

Spis treści

Od Autora	17
1. Wykaz wybranych oznaczeń, wielkości i ich jednostek	19
2. Przedmowa	22
3. Wprowadzenie	25
4. Sposób wytwarzania, podział i rodzaj energii otrzymywanej z OZE	27
5. Stan obecny i perspektywy rozwoju odnawialnych źródeł energii na świecie i w UE	28
6. Perspektywy inwestycyjne w OZE na świecie	30
7. Rodzaje i zakres wykorzystania OZE w Polsce	31
7.1. Biomasa	33
7.1.1. Drewno	33
7.1.2. Słoma	34
7.1.3. Gaz z czynnych składników odpadów	34
7.1.4. Gaz z fermentacji osadów i ścieków	35
7.1.5. Biogaz z biogazowni rolniczych	35
7.1.6. Biopaliwa	36
7.2. Energetyka wodna	36
7.3. Energetyka geotermalna	37
7.4. Energetyka wiatrowa	38
7.5. Energetyka słoneczna	38
8. Rodzaj, ilość i moc instalacji wytwarzających energię elektryczną z OZE z podziałem na województwa	39
9. Prognozy dotyczące wykorzystania OZE w Polsce	45
10. Cel strategiczny dla Polski w zakresie OZE	47
11. Finansowanie przedsięwzięć z zakresu odnawialnych źródeł energii	48
11.1. Analiza i ocena średnich kosztów produkcji energii z wybranych instalacji OZE wraz z analizą wrażliwości	48
12. Świadectwa pochodzenia	51
13. Warunki i tryb wydawania certyfikatów instalatorom mikroinstalacji i małych instalacji oraz akredytowania organizatorów szkoleń	54
14. Podsumowanie	60
15. Wnioski	61

Rozdział I ENERGIA SŁONECZNA

1. Sposoby produkcji energii elektrycznej z wykorzystaniem energii słonecznej	63
1.1. Metoda heliometryczna	64
1.2. Metoda helioelektryczna	65
2. Rozwiązania przyszłościowe wykorzystania energii słonecznej	67
3. Światowy rozwój fotoogniw	67
4. Fotoogniwa	70
4.1. Wiadomości wstępne z optoelektroniki	70
4.2. Budowa i zasada działania ogniw krzemowych	72
4.3. Podział ogniw PV	73
4.4. Ogniwa z krzemu monolitycznego	73
4.4.1. Budowa fotoogniwa	73
4.4.2. Technologia wytwarzania fotoogniwa	75

4.4.3. Przykłady krzemowych modułów fotowoltaicznych	76
4.5. Ogniwa polikrystaliczne.	79
4.5.1. Budowa fotoogniwa	79
4.5.2. Rozwiązania konstrukcyjne fotomodułów płaskich polikrystalicznych	80
4.6. Ogniwa polikrystaliczne cienkowarstwowe.	81
4.6.1. Budowa fotoogniwa	81
4.6.2. Technologia wytwarzania ogniwa PV	82
4.7. Ogniwa z krzemu amorficznego.	82
4.7.1. Budowa i technologia wytwarzania fotoogniwa	82
4.8. Ogniwa cienkowarstwowe jedno- i wielozłączone z arsenku galu.	84
4.8.1. Budowa i technologia wytwarzania	84
4.8.2. Przykład rozwiązania konstrukcyjnego	85
4.9. Ogniwa fotowoltaiczne z materiałów organicznych	86
4.9.1. Budowa i technologia wytwarzania	86
4.9.2. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne ogniw PV, na podłożu polimerowym	86
4.9.3. Parametry polimerowych ogniw PV.	88
4.9.4. Sposoby produkcji	89
4.10. Ogniwa fotowoltaiczne uczulane barwnikiem	89
4.10.1. Zasada działania	89
4.10.2. Budowa, parametry ogniwa.	89
4.11. Hybrydowe panele słoneczne	90
4.11.1. Zasada działania	90
4.11.2. Budowa urządzenia	91
4.11.3. Przykładowe rozwiązania	93
4.11.4. Wybrane warunki gwarancyjne montażu i użytkowania kolektorów E-PVT 2,0 i ES2V/2,0AL z absorberem aluminiowym	94
5. Analiza pracy fotoogniwa.	94
5.1. Podstawowe zależności	94
5.2. Wpływ temperatury na parametry fotoogniwa	97
5.3. Sposoby połączeń ogniw PV	98
5.4. Wpływ promieniowania słonecznego na parametry fotoogniwa	99
5.5. Utrata mocy fotoogniw funkcji czasu pracy	100
5.6. Dioda bocznikująca fotoogniwo (by-pass).	100
6. Parametry osprzętu dodatkowego.	103
6.1. Regulatory ładowania.	103
6.1.1. Przykładowe rozwiązanie techniczne regulatora	103
6.1.2. Zadania realizowane przez regulator	104
6.2. Przetwornice napięcia (inwerter, falownik)	105
6.2.1. Inwerter w instalacji fotowoltaicznej	105
6.2.2. Falowniki jednofazowe.	107
6.2.3. Falowniki trójfazowe	108
6.2.4. MPP tracker	112
6.3. Centrala komunikacyjna.	112
6.3.1. Zasada działania	112
6.3.2. Charakterystyka urządzeń.	112
6.4. Sposób łączenia przewodów po stronie DC.	114
6.5. Mierniki instalacji fotowoltaicznych	114
6.6. Ochrona odgromowa instalacji fotowoltaicznych	115
6.6.1. Ochrona odgromowa – rodzaje ochrony	116
6.6.2. Ochrona odgromowa – ochrona zewnętrzna	116
6.6.3. System ochronny instalacji PV bez zewnętrznej ochrony odgromowej (zwodów pionowych) – ochrona wewnętrzna	117

