



## **Michał Zabłocki**

Sektor konwencjonalnych i odnawialnych źródeł energii w Polsce. Uwarunkowania i problemy rozwoju

The sector of conventional and renewable energy sources in Poland. Conditions and problems of development

**Praca doktorska**

Promotor: prof. dr hab. Waldemar Czernasty

Pracę przyjęto dnia: .....

Podpis Promotora

Poznań 2021

## Spis treści

<b>Wstęp .....</b>	<b>5</b>
<b>Rozdział 1. Energetyka odnawialna w świetle idei zrównoważonego rozwoju .....</b>	<b>11</b>
1.1. Podstawy konceptualne zrównoważonego rozwoju .....	11
1.2. Sektor energetyki odnawialnej jako subsystem zrównoważonej gospodarki... 21	
1.3. Ekonomiczne, społeczne i środowiskowe przesłanki inwestycji w OZE .....	29
<b>Rozdział 2. Polityka klimatyczno-energetyczna Unii Europejskiej w aspekcie regulacji prawnych .....</b>	<b>38</b>
2.1. Regulacje prawne wobec zmian klimatu i norm środowiskowych .....	39
2.2. Legislacyjne uregulowania integracji wewnętrznego rynku energii w ramach krajów Wspólnoty.....	55
2.3. Realizacja koncepcji unii energetycznej przez kraje członkowskie do 2020 roku w świetle wprowadzonych regulacji prawnych.....	64
<b>Rozdział 3. Sektor energetyczny w Polsce na tle wybranych krajów Unii Europejskiej - stan i ewolucja.....</b>	<b>72</b>
3.1. Metodyka badań.....	72
3.2. Analiza porównawcza sektora energetycznego w państwach Unii Europejskiej .....	80
3.3. Syntetyczny wskaźnik kultury energetycznej .....	84
3.4. Badanie podobieństwa struktur sektora energetycznego w krajach unijnych..	86
3.5. Analiza dynamiki struktury produkcji energii elektrycznej .....	97
<b>Rozdział 4. Stan wiedzy na temat efektywności sektora elektrycznego w krajach UE i jej determinant, w aspekcie rozwoju zrównoważonego .....</b>	<b>105</b>
4.1. Systematyczny przegląd literatury - opis metody .....	106
4.2. Zakres dotychczasowych badań .....	107
4.3. Sposoby operacjonalizacji efektywności sektora energetycznego w ujęciu efekt-nakład .....	110
4.4. Ekonometryczne narzędzia pomiaru efektywności .....	113
4.5. Przegląd determinant efektywności sektora energetycznego w krajach UE..	116

4.6. Efektywność polskiego sektora energetycznego na tle innych krajów UE - meta-analiza .....	121
<b>Rozdział 5. Próba kwantyfikacji efektywności produkcji energii w krajach UE w ujęciu ekonomicznym, społecznym i środowiskowym .....</b>	<b>127</b>
5.1. Metodyka pomiaru efektywności ekonomicznej z uwzględnieniem czynników społecznych i środowiskowych.....	130
5.2. Nakłady i efekty produkcji energii w krajach UE .....	135
5.3. Statyczny obraz efektywności wytwarzania energii .....	140
5.4. Produktywność wytwarzania energii - ujęcie dynamiczne .....	145
5.5. Czynniki produktywności wytwarzania energii .....	147
<b>Rozdział 6. Perspektywa biznesowa rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem zakładów geotermalnych .....</b>	<b>158</b>
6.1. Wydolność i możliwości rozwoju konwencjonalnych źródeł energii .....	158
6.2. Zalety i wady energetyki odnawialnej.....	168
6.3. Perspektywy rozwoju energetyki geotermalnej w Polsce.....	171
6.4. Zastosowana metoda badawcza .....	177
6.5. Modele biznesowe zakładów geotermalnych .....	183
6.5.1. Model przemysłowy (Stargard).....	186
Pozytywne efekty rozbudowy Geotermii .....	192
6.5.2. Model przemysłowo-społeczny (Poddębice i Mszczonów).....	196
6.5.2.1. Geotermia w Poddębicach.....	196
6.5.2.2. Wykorzystanie geotermii w Mszczonowie.....	201
6.6. Inne, wybrane modele biznesowe w energetyce proekologicznej.....	209
6.6.1. Biogazownia rolnicza w Piaszcznie .....	209
6.6.2. Kogeneracja (Piła).....	215
<b>Podsumowanie .....</b>	<b>221</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>229</b>
<b>Aneks 1 .....</b>	<b>255</b>

<b>Aneks 2 .....</b>	<b>256</b>
<b>Spis rysunków .....</b>	<b>258</b>
<b>Spis tabel .....</b>	<b>261</b>
<b>Summary.....</b>	<b>264</b>

## Wstęp

Tematyka dalszych perspektyw rozwoju sektora energetycznego w Polsce przebija się coraz silniej do świadomości społecznej. Kwestia strategii energetycznej kraju dotyka w coraz większym stopniu przeciętnego obywatela, chociażby ze względu na rosnące ceny energii. Zgodnie z danymi Eurostat [2021], w drugim kwartale 2020 roku w Polsce odnotowano niemal 10% wzrost cen energii elektrycznej, względem analogicznego okresu roku poprzedniego. Wzrost ten wiązać można ze skokowym podwyższeniem cen uprawnień do emisji dwutlenku węgla, do poziomu 50 euro za tonę w kwietniu 2021, wobec ceny 20 euro z kwietnia 2020. Uprawnienia te stanowią ważny element kształtujący ceny energii w Polsce, co stanowi konsekwencję dotychczasowej strategii energetycznej, opartej na wysokoemisyjnych paliwach kopalnych - węgla kamiennym i brunatnym. Choć wzrosty te noszą znamiona bańki spekulacyjnej, to długookresowy trend wzrostowy jest niezależny od krótkoterminowych wahań, a zatem potencjalne spekulacje nie powinny stanowić wymówki dla tematu transformacji energetycznej [Torchała 2021].

Dotychczasowe reformy w zakresie sektora energetycznego w znacznym stopniu wstrzymywane były ze względu na polityczną i społeczną uciążliwość decyzji o odchodzeniu od energetyki opartej na węglu. Zgodnie z teorią interesów grupowych Olsona [1965], mało liczne<sup>1</sup>, lecz dobrze zorganizowane lobby górnicze jest w stanie skutecznie wywierać nacisk i opóźniać proces transformacji energetycznej. W ostatnim czasie nastąpił jednak przełom. 28 kwietnia 2021 podpisana została umowa społeczna pomiędzy związkami zawodowymi i rządem, dotycząca likwidacji wydobywania węgla energetycznego na Śląsku do roku 2049 [Ministerstwo Aktywów Państwowych 2021]. Porozumienie to stanowi bezprecedensową szansę, ale również wyzwanie dla sektora energetycznego, który z jednej strony będzie odciążany z kosztów wspierania nierentownej działalności górniczej<sup>2</sup> z drugiej zaś zmuszony będzie do zastępowania dotychczasowych technologii węglowych alternatywnymi źródłami energii.

---

1 Wg oceny Instytutu Badań Strukturalnych [Sokołowski et. al. 2021] w Polsce w górnictwie węgla kamiennego zatrudnionych jest 83 tys. osób, a kolejne 63 tys. pracuje w spółkach produkujących głównie węgiel kamienny energetyczny.

