

EWA KLUGMANN-RADZIEMSKA

ODNAWIALNE  
ŹRÓDŁA ENERGII  
PRZYKŁADY OBLICZENIOWE

GDAŃSK 2021

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO  
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

*Dariusz Mikielewicz*

RECENZENT

*Henryk Sodolski*

PROJEKT OKŁADKI

*Katarzyna Olszonowicz*

Wydanie VI – 2015

Wydano za zgodą  
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem  
<https://www.sklep.pg.edu.pl>

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie  
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy.

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2021

ISBN 978-83-7348-618-8

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

---

Dodruk VI wyd. Ark. wyd. 4,4, ark. druku 6,25, 1239/1139

Druk i oprawa: Volumina.pl Daniel Krzanowski  
ul. Księcia Witolda 7-9, 71-063 Szczecin, tel. 91 812 09 08

---

# Spis treści

---

Wstęp .....	5
1. Podstawowe pojęcia i jednostki energii oraz ich równoważniki .....	7
2. Odnawialne źródła energii .....	10
2.1. Energia wód .....	10
2.2. Energia wiatru .....	12
2.3. Wykorzystanie energii słonecznej .....	21
2.3.1. Kolektory słoneczne (kolektory ciepła) .....	25
2.3.2. Ogniwa fotowoltaiczne .....	40
2.3.3. Pompy ciepła .....	47
2.3.4. Wykorzystanie biomasy na cele energetyczne .....	50
2.3.5. Biogaz .....	53
3. Kotły gazowe .....	56
4. Obliczanie zapotrzebowania na ciepło dla budynku .....	59
5. Przykłady obliczeniowe .....	69
5.1. Obliczanie zapotrzebowania na ciepło dla budynku .....	69
5.2. Przykładowe obliczenia instalacji z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii .....	78
5.2.1. Przykłady obliczeniowe dotyczące promieniowania słonecznego .....	78
5.2.2. Obliczanie instalacji kolektorów słonecznych .....	79
5.2.3. Przykładowe obliczenia dla ogniw i modułów ogniw fotowoltaicznych oraz instalacji PV .....	82
5.2.4. Obliczenia dla silników wiatrowych .....	89
5.2.5. Pompy ciepła – obliczenia .....	90
5.3. Kotły gazowe – obliczenia .....	91
6. Zadania .....	94
7. Dodatek .....	97
Literatura .....	99



---

# Wstęp

---

Negatywnym skutkiem eksploatacji źródeł kopalnych jest gwałtowny wzrost koncentracji zanieczyszczeń w atmosferze ziemskiej oraz zmiany globalne klimatu, przedstawione w postaci wyników badań, analiz oraz dyskusji i ujęte w ramach ONZ-owskiej konwencji zmian klimatycznych, podpisanej w 1997 r. jako protokół z Kyoto. Najbardziej szkodliwe są tlenki siarki oraz azotu, dwutlenek węgla, węglowodory oraz pyły z elektrowni ciepłych, transportu i przemysłu. Aby ograniczyć zanieczyszczenie atmosfery, należy w produkcji energii elektrycznej i ciepła uwzględnić w znacznie większym stopniu, niż to ma miejsce obecnie, przyjazne dla naturalnego środowiska nośniki w systemach grzewczych i zasilających budynki, oparte na odnawialnych źródłach energii.

Udział odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym świata wynosi około 18%; wielkość ta wynika zarówno z rozwoju nowych technologii, wykorzystujących odnawialne źródła energii, jak również z faktu, że część ludności świata nie ma dostępu do konwencjonalnych źródeł energii. W najbliższych latach należy się spodziewać dalszego rozwoju odnawialnych źródeł energii.

