

SPIS TREŚCI
do książki pt. „Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii.
Poradnik”

Praca zbiorowa

1. WSTĘP – S. Gumuła

Wprowadzenie oraz podział odnawialnych i niekonwencjonalnych źródeł energii	23
Odnawialne źródła energii	24
Niekonwencjonalne źródła energii	25

2. ENERGIA SŁONECZNA JAKO ŹRÓDŁO ENERGII NA ZIEMI –

K. Pytel

2.1. Potencjał energii promieniowania słonecznego	29
2.1.1. Słońce jako źródło energii na Ziemi	29
2.1.2. Warunki klimatyczne warunkujące wykorzystanie energii promieniowania słonecznego	32
2.2. Systemy wykorzystujące energię promieniowania słonecznego	34
2.2.1. Aktywne systemy pozyskiwania energii słonecznej	36
2.2.2. Ewolucja budowy i wykorzystania energii promieniowania słonecznego ...	38
2.2.3. Konstrukcja i zastosowania kolektora słonecznego	39
2.2.3.1. Kolektor cieczowy	40
2.2.3.2. Kolektor płaski	40
2.2.3.2.1. Budowa kolektora płaskiego	41
2.2.3.3. Kolektor skupiający	43
2.2.3.4. Kolektor próżniowy	44
2.2.3.4.1. Budowa kolektora próżniowego	44
2.2.3.5. Kolektor magazynujący	45
2.2.3.6. Kolektor powietrzny	46
2.2.3.7. Staw słoneczny	47
2.2.4. Pasywne systemy słoneczne	48
2.2.4.1. Typowe rozwiązania architektoniczne pasywnych systemów słonecznych ...	49
2.2.4.1.1. System zysków bezpośrednich	49
2.2.4.1.2. System zysków pośrednich	51
2.2.4.1.3. System zysków kompilowanych	54
2.2.4.2. Dom pasywny	55
2.3. Zasady projektowania instalacji słonecznych	56
2.3.1. Bilans cieplny kolektora	56

2.3.2. Lokalizacja kolektora	57
2.3.3. Kosztorys produkcji energii ze słońca	58
2.3.4. Projekt instalacji słonecznej	59
2.3.4.1. Założenia wstępne projektu instalacji	60
2.3.4.2. Określenie wymaganej powierzchni kolektorów	61
2.3.4.3. Projekty układu hybrydowego opartego o kolektory słoneczne	62
2.3.4.3.1. Projekt 1 układu hybrydowego opartego o kolektory słoneczne	63
2.3.4.3.2. Projekt 2 układu hybrydowego opartego o kolektory słoneczne	64
2.3.4.3.3. Projekt 3 układu hybrydowego opartego o kolektory słoneczne	64
2.3.4.3.4. Wady układu hybrydowego opartego o kolektory słoneczne	65
2.3.4.3.5. Aspekt ekonomiczny – instalacja centralna	66
2.3.4.3.6. Aspekt ekonomiczny – instalacja skojarzona	67
2.3.5. Przegląd dostępnych na rynku gotowych instalacji słonecznych	68
2.3.5.1. Konstrukcja z zasobnikiem jednowymiennikowym	68
2.3.5.2. Konstrukcja z podgrzewaczem dwuwymiennikowym	69
2.3.5.3. Konstrukcja z dwoma zasobnikami podłączonymi osobno do kolektorów i do pieca c.o.	75
2.3.5.4. Konstrukcja instalacji solarnej do podgrzewania wody w basenie	75
2.4. Magazynowanie energii z instalacji słonecznych	78
2.5. Możliwości rozwoju instalacji słonecznych	79
2.6. Podsumowanie	80
Literatura do rozdziału 2	83
3. FOTOWOLTAIKA – J. Chojnacki	
3.1. Wstęp	89
3.2. Promieniowanie słoneczne	89
3.2.1. Stała słoneczna a bilans energetyczny promieniowania na powierzchni Ziemi	90
3.2.2. Masa optyczna atmosfery oraz modyfikacja widma słonecznego przy przejściu przez atmosferę	93
3.2.3. Masa optyczna atmosfery	93
3.2.4. Rozkład widmowy promieniowania słonecznego	94
3.2.5. Promieniowanie słoneczne na powierzchni Ziemi	95

