

# SPIS TREŚCI

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Od Wydawcy.....                                                                               | 11 |
| Od Autora .....                                                                               | 13 |
| Wstęp.....                                                                                    | 15 |
| <b>Rozdział 1. Słońce źródłem darmowej energii elektrycznej</b>                               |    |
| 1.1. System instalacji fotowoltaicznej i jego części składowe.....                            | 17 |
| 1.2. Rodzaje ogniw fotowoltaicznych .....                                                     | 19 |
| 1.2.1. Podział ogniw z uwagi na stopień uporządkowania struktury<br>krystalicznej krzemu..... | 20 |
| 1.2.2. Pierwsza generacja ogniw fotowoltaicznych.....                                         | 20 |
| 1.2.3. Druga generacja ogniw fotowoltaicznych .....                                           | 21 |
| 1.2.4. Ogniw trzeciej generacji .....                                                         | 22 |
| 1.2.5. Ogniw perowskitowe .....                                                               | 24 |
| 1.3. Jak powstaje energia elektryczna w ogniwie fotowoltaicznym.....                          | 28 |
| 1.4. Wymiary paneli fotowoltaicznych .....                                                    | 31 |
| 1.4.1. Waga paneli fotowoltaicznych.....                                                      | 32 |
| 1.5. Od czego zależy efektywność instalacji fotowoltaicznej .....                             | 34 |
| 1.5.1. Temperatura .....                                                                      | 35 |
| 1.5.2. Zacienienie.....                                                                       | 35 |
| 1.5.3. Nasłonecznienie.....                                                                   | 40 |
| 1.5.4. Warunki atmosferyczne .....                                                            | 41 |
| 1.5.5. Miejsce montażu paneli fotowoltaicznych .....                                          | 41 |
| 1.5.6. Orientacja domu względem stron świata.....                                             | 45 |
| 1.5.7. Łatwość dostępu .....                                                                  | 46 |
| 1.5.8. Okablowanie i połączenia przewodów .....                                               | 46 |