7. Odbiór instalacji	119
8. Awarie systemów fotowoltaicznych i ich eliminacja	120
9. Recykling modułów fotowoltaicznych	120
10. Przykłady zastosowania fotoogniw	122
11. Wybrane przykłady instalacji fotowoltaicznych	122
12. Dobór i montaż baterii fotowoltaicznych	123
13. Przykładowy uzysk energetyczny fotoogniw	125
14. Wybrane układy połączeń fotoogniw	126
14.1. Sieć autonomiczna (wydzielona, off – grid)	126
14.2. Praca elektrowni PV na sieć „sztywną” (on – grid)	127
15. Montaż instalacji fotowoltaicznej	128
15.1. Systemy montażowe dla modułów skrzynkowych	128
15.1.1. Montaż na dachu spadzistym	128
15.1.2. Montaż ogniw PV na dachu płaskim lub płaszczyźnie poziomej	129
15.1.3. Sposoby montażu fotoogniw polimerowych elastycznych na dachu płaskim	130
15.2. Montaż fotoogniw „podążających za słońcem”	132
15.3. Wytyczne montażowe	132
15.3.1. Warunki techniczne, projekt	132
15.3.2. Etapy realizacji budowy systemu fotowoltaicznego na dachu spadzistym	133
15.3.3. Odbiór instalacji	135
15.3.4. Awarie systemów fotowoltaicznych i ich eliminacja	136
16. BHP przy montażu instalacji fotowoltaicznych	136
16.1. Informacje ogólne	136
16.2. Przepisy bezpieczeństwa	137
16.3. Ochrona przeciwporażeniowa	137
16.4. Ochrona przeciwpożarowa	137
16.5. Bezpieczeństwo wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych	137
16.6. Udzielanie pierwszej pomocy osobom porażonym prądem elektrycznym	138
17. Struktura nakładów inwestycyjnych kosztów eksploatacyjnych dla elektrowni fotowoltaicznych	138
18. Wybrane wyniki badań modułów fotowoltaicznych	139
18.1. Wybrane wyniki pomiarów	140
18.2. Zacienienie modułów	144
18.3. Zmiana kąta położenia względem azymutu równym zero (kierunek południe)	146
18.4. Zmiana mocy modułu wraz ze zmianą kąta położenia względem płaszczyzny poziomej	147
18.5. Wpływ temperatury na pracę modułów fotowoltaicznych	148
18.6. Zacienienie modułów	149
18.7. Zmiana kąta położenia względem azymutu równym zero (kierunek południe)	151
18.8. Zmiana kąta położenia modułu fotowoltaicznego względem płaszczyzny poziomej	151
18.9. Wybrane wyniki badań instalacji fotowoltaicznej „podążającej za słońcem”	152
18.10. Wybrane wyniki pomiarów uzyskanych w Krakowie	154
19. Procedury formalno-prawne związane z budową instalacji fotowoltaicznej	156
20. Przykładowy projekt budowlano-wykonawczy	157
21. Analiza wstępna rentowności przykładowej domowej instalacji fotowoltaicznej o mocy znamionowej 4 kW	164
22. Kolektory słoneczne	167
22.1. Dane statystyczne	167