2 Koszty te dobrze obrazuje powołanie do życia spółki Polska Grupa Górnicza, która przejęła aktywa i zobowiązania bankrutującej Kompanii Węglowej, głównie kopalnie węgla kamiennego. Głównymi akcjonariuszami spółki zostały koncerny energetyczne - PGNiG, PGE, Energa i Enea. Za zmianą struktury własnościowej nie poszła jednak restrukturyzacja kosztów, w tym nieefektywnego systemu wynagradzania. Nieprawidłowości przy szacowaniu wartości majątku i jego amortyzacji doprowadziły natomiast do braku możliwości rzetelnej oceny sytuacji finansowanej spółki [Naczelna Izba Kontroli 2020]. O ile w latach 2016-2019 dobra koniunktura i rosnące ceny węgla pozwoliły na stabilne jej funkcjonowanie, o tyle w 2020 zanotowała ona stratę rzędu 2 mld zł. Całe polskie górnictwo przyniosło zaś w 2020 r. 4,3 mld zł strat, co związane było ze spadkiem popytu i cen. Ten pierwszy częściowo tłumaczyć można pandemią COVID-19, to długookresowe trendy wskazują na spadek popytu na krajowy węgiel ze względu na wzrost importu energii elektrycznej z powodu wzrostu krajowych cen, większą produkcję energii ze źródeł odnawialnych, zwłaszcza wiatru i fotowoltaiki oraz ograniczanie zużycia węgla w gospodarstwach domowych w związku z walką ze smogiem. Dodatkowo, węgiel wydobywany w Polsce jest niekonkurencyjny cenowo na rynkach globalnych, co nie rodzi dużych szans na utrzymanie popytu. [Górnictwo przyniosło...]

Zgodnie z opublikowaną w lutym 2021 polityką energetyczną Polski do 2040 r. [Ministerstwo Klimatu i Środowiska 2021], państwo stawia na zmniejszenie emisyjności sektora energetycznego poprzez „wdrożenie energetyki jądrowej i energetyki wiatrowej na morzu, zwiększenie roli energetyki rozproszonej i obywatelskiej przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego poprzez przejściowe stosowanie technologii energetycznej opartych m.in. na paliwach gazowych”. Choć za pozytywny uznać należy fakt uchwalenia strategii, co nie udawało się przez ostatnich 8 lat, a także jednoznaczną deklarację dotyczącą odchodzenia od energetyki węglowej, to opinie na temat planu są jednak podzielone. Zarzuca się mu m.in. zbyt optymistyczne podejście do jednoczesnego inwestowania w energetykę atomową i morskie elektrownie wiatrowe, niedoszacowany potencjał rozwoju fotowoltaiki, a przede wszystkim „zbyt wolne tempo rozwoju OZE w latach 2021–2030, spowoduje wzrost cen energii, utrudni rozwój elektromobilności i elektryfikacji ciepłownictwa, a przede wszystkim uniemożliwi dalszy spadek emisji do atmosfery zgodnie z celami UE.” [Wiśniewski 2021]

Niniejsza praca wpisuje się w toczącą się obecnie intensywnie dyskusję i odpowiada na coraz większe zainteresowanie szerokiej opinii publicznej tematami transformacji energetycznej. Opracowanie stanowi próbę obiektywnego, popartego analizą ekonometryczną, opisu pozycji polskiego sektora energetycznego na tle innych państw UE. Wartość dodaną w tym obszarze stanowi rozszerzenie klasycznych miar efektywności ekonomicznej o elementy środowiskowego i społecznego oddziaływania sektora energetycznego. Analiza ekonometryczna wzbogacona zostaje o elementy analizy jakościowej, obejmującej studium przypadku wybranych inwestycji w odnawialne źródła energii, zrealizowanych w ostatnich latach w Polsce. Wartość dodaną pracy w tym zakresie wiązać należy z odniesieniem od przykładów inwestycji geotermalnych, które w kontekście Polski są rzadko analizowane, pomimo znacznego potencjału kraju w tym obszarze.

Głównym celem pracy jest ocena stanu i zmian sektora energetycznego w Polsce i jej determinant, na tle innych krajów UE w latach 2007-2017, rozszerzona o identyfikację perspektyw inwestycji w odnawialne źródła energii w Polsce. Realizacja celu głównego ma charakter poznawczy i aplikacyjny. Umożliwia pogłębienie wiedzy na temat funkcjonowania sektora energetycznego jako działu gospodarki narodowej, w aspekcie przyczyn zróżnicowania w efektywności wykorzystania zasobów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych. Jednocześnie pozwala lepiej zrozumieć mechanizmy realizacji inwestycji energetycznych w Polsce. W warstwie aplikacyjnej, konkluzje badań pozwalają sformułować ocenę i rekomendacje dla realizowanej w Polsce polityki energetycznej. Wykonaniu celu głównego sprzyja osiągnięcie szeregu celów szczegółowych:

- umiejscowienie badań w teorii ekonomii, w szczególności w kontekście ekonomii zrównoważonego rozwoju, środowiska i zasobów naturalnych;
- identyfikacja otoczenia prawnego sektora energetycznego;

- ustalenie stanu i dynamiki struktury wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej, w Polsce i innych krajach UE oraz ocena jej przez pryzmat kultury energetycznej krajów;
- określenie stanu wiedzy na temat efektywności i produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE, ze szczególnym uwzględnieniem Polski, w kontekście nakładów, efektów oraz determinant tego procesu;
- zbadanie efektywności sektora energetycznego Polski i krajów UE w wymiarze ekonomicznym, środowiskowym i społecznym a także produktywności całkowitej oraz determinant jej zmian;
- określenie perspektyw różnych rodzajów przedsięwzięć inwestycyjnych w sektorze energetycznym w Polsce.

W odniesieniu do badań zawartych w empirycznej części pracy sformułowano 3 hipotezy, wsparte 4 hipotezami pomocniczymi. Zostały one wyszczególnione na rys. 1.

Badania empiryczne zostały poprzedzone analizą literatury przedmiotu w obrębie zagadnień takich jak koncepcja zrównoważonego rozwoju i jej ewolucja, odnawialne źródła energii, polityka energetyczna i klimatyczna Unii Europejskiej, empirycznych analiz efektywności i produktywności sektora energetycznego krajów UE oraz determinant tych wartości. Wśród przywoływanych pozycji znajdują się zarówno źródła zagraniczne, publikowane w języku angielskim, jak i piśmiennictwo krajowe. Obecność pierwszej z grup związana jest z przyjęciem krajów UE jako tła do analizy sektora energetycznego w Polsce. Literatura krajowa wykorzystana została głównie do analizy studium przypadku inwestycji w odnawialne źródła energii realizowanych w Polsce. W analizie piśmiennictwa wykorzystano również narzędzia systematycznego przeglądu literatury, w szczególności metodę „kuli śniegowej”, a także metaanalizy.

