niemcy). Przedsiębiorstwa z siedzibą w Niemczech stanowią prawie połowę najlepszych producentów płaskich kolektorów w 2007 roku, ale obecnie stanowią tylko jedną trzecią. Większość firm oferujących płaskie i próżniowe kolektory słoneczne swoją produkcję ulokowały w Chinach i Indiach. W Europie, przemysł charakteryzują fuzje i przejęcia wśród czołowych graczy w celu zwiększenia ilości sprzedanych kolektorów na rynkach Brazylii, Indii i Turcji. Sektor solarny w Brazylii rósł średnio o 18% w ciągu ostatnich pięciu lat, po czym w 2011 roku tempo wzrostu spada do 6,5% w odpowiedzi na zmiany w polityce oraz obawom towarzyszącym kryzysowi gospodarczemu. W Afryce nastąpił duży wzrost liczby producentów w ciągu ostatnich lat, po czym podobnie jak w 2011 roku w Brazylii, największy producent Solardome zamknął swój zakład w Stellenbosch, z powodu silnej konkurencji tańszych produktów chińskich. W sektorze „słonecznego chłodzenia” tylko kilka firm, które wiele lat są na rynku inwestują w nowe rozwiązania. Są to m.in. Solarnext (Niemcy) o S.O.L.I.D. (Austria). Nowymi graczami na rynku są Steibel Eltron (Niemcy) oraz japońskie Hitachi.

...Publikacja stanowi ważny i cenny element, możliwej do zrealizowania strategii samowystarczalności energetycznej kraju i opartym na niej rozwojem społeczno-gospodarczym.

Realizacja tej strategii jest ze wszech miar zasadna i celowa zwłaszcza w Polsce, poprzez syntezę potencjału nośników energii (a w tym szczególnie bogatych jej odnawialnych zasobów) i potencjału przedsiębiorczości opartej na wiedzy...

...Monografia wnosi oryginalny i istotny wkład, do rozwoju wiedzy o stosowaniu kolektorów słonecznych. Zawiera bowiem zarówno aspekty naukowe, poznawcze i dydaktyczne – jak również zagadnienia techniczne, proekologiczne i ekonomiczne wiążące się z utylitarnymi aplikacjami projektowania oraz szeroko pojętej budowy i eksploatacji systemów kolektorów słonecznych z wykorzystaniem e-platformy RETScreen[®] International (USA, Kanada) oraz oprogramowania POLYSUN[®] (Szwajcaria)...

...Książka o charakterze podręcznika i metodycznego przewodnika dla wykładowców akademickich i studentów, może również stanowić cenną pomoc dla specjalistów – praktyków i winna być dedykowana wszystkim Osobom cechującym się troską o dobro Rzeczypospolitej, zwłaszcza zajmujących się planowaniem Jej rozwoju...

Płk dr hab. inż. Mieczysław Struś

Instytut Inżynierii Lotniczej, Procesowej i Maszyn Energetycznych
Wydział Mechaniczno-Energetyczny
Politechnika Wrocławska

ISBN 978-83-63318-02-4



9 788363 318024

Seria wydawnicza

**PROBLEMY INŻYNIERII MECHANICZNEJ,
EKOENERGETYKI I INŻYNIERII ŚRODOWISKA[®]**