22.2. Rodzaje i budowa kolektorów słonecznych	168
22.2.1. Podział kolektorów	168
22.3. Kolektory płaskie cieczowe	169
22.4. Budowa kolektorów płaskich, bilans energii	170
22.5. Przykładowe dane techniczne i charakterystyka identyfikacyjna kolektorów płaskich	172
22.5.1. Kolektory płaskie w wykonaniu standardowym	172
22.5.2. Kolektor płaski próżniowy	173
22.6. Budowa próżniowych rurowych kolektorów słonecznych	175
22.6.1. Kolektory próżniowe heat-pipe (gorąca rurka – ciepłowod)	175
22.6.2. Kolektory próżniowe heat-pipe z pojedynczą rurą próżniową	178
22.6.3. Kolektory próżniowe z U-rurą	179
22.6.4. Kolektory rurowo-próżniowe „direct flow”	180
22.7. Zwierciadło CPC	181
22.8. Ogólna charakterystyka kolektorów próżniowych.	182
22.9. Kolektory słoneczne skupiające	182
22.9.1. Refleksowo-próżniowy kolektor słoneczny „podążający za słońcem”	183
22.10. Kolektor cieczowy wykonany w formie maty z propylenu	184
22.11. Kolektor współpracujący z fotoogniwem.	185
22.12. Świadczenia poprawności wykonania kolektorów	185
23. Słoneczne instalacje grzewcze	185
23.1. Bezpośrednie i pośrednie	186
23.1.1. Układ do podgrzewania wody bez zasobnika	186
23.1.2. Układ do podgrzewania wody z zasobnikiem	186
23.1.3. Pośrednie	186
23.1.4. Układ pompowy	187
24. Parametry techniczne instalacji solarnej do ogrzewania c.w.u., c.o., schematy	188
24.1. Instalacja solarna dla ciepłej wody użytkowej i wspomaganie ogrzewania budynku	189
24.2. Przykładowe schematy systemów grzewczych wspomaganych kolektorami słonecznymi	190
25. Typowe elementy słonecznej instalacji grzewczej	198
25.1. Zbiorniki na wodę – charakterystyka ogólna	198
25.2. Zbiorniki instalacji solarnej	199
25.3. Przeciwdziałanie bakteriom Legionella Pneumophila w instalacji c.w.u.	200
25.4. Wymiennik ciepła	200
25.5. Zasobnik z jedną wężownicą	201
25.6. Zasobniki z dwiema wężownicami	201
25.7. Zasobnik płaszczyzny	202
25.8. Zasobniki kombinowane (multiwalentne) – typu zbiornik w zbiorniku	203
25.9. Zasobnik termosyfonowy Logalux SL 300/S dla przygotowania c.w.u.	203
26. Pompowe stacje solarne	205
26.1. Stacja solarna dwudrogowa	205
26.2. Jednodrogowa stacja solarna	205
27. Pompa solarna	206
28. Regulatory	206
29. Zasilacz bezprzerwowy, awaryjny, UPS	208
30. Czujniki temperatury	208
31. Wymiennik płytowy	209
32. Grzałka elektryczna	210

33. Odpowietrznik instalacji solarnej	210
34. Złączka kompensacyjna	210
35. Rotometr	211
36. Manometr	211
37. Separator powietrza	212
38. Licznik ciepła (ciepłomierz)	212
39. Uchwyty dachowe kolektora i konstrukcje wolnostojące	213
40. Oblachowanie kolektorów	213
41. Naczynie wzbiorcze	214
42. Zawór bezpieczeństwa	217
43. Wykonanie instalacji rurowej	217
44. Izolacja cieplna instalacji solarnej	218
45. Węże solarne	218
46. Układ hydrauliczny instalacji solarnej	219
47. Montaż i instalacja kolektorów	219
47.1. Możliwości usytuowania kolektorów	219
47.2. Odległość między rzędami kolektorów	220
48. Wpływ ustawienia kolektora na jego parametry energetyczne	221
49. Instalacje do ciepłej wody użytkowej w budynkach indywidualnych	223
49.1. Dobór urządzeń do instalacji solarnej	223
49.1.1. Warunki konieczne do określenia powierzchni kolektorów słonecznych	223
49.1.2. Wyznaczenie całkowitych oporów przepływu w typowej instalacji	223
49.1.3. Pojemność instalacji	224
49.1.4. Zużycie energii w gospodarstwie domowym	224
50. Instalacja do podgrzewania wody basenowej	225
51. Łączenie kolektorów w instalacje o dużej powierzchni czynnej	227
52. Zalecenia eksploatacyjne	230
53. Przykłady montażu kolektorów słonecznych	230
54. Dobór wielkości instalacji	231
55. Dobór wielkości kolektora i zasobnika	231
56. Lokalizacja zasobników wody użytkowej i zbiorników akumulacyjnych	232
57. Instalacje do przygotowania c.w.u., oraz wspomagania c.o. w budynkach indywidualnych	233
57.1. Efektywność pracy kolektorów słonecznych	235
58. Napełnienie i odpowietrzenie instalacji solarnej	240
59. Instalacje wielkogabarytowe	241
59.1. Największa instalacja solarna w Polsce	241
59.2. Instalacja wielkogabarytowa z magazynem ciepła	242
60. Płaskie kolektory powietrzne	246
60.1. Zasada działania	246
60.2. Budowa	246
60.3. Konstrukcje kolektorów	248
60.4. Zalety i wady stosowania kolektorów słonecznych powietrznych	248
60.5. Rozwiązania konstrukcyjne instalacji	250
60.6. Sposoby rozdziału powietrza	252
60.7. Przykłady instalacji	252
60.7.1. Małe budynki	252
60.7.2. Mieszkania, pomieszczenia biurowe, szkoły, obiekty handlowe, itp.	253
60.7.3. Systemy przemysłowe	254
60.7.4. Suszenie płodów rolnych	256
60.7.5. Przechowalnie płodów rolnych	256