3.3. Fizyczne podstawy działania ogniw słonecznych	96
3.3.1. Wprowadzenie	96
3.3.2. Złącze p-n	99
3.3.3. Charakterystyka prądowo-napięciowa fotoogniwa	102
3.3.4. Model ogniwa słonecznego	105
3.4. Własności ogniw fotowoltaicznych	108
3.4.1. Połączenia ogniw fotowoltaicznych i ich właściwości	109
3.4.2. Wpływ warunków eksploatacji na właściwości ogniw słonecznych	110
3.4.3. Wpływ natężenia promieniowania słonecznego	110
3.4.4. Wpływ temperatury	111
3.5. Technologie wytwarzania ogniw fotowoltaicznych	112
3.5.1. Ogniwa z krzemu monolitycznego	112
3.5.2. Ogniwa polikrystaliczne	113
3.5.3. Ogniwa z krzemu amorficznego	113
3.5.4. Ogniwa cienkowarstwowe	114
3.6. Struktury systemów fotowoltaicznych	115
3.6.1. Systemy autonomiczne albo wydzielone	117
3.6.1.1. <i>Systemy sprzężone bezpośrednio</i>	117
3.6.1.2. <i>Systemy fotowoltaiczne z magazynem energii</i>	119
3.6.1.3. <i>Systemy autonomiczne z magazynem energii i regulatorem ładowania</i>	120
3.6.1.4. <i>Systemy dołączone do sieci energetycznej</i>	125
3.6.1.4.1. <i>Konfiguracja wysokonapięciowa</i>	127
3.6.1.4.2. <i>Konfiguracja strunowa</i>	128
3.6.2. Magazynowanie energii w systemach fotowoltaicznych	129
3.6.3. Kontrolery ładowania akumulatorów	134
3.6.4. Falowniki	136
3.6.5. Adaptery impedancji	137
3.7. Klasyfikacja systemów fotowoltaicznych ze względu na śledzenie Słońca	137
3.7.1. Instalacje stacjonarne	138
3.7.2. Instalacje nadążne	139
3.8. Szacowanie energii i kierunku promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni dowolnie usytuowanej	139

3.9. Nadążne systemy fotowoltaiczne	143
3.9.1. Klasyfikacja konstrukcji nośnych ze względu na sposób mocowania baterii słonecznych	143
3.9.2. Metody sterowania systemami nadążnymi	145
3.9.2.1. <i>Sterowanie w układzie otwartym</i>	145
3.9.2.2. <i>Sterowanie w układzie zamkniętym</i>	145
3.9.2.3. <i>Układ hybrydowy</i>	145
3.10. Projektowanie instalacji fotowoltaicznych	146
3.10.1. Wymiarowanie i symulacja pracy autonomicznego systemu fotowoltaicznego	146
3.10.2. Przybliżona metoda projektowania autonomicznych systemów fotowoltaicznych z magazynem energii	155
3.11. Fotowoltaiczna stacja doświadczalna	160
Literatura do rozdziału 3	164

4. ENERGIA GEOTERMALNA

4.1. Wody geotermalne – P. Długosz	167
4.1.1. Występowanie wód termalnych w skorupie ziemskiej	167
4.1.1.1. <i>Geologiczne warunki występowania wód termalnych</i>	167
4.1.1.2. <i>Klasyfikacja wód termalnych</i>	169
4.1.1.3. <i>Lokalizacja obszarów geotermalnych na świecie</i>	169
4.1.1.4. <i>Występowanie rejonów z wodami termalnymi w Polsce</i>	170
4.1.2. Hydrogeologiczne i termiczne właściwości skal	173
4.1.2.1. <i>Ścisłość skal</i>	174
4.1.2.2. <i>Pojemność cieplna</i>	174
4.1.2.3. <i>Przewodność cieplna</i>	175
4.1.2.4. <i>Wymiana ciepła w złożach</i>	175
4.1.3. Własności fizyczne oraz skład chemiczny wód termalnych	176
4.1.3.1. <i>Własności fizyczne wód termalnych</i>	176
4.1.3.1.1. <i>Gęstość</i>	177
4.1.3.1.2. <i>Lepkość</i>	177
4.1.3.1.3. <i>Ścisłość</i>	178
4.1.3.2. <i>Występowanie gazów w wodach termalnych</i>	179
4.1.3.3. <i>Skład chemiczny wód termalnych</i>	180
4.1.4. Zasady projektowania i wykonywania otworów geotermalnych	182
4.1.4.1. <i>Konstrukcja otworów geotermalnych</i>	182