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.5.9. Niedopasowanie wydajności falownika .....                                      | 46        |
| 1.5.10. Wiek paneli fotowoltaicznych .....                                            | 47        |
| 1.5.11. Straty w systemie fotowoltaicznym.....                                        | 47        |
| 1.5.12. Sposoby łączenia paneli fotowoltaicznych.....                                 | 48        |
| <b>1.6. Moc nominalna paneli fotowoltaicznych i ich sprawność .....</b>               | <b>53</b> |
| 1.6.1. Tolerancja mocy paneli fotowoltaicznych .....                                  | 56        |
| <b>1.7. Dobór wielkości instalacji fotowoltaicznej dla domu.....</b>                  | <b>58</b> |
| 1.7.1. Dobór liczby paneli fotowoltaicznych.....                                      | 59        |
| <b>1.8. Systemy instalacji fotowoltaicznych .....</b>                                 | <b>60</b> |
| 1.8.1. System fotowoltaiczny wydzielony typu off-grid .....                           | 60        |
| 1.8.2. System fotowoltaiczny dołączony do sieci typu on-grid.....                     | 62        |
| 1.8.3. System fotowoltaiczny hybrydowy .....                                          | 64        |
| <b>1.9. Falowniki w instalacjach fotowoltaicznych w domach jednorodzinnych.....</b>   | <b>65</b> |
| <b>1.10. Zabezpieczenie instalacji fotowoltaicznej .....</b>                          | <b>68</b> |
| <b>1.11. Panele fotowoltaiczne a zagrożenie pożarem.....</b>                          | <b>69</b> |
| 1.11.1. Przyczyny pożaru instalacji fotowoltaicznej .....                             | 70        |
| 1.11.2. Przyczyny wystąpienia łuku elektrycznego<br>w instalacji fotowoltaicznej..... | 74        |
| 1.11.3. Jak uniknąć pożaru instalacji fotowoltaicznej .....                           | 75        |
| 1.11.4. Działania prewencyjne.....                                                    | 75        |
| 1.11.5. Postępowanie w przypadku pożaru instalacji fotowoltaicznej .....              | 78        |
| <b>1.12. Rozliczanie energii elektrycznej wytworzonej przez prosumentów .....</b>     | <b>79</b> |
| <b>1.13. Instalacja fotowoltaiczna – korzyści dla użytkowników .....</b>              | <b>80</b> |
| 1.13.1. Pierwszy przypadek – gospodarstwo domowe dwuosobowe.....                      | 81        |
| 1.13.2. Drugi przypadek – gospodarstwo domowe czteroosobowe .....                     | 84        |
| 1.13.3. Trzeci przypadek – zakład produkcyjny .....                                   | 88        |
| <b>1.14. Rachunek ekonomiczny.....</b>                                                | <b>93</b> |
| 1.14.1. Rachunek okresu zwrotu nakładów .....                                         | 93        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1.15. Fotowoltaika w obowiązującym systemie prawnym.....</b>              | <b>98</b>  |
| 1.15.1. Fotowoltaika w świetle nowych uwarunkowań<br>prawnych w 2022 r. .... | 99         |
| 1.15.2. Fotowoltaika w 2022 r. a rachunki za prąd.....                       | 101        |
| 1.15.3. Czynniki decydujące o wprowadzeniu zmian do fotowoltaiki.....        | 103        |
| <b>1.16. Instalacja fotowoltaiczna a pozwolenie na budowę .....</b>          | <b>104</b> |
| <b>1.17. Umowa z wykonawcą instalacji fotowoltaicznej .....</b>              | <b>104</b> |
| <b>1.18. Zalety instalacji fotowoltaicznej .....</b>                         | <b>105</b> |
| <b>1.19. Wady instalacji fotowoltaicznej .....</b>                           | <b>106</b> |
| <b>1.20. Inne zastosowanie paneli słonecznych w życiu codziennym .....</b>   | <b>107</b> |
| <br><b>Rozdział 2. Energia słoneczna źródłem ciepła dla domu</b>             |            |
| <b>2.1. Instalacja solarna i rodzaje kolektorów słonecznych .....</b>        | <b>115</b> |
| 2.1.1. Kolektory słoneczne – powietrzne .....                                | 116        |
| 2.1.2. Kolektor cieczowy płaski .....                                        | 117        |
| 2.1.3. Kolektory cieczowe próżniowe .....                                    | 118        |
| 2.1.4. Kolektory słoneczne skupiające .....                                  | 119        |
| <b>2.2. Miejsca montażu instalacji solarnej .....</b>                        | <b>120</b> |
| 2.2.1. Montaż kolektorów słonecznych nad połacią dachu .....                 | 122        |
| 2.2.2. Montaż kolektorów słonecznych w połaci dachu.....                     | 123        |
| <b>2.3. Podgrzewacze ciepłej wody w instalacjach solarnych .....</b>         | <b>126</b> |
| 2.3.1. Podgrzewacz monowalentny .....                                        | 126        |
| 2.3.2. Podgrzewacz biwalentny .....                                          | 127        |
| 2.3.3. Podgrzewacz multiwalentny .....                                       | 128        |
| <b>2.4. Warianty instalacji solarnej .....</b>                               | <b>128</b> |
| 2.4.1. Instalacja z podgrzewaczem wody z jedną węzownią.....                 | 129        |
| 2.4.2. Instalacja z zasobnikiem biwalentnym .....                            | 130        |
| 2.4.3. Instalacja z zasobnikiem monowalentnym i wymiennikiem ciepła.....     | 131        |
| 2.4.4. Instalacja do ogrzewania wody basenowej.....                          | 132        |

|                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>2.5. Układy kolektorów słonecznych w instalacjach solarnych .....</b>                     | <b>134</b> |
| 2.5.1. Kolektor solarny z wymiennikiem harfowym .....                                        | 134        |
| 2.5.2. Kolektor solarny z wymiennikiem harfowym dzielonym .....                              | 135        |
| 2.5.3. Kolektor solarny z wymiennikiem meandrycznym .....                                    | 136        |
| 2.5.4. Kolektor z wymiennikiem meandrycznym odwróconym .....                                 | 137        |
| 2.5.5. Układ szeregowy kolektorów słonecznych .....                                          | 138        |
| 2.5.6. Układ równoległy kolektorów słonecznych .....                                         | 140        |
| 2.5.7. Połączenie równoległe większej liczby kolektorów słonecznych ...                      | 142        |
| 2.5.8. Połączenie równoległe kolektorów słonecznych<br>o różnych powierzchniach .....        | 143        |
| 2.5.9. Układ szeregowo-równoległy kolektorów słonecznych .....                               | 144        |
| 2.5.10. Niestandardowe układy połączeń kolektorów słonecznych .....                          | 146        |
| <b>2.6. Wielkość układu solarnego .....</b>                                                  | <b>148</b> |
| 2.6.1. Nieszacowanie układu solarnego .....                                                  | 149        |
| 2.6.2. Przewymiarowanie układu solarnego .....                                               | 149        |
| <b>2.7. Dobór kolektorów słonecznych do systemu solarnego .....</b>                          | <b>150</b> |
| 2.7.1. Ustalenie wielkości kolektora słonecznego .....                                       | 152        |
| 2.7.2. Wyznaczenie wymaganej wielkości powierzchni<br>absorbera oraz liczby kolektorów ..... | 153        |
| 2.7.3. Wyznaczenie pojemności zasobnika ciepłej wody .....                                   | 157        |
| <b>2.8. Zabezpieczenie instalacji ciepłej wody przed poparzeniem .....</b>                   | <b>157</b> |
| <b>2.9. Błędy podczas montażu i uruchamiania instalacji solarnej .....</b>                   | <b>159</b> |
| <b>2.10. Opłacalność instalacji solarnej a alternatywne rozwiązania .....</b>                | <b>164</b> |
| 2.10.1. Teoretyczny zwrot nakładów inwestycyjnych instalacji solarnej ...                    | 166        |
| 2.10.2. Instalacja solarna a konwencjonalne źródła energii .....                             | 166        |
| <b>2.11. Zalety i wady instalacji solarnej .....</b>                                         | <b>170</b> |

## Rozdział 3. Pompy ciepła

|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3.1. Budowa pompy ciepła.....</b>                                                              | <b>175</b> |
| <b>3.2. Zasada działania pompy ciepła.....</b>                                                    | <b>176</b> |
| <b>3.3. Rodzaje pomp ciepła.....</b>                                                              | <b>179</b> |
| 3.3.1. Układy pracy pomp ciepła.....                                                              | 181        |
| <b>3.4. Efektywność pomp ciepła.....</b>                                                          | <b>182</b> |
| <b>3.5. Dolne źródło ciepła.....</b>                                                              | <b>184</b> |
| 3.5.1. Powietrze .....                                                                            | 187        |
| 3.5.2. Grunt.....                                                                                 | 189        |
| 3.5.3. Woda gruntowa.....                                                                         | 197        |
| 3.5.4. Wody powierzchniowe .....                                                                  | 198        |
| 3.5.5. Ciepło ze ścieków.....                                                                     | 199        |
| <b>3.6. Górne źródło ciepła.....</b>                                                              | <b>202</b> |
| 3.6.1. Ciepła woda użytkowa.....                                                                  | 202        |
| 3.6.2. Ogrzewanie podłogowe .....                                                                 | 204        |
| 3.6.3. Ogrzewanie ścienne .....                                                                   | 206        |
| 3.6.4. Ogrzewanie sufitowe .....                                                                  | 207        |
| 3.6.5. Klimakonwektor .....                                                                       | 208        |
| 3.6.6. Grzejniki niskotemperaturowe .....                                                         | 209        |
| <b>3.7. Problemy w pracy systemu grzewczego z pompą ciepła .....</b>                              | <b>210</b> |
| 3.7.1. Błędy na etapie projektowania systemu .....                                                | 211        |
| 3.7.2. Błędy montażowe .....                                                                      | 213        |
| 3.7.3. Błędy eksploatacyjne.....                                                                  | 216        |
| <b>3.8. Zalety instalacji z pompami ciepła .....</b>                                              | <b>217</b> |
| <b>3.9. Wady instalacji z pompami ciepła .....</b>                                                | <b>218</b> |
| <b>3.10. Koszty ogrzewania budynków pompą ciepła na tle innych<br/>    metod ogrzewania .....</b> | <b>219</b> |
| 3.10.1. Roczne zapotrzebowanie energetyczne budynku .....                                         | 219        |
| 3.10.2. Koszty ogrzewania budynków różnymi metodami .....                                         | 220        |

|                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Zakończenie .....</b>                                                           | <b>229</b> |
| <b>Bibliografia .....</b>                                                          | <b>231</b> |
| <b>Słownik pojęć.....</b>                                                          | <b>239</b> |
| <b>Wykaz rysunków, fotografii i tabel .....</b>                                    | <b>261</b> |
| <b>Reklamy książek</b>                                                             |            |
| <i>Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.....</i> | <b>16</b>  |
| <i>Nowoczesne budynki energoefektywne .....</i>                                    | <b>174</b> |
| <i>Kompendium podstaw budownictwa energoefektywnego.....</i>                       | <b>228</b> |