60.7.6. Ogrzewanie pomieszczeń inwentarskich	256
60.7.7. Podgrzewanie szklarni i tuneli foliowych	256
60.7.8. Ciepło technologiczne	257
60.8. Koszty i oszczędności wynikające ze stosowania dużych systemów solarnego podgrzewania powietrza	257
60.9. Podsumowanie	258
61. Badania nad wykorzystaniem energii słonecznej w instalacjach solarnych w laboratorium OZE w ZSE nr 1	259
61.1. Analiza wybranych wyników badań instalacji solarnych w laboratorium OZE w Zespole Szkół Elektrycznych nr 1 w Krakowie	259
62. Symulacyjne programy komputerowe	265
63. Bilans energetyczny wydajności instalacji solarnej na podstawie symulacji	266
64. Informacje techniczne oraz zasady BHP obowiązujące przy montażu kolektorów płaskich	272
64.1. BHP podczas montażu	272
64.2. Kompletność dostawy	273
64.3. Transport i składowanie	273
64.4. Dokumentacja techniczna	273
64.5. Narzędzia i sprzęt dodatkowy	273
64.6. Informacje ogólne	274
64.7. Odpowietrzanie solarne obwodu pierwotnego	274
64.8. Prowadzenie rur solarne obwodu pierwotnego	275
64.9. Podłączenie przewodów zbiorczych	275
64.10. Montaż kolektora	275
64.11. Połączenie kolektorów w baterię solarne	278
64.12. Napełnianie solarne obwodu pierwotnego płynem solarne	279
64.13. Odpowietrzenie instalacji	279
64.14. Prace izolacyjne	279
64.15. Przepisy bezpieczeństwa	280
64.16. Ochrona przeciwporażeniowa	280
64.17. Ochrona przeciwpożarowa	280
64.18. Bezpieczeństwo wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych	280
64.19. Elektryczne okablowanie urządzenia	281
64.20. Zabezpieczenie przed uderzeniem pioruna (piorunochron) i wyrównywanie potencjałów	281
64.21. Uruchomienie	281
64.22. Wylączenie/zatrzymanie	282
64.23. Kontrola instalacji	282
64.24. Eksploatacja instalacji solarnej do celów wspomaganie ogrzewania budynku	282
64.25. Przegląd instalacji	282
64.26. Ważne informacje dla użytkownika instalacji	283
64.27. Warunki gwarancji	283
64.28. Najczęściej występujące usterki	284
65. Instrukcja montażu kolektorów rurowych próżniowych na dachu spadzistym i na powierzchni płaskiej	284
65.1. Instrukcja	284
65.2. Ogólne przepisy bezpieczeństwa	285
65.3. Wysokie temperatury	285

65.4. Elementy metalowe	285
65.5. Szklane rurki próżniowe.	285
65.6. Wyłączenia odpowiedzialności	286
65.7. Umiejscowienie kolektora – informacje ogólne.	286
65.7.1. Ukierunkowanie kolektora	286
65.7.2. Zapewnienie nasłonecznienia	287
65.7.3. Dostosowanie kąta nachylenia kolektora w celu zmniejszenia przegrzania.	287
65.7.4. Ustawienie głowicy kolektora	287
65.7.5. Lokalizacja w stosunku do zasobnika c.w.u.	287
65.8. Montaż kolektorów	287
65.8.1. Przepisy bezpieczeństwa	287
65.9. Montaż kolektorów na dachu spadzistym	288
65.10. Montaż kolektorów na powierzchni płaskiej	290
65.10.1. Informacje ogólne	290
65.10.2. Sposób montażu stojaków	290
65.10.3. Mocowanie kolektora na belkach poziomych	292
65.10.4. Kolejność postępowania	292
65.11. Hydraulika	293
65.11.1. Połączenia hydrauliczne	293
65.11.2. Dobór rur przyłączeniowych	294
65.11.3. Płyn solarny	294
65.11.4. Ciśnienia	294
65.11.5. Montaż czujnika temperatury	294
65.11.6. Odpowietrzanie instalacji	295
65.12. Ochrona odgromowa	295
66. Instalacje o większych powierzchniach	295
67. Treść przykładowej dokumentacji projektowej instalacji solarnej	296
68. Podsumowanie	298
69. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii słonecznej	299
70. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany	299