Dla zaktywizowania rozwoju i wykorzystania źródeł odnawialnej energii do produkcji energii elektrycznej w Polsce, Rozporządzenie Ministra Gospodarki [35] nakłada na przedsiębiorstwa energetyczne obowiązek zakupu tej energii w określonych proporcjach od 2,4% do 7,5% udziału w wielkości rocznej sprzedaży energii elektrycznej odpowiednio w latach od 2001 do 2010. Poprzez ten zapis ustawodawca założył rozwój konkurencji w źródłach energii odnawialnej, zwłaszcza energii z elektrowni wiatrowych, wodnych (bez szczytowych), biomasy i biogazu oraz słonecznych. Biorąc pod uwagę analizę potencjalnych możliwości, leżących w zasobach tych poszczególnych rodzajów energii odnawialnej, należy wziąć pod uwagę zwłaszcza energię wodną, biogazu oraz energię wiatru. Jednocześnie § 4 pkt 1 ww. Rozporządzenia nakazuje uwzględnić w kalkulacji cen opłat w taryfie koszty energii ze źródeł niekonwencjonalnych w taki sposób, aby każda jednostka energii elektrycznej sprzedanej była obciążona obowiązkowymi kosztami zakupu energii ze źródeł odnawialnych. Zapis ten sugeruje, iż energia z tych źródeł będzie raczej droższa i koszty jej zakupu będą rozłożone równomiernie na wszystkich odbiorców.

Do podstawowych rodzajów energii ze źródeł niekonwencjonalnych zalicza się: energię wiatru, promieniowania słonecznego, wód, geotermiczną, jądrową i termojądrową, energię biomasy, biogazu i wodoru. Nie każdy z tych rodzajów energii jest praktycznie możliwy do wykorzystania w warunkach klimatycznych Polski, dlatego omówione zostały te energie odnawialne, które już obecnie są w naszym kraju wykorzystywane.

Poza energią odnawialną jako przyjazne środowisku, a jednocześnie powszechnie stosowane, uznaje się nowoczesne kotły oraz elektrownie gazowe, dlatego również znalazły one miejsce wśród proponowanych rozwiązań.

Problemy energetyczne są ściśle związane z wieloma zagadnieniami i występują zarówno w przemyśle, jak i życiu codziennym. Kształcenie studentów w dziedzinie bezpiecz-

nych dla środowiska naturalnego źródeł energii jest obecnie koniecznością. Tematyka pozyskiwania energii wchodzi w skład programów nauczania na większości wydziałów Politechniki Gdańskiej.

Niniejszy skrypt przeznaczony jest dla studentów Wydziału Chemicznego oraz Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej (specjalność: Fizyka i Technika Konwersji Energii), uczestniczących w zajęciach laboratoryjnych i ćwiczeniach rachunkowych w ramach przedmiotów związanych z zastosowaniem proekologicznych i niekonwencjonalnych źródeł energii.

Przykłady obliczeniowe pozwalają na lepsze zrozumienie zjawisk, poznanie praktycznych uwarunkowań i zapoznanie się z zasadami doboru odpowiednich urządzeń.

W pierwszej części skryptu przedstawiono informacje wprowadzające w zagadnienia praktyczne dotyczące wykorzystania energii wodnej, energii wiatru, Słońca (kolektory słoneczne i ogniwa fotowoltaiczne), pomp ciepła i kotłów gazowych.

Przykłady obliczeniowe, będące treścią drugiej części skryptu, w uproszczony sposób przedstawiają zasady doboru urządzeń w konkretnych zastosowaniach praktycznych. Ze względu na ograniczoną liczbę godzin, przeznaczonych w ramach studiów dziennych na realizację tej tematyki, wspomniane uproszczenia są konieczne. Ujęcie takie pozwoli jednak zapoznać się z podstawami projektowania i doboru odpowiednich urządzeń i rozwiązań energooszczędnych.

Skrypt może stanowić pomoc także dla studentów wykonujących prace przejściowe i dyplomowe w tematyce zastosowania źródeł energii, przyjaznych środowisku naturalnemu. Pozycja ta może także być przydatna dla wszystkich osób, które są zainteresowane stosowaniem źródeł energii przyjaznych środowisku lub pragną zrealizować tego rodzaju inwestycję w swoim domu.