W pracy tej wykorzystano szereg metod statystycznych i ekonometrycznych. Do opisu stanu sektora energetycznego w Polsce na tle krajów UE zastosowano testy statystyczne (Grubbsa, Shapiro-Wilka) oraz statystyczne miary struktury. Przy konstrukcji syntetycznego wskaźnika kultury energetycznej wykorzystano metodę TOPSIS-CRITIC. W badaniu podobieństwa struktury produkcji energii wykorzystano grupowanie metodą Warda wraz ze wskaźnikami jego jakości oraz nieparametryczne testy na różnicę średnich (Kruskala-Wallisa i Dunn'a). Badanie dynamiki struktur wykonane zostało zgodnie z metodami statystycznej analizy struktury. Dla ustalenia efektywności sektora energetycznego w krajach UE wykorzystano metodę analizy obwiedni danych (ang. Data Envelopment Analysis, DEA), a do określenia dynamiki całkowitej produktywności zasobów (ang. Total Factor Productivity, TFP) posłużono się indeksem Malmquista-Luenbergera. Determinanty zmian produktywności określone zostały z wykorzystaniem regresji panelowej.

H1: Struktura produkcji energii elektrycznej w Polsce upodabnia się do struktury przeciętnej dla krajów Unii Europejskiej.

H2: Uwzględnienie w badaniach środowiskowych i społecznych efektów działalności sektora energetycznego zmieni pozycję Polski w rankingu efektywności.

H2.1: Uwzględnienie efektów środowiskowych pogorszy pozycję Polski w rankingu efektywności sektora energetycznego krajów UE.

H2.2: Uwzględnienie efektów społecznych poprawi pozycję Polski w rankingu efektywności sektora energetycznego krajów UE.

H3: Zwiększanie udziału odnawialnych źródeł energii w miksie energetycznym państw unijnych jest istotnie powiązane z dynamiką produktywności sektora energetycznego.

H3.1: Zwiększanie udziału odnawialnych źródeł energii w miksie energetycznym krajów UE związane jest ze pogorszeniem produktywności ekonomicznej sektora energetycznego.

H3.2: Zwiększanie udziału odnawialnych źródeł energii w miksie energetycznym państw unijnych związane jest z poprawą produktywności ekonomiczno-środowiskowej sektora energetycznego.

**Rys. nr 1. Hipotezy badawcze**

*Źródło: opracowanie własne*

Wykorzystane w opracowaniu dane pochodzą z zasobów Eurostat. Dotyczą one 28 krajów UE w latach 1990-2017, choć na poszczególnych etapach badania próba ta była zmniejszana ze względu na braki informacji. W szczególności posługiwano się danymi z Bilansów Energetycznych, Rachunku Emisji Gazów Ciepłarnianych oraz pojedynczymi zmiennymi z innych kategorii. Szczegółowe informacje na temat danych zawarte zostały w Aneksie do pracy. Baza Eurostat stanowi najlepsze źródło zharmonizowanych danych statystycznych opisujących sektor energetyczny wszystkich krajów Unii Europejskiej. W częściach empirycznych pracy wykorzystano pakiety statystyczne „plm” i „DJL”, funkcjonujące w języku R oraz pakiet statystyczno-ekonometryczny Statistica 12. Obliczenia pomocnicze, wstępne przygotowanie danych oraz analizy struktury wykonano w programie Microsoft Excel.

Praca składa się z sześciu rozdziałów, wstępu, podsumowania i aneksu. Jej układ odzwierciedla strukturę celów badawczych, służących weryfikacji stawianych hipotez (rys. 2.)

W pierwszym z rozdziałów przedstawiony został teoretyczny kontekst realizowanych badań. Opisana została teoria zrównoważonego rozwoju, w szczególności jej ewolucja i coraz szersza implementacja w różnorodnych dokumentach strategicznych i aktach prawnych. Szczególnie dużo miejsca było poświęcone energetyce odnawialnej jako swoistej implementacji zasad zrównoważonego rozwoju w sektorze energetycznym. Przybliżone zostały sposoby pozyskania energii ze źródeł odnawialnych, które stanowią w dużej mierze



istotę pracy. Omówiono również przesłanki i korzyści płynące z implementacji odnawialnych źródeł energii w Polsce.

Rozdział drugi został poświęcony aspektom prawnym dotyczącym zrównoważonego rozwoju sektora energetycznego w UE. Opisane w nim zostały główne priorytety polityki energetycznej UE takie jak ekologizacja, zwiększenie bezpieczeństwa dostaw i poprawa efektywności energetycznej oraz sposoby wdrażania tych celów na przestrzeni lat, w szczególności zaś w ramach strategii Unii Energetycznej.

W rozdziale trzecim przeanalizowany zostaje stan i dynamika struktur wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej w UE, ze szczególnym uwzględnieniem zróżnicowania miksu energetycznego oraz poziomu kultury energetycznej. Polska przedstawiona została na tle pozostałych krajów UE, co doprowadziło do wskazania krajów o najbardziej zbliżonej i najbardziej odmiennej strukturze oraz do oceny „jakości” polskiego miksu energetycznego przez pryzmat wskaźników kultury energetycznej oraz wskaźnika syntetycznego. W końcu analiza dynamiki struktur pozwoliła zweryfikować hipotezę o konwergencji strukturalnej (H1).

Rozdział czwarty syntetyzuje stan wiedzy na temat efektywności sektora energetycznego krajów UE. Przedstawione zostały badania, których przegląd stanowi z jednej strony pomoc przy specyfikacji modelu empirycznego, z drugiej zaś pozwala zidentyfikować lukę badawczą. Przeanalizowano pozycję Polski w dotychczas sporządzanych rankingach oraz wpływ na nią różnic w specyfikacji modeli efektywności i produktywności.

Piąta część pracy to główny rozdział empiryczny, zawierający oszacowania efektywności i produktywności sektora energetycznego w wymiarach ekonomicznym, ekonomicznym i społecznym, ekonomicznym i środowiskowym oraz we wszystkich trzech wymiarach. Określone zostały źródła nieefektywności oraz przedstawiona dekompozycja indeksu produktywności, a także zaprezentowano jej determinanty. W końcu to w tym rozdziale zostały zweryfikowane hipotezy badawcze dotyczące determinant pozycji Polski w rankingu efektywności (H2) oraz determinant poprawy produktywności (H3), wraz z hipotezami pomocniczymi.

Zwieńczenie pracy stanowi rozdział szósty, w którym dotychczasową perspektywę makroekonomiczną wzbogacono podejściem mikroekonomicznym. Analizie poddano szereg przedsięwzięć biznesowych związanych z inwestycjami w proekologiczne źródła energii, które zostały zrealizowane w Polsce. Szczególną uwagę poświęcono energetyce geotermalnej. Dodatkowo perspektywy biznesowe tego typu przedsięwzięć zostały zestawione z oceną możliwości dalszego rozwoju energetyki opartej na węglu. Przeanalizowane także wady i zalety poszczególnych rozwiązań. Dodatkowo inwestycje zostały usystematyzowane zgodnie z ich modelem biznesowym.

