

EWA KLUGMANN-RADZIEMSKA

ODNAWIALNE
ŹRÓDŁA ENERGII
PRZYKŁADY OBLICZENIOWE

GDAŃSK 2023

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 jakiegokolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy.

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2023

ISBN 978-83-7348-618-8

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Dodruk VI wyd. Ark. wyd. 4,4, ark. druku 6,25, 1291/1233

Druk i oprawa: Volumina.pl sp. z o.o.

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.