Rozdział II

ENERGIA CIEPLNA ZIEMI I POWIETRZA

1. Wstęp	303
1.1. Zasoby geotermalne	304
1.2. Źródła energii geotermalnej	304
1.3. Gejzery, jako źródła energii geotermalnej	305
1.4. Gorące suche skały – źródło energii geotermalnej	305
1.5. Parametry termodynamiczne wód geotermalnych	305
1.6. Sposoby wykorzystania energii geotermalnej	308
1.7. Dobrodziejstwa płynące z wykorzystania energii geotermalnej	309
1.8. Zagrożenia wynikające z wykorzystania energii geotermalnej	309
2. Przykłady wykorzystania energii geotermalnej	309
2.1. Bezpośrednie zastosowania energii geotermalnej	311
2.2. Bezpośrednie sposoby wykorzystania energii geotermalnej w Polsce	313
3. Elektrociepłownie geotermalne	314
3.1. Wykorzystanie energii geotermalnej w elektrociepłowniach	314
4. Wielkość i rozmieszczenie w Polsce zasobów wód geotermalnych	317

4.1. Prowincje i okręgi posiadające wody geotermalne	317
4.2. Charakterystyka złóż geotermalnych Polsce	318
5. Przykładowe instalacje geotermalne w Polsce	320
5.1. Funkcjonujące ciepłownie geotermalne	320
5.2. Zakład w Mszczonowie	320
5.3. Ciepłownia w Pyrzycach	321
5.4. Geotermia na Podhalu	323
5.5. Pierwszy zakład geotermalny w Polsce	324
5.6. Schemat zagospodarowania wód geotermalnych w Bańskiej Niznej	326
5.7. Kaskadowy system wykorzystania energii geotermalnej	327
5.8. Geotermia Uniejów	327
5.9. System wykorzystania niskotemperaturowej wody geotermalnej do celów ciepłowniczych i konsumpcyjnych w mieście Słomniki	328
5.10. Ciepłownia geotermalna w Stargardzie Szczecińskim	330
5.11. Plan wykorzystania energii geotermalnej w Polsce do roku 2030	330
6. Wnioski	331
7. Energia cieplna płytkich złóż geotermalnych	335
7.1. Właściwości gruntu	335
7.2. Metody badania gruntu	339
8. Pompy ciepła	340
8.1. Informacje ogólne dotyczące pomp ciepła	341
8.2. Budowa, zasada działania pompy ciepła	341
8.3. Ogólne warunki instalacji	343
9. Dobór pompy ciepła (WP) dla c.o. (systemu grzewczego)	346
9.1. Określenie OZC – dokładnie	346
9.2. Określenie OZC – w przybliżeniu	347
9.3. Przybliżony OZC wg wskaźników	347
9.4. Określenie systemu pracy układu grzewczego	348
9.5. System monowalentny	348
9.6. System biwalentny – alternatywny	349
9.7. System biwalentny – równoległy monoenergetyczny	349
9.8. System biwalentny – częściowo-równoległy	350
9.9. System grzewczy z pompą ciepła	350
10. Instalacje dolnego źródła ciepła WQA	351
10.1. Systemy powietrzne (powietrze/woda, powietrze/powietrze)	351
10.2. Systemy gruntowe poziome (solanka/woda)	354
10.3. Wymienniki gruntowe pionowe	361
10.4. Wody gruntowe	363
10.5. Wody geotermalne	364
10.6. Przykłady wykorzystania pomp ciepła w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym	364
10.6.1. Przemysł przetwórstwa mięsnego	365
10.6.2. Przemysł i przetwórstwo rolno-spożywcze	366
10.6.3. Ogrodnictwo i warzywnictwo	366
10.6.4. Zootechnika – odzysk ciepła	366
10.6.5. Rolnictwo	366
10.7. Charakterystyki pracy pomp ciepła	367
11. Górne źródło ciepła WNA	368
12. Wybrane przykłady urządzeń do instalacji pomp ciepła	369
12.1. Dolne źródło ciepła – grunt, instalacja solanka – woda	369

12.2. Gruntowe pompy ciepła, instalacja woda – woda	372
12.3. Pompa ciepła z bezpośrednim odparowaniem czynnika	373
12.4. Dolne źródło ciepła – powietrze zewnętrzne	377
12.5. Wybrane wyniki badań pompy ciepła powietrze-woda	379
12.6. Pompy ciepła na powietrze wentylacyjne	382
13. Aspekty ekonomiczne zastosowania pomp ciepła i porównanie ich z innymi instalacjami grzewczymi	386
14. Analiza porównawcza kosztów uzyskania ciepłej wody użytkowej, centralnego ogrzewania przez pompę ciepła spirytus – woda, piec gazowy	388
15. Sezonowy współczynnik efektywności SPF	390
16. Wizualizacja pracy instalacji z pompą ciepła	391
17. Absorpcyjne pompy ciepła	392
17.1. Zasada działania	392
17.2. Współpraca pompy ciepła z instalacją solarną, chłodzenie przez grzanie	393
18. Wady i zalety pomp ciepła	394
19. Podsumowanie zagadnień związanych z pompami ciepła	395
20. Instalacje nawiewno-wywiewne z rekuperatorem w budynkach pasywnych.	396
20.1. Charakterystyka budynków pasywnych.	396
20.2. Instalacje nawiewno-wywiewne, informacje ogólne	401
20.3. Budowa, zasada działania instalacji nawiewno-wywiewnej	401
20.4. Projekt wstępny budynku jednorodzinnego pasywnego	411
20.5. Analiza opłacalności budowy domu pasywnego zeroenergetycznego.	419
21. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii geotermalnej	419
22. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany	420

Rozdział III

ENERGIA WIATRU

1. Wstęp	423
2. Wiatr i jego zasoby energetyczne	424
2.1. Wpływ czynników środowiskowych	425
2.2. Róża wiatrów	426
2.3. Zasoby	428
2.4. Szorstkość terenu	429
3. Podstawa działania elektrowni wiatrowej	431
3.1. Podstawowe informacje o krzywej mocy.	431
3.2. Parametry pracy siłowni wiatrowych.	432
3.3. Silniki wiatrowe	433
3.4. Lokalne oddziaływanie energetyki wiatrowej	436
4. Budowa elektrowni wiatrowej	437
4.1. Metody regulacji mocy oddawanej przez elektrownie wiatrowe	439
4.1.1. Koncepcje pracy siłowni wiatrowej.	439
4.1.2. Regulacja ustawienia elektrowni w kierunku wiatru (Yaw Control).	439
4.1.3. Regulacja kąta ustawienia łopat (Active Pitch Regulation).	440
4.1.4. Regulacja przez zmianę prędkości obrotowej generatora	440
4.1.5. Regulacja przez zmianę obciążenia (Load Control)	441
4.1.6. Regulacja przez „przecignięcie” (Stall Regulation).	441
4.1.7. Regulacja lotkami łopat wirnika (Aileron Control).	441
4.2. Generatory	441
4.3. Krótka charakterystyka nowych konstrukcji elektrowni wiatrowych	443

5. Zainstalowana moc i sposób montażu, elektrowni wiatrowych	445
5.1. Wielkość mocy i energii, zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych w UE.	445
5.2. Sposób montażu konstrukcji elektrowni wiatrowych	447
6. Etapy realizacji inwestycji budowy elektrowni wiatrowej	449
6.1. Faza wstępna	449
6.2. Faza zbierania danych szczegółowych	450
6.3. Faza ekonomiczna	451
6.4. Faza realizacji inwestycji i opracowania projektu techniczno-prawnego i finansowego inwestycji	451
6.5. Struktura kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych w przypadku energetyki wiatrowej 200-500 kW – rok 2013	452
7. Rozmieszczenie elektrowni pracujących w Polsce.	453
7.1. Przeznaczenie pojedynczej elektrowni wiatrowej	454
7.1.1. Elektrownia wiatrowa V80	454
8. Optymalizacja warunków pracy silnika wiatrowego	455
9. Systemy sterowania w elektrowni wiatrowej	456
9.1. Sterowniki	456
9.2. Zdalne sterowanie	459
9.3. Sterowanie w małych elektrowniach wiatrowych	460
10. Małe elektrownie wiatrowe – charakterystyka	460
10.1. Elektrownia wiatrowa „Zefir-6” 5 kW	461
10.2. Turbina wiatrowa o mocy 1,5 kW	462
11. Wybrane wyniki badań, elektrowni wiatrowej ECO-H-1,5kW	463
12. Mikroelektrownie wiatrowe z pionową osią obrotu	466
13. Wybrane wyniki badań, małej elektrowni wiatrowej	470
14. Programy do symulacji pracy elektrowni wiatrowych	472
15. Podsumowanie	472
16. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii wiatru	475
17. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany	475

Rozdział IV

ENERGIA WODY

1. Wstęp	477
2. Parametry elektrowni wodnych	478
3. Rozwiązania konstrukcyjne elektrowni wodnych	479
3.1. Budowle hydrotechniczne, elementy elektrowni wodnych, urządzenia mechaniczne	479
3.2. Elektrownie zbiornikowe i przepływowe.	481
3.2.1. Elektrownie zbiornikowe – szczytowo-pompowe	482
3.2.2. Elektrownie wodne przepływowe	484
3.3. Wybrane przykłady.	485
3.3.1. Elektrownia Małomice	485
3.3.2. Elektrownia Solina	485
4. Mała energetyka wodna	486
5. Zasada działania i budowa turbin wodnych	488
5.1. Rozwiązania współczesne z turbinami Francisza	489
5.2. Współczesne rozwiązania z turbinami Kaplana	490
5.3. Rozwiązania z turbinami Peltona	491
6. Prądnice elektryczne	491

6.1. Budowa i zasada działania prądnic asynchronicznych (indukcyjnych)	492
6.2. Prądnice synchroniczne (hydrogeneratory), budowa zasada działania	495
7. Regulatory turbin wodnych	497
7.1. Elektrohydrauliczny regulator prędkości obrotowej turbiny lub jej mocy . .	498
7.2. Rodzaje automatyzacji procesów ruchowych w MEW	498
8. Procesy ruchowe w MEW	499
8.1. Zakres i stopień automatyzacji procesów rozruchowych	500
9. Sposoby automatyzacji procesów ruchowych MEW	502
9.1. Układ sterowania łopatek turbiny (USW)	502
9.2. Automatyczny regulator prędkości kątowej turbiny (ART)	502
9.3. Układ sterowania aparatu kierowniczego turbiny (USK)	502
9.4. Układ automatycznej regulacji napięcia prądnicy synchronicznej (ARN) . .	502
9.5. Automatyczny synchronizator prądnicy synchronicznej (ASG)	502
9.6. Układ automatycznego sterowania procesami rozruchowymi turbozespołu (USR)	503
9.7. Układ automatycznego sterowania procesami odstawiania turbozespołu (USO)	503
9.8. Układ automatycznej regulacji poziomu wody (ARP)	503
9.9. Auto operator (AOP)	504
9.10. Układ sterowania zamknięć wlotowych wody do turbiny (USZ)	504
9.11. Układ programujący pracę szczytową MEW (UPP)	504
9.12. Sterowanie prądnicami asynchronicznymi	504
10. Sposoby przekazywania napędu z turbiny na prądnice	504
10.1. Bezpośrednie sprzęgnięcie wału z prądnicą	504
10.2. Przekazywanie napędu przez przekładnie	505
10.3. Przekładnie pasowe	505
10.4. Przekładnie zębate	506
11. Pomocnicze wyposażenie mechaniczne	507
11.1. Kraty na ujęciach wody i ich czyszczenie	507
11.2. Zamknięcie dopływu wody do turbin	507
11.3. Wyposażanie budynków elektrowni w dźwignice	508
12. Systemy pracy, zabezpieczeń, pomiary w MEW	509
12.1. Zabezpieczenia bloków z prądnicami synchronicznymi i transformatorowymi o mocy do 5000 kVA	510
12.2. Zabezpieczenia prądnic asynchronicznych o mocy do 250 kVA i napięciu do 1000 V, zasilających bezpośrednio szyny zbiorcze	511
12.3. Zabezpieczenia bloków, prądnica asynchroniczna –transformator o mocy do 250 kVA	511
12.4. Zabezpieczenia turbozespołów	511
12.5. Ochrona przeciwporażeniowa	512
12.6. Ochrona od przepięć oraz instalacje piorunochronne	514
12.7. Ochrona przeciwpożarowa	515
12.8. Bezpieczeństwo wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych . . .	515
12.9. Udzielanie pierwszej pomocy osobom porażonym prądem elektrycznym .	515
12.10. Sygnalizacja zakłóceń pracy	515
12.11. Pomiary	516
12.12. Potrzeby własne elektrowni	517
12.13. Uziomy	518

13. Wybrane elementy dokumentacji małej elektrowni wodnej Zakopane – Olcza..	518
13.1. Opis techniczny, charakterystyka elektrowni.	518
14. Mikro elektrownie wodne.	522
15. Etapy realizacji inwestycji budowy elektrowni wodnych.	527
16. Podsumowanie	531
17. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii wody	532
18. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany . .	532

Rozdział V

ENERGIA BIOMASY

1. Pojęcie biomasy	535
2. Drewno, jako biopaliwo.	538
2.1. Wierzba energetyczna.	539
2.2. Gazyfikacja biomasy	541
2.3. Kotły do spalania drewna.	547
2.4. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne kotłów do spalania drewna	550
2.5. Kotły małej mocy	552
2.6. Piec MS	552
2.7. Kotły dużej mocy	553
2.8. Budowa małych kotłów zgazowujących drewno.	554
2.9. Kotły do spalania peletu.	555
3. Piec kominkowe.	555
3.1. Kominiek z płaszczem wodnym	555
3.2. Kominiek pracujący w systemie zintegrowanym	557
3.3. Ciepła woda z kominka	559
3.4. Montaż pieców kominkowych	560
3.5. Awaryjne zasilanie pompy	562
3.6. Wytyczne przed montażem turbokominka.	563
3.6.1. Wytyczne hydrauliczne	563
3.6.2. Podczas instalowania urządzenia należy zwrócić uwagę na:	563
3.6.3. Wytyczne przeciwpożarowe	564
3.6.4. Wskazówki eksploatacyjne	564
3.6.5. Dobór turbokominka	564
3.6.6. Paliwo	564
3.6.7. Zadania centralki sterującej.	565
3.6.8. Montaż przełącznika źródeł zasilania	565
3.6.9. Montaż zabezpieczenia termicznego.	565
4. Słoma, jako biopaliwo	565
4.1. Kotły do spalania słomy	566
4.2. Kotły małej mocy na słomę	568
4.3. Kotłownie średniej mocy	570
4.4. Kotłownie dużej mocy	570
4.5. Peletowanie słomy	570
4.6. Maszyny do produkcji brykietów ze słomy	571
4.7. Wnioski	573
5. Osady ściekowe (analog torfu) i kotły na osady ściekowe	575
6. Biogaz	576

6.1. Biogazownie rolnicze	578
6.2. Biogazownie rolnicze oparte na procesie fermentacji metanowej	579
6.3. Wybrane zagadnienia z analizy porównawczej opłacalności ekonomicznej, biogazowni rolniczej	584
6.4. Charakterystyka pierwszej biogazowni rolniczej działającej w Polsce	588
6.5. Mała biogazownia rolnicza	590
6.5.1. Struktura produkcji	590
6.5.2. Budowa biogazowni	591
6.5.3. Przewidywane ilości wykorzystywanych surowców, materiałów, paliw, wody oraz energii	591
6.5.4. Sposób gromadzenia, transportowania i magazynowania odpadów przeznaczonych do produkcji biogazu	591
6.5.5. Rozwiązania chroniące środowisko	592
6.5.6. Charakterystyka procesu technologicznego i instalacja	592
6.6. Wnioski dotyczące perspektyw rozwoju biogazowni rolniczych	596
7. Biogaz z oczyszczalni ścieków	598
7.1. Gospodarka energią elektryczną i ciepłem na przykładzie oczyszczalni ścieków „Kujawy” w Krakowie	598
7.2. Opis działania oczyszczalni	599
7.3. Wytwarzanie biogazu	599
7.4. Generatory zasilane biogazem	599
8. Biogaz wysypiskowy z odpadów	601
8.1. Elektrociepłownia biogazowa – wysypisko Barycz	604
9. Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej, ciepła i chłodu w oparciu o paliwa biogazowe – agregaty kogeneracyjne	607
9.1. Geneza	607
9.2. Zasada działania	607
9.3. Dobór agregatu	607
9.4. Wytwarzanie i sprzedaż chłodu w oparciu o ciepło z kogeneracji	608
9.5. Wynik ekonomiczny	609
9.6. Świadectwa pochodzenia dla CHP	610
9.7. Finansowanie	611
9.8. Turbiny gazowe Capstone	611
10. Wzbogacanie i oczyszczanie biogazu	614
10.1. Odsiarczanie biogazu – technologia	614
11. Główne zalety wykorzystania biogazu	615
12. Problemy wynikające z produkcji biogazu	615
13. Biopaliwa płynne	615
13.1. Bioetanol	617
13.2. Biodiesel	618
13.3. Biopłyny do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła	625
14. Współspalanie biomasy i paliw kopalnych	627
15. Elektrociepłownie wykorzystujące do spalania biomasę	630
16. Efekty ekonomiczne stosowania biomasy w energetyce	632
17. Możliwości produkcji energii z biomasy	632
18. Podsumowanie	634
19. Wymienniki do odzysku ciepła ze spalin (rekuperatory)	635
19.1. Przykłady zastosowań	636
19.2. Zasada działania rekuperatora EnergiQ	637
20. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii biomasy	639
21. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany	639

Rozdział VI

ENERGIA WODORU

1. Wykorzystywanie energii elektrycznej z fotoogniw, do elektrolizy wody	643
2. Ogniwa paliwowe (fuel cells)	643
3. Wyniki pomiarów uzyskane w laboratorium OZE w ZSE nr 1	645
4. Otrzymywanie wodoru	646
5. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii z wodoru	647
6. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany . . .	647
 Nauczyciele Izabela Góralczyk i Ryszard Tytko w czasie zajęć laboratoryjnych z uczniami ZSE nr 1 i studentami Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie.	 651
 Zdjęcia przedstawiające wyposażenie laboratorium w ZSE nr 1	 655
 Literatura.	 661