<b>Umiejscowienie badań w teorii ekonomii - rozdział I</b>						
koncepcja zrównoważonego rozwoju			odnawialne źródła energii			
geneza	ewolucja	cele	wiatr	słońce	woda	geotermia
			biomasa	biogaz	biopaliwa	plywy
przesłanki inwestycji w OZE						
ekonomiczne		społeczne		środowiskowe		

<b>Identyfikacja otoczenia prawnego sektora energetycznego - rozdział II</b>						
ochrona klimatu i środowiska			integracja rynku energii		bezpieczeństwo i efektywność	
ewolucja	uzasadnienie	cele	narzędzia	ewolucja	cele	wdrażanie
Unia Energetyczna						

<b>Ustalenie stanu i dynamiki struktury wytwarzania energii w krajach UE - rozdział III</b>			
wskaźniki kultury energetycznej			
intensywność emisji gazów cieplarnianych	energochłonność	udział odnawialnych źródeł energii	sprawność przetwarzania energii
wskaźnik syntetyczny metodą TOPSIS-CRITIC			
badanie podobieństwa struktur			
produkcja energii elektrycznej - wszystkie źródła oraz źródła odnawialne		produkcja energii elektrycznej - wszystkie źródła oraz źródła odnawialne	
analiza skupień	badanie istotności różnic	analiza skupień	badanie istotności różnic
badanie dynamiki struktur produkcji energii elektrycznej ( <i>weryfikacja empiryczna H1</i> )			
rozbieżność dynamiki	monotoniczność		zbieżność

<b>Określenie stanu wiedzy na temat efektywności i produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE - rozdział IV</b>			
ujednoczenie pojęć			
systematyczny przegląd literatury – identyfikacja luki badawczej			
zakres dotychczasowych badań	nakłady i efekty	metody pomiaru	determinanty
pozycja Polski na tle UE - metaanaliza			
zbieżność wyników	przeciętna pozycja kraju		determinanty pozycji Polski

<b>Zbadanie efektywności sektora energetycznego Polski i krajów UE - rozdział V</b>			
dobór nakładów, efektów i specyfikacji modelu		statystyczny opis próby badawczej	
pomiar i dekompozycja efektywności - analiza statyczna ( <i>weryfikacja empiryczna H2</i> )			
wymiar ekonomiczny, społeczny i środowiskowy	wymiar ekonomiczny i środowiskowy	wymiar ekonomiczny i społeczny	wymiar ekonomiczny
pomiar i dekompozycja produktywności – analiza dynamiczna			
dekompozycja wg przyczyn		dekompozycja wg wymiarów	
określenie determinant produktywności ( <i>weryfikacja empiryczna H3</i> )			
wymiar ekonomiczny, społeczny i środowiskowy	wymiar ekonomiczny i środowiskowy	wymiar ekonomiczny i społeczny	wymiar ekonomiczny

<b>Określenie perspektyw różnych rodzajów przedsięwzięć inwestycyjnych w sektorze energetycznym w Polsce - rozdział VI</b>				
przedstawienie zalet i wad rozwiązań alternatywnych				
konwencjonalne źródła energii		odnawialne źródła energii		
analiza studium przypadku inwestycji w odnawialne źródła energii				
modele biznesowe energetyki geotermalnej		pozostałe		
przemysłowy	przemysłowo-społeczny		biogaz	kogeneracja
Stargard	Poddębice	Mszczonów	Piaszczyzna	Piła

Rys. nr 2. Ideogram badań

Źródło: opracowanie własne

## Rozdział 1. Energetyka odnawialna w świetle idei zrównoważonego rozwoju

### 1.1. Podstawy konceptualne zrównoważonego rozwoju

Efekt bardzo dynamicznego rozwoju gospodarczego w wielu krajach rozwiniętych, dokonującego się w drugiej połowie XX wieku znalazł swoje odzwierciedlenie w istotnym wzroście dobrobytu ekonomicznego oraz społecznego, m.in. poprzez szeroki dostęp do poszczególnych czynników produkcji - ziemi, pracy, kapitału oraz zasobów naturalnych. Następstwem tego stanowiło pojawienie się w wielu krajach, w innych zaś pogłębienie szeregu niekorzystnych rezultatów, które m.in. wiązać należy z degradacją środowiska naturalnego będącą wyrazem nadmiernego korzystania z zasobów nieodnawialnych. Wyprzedzając dalsze rozważania podkreślić należy, że kwestie środowiskowe mają wymiar ponadnarodowy, a ujemne efekty zanieczyszczenia powietrza w jednym z państw znajdują odbicie w wielu innych krajach; stanowi to efekt niedostatecznej internacjonalizacji kosztów zewnętrznych [Pondel 2013, s.15, Rogall 2010, s.24].

W toczących się dyskusjach zwolenników nurtu neoliberalnego oraz interwencjonizmu państwowego uzasadnienie znalazło wykorzystanie w pewnych warunkach funkcji regulacyjnej państwa. Wśród argumentów wskazujących na potrzebę jej stosowania wymienia się m.in. konieczność tworzenia regulacji prawnych, występowanie w gospodarce różnorodnych tzw. skutków zewnętrznych czy też generujące szereg kontrowersji działania państwa dotyczące redystrybucji dochodów. Nie chodzi zatem o rozstrzygnięcie kwestii państwo czy rynek, a o efekt synergii pomiędzy nimi [Jabłoński 2012 s. 91, Stiglitz 2004, s.18].

W literaturze przedmiotu podkreśla się, że podmioty gospodarcze oraz społeczeństwo w sposób elastyczny potrafią dostosować swoje oczekiwania i działania do polityki państwa, wykorzystując różnorodne korzyści z tego płynące. W konsekwencji przyczyniać może się ona do zrównoważonego rozwoju gospodarczego. Zarazem polityka ta może minimalizować niekorzystne oddziaływania danych sektorów na środowisko, jeżeli jej wpływ jest ukierunkowany na realizację tego celu w tych sektorach, co również przyczynia się do zrównoważonego rozwoju gospodarczego. Cel taki stawiany jest m. in. w sektorze energetycznym poszczególnych krajów Unii Europejskiej i całego kontynentu [Smędzik-Ambroży 2018, s. 55]. Problemy te zostaną szeroko zaprezentowane w kolejnych częściach rozprawy.

Pojęcie rozwoju zrównoważonego pochodzi od angielskiego terminu „sustainable development” i charakteryzuje się coraz większą popularnością, od lat używane jest w literaturze, aktach prawnych czy dokumentach strategicznych. Jednak w niektórych opracowaniach naukowych publikowanych w języku polskim wyraz „sustainable” jest różnie tłumaczony nie tylko jako „zrównoważony” ale „trwały”, „sustensywny”, „samopodtrzymujący się”, „zintegrowany”, generując tym samym pewne komplikacje dla naukowców

zainteresowanych tą tematyką. Mając tego świadomość w niniejszej pracy termin „sustainable development” będzie stosowany w najpowszechniejszym ujęciu, czyli jako „rozwój zrównoważony”.

Istota koncepcji rozwoju zrównoważonego, choć wydaje się dość zrozumiała, to już próby jego zdefiniowania i dokładnej interpretacji stanowią przedmiot ostrej dyskusji. Na przykład Słodowa-Hełpa [2010], zauważa, że w polskiej literaturze przedmiotu występuje co najmniej kilkadziesiąt, zaś w światowej kilkaset definicji zrównoważonego rozwoju. Stanowi to wynik zarówno złożoności, jak i dokonującej się ciągle ewolucji w zakresie optyki na omawianą kategorię ekonomiczną [Staniszewski, Czyżewski 2019, s. 33].

Koncepcja idei zrównoważonego rozwoju została sformułowana na II Sesji Zarządzającego Programu Ochrony Środowiska ONZ w 1975 roku. Wskazuje ona na „taki przebieg nieuchronnego i pożądanego rozwoju gospodarczego, który nie naruszałby w sposób nieodwracalny środowiska życia człowieka i nie prowadziły do degradacji biosfery, który nie godziłby w prawa przyrody, ekonomii i kultury” [Fiut 2006, s.36].

Nie oznacza to jednak, iż w okresie wcześniejszym nie zauważano kwestii nierównoważenia się rozwoju gospodarczego świata. Na przykład Raport Klubu Rzymskiego zainicjował w 1972 r. rozważania dotyczące potrzeby zmiany podejścia do ciągłego wzrostu gospodarczego, konsumpcjonizmu oraz dostrzegania znaczenia procesów reprodukcji przyrody w działalności gospodarczej. Pożądany kierunek gospodarki światowej określono jako „zrównoważony bez możliwości niekontrolowanego rozpadu”. Wspomniany Raport stanowił efektem obaw o ekologiczną i ekonomiczną stabilność naszej planety, będących rezultatem zmian zachodzących w świadomości mieszkańców krajów uprzemysłowionych w latach 60-tych i 70-tych ubiegłego wieku.

Bardzo istotne rozstrzygnięcia odnośnie koncepcji trwałego i zrównoważonego rozwoju zostały sformułowane w Raporcie Światowej Komisji ds. Środowiska i Rozwoju ONZ w 1987 roku. Jest ona często określana jako Komisja Brundtlanda od nazwiska jej przewodniczącej, Harlem Brundtland. W Raporcie podkreśla się, iż zrównoważony rozwój to taki ...„który zaspokaja potrzeby obecnych generacji, bez zmniejszania szans przyszłych pokoleń do zaspokojenia ich potrzeb” [Brundtland Report 1987]. Definicja powyższa stanowi często podstawę do określania omawianego terminu, pomimo dość syntetycznej jego interpretacji, którą sprowadzić można przede wszystkim do następujących stwierdzeń:

- obecnie żyjący powodują zobowiązania wobec przyszłych pokoleń,
- zrównoważenie powinno być postrzegane nie jak stan, lecz jako proces [Kaphengst 2014, s.3].

Interpretacja ta, w której zrównoważony rozwój traktowany jest w sensie procesu wyznacza, jak można wnioskować nie tylko sprawiedliwe zaspokajanie potrzeb w krótkim okresie, lecz także o wiele głębszą jej koncepcję - mianowicie międzypokoleniową i umiejętność myślenia

bez pokoleniowego egoizmu. Zatem główny akcent położony został na międzypokoleniowy wymiar zaspokajania potrzeb i trwały jego charakter.

Podejście takie stanowiło podstawę do innowacyjnej prezentacji tego pojęcia w ujęciu teoretycznym. Zmieniała się optyka na interpretację rozwoju zrównoważonego; niemniej wyeksponować można wspólne elementy prezentowanych w literaturze definicji. Wielu autorów łączyło omawianie pojęcie z określonym modelem, wzorcem czy programem rozwojowym. W ocenie T. Borysa obecnie zwiększa się świadomość postrzegania rozwoju zrównoważonego jako ładu zintegrowanego i układu docelowego nowego paradygmatu rozwoju [Borys 2016, s.87-88]. Już w 1989 roku D. Beurce, A. Markandyga i E. Berber [1989, s. 123-130] podkreślali, iż rozwój zrównoważony obejmuje tworzenie systemu społeczno-gospodarczego, który zapewni wsparcie dla wielu celów, których syntetycznym odzwierciedleniem jest poprawa jakości życia.

W podobnym duchu wypowiada się A. Niedek [1991] podkreślając, iż rozwój zrównoważony to taki rozwój społeczno-gospodarczy, który implikuje poszanowanie zasobów przyrodniczych i opiera się na rachunku sozoeconomicznym, który wyzwala działania m. in. na rzecz, stanowiącego przedmiot rozważań w pracy, sektora nieodnawialnej i odnawialnej energii. Ciekawe ujęcie rozwoju zrównoważonego, w omawianym kontekście traktowanego jako programu rozwojowego znaleźć można w pracy P. Desputa [2007], który wskazuje, iż zgodnie z tym programem przeciętny dobrobyt obecnych i przyszłych pokoleń wziętych razem nie ulega zmniejszeniu w czasie. Z kolei R. Ciegis [2008] sugeruje wprost, iż funkcjonujący obecnie model rozwoju należy zastąpić odmiennym modelem, który byłby w stanie zapewnić rozwój zrównoważony, będący podstawą społeczeństwa dobrobytu.

Często, w definicjach eksponowanych w literaturze przedmiotu, szczególnie podkreślona jest stabilność, trwałość i ciągłość rozwoju zrównoważonego. Na przykład A. Czyżewski [2015] postuluje wprost zastąpienie nazwy tego rozwoju na trwale zrównoważony. Już w 1987 roku R. Goodland i G. Ledenc podkreślali, że rozwój zrównoważony optymalizuje bieżące korzyści ekonomiczne i społecznie bez zagrożenia dla możliwości osiągnięcia takich korzyści w przyszłości; ma zatem charakter ciągły i trwały. Kwestie te wyeksponowane zostały także w pracy B. Piontek [2002], która wskazała, że istotą rozwoju zrównoważonego, a zarazem trwałego jest zapewnienie stałej poprawy jakości życia współczesnych i przyszłych pokoleń poprzez kształtowanie właściwych proporcji między trzema rodzajami kapitału: ekonomicznym, ludzkim i przyrodniczym.

Ciągle poszukiwanie harmonii pomiędzy wymienionymi kategoriami - gospodarką, społeczeństwem i środowiskiem przyrodniczym - jest często eksponowane w definicjach proponowanych przez badaczy zrównoważonego rozwoju. T. Borys [2010] podkreśla, że stanowi on ład zintegrowany, czyli jest swoistą grą w korzystaniu ze wszystkich kapitałów (gospodarczego, przyrodniczego i ludzkiego). Na rozwój tychże kapitałów gwarantujący im

pozostanie w stanie wzajemnej harmonii w taki sposób, który w pełni chroni bioróżnorodność wskazuje M. Burchard-Dziubińska [1994]. Wymiar ekonomiczny rozwoju zrównoważonego opiera się na założeniu, że dwa pozostałe łady tego rozwoju tzn. społeczny i ekologiczny nie są hamulcami postępu, tylko jego stymulatorami - jak podkreśla E. Mazur-Wierzbicka [2006, s. 317-328]. Zauważa zarazem, iż skupianie się na celach środowiskowych nie może znajdować odzwierciedlenia w niepożądanym zmniejszaniu tempa wzrostu gospodarczego, poszerzaniu marginesu ubóstwa, rodzeniu nowych napięć społecznych. Idea zrównoważonego rozwoju nie jest bowiem sprzeczna - jak zauważa autorka - ze wzrostem dobrobytu, lecz uwypukla konieczność optymalizacji gospodarki odnoszącej się m.in. do jakościowej (duchowej) sfery życia człowieka i minimalizowaniu negatywnego wpływu działań gospodarczych na środowisko.

