

# Spis treści

|   |            |
|---|------------|
| <b>1. WPROWADZENIE . . . . .</b>  | <b>5</b>   |
| 1.1. Uzasadnienie, cele oraz pytania badawcze . . . . .   | 5          |
| 1.2. Zakres pracy, metodyka i organizacja badań. . . . .  | 10         |
| 1.3. Struktura monografii i logika wyводу . . . . .   | 13         |
| <b>2. BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE: DEFINICJE,<br/>WYMIARY, MIERNIKI I OPERACJONALIZACJA . . . . .</b>                               | <b>16</b>  |
| 2.1. Definicje i perspektywy interpretacyjne . . . . .  | 16         |
| 2.2. Uwarunkowania transformacji (globalne/UE/PL): polityka,<br>klimat, rynek, ryzyka dostaw. . . . .                               | 31         |
| 2.3. OZE w strategiach bezpieczeństwa energetycznego: rola, bariery<br>integracji, odporność systemu. . . . .                       | 44         |
| 2.4. Technologie PV a efektywność: generacje, materiały,<br>mikrostruktura, degradacja i magazynowanie . . . . .                    | 58         |
| 2.5. AI w energetyce i PV: metody, dane, zastosowania . . . . .   | 81         |
| 2.6. Synteza badań i zidentyfikowane luki – uzasadnienie wkładu<br>własnego . . . . .   | 92         |
| <b>3. METODOLOGIA BADAŃ . . . . .</b>   | <b>110</b> |
| 3.1. Projekt badawczy: cele, pytania/hipotezy, model badawczy<br>i założenia . . . . .  | 110        |
| 3.2. Metody analizy strategicznej i scenariuszowej. . . . .   | 115        |
| 3.3. Metody badań technologicznych PV (zakres pomiarów,<br>charakterystyka materiałów, parametry efektywności) . . . . .            | 125        |
| 3.4. Metody AI i sposób integracji wyników. . . . .   | 131        |
| <b>4. FOTOWOLTAIKA W POLITYCE I STRATEGIACH<br/>BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYCZNEGO . . . . .</b>   | <b>139</b> |
| 4.1. Analiza porównawcza (Polska – UE – świat): miejsce PV/OZE<br>w politykach i strategiach bezpieczeństwa energetycznego. . . . . | 139        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.2. Instrumenty i mechanizmy wpływu na bezpieczeństwo (regulacje, rynek, ryzyka, odporność, elastyczność systemu) . . . . . | 148        |
| 4.3. Wnioski strategiczne dla roli PV/OZE w długim horyzoncie . . . . .  | 159        |
| <b>5. TECHNOLOGIE PV ORAZ AI W ZARZĄDZANIU OZE: EFEKTYWNOŚĆ, PROGNOZOWANIE I STEROWANIE . . .</b>                            | <b>163</b> |
| 5.1. Technologie PV: generacje/materiały/mikrostruktura a sprawność i niezawodność . . . . .                                 | 163        |
| 5.2. Dane i metody AI dla PV/OZE: przygotowanie danych, walidacja, metryki jakości . . . . .                                 | 173        |
| 5.3. Prognozowanie generacji PV i zapotrzebowania: modele i wyniki porównawcze . . . . .                                     | 178        |
| 5.4. Optymalizacja i sterowanie PV-magazyn-sieć: strategie, kryteria, implikacje dla bezpieczeństwa . . . . .                | 183        |
| <b>6. AUTORSKIE MODELE I KONCEPCJE ROZWOJU PV WSPIERANEJ AI . . . . .</b>  | <b>192</b> |
| 6.1. Autorski model prognostyczny generacji PV oparty na sieciach neuronowych . . . . .                                      | 192        |
| 6.2. Model optymalizacji pracy układu PV-magazyn . . . . .   | 201        |
| 6.3. Koncepcja inteligentnej infrastruktury PV dla bezpieczeństwa energetycznego . . . . .                                   | 213        |
| <b>7. ANALIZA SCENARIUSZOWA: PV (I AI) A BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE. . . . .</b>  | <b>223</b> |
| 7.1. Założenia i metodyka scenariuszy . . . . .  | 223        |
| 7.2. Porównanie scenariuszy: wrażliwość, ograniczenia, wnioski dla strategii i polityk . . . . .                             | 248        |
| <b>8. SYNTEZA, WNIOSKI I REKOMENDACJE . . . . .</b>  | <b>255</b> |
| 8.1. Synteza wyników i weryfikacja celów / pytania badawcze . . . . .  | 255        |
| 8.2. Rekomendacje strategiczne i wdrożeniowe . . . . .   | 261        |
| 8.3. Ograniczenia pracy i kierunki dalszych badań . . . . .  | 267        |
| <b>LITERATURA . . . . .</b>  | <b>269</b> |
| <b>SPIS RYSUNKÓW . . . . .</b>   | <b>290</b> |
| <b>SPIS TABEL . . . . .</b>  | <b>292</b> |
| <b>WYKAZ SKRÓTÓW I SYMBOLI . . . . .</b>   | <b>294</b> |