4.1.4.2. Testy i pomiary wykonywane w otworach	184
4.1.5. Metody interpretacji testów pomiarowych dla oceny parametrów zbiorników wód termalnych	186
4.1.5.1. Modele interpretacyjne w badaniach hydrogeologicznych	186
4.1.5.1.1. Model złoża jednorodnego	186
4.1.5.1.2. Model złoża o podwójnej porowatości	187
4.1.5.1.3. Model złoża o podwójnej przepuszczalności	187
4.1.5.1.4. Charakterystyka dopływu wody do otworu	187
4.1.5.2. Matematyczne podstawy interpretacji testów	189
4.1.5.2.1. Równania izotermicznego przepływu cieczy	189
4.1.5.2.2. Straty hydrauliczne – skin efekt	191
4.1.5.2.3. Pojemność magazynowa otworu	193
4.1.5.3. Wpływ niejednorodności złoża na dopływ do otworu	194
4.1.5.4. Diagnostyka modelu złożowego	194
4.1.5.5. Metodyka interpretacji testów hydrodynamicznych	197
4.1.5.5.1. Jednostopniowy test spadku/odbudowy ciśnienia	197
4.1.5.5.2. Analiza testu w oparciu o wykresy charakterystyczne	198
4.1.5.5.3. Analiza testu z użyciem krzywych wzorcowych	198
4.1.5.5.4. Testy interferencyjno-pulsacyjne	199
4.1.5.6. Zasoby wód termalnych i energii geotermalnej	202
4.1.5.7. Zasoby energetyczne systemów geotermalnych	203
4.1.5.8. Obliczenia czasu przebiega frontu chłodnego	204
4.1.5.9. Modele matematyczne stosowane w określaniu zasobów wód termalnych	205
4.1.6. Żywotność inwestycji geotermalnych	207
4.1.6.1. Czas życia złoża geotermalnego	207
4.1.6.2. Żywotność otworów geotermalnych	208
4.1.7. Ekonomiczne aspekty wykorzystania energii geotermalnej oraz opis systemów ciepłowniczych wykorzystujących energię geotermalną na przykładzie Zakopanego i Stargardu Szczecińskiego	209
4.1.7.1. Geotermia Podhalańska	209
4.1.7.2. Geotermia Stargard	213
4.1.8. Specyfika systemów ciepłowniczych wykorzystujących energię geotermalną	215
Literatura do rozdziału 4.1	218
4.2. Pompy ciepła – A. Buczek, T. Telejko	221
4.2.1. Wprowadzenie	221
4.2.2. Podstawy teoretyczne	221
4.2.3. Zasada działania sprężarkowej pompy ciepła	225

4.2.4. Zasada działania absorpcyjnej pompy ciepła	227
4.2.5. Dolne źródła ciepła	229
4.2.5.1. Powietrze atmosferyczne	230
4.2.5.2. Woda	231
4.2.5.3. Grunt	233
4.2.5.4. Energia promieniowania słonecznego	236
4.2.5.5. Sztuczne źródła ciepła	237
4.2.6. Czynniki robocze	237
4.2.7. Klasyfikacja pomp ciepła w aspekcie rodzaju nośników ciepła	239
4.2.8. Elementy konstrukcyjne sprężarkowych pomp ciepła	239
4.2.9. Sposoby współpracy pomp ciepła z układami odbierającymi ciepło	241
4.2.9.1. Układy monowalentne	242
4.2.9.2. Układy biwalentne	244
4.2.10. Zasady doboru mocy cieplnej pompy ciepła	249
4.2.11. Koszty zastosowania pompy ciepła	252
Literatura do rozdziału 4.2	255

5. ENERGIA WÓD POWIERZCHNIOWYCH – *A.Bojarski, T. Gadomski*

5.1. Wprowadzenie	259
5.2. Ogólna charakterystyka wykorzystania energii wodnej	259
5.2.1. Moc i energia wodna	259
5.2.2. Spad	260
5.2.3. Przepływy	261
5.2.4. Sprawność elektrowni wodnej	262
5.2.5. Kataster energii wodnej	263
5.2.6. Obliczenia hydroenergetyczne	263
5.2.7. Praca elektrowni wodnych w systemie elektroenergetycznym	264
5.3. Podział elektrowni wodnych	266
5.3.1. Kryteria podziału	266
5.3.2. Elektrownie przepływowe	266
5.3.2.1. Charakterystyka elektrowni	266
5.3.2.2. Zasady obliczeń hydroenergetycznych	269
5.3.3. Elektrownie przyzbiornikowe	271
5.3.4. Elektrownie przyzbiornikowe z dopompowaniem	273
5.3.5. Elektrownie pompowe	274

5.4. Konstrukcje budowlane elektrowni wodnych	275
5.4.1. Czynniki decydujące o rozwiązaniach konstrukcji elektrowni wodnej	275
5.4.2. Elektrownie o niskim spadzie	276
5.4.2.1. <i>Charakterystyka ogólna</i>	276
5.4.2.2. <i>Usytuowanie elektrowni</i>	280
5.4.2.3. <i>Ujęcia wody</i>	281
5.4.2.4. <i>Doprowadzenie wody do elektrowni</i>	282
5.4.3. Elektrownie wodne o średnim i wysokim spadzie	283
5.4.4. Przeplawki dla ryb	289
5.4.4.1. <i>Lokalizacja urządzeń służących do migracji ryb i wykorzystywanie wabiącego prądu wody</i>	289
5.4.4.2. <i>Ochrona ryb przed turbinami elektrowni wodnych</i>	291
5.4.4.3. <i>Ocena funkcjonowania urządzeń służących do migracji ryb</i>	291
5.4.4.4. <i>Typowe przyczyny wadliwego działania urządzeń służących do migracji ryb</i>	292
5.4.4.5. <i>Projektowanie urządzeń służących do migracji ryb</i>	292
5.5. Wyposażenie elektromechaniczne elektrowni wodnych	293
5.5.1. Podstawowe informacje o turbozespolach	293
5.5.2. Ogólna charakterystyka turbin wodnych	294
5.5.2.1. <i>Podział turbin</i>	294
5.5.2.2. <i>Zasady projektowania i podobieństwo turbin</i>	295
5.5.2.3. <i>Wyróżnik szybkobieżności</i>	296
5.5.2.4. <i>Charakterystyki turbin</i>	297
5.5.2.5. <i>Regulacja turbin</i>	301
5.5.3. Współcześnie stosowane typy turbin wodnych	302
5.5.3.1. <i>Turbina Peltona</i>	302
5.5.3.2. <i>Turbina Francisa</i>	303
5.5.3.3. <i>Turbina Kaplana</i>	305
5.5.3.4. <i>Turbina Deriaza</i>	306
5.5.4. Turbozespoły pompowe	307
5.6. Potencjał hydroenergetyczny rzek i jego wykorzystanie	308
5.6.1. Potencjał energetyczny rzek świata i jego wykorzystanie	308
5.6.2. Potencjał energetyczny rzek Polski i jego wykorzystanie	315
5.6.3. Udział energii z elektrowni wodnych Polski w systemie energetycznym kraju	322
5.7. Podstawowe uwarunkowania środowiskowe i przyrodnicze przy projektowaniu, realizacji i eksploatacji elektrowni wodnych	325

5.7.1. Uwagi ogólne	325
5.7.2. Zagadnienia formalno-prawne	326
Literatura do rozdziału 5	327
6. ENERGIA WIATRU – T. Knap	
6.1 Wiatr jako zjawisko fizyczne	331
6.2 Podstawowe charakterystyki wiatru	332
6.2.1. Rozkłady prędkości wiatru w funkcji wysokości nad powierzchnią gruntu	332
6.2.2. Rozkład gęstości mocy strumienia powietrza w funkcji wysokości	334
6.2.3. Porywy wiatru, turbulencja atmosferyczna	336
6.2.4. Średnioroczna prędkość wiatru i jej rozkład	336
6.2.5. Energetyczna wydajność EW w zależności od V_{sh} oraz V_o	339
6.3. Ocena zasobów energii wiatru w Polsce	340
6.3.1. Przyjęte kryteria oraz ocena zasobów energii wiatru w Polsce	340
6.3.2. Mapy średniorocznej prędkości wiatru oraz kwartalne (sezonowe) w Polsce	341
6.3.3. Wieloletnie zmiany średniorocznych prędkości wiatru	344
6.3.4. Zalecenia dotyczące doboru miejsc pod elektrownię wiatrową	346
6.4. Pomiar podstawowych parametrów wiatru dla potrzeb energetyki wiatrowej	349
6.4.1. Wprowadzenie	349
6.4.2. Raport roczny z pomiarów prędkości i kierunku wiatru za okres np. od 1 stycznia 2005 r. do 31 grudnia 2006 r. w miejscowości X, dla punktu pomiarowego znajdującego się na wysokości np. 20, 40, 60 m n.p.g.	350
6.4.3. Mikrokomputerowy przetwornik prędkości i kierunku wiatru pwm-02	351
6.5. Charakterystyki elektrowni wiatrowych. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych	352
6.5.1. Wprowadzenie	352
6.5.2. Podstawowe parametry i charakterystyki EW	352
6.6. Regulacja mocy EW i prędkości obrotowej wirnika	356
6.6.1. Wprowadzenie	356
6.7. Opis konstrukcji EW	360
6.7.1. Wprowadzenie	360

6.7.2. Opis EW o pionowej osi obrotu	360
6.7.3. Opis EW o poziomej osi obrotu	361
6.8. Projektowanie i dobór układu przepływowego elektrowni wiatrowej	368
6.8.1. Wprowadzenie	368
6.8.2. Wirnik EW o poziomej osi obrotu	369
6.8.2.1. Liczba łopat wirnika EW	369
6.8.2.2. Moment żyroskopowy wirnika EW	369
6.8.3. Geometria i konstrukcja łopat wirnika EW	372
6.8.4. Charakterystyka wirników EW	373
6.8.5. Sposób doboru parametrów geometrycznych i ruchowych EW	375
6.8.6. Określenie obciążeń normalnych i granicznych EW	378
6.8.6.1. Projektowe obciążenia EW	378
6.8.6.2. Projektowe warunki wiatrowe wg IEC	379
6.8.7. Obciążenia dynamiczne generowane opływem elementów EW	382
6.8.7.1. Częstotliwość drgań własnych konstrukcji EW	384
6.8.7.2. Poziom hałasu EW	385
Literatura do rozdziału 6	385

7. ENERGIA BIOMASY

7.1. Tło polityczno-ekonomiczne istotne dla podejmowania decyzji inwestycyjnych w zakresie energetycznego wykorzystania biomasy – A. Gula, A. Barcik, A. Figórski, P. Wajss	389
7.1.1. Dlaczego przeznaczają się środki publiczne na wsparcie projektów energetycznego wykorzystania biomasy?	389
7.1.1.1. Uwagi wstępne	389
7.1.1.2. Efekt Ciepłarniany – Globalne zmiany klimatyczne	391
7.1.1.3. Zrównoważony Rozwój Energetyczny	393
7.1.2. Wybrane aspekty globalne	394
7.1.3. Perspektywa Unijna	395
7.1.4. Biomasa jako źródło energii odnawialnej w Polsce	398
7.1.5. Dyrektywa 2001/77/WE. Problem współspalania biomasy z węglem	400
7.1.6. Dyrektywa 2003/30/WE. Problem biopaliw	403
7.1.7. Dyrektywa 2006/32/WE	404
7.1.8. Biogaz – niewykorzystany potencjał	405
7.1.9. Propozycja dla Polski	407
7.1.10. Polskie regulacje prawne	408

Literatura do rozdziału 7.1	412
7.2. Biopaliwa stałe – Z. Bębenek	415
7.2.1. Definicje	415
7.2.2. Biomasa — właściwości fizykochemiczne	416
<i>7.2.2.1. Budowa funkcjonalna substancji roślinnej</i>	416
<i>7.2.2.2. Podział ze względu na skład chemiczny substancji biomasowej</i>	417
7.2.3. Biomasa stała jako nośnik energii	419
<i>7.2.3.1. Wilgotność, gęstość i wartość opałowa</i>	421
<i>7.2.3.2. Zawartość części lotnych</i>	423
<i>7.2.3.3. Substancja mineralna w biomasie</i>	424
<i>7.2.3.3.1. Typowy skład nieorganicznych elementów w roślinach energetycznych</i>	426
7.2.4. Biomasa stała — rośliny energetyczne	428
7.2.4.1. Drewno	428
<i>7.2.4.1.1. Drewno kawałkowe</i>	430
<i>7.2.4.1.2. Trociny</i>	431
<i>7.2.4.1.3. Wióry</i>	431
<i>7.2.4.1.4. Zrębki drzewne</i>	431
<i>7.2.4.1.5. Kora</i>	432
<i>7.2.4.1.6. Brykiet drzewny</i>	433
<i>7.2.4.1.7. Pelety drzewne</i>	433
7.2.4.2. Słoma i siano	435
7.2.5. Podsumowanie	437
Literatura do rozdziału 7.2	438
7.3. Zgazowanie biomasy – S. Porada	441
7.3.1. Podstawy teoretyczne procesów zgazowania	441
<i>7.3.1.1. Zgazowanie powietrzem</i>	443
<i>7.3.1.2. Zgazowanie mieszaniną powietrza i pary wodnej</i>	444
<i>7.3.1.3. Zgazowanie parą wodną</i>	445
<i>7.3.1.4. Zgazowanie wodorem</i>	445
7.3.2. Wpływ najważniejszych parametrów procesu na szybkość zgazowania i skład produkowanego gazu	446
7.3.3. Podział metod zgazowania	448
7.3.4. Charakterystyka poszczególnych metod zgazowania z uwzględnieniem rodzaju złoża i produkowanego gazu	449
7.3.5. Technologie zgazowania biomasy	452
<i>7.3.5.1. Technologie zgazowania w generatorach ze złożem fluidalnym</i>	453
<i>7.3.5.1.1. Metoda Foster-Wheeler z cyrkulującym złożem fluidalnym</i>	453
<i>7.3.5.1.2. Metoda LT – CFB (Low Temperature Circulating Fluidised Bed)</i>	454

7.3.5.1.3. <i>Proces Renugas – zgazowanie biomasy w złożu fluidalnym ze stałym nośnikiem ciepła</i>	455
7.3.5.2. Technologie zgazowania w generatorach ze złożem stałym (ruchomym)	456
7.3.5.2.1. <i>Zgazowanie biomasy w dwustopniowym, współprądowym reaktorze Viking</i>	456
7.3.5.2.2. <i>Zgazowanie biomasy w złożu stałym w zgazowarce pirolitycznej EKOD</i>	457
7.3.5.3. Inne technologie zgazowania biomasy	459
7.3.6. Procesy oczyszczanie gazu ze zgazowania biomasy	460
7.3.6.1. <i>Procesy oczyszczania niskotemperaturowego</i>	460
7.3.6.2. <i>Procesy oczyszczania wysokotemperaturowego</i>	462
Literatura do rozdziału 7.3	463
7.4. Biopaliwa ciekłe na bazie biomasy – J. Wolszczak	467
7.4.1. Wprowadzenie	467
7.4.2. Benzyny, biokomponenty i biopaliwa ciekłe do silników o zapłonie iskrowym	468
7.4.2.1. <i>Definicje</i>	468
7.4.2.2. <i>Charakterystyka benzyn stosowanych do silników o zapłonie iskrowym</i>	469
7.4.2.2.1. <i>Rodzaje krajowej benzyny bezołowiowej</i>	469
7.4.2.2.2. <i>Charakterystyka jakościowa benzyn</i>	470
7.4.2.3. <i>Wpływ właściwości benzyn na prawidłową pracę silnika i emisję związków toksycznych</i>	471
7.4.2.3.1. <i>Liczba oktanowa</i>	471
7.4.2.3.2. <i>Lotność</i>	472
7.4.2.3.3. <i>Zawartość siarki</i>	473
7.4.2.3.4. <i>Zawartość olefin</i>	473
7.4.2.3.5. <i>Zawartość węglowodorów aromatycznych</i>	474
7.4.2.3.6. <i>Stabilność chemiczna</i>	474
7.4.2.3.7. <i>Korozja</i>	474
7.4.2.3.8. <i>Zawartość organicznych związków zawierających tlen</i>	474
7.4.2.4. <i>Biokomponenty i biopaliwa ciekłe stosowane do silników o zapłonie iskrowym</i>	475
7.4.2.4.1. <i>Bioetanol</i>	476
7.4.2.5. Wpływ bioetanolu na parametry eksploatacyjne benzyn	477
7.4.2.5.1. <i>Liczba oktanowa mieszanek benzyna-etanol</i>	478
7.4.2.5.2. <i>Lotność benzyn alkoholizowanych</i>	478
7.4.2.5.3. <i>Wartość energetyczna</i>	478
7.4.2.5.4. <i>Rozpuszczalność wody</i>	479
7.4.2.5.5. <i>Korozja i kompatybilność materiałowa</i>	480

7.4.3. Produkcja bioetanolu	480
7.4.3.1. Biomasa roślinna – źródło węglowodanów	480
7.4.3.2. Charakterystyka węglowodanów	481
7.4.3.3. Fermentacja etanolowa glukozy	481
7.4.3.3.1. Czynniki wpływające na proces fermentacji etanolowej	483
7.4.3.3.2. Metody fermentacji etanolowej	483
7.4.3.4. Biorafinerie	483
7.4.3.5. Charakterystyka surowców	484
7.4.3.5.1. Sacharoza	485
7.4.3.5.2. Skrobia	485
7.4.3.5.3. Lignoceluloza	487
7.4.3.6. Mikroorganizmy fermentacji etanolowej	488
7.4.3.6.1. Drożdże	488
7.4.3.6.2. Bakterie	488
7.4.3.6.3. Enzymy hydrolityczne	488
7.4.3.7. Produkcja etanolu z surowców skrobiowych	489
7.4.3.7.1. Wstępne przygotowanie surowców skrobiowych	489
7.4.3.7.2. Mokry sposób obróbki ziarna	489
7.4.3.7.3. Suchy sposób obróbki ziarna	491
7.4.3.7.4. Parowanie	491
7.4.3.7.5. Uplynnianie i hydroliza	491
7.4.3.7.6. Fermentacja	493
7.4.3.7.7. Odzysk etanolu	493
7.4.3.7.8. Utylizacja wywaru gorzelnianego	493
7.4.3.8. Produkcja bioetanolu z lignocelulozy	494
7.4.3.8.1. Metody biokonwersji celulozy do etanolu	494
7.4.3.8.2. Technologia Iogen wytwarzania etanolu z lignocelulozy	495
7.4.3.9. Innowacje w technologii produkcji bioetanolu	496
7.4.3.10. Kierunki wykorzystania bioetanolu paliwowego	498
7.4.3.10.1. Paliwo E-85	498
7.4.3.10.2. Eter etylo-tert-butyłowy, ETBE	499
7.4.4. Charakterystyka paliw ciekłych do silników o zapłonie samoczynnym	500
7.4.4.1. Omówienie znaczenia właściwości fizykochemicznych oleju napędowego ...	502
7.4.4.1.1. Właściwości niskotemperaturowe	503
7.4.4.1.2. Liczba cetanowa i indeks cetanowy	503
7.4.4.1.3. Lepkość	504
7.4.4.1.4. Gęstość	504
7.4.4.1.5. Temperatura zapłonu oleju napędowego	504

7.4.4.1.6. Zawartość zanieczyszczeń mechanicznych	505
7.4.4.1.7. Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) ...	505
7.4.4.1.8. Skład frakcyjny	505
7.4.4.1.9. Pozostałość po spopieleniu oraz pozostałość po koksowaniu	505
7.4.4.1.10. Zawartość siarki	506
7.4.4.1.11. Smarność	506
7.4.4.1.12. Odporność na utlenianie	506
7.4.4.1.13. Zawartość wody	506
7.4.5. Biokomponenty i biopaliwa ciekłe do silników o zapłonie samoczynnym ...	507
7.4.6. Oleje roślinne	511
7.4.6.1. Budowa i właściwości fizykochemiczne olejów roślinnych	511
7.4.6.2. Pozyskiwanie oleju z nasion	514
7.4.6.3. Rafinacja oleju	516
7.4.6.4. Olej rzepakowy jako paliwo do silników z zapłonem samoczynnym	517
7.4.6.5. Transestryfikacja olejów roślinnych	519
7.4.6.5.1. Mechanizm procesu transestryfikacji	519
7.4.6.5.2. Czynniki wpływające na proces transestryfikacji	520
7.4.6.5.3. Wymagania jakościowe dla reagentów i katalizatorów	520
7.4.7. Przemysłowe technologie produkcji biodiesla. Procesy produkcji biodiesla ..	522
7.4.7.1. Przygotowanie surowca	524
7.4.7.2. Transestryfikacja	524
7.4.7.3. Postępowanie z fazą estrową	525
7.4.7.3.1. Oczyszczanie estru surowego	525
7.4.7.3.2. Metody mokre	525
7.4.7.3.3. Metody suche	525
7.4.7.4. Odzysk metanolu	525
7.4.7.5. Przeróbka fazy glicerynowej i zagospodarowanie gliceryny	526
7.4.7.6. Ścieki	526
Literatura do rozdziału 7.4	527

8. ENERGETYKA WODOROWA – P. Tomczyk

8.1. Wprowadzenie	535
8.2. Wodór jako wtórny nośnik energii	536
8.2.1. Charakterystyka wodoru jako paliwa	536
8.2.2. Wytwarzanie wodoru	539
8.2.2.1. Konwersja paliw węglowodorowych	541
8.2.2.1.1. Reforming parowy	541

8.2.2.1.2. Półspalanie związków węglowych bogatych w wodór	544
8.2.2.1.3. Konwersja autotermiczna	545
8.2.2.2. Zgazowanie węgla	546
8.2.2.2.1. Parowe zgazowanie węgla	546
8.2.2.2.2. Wodór z gazu koksowniczego	548
8.2.2.3. Otrzymywanie wodoru z biomasy	549
8.2.2.3.1. Biogaz	550
8.2.2.3.2. Gaz syntezowy ze zgazowania biomasy	551
8.2.2.4. Elektroliza wody	551
8.2.2.5. Termiczny rozkład wody	557
8.2.2.6. Inne technologie wytwarzania wodoru	560
8.2.2.7. Oczyszczanie wodoru	561
8.2.2.8. Koszt paliwa wodorowego	562
8.2.3. Magazynowanie i transport wodoru	564
8.2.3.1. Zbiorniki ciśnieniowe	564
8.2.3.2. Skraplanie i magazynowanie skroplonego wodoru	566
8.2.3.3. Magazynowanie wodoru w postaci wodorków metali	567
8.2.3.3.1. Wodorki uwalniające wodór w reakcjach odwracalnych	567
8.2.3.3.2. Wodorki uwalniające wodór w reakcjach nieodwracalnych	569
8.2.3.4. Wodór związany fizycznie	570
8.2.3.5. Wodór związany chemicznie	570
8.2.3.6. Porównanie technologii magazynowania wodoru	571
8.3. Energetyczne wykorzystanie wodoru w ogniwach paliwowych	573
8.3.1. Zasada działania ogniwa paliwowego	574
8.3.2. Budowa ogniwa paliwowego	578
8.3.3. Rodzaje ogniw paliwowych wodorowo-tlenowych	581
8.3.4. Sprawność konwersji w ogniwie paliwowym	586
8.3.4.1. Napięcie odwracalne ogniwa	586
8.3.4.2. Napięcie obciążonego ogniwa	587
8.3.4.2.1. Polaryzacja aktywacyjna	588
8.3.4.2.2. Polaryzacja stężeniowa	589
8.3.4.2.3. Polaryzacja omowa	590
8.3.4.2.4. Polaryzacja całkowita	591
8.3.4.3. Sprawność konwersji pojedynczego ogniwa paliwowego	593
8.3.4.4. Sprawność systemu ze stosem ogniw paliwowych	594
8.3.5. Współczesne zastosowania ogniw paliwowych wodorowo-tlenowych	596
8.3.5.1. Zastosowanie ogniw paliwowych w systemach energetycznych	597
8.3.5.1.1. Generatory stacjonarne	597

8.3.5.1.2. Ogniwa paliwowe jako domowe generatory energii elektrycznej i ciepła	601
8.3.5.2. Zastosowanie ogniw paliwowych w samochodach	603
8.3.5.3. Przenośne systemy ogniw paliwowych	605
8.3.5.4. Zastosowania militarne	607
8.3.5.5. Inne, niszowe zastosowania ogniw paliwowych	608
8.3.6. Ogniwa paliwowe niezasilane bezpośrednio wodorem	608
8.4. Perspektywy rozwojowe w energetyce wodorowej	610
Literatura do rozdziału 8	610
9. ENERGETYCZNE WYKORZYSTANIE ODPADÓW KOMUNALNYCH	
– <i>T. Pająk</i>	
9.1. Wprowadzenie, istota odzysku energii z odpadów	617
9.2. Realia i uwarunkowania pozyskiwania energii z odpadów w Polsce ..	618
9.2.1. Odzysk energii z odpadów a pozostałe cele gospodarki odpadami komunalnymi	620
9.2.2. Zarys rozwoju projektów budowy spalarni w Polsce	621
9.2.3. Realia wdrażania projektów spalarni	623
9.3. Spalarnie odpadów komunalnych w Polsce – projekty budowy	627
9.3.1. Estymacja zakresu niezbędnej wydajności i ilości spalarni odpadów	627
9.3.2. Estymacja niezbędnej wydajności spalarni odpadów inną metodą	629
9.3.3. Podsumowanie wyników analizy niezbędnej wydajności spalarni odpadów ...	629
9.3.4. Aktualne projekty budowy spalarni odpadów komunalnych w polskich miastach	630
9.3.5. Stopień zaawansowania projektów budowy spalarni odpadów, prefero- wana technologia	632
9.4. Instalacje termicznego przekształcania odpadów w krajach UE	633
9.5. Podstawowe uwarunkowania związane z odzyskiem energii w spa- larniach odpadów	638
9.5.1. Uwarunkowania prawne – redukcja odpadów ulegających biodegradacji a metody termiczne	638
9.5.2. Aspekty prawne odzysku z odpadów energii traktowanej jako OZE	640
9.5.3. Pozostałe uwarunkowania – rola i miejsce spalarni w systemie gospo- darki odpadami	643
9.5.3.1. <i>Wielkość gminy, miasta czy regionu a budowa spalarni</i>	645

9.5.3.2. Pozostałe uwarunkowania	646
9.6. Technologie instalacji termicznego przekształcania odpadów komunalnych	648
9.6.1. Konwencjonalne technologie termicznego przekształcania odpadów komunalnych – tendencje rozwojowe	648
9.6.1.1. Przykład technologii SYNCOM®	651
9.6.2. Parametry emisyjne współczesnych spalarni odpadów	653
9.6.3. Alternatywne technologie termicznego przekształcania odpadów	654
9.7. Bezpieczeństwo ekologiczne ze strony spalarni odpadów	655
9.8. Odzysk energii z odpadów komunalnych	657
9.8.1. Morfologia odpadów komunalnych i ich właściwości paliwowe	657
9.9. Odpady komunalne jako źródło energii dla systemu zaopatrzenia miast w ciepło	664
9.9.1. Spalarnie odpadów w systemie zdalaczynnego ogrzewania miast UE	665
9.9.1.1. Wiedeński system zaopatrzenia miasta w ciepło	665
9.9.1.2. Spalarnia odpadów Uppsala jako źródła ciepła dla miasta	668
9.9.1.3. Energia cieplna z odpadów dla innych miast Europy	669
9.10. Współspalanie odpadów – wybrane zagadnienia	669
9.10.1. Wybrane zagadnienia prawne	670
9.10.2. Współspalanie odpadów w kotłach energetycznych	671
9.11. Podsumowanie	672
Literatura do rozdziału 9	673
10. UKŁADY ELEKTRYCZNE ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII, SPOSOBY PRZYŁĄCZENIA I WSPÓŁPRACA Z SIECIĄ ZASILAJĄCĄ – M. Mróz	
10.1. Wstęp	677
10.2. Układy elektryczne w źródłach odnawialnych	677
10.3. Przyłączenie źródeł odnawialnych do sieci elektroenergetycznych ..	681
10.3.1. Procedura przyłączania	681
10.3.2. Zasady finansowania	686
10.3.3. Podstawowe wymagania techniczne	687
10.3.4. Sposoby przyłączania źródeł odnawialnych do sieci elektroenergetycz-	

nych	689
10.3.4.1. Przyłączenie do sieci niskiego napięcia	692
10.3.4.2. Przyłączenie do sieci średniego napięcia	693
10.3.4.3. Przyłączenie do sieci wysokiego napięcia	694
10.4. Współpraca źródeł odnawialnych z systemem elektroenergetycznym	696
10.4.1. Wpływ źródeł odnawialnych na niezawodność i pracę systemu elektroenergetycznego	696
10.4.2. Wpływ źródeł odnawialnych na rozplywy mocy	697
10.4.3. Wpływ źródeł odnawialnych na poziom napięcia i straty mocy	700
10.4.4. Wpływ źródeł odnawialnych na poziom odkształceń	702
10.4.5. Wpływ źródeł odnawialnych na wahania napięcia	703
10.4.6. Wpływ źródeł odnawialnych na warunki zwarciowe	704
10.4.7. Wpływ źródeł odnawialnych na pracę zabezpieczeń	705
10.5. Podsumowanie	705
Literatura do rozdziału 10	706
 11. REGULACJE UE I SYSTEMY WSPARCIA OZE – A. Wyrwa, P. Drobnik	
11.1. Wprowadzenie	709
11.2. Biała księga „Energia dla przyszłości: odnawialne źródła energii”	710
11.3. Dyrektywa w sprawie promocji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych na wewnętrznym rynku energii	711
11.4. Dyrektywa w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych	712
11.5. Ekonomiczno-polityczne systemy wsparcia OZE w UE	714
11.5.1. Systemy wsparcia a dyrektywa 2001/77/WE	715
11.5.2. System REFIT	715
11.5.3. System RPS	716
11.5.4. Doświadczenia z funkcjonowania obydwu systemów	717
11.6. Koszty zewnętrzne wytwarzania energii	719
Literatura do rozdziału 11	720