Podobne opinie często eksponowane są w literaturze przedmiotu. Podkreśla się w nich, iż realizacja koncepcji zrównoważonego rozwoju zależy z jednej strony od zrozumienia, iż sam rozwój gospodarczy nie jest wystarczający dla rozwiązania problemów społeczeństw i zaspokajania ich potrzeb, zwłaszcza, gdy dotyczą one jakości życia, z drugiej zaś od zdolności rozumienia przez czynniki polityczne od lokalnego do globalnego, że istnieje potrzeba holistycznego zrównoważonego ujmowania trzech aspektów rozwoju: społecznego, ekonomicznego i ekologicznego [Giovannini, Luster M. 2005, Biegańska, Ciuła, 2011].

Tak rozumiane podejście do rozwoju zrównoważonego, szczególnie w jego wskazanej wyżej podstawowej definicji sformułowanej w Deklaracji Brundtland, budzi wśród niektórych ekonomistów zajmujących się tą tematyką szereg zastrzeżeń. Na przykład M. Redclift [2005, s. 213-214] podkreśla, iż nie uwzględniony został w niej problem ewaluacji potrzeb wraz z rozwojem gospodarczym; innymi słowy - czy podejmowane obecnie działania w zakresie zrównoważonego rozwoju rzeczywiście pozwalają na zaspokojenie przyszłych potrzeb. Istotna wydaje się również wątpliwość nie uwzględniająca w wymienionej wyżej definicji zróżnicowania potrzeb w ujęciu przestrzennym. Z pewnością omawiane zrównoważenie jest ważne dla mieszkańców poszczególnych państw, lecz optyka na nie może być odmienna w każdym z krajów. Problematyczna, jak zauważają J. Staniszewski i A. Czyżewski [2019, s.35] „...staje się sytuacja, kiedy w wyniku różnic w postrzeganiu zrównoważenia, działania podejmowane w celu jego osiągnięcia są przeciwstawne”. Poza tym definicje rozwoju zrównoważonego stanowią rezultat wizji naukowych, nie zawsze zgodnych z jego rozumieniem przez społeczeństwo.

Poza powyższymi uwagami odnoszącymi się do interpretacji badanego problemu, w którym szczególnie eksponowane są, jak podkreślano powyżej, trzy łady rozwoju zrównoważonego - ekonomiczny, społeczny i środowiskowy - pojawia się pytanie o ich wagę. Czy rzeczywiście należy je traktować jednakowo? W rzeczywistości badawczej zdecydowanie słabiej jest postrzegany aspekt społeczny. Poza tym, jak zauważa się w literaturze przedmiotu

[Buckwell i in. 2014, s. 30-31], ważny jest poziom globalny, krajowy, regionalny czy lokalny, sądzić należy, iż różna skala pomiaru generować może odmienne wyniki badawcze.

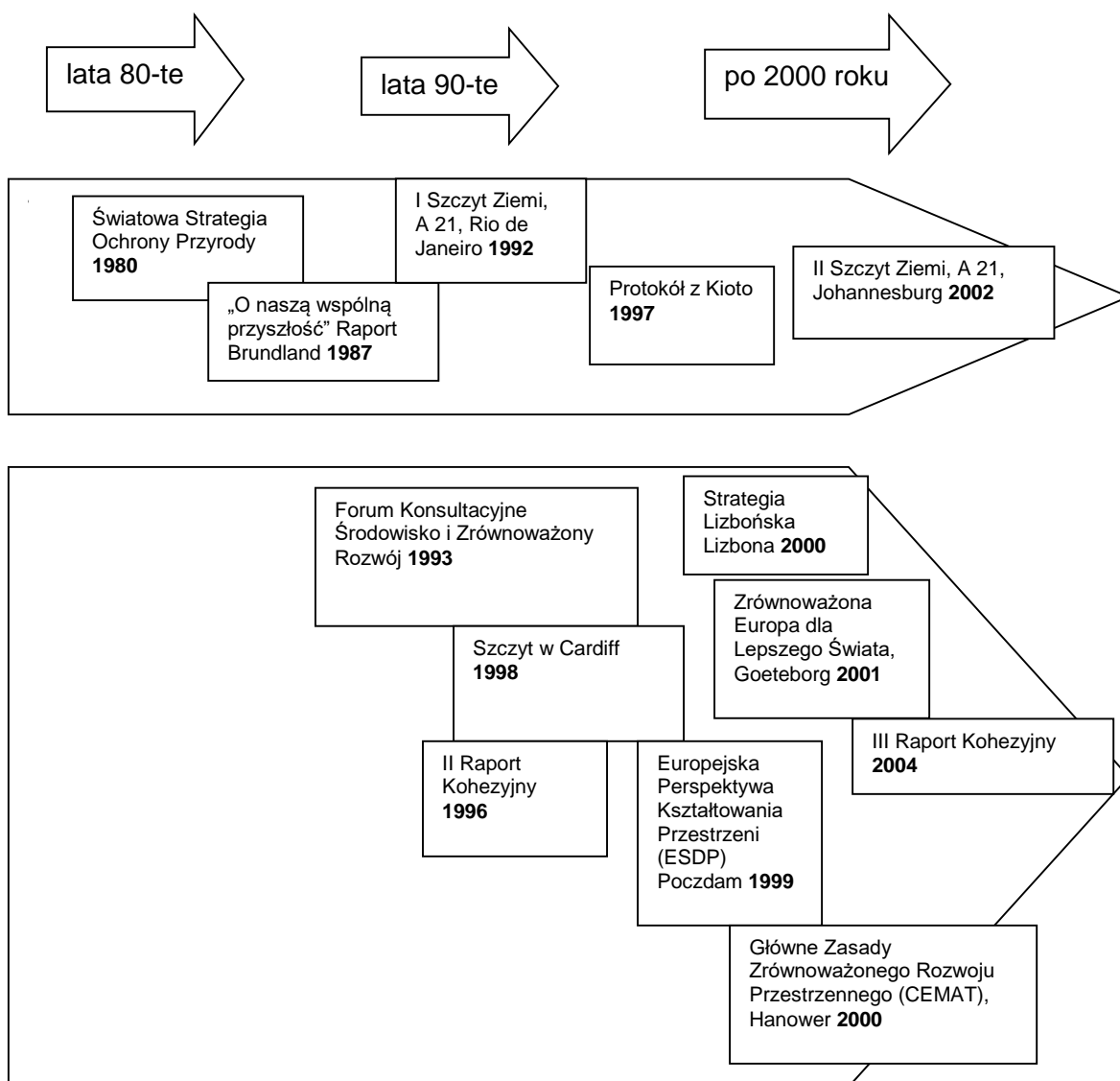
Pomimo podnoszonych w literaturze przedmiotu ważnych poznawczo uwag, pojęcie rozwoju zrównoważonego znalazło swoje miejsce i dotychczas jest eksponowane w różnych dokumentach strategicznych o zasięgu międzynarodowym, krajowym, regionalnym i lokalnym [Borys 2011, s.76]. Dalsze rozwijanie idei po wspomnianym już wyżej Raporcie Brundtland z 1987 roku szczególnie uwidocznione zostało na Szczytach Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 roku i w Johannesburgu w 2002 roku. Bardzo ważnym dokumentem międzynarodowym odniesionym do badanego problemu uzgodnionym w wymienionych Szczytach, jest Agenda 21<sup>3</sup>. Prezentuje ona m.in. sposób opracowania i wdrażania programów zrównoważonego rozwoju. Najważniejsze cele wizji tego rozwoju odnieść należy do definicji wskazującej, iż należy go traktować jako rozwój gospodarczy i społeczny, który zapewni zaspokojenie potrzeb współczesnej generacji, bez ryzyka, że przyszłe pokolenia nie będą mogły zaspokoić swoich potrzeb, pozwalających na wybór stylu życia [Tuziak 2010, s. 39-49].

Dążenie do realizowania tych celów wymaga m.in. dopasowania się do nich, będącej przedmiotem dalszych rozważań, polityki energetycznej, a także rolnej i handlowej. Stwierdzić zatem należy, iż Agenda 21 stanowiła plan działania na rzecz rozwoju w XXI wieku i korelowała postanowienia negocjacyjne na szczeblu globalnym z programami wykonawczymi realizowanymi na poziomach krajowych i lokalnych. W rzeczywistości nie wystąpiła konwersja działań w tym zakresie, realizowanych w różnych państwach. Wyraz tego stanowią istotne różnice w realizacji założeń programowych Agendy 21, w krajach rozwijających się (kraje Ameryki Południowej, większość krajów Azji) oraz będących na wysokim poziomie uprzemysłowienia (np. Japonia, Kanada, Australia czy kraje skandynawskie). Zostaje ono dość istotnie zneutralizowane poprzez skuteczne działania mające na celu poprawę kapitału naturalnego w krajach określanych jako rozwijające się.

Kolejny ze Światowych Szczytów ONZ, jak już wskazano wyżej, dotyczących Zrównoważonego Rozwoju miał miejsce w Johannesburgu w 2002 roku. Jego rezultatem była przyjęta Deklaracja, poruszająca szereg kwestii dotyczących m.in. harmonizacji kapitałów, sprawiedliwości międzypokoleniowej, współdziałania na rzecz środowiska, zarządzania zasobami naturalnymi [szerzej zob. L. Hens, B. Nath 2003, s.7-39]. Obok wskazanych programów ONZ, Programu Narodów Zjednoczonych d.s. Rozwoju (UNDP), dążenia do realizacji tego celu zostały w pełni przyjęte i zaakceptowane przez instytucje Unii Europejskiej.

---

3 Agenda 21 stanowi kompleksowy dokument programowy i plan działań w zakresie wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju. Zawiera ona dla różnych organizacji na poziomie globalnym, krajowym i lokalnym wytyczne działań we wszystkich obszarach, w których aktywność człowieka wpływa na środowisko. Jak już w tekście zauważono Agendę 21 przyjęto w 1992 roku podczas Konferencji „Środowisko i Rozwój” w Rio de Janeiro (United Nations Department of Economics and Social Affairs).



**Rys. nr 3. „Kamienie milowe” rozwoju zrównoważonego na świecie i w Europie**

Źródło: Toczyski 2004, s. 3

W 1997 roku pojęcie zrównoważonego rozwoju zostało potraktowane jako znaczące, wprost podstawowe wyzwanie dla Unii Europejskiej i zostało wyeksponowane w Traktacie w Amsterdamie, jako nadrzędny cel polityki unijnej [Komisja Europejska 1997, s. 7 i 24]. Konsekwencją tego było sformułowanie przez Unię Europejską w 2001 roku Strategii Zrównoważonego Rozwoju i zastosowanie jej długoterminowych ekonomicznych zachowań odnośnie do rozwoju wśród wszystkich krajów unijnych. Wskazywano w niej m.in. polepszenie warunków życia ludności w krajach członkowskich UE oraz wzrost funkcjonowania przyszłych pokoleń (w sensie ekonomicznym, społecznym i przyrodniczym). Ważne poznawczo i praktycznie było wskazanie w omawianej strategii najistotniejszych sfer działań; zaliczono do nich:



- 1) ograniczenie zmian klimatu i jego konsekwencji wynikających z Protokołu z Kioto w sprawie rozwoju środowiska,
- 2) pozytywne wpłynięcie na zmiany klimatu w oparciu o europejską strategię zakładającą ograniczenie negatywnych skutków transportu,
- 3) zmniejszenie dysproporcji regionalnych w obszarze zrównoważenia,
- 4) promowanie zrównoważonych metod wytwarzania oraz konsumpcji,
- 5) zrównoważone zarządzanie zasobami naturalnymi, poprawę wartości usług ekosystemowych, a także zatrzymanie zaniku różnorodności biologicznej,
- 6) stymulowanie działań dotyczących eliminacji podstawowych zagrożeń związanych z bezpieczeństwem i jakością żywienia, mogących stanowić zagrożenie dla zdrowia publicznego, a także
- 7) działań związanych z walką z ubóstwem czy wykluczeniem społecznym.

Wymienione płaszczyzny Strategii Zrównoważonego Rozwoju, wskazane przez Komisję Europejską w 2001 roku zostały wyeksponowane we wskazaniach Rady Europejskiej w Goeteborgu [czerwiec 2001 r.], a zarazem stały się podstawą do deklaracji Unii Europejskiej, na wskazanym już wyżej, Światowym Szczycie Zrównoważonego Rozwoju w RPA [Dyrekcja Generalna ds. Środowiska Komisji Europejskiej 2015].

Obecnie podstawowym, w omawianych kwestiach dokumentem zatwierdzonym przez Radę Europejską jest „Europa 2020 - strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu”; przyjęta przez Radę w 2010 roku. Stanowi ona wyraz wcześniej określonych przez Komisję priorytetów rozwojowych zrzeszonych w niej krajów, a zarazem potwierdzenie, iż cele i priorytety odnoszące się do zrównoważonego rozwoju wskazane już w 2001 roku są ciągle aktualne i wymagają skutecznych działań w zakresie ich realizacji [szerzej zob. Dyrekcja Generalna ds. Środowiska Komisji Europejskiej 2015].

W konsekwencji w wymienionej strategii określone zostały powiązane ze sobą priorytety, które stanowić powinny obraz europejskiej społecznej gospodarki rynkowej w XXI wieku. Zarazem wyeksponowane zostały parametry pomiaru jej zrealizowania do 2020 roku. Wśród nich wskazano na potrzebę osiągnięcia w zakresie klimatu i energii celu określonego jako 20/20/20. W uproszczonej interpretacji jego sens odnieść należy do zmniejszenia do 2020 roku całkowitej emisji gazów przez kraje unijne o co najmniej 20 procent w stosunku do 1990 roku oraz zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym o 20 procent do 2020 roku. Zdaniem Komisji Europejskiej cel ten jest ważny dla każdego państwa członkowskiego, bez względu na jego unijny staż czy poziom rozwoju gospodarczego. Stąd w następnych częściach pracy wskazane zostanie zaangażowanie Polski w rozpowszechnianie idei rozwoju odnawialnych źródeł energii, bardziej przyjaznej nie tylko środowisku naturalnemu i jego nieodwracalnej eksploatacji; także pozostałym, wskazanym wyżej elementom

makrosystemu - ładu gospodarczemu oraz społecznemu. Przecież koncepcja zrównoważonego rozwoju wskazuje na ograniczoność zasobów naturalnych, które determinują trwałość zarówno rozwoju ekonomicznego, jak i społecznego. Zatem zrównoważony rozwój w odniesieniu do podnoszonych w dalszych częściach pracy problemów, traktować należy jako nie generujący w żadnym wymiarze i aspekcie zmniejszenia zasobów przyrodniczych sensu largo, ale pozwalający czy wręcz gwarantujący utrzymanie ich dotychczasowego - ilościowego i jakościowego - stanu [Biegańska, Ciuła 2011, s.53].

Paradygmat zrównoważonego rozwoju wpisany został jako jedna z zasad ustrojowych do artykułu 5 uchwalonej w 1997 roku Konstytucji RP<sup>4</sup>. W kontekście tematu niniejszej rozprawy podkreślono w niej, iż kierowanie się zasadą zrównoważonego rozwoju oznacza między innymi dążenie do:

- zachowania możliwości odtwarzania się zasobów naturalnych,
- racjonalnego użytkowania zasobów nieodnawialnych i zastępowania ich substytutami,
- zapewnienie obywatelom bezpieczeństwa ekologicznego, a podmiotom gospodarczym warunków do uczciwej konkurencji w dostępie do ograniczonych zasobów, a także zapewnienie ochrony i racjonalnego kształtowania środowiska stanowiącego dobro ogólnonarodowe... itd.

Wynika stąd potrzeba, jak można wnioskować, stosowania zasady „zarządzania procesami produkcji przez środowisko” obejmującej m.in. szerokie wykorzystanie w gospodarce odnawialnych źródeł energii, czy ciągłą kontrolę i redukcję zużycia zasobów naturalnych [szerzej zob. Lipińska 2008, s.72]. Pojęcie zrównoważonego rozwoju zaprezentowane zostało także w ustawie z 27 kwietnia 2001 roku - Prawo ochrony środowiska [Dz. U. z 2001 r. nr 62, poz. 627 z późn.zm.]. W zapisie artykułu 2 pkt 50 tej ustawy wskazano, iż rozwój zrównoważony „...to taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń”.

Już wcześniej, bo w 2000 roku rząd przyjął długookresową strategię trwałego i zrównoważonego rozwoju Polska 2025. Określono w niej główne założenia zrównoważonego rozwoju w planowaniu przestrzennym, strategiach regionalnych, a także w poszczególnych branżach: rolnictwie, leśnictwie, gospodarce wodnej oraz w przemyśle, transporcie i komunikacji.

---

<sup>4</sup> Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 roku uchwalona przez Zgromadzenie Narodowe 2 kwietnia 1997 roku, przyjęta przez Naród w referendum konstytucyjnym 25 maja 1997 roku. [Dz. U. z 1997 roku nr 78 poz. 483].

Wspomnieć również należy o dokumentach: Polityka ekologiczna państwa oraz Długookresowa Strategia trwałego i zrównoważonego rozwoju Polska 2025 [Rada Ministrów, 1991]. Pierwszy z nich przyjęty został w roku 1991. Określono w nim wyraźnie kierunek rozwoju Polski jako trwały i zrównoważony, który zakłada, że ochrona środowiska, wzrost ekonomiczny i rozwój człowieka są od siebie zależne i kształtują się wzajemnie<sup>5</sup>. Drugi z dokumentów wytycza horyzont czasowy do 2025 roku, w którym należy przyjąć takie środki, które umożliwią zaspokojenie potrzeb obecnych i przyszłych pokoleń, bez naruszania harmonii przyrody, spełniając warunek społecznej zasadności i akceptacji ekonomicznej efektywności oraz ekologicznej racjonalności<sup>6</sup>. Wskazanie konstytucyjne oraz zaprezentowane w wielu aktach prawnych odniesienia do zrównoważonego rozwoju przekonują o potrzebie utrzymania równowagi, jak już wyżej podkreślono w makrosystemie: społeczeństwo-gospodarka-środowisko. Równowaga ta stanowi przedmiot ekonomii zrównoważonego rozwoju, w odróżnieniu od ekonomii głównego nurtu czy instytucjonalnej (badającej instytucjonalne uwarunkowania gospodarki). Według B. Poskrobko [2012] omawiana ekonomia musi obejmować znacznie szerszy obszar zainteresowania, a nie tylko kategorie związane z rynkiem i jego funkcjonowaniem, jak to czyni ekonomia głównego nurtu. Zatem powinna się koncentrować także na związkach między gospodarką i środowiskiem przyrodniczym jako wyznacznikami poziomu życia człowieka i miejscem realizacji działań ekonomicznych oraz na powiązaniach gospodarki, społeczeństwa i środowiska. Niezbędne jest przy tym bezpośrednio zaangażowanie się ekonomii rozwoju w zachodzące w czasie i przestrzeni procesy gospodarcze, społeczne i przyrodnicze - zarówno w odniesieniu do dóbr zbywalnych, jak i niezbywalnych.

Podsumowanie rozważań odniesionych do idei rozwoju zrównoważonego, poprzez szczegółową prezentację jego celów na wyróżnionych wcześniej płaszczyznach środowiskowej, ekonomicznej i społecznej zawiera tabela 1. Wykaz rozpoczęto od najważniejszej w kontekście tematu pracy płaszczyzny - środowiskowej, bowiem w teorii rozwoju zrównoważonego szeroko rozumiana ograniczoność zasobów oraz ich jakość zdają się odgrywać wyjątkową rolę.

---

5 Uchwała Sejmu w sprawie polityki ekologicznej, Monitor Polski 59/1991 poz. 510

6 Podobne interpretacje odnoszone do zrównoważonego rozwoju Polski zamieszczone są m.in. w Uchwale Sejmu w sprawie polityki zrównoważonego rozwoju, Monitor Polski nr 4/1995 poz. 47, Uchwale Senatu w sprawie polityki ekologicznej, Monitor Polski nr. 59/1994, poz. 510, czy w Ustawie z dnia 29 sierpnia 1997 roku, o zmianie ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska, Dz.U. nr 133/1997, poz. 885

**Tabela 1. Szczegółowe cele zrównoważonego rozwoju rozpatrywane na wybranych płaszczyznach**

Płaszczyzna	Ważniejsze cele
środowiskowa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ochrona atmosfery, krajobrazu, lasów, gleb i wód;</li> <li>• zachowanie bioróżnorodności i terenów o wysokiej wartości przyrodniczej;</li> <li>• świadome i odpowiedzialne wykorzystanie zasobów nieodnawialnych, przede wszystkim zaś odnawialnych;</li> <li>• redukcja emisji gazów cieplarnianych i ograniczenie degradacji środowiska;</li> <li>• właściwe z punktu widzenia ochrony środowiska lokowanie działalności gospodarczej (działalności produkcyjnej, przetwórczej);</li> <li>• promowanie stosowania energii ze źródeł odnawialnych;</li> <li>• kontrola źródeł pozyskiwania surowców do produkcji bioenergii w tym biopaliw ciekłych;</li> <li>• racjonalne gospodarowanie odpadami;</li> <li>• życie w zdrowych warunkach;</li> </ul>
ekonomiczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stabilność gospodarki narodowej;</li> <li>• stosowanie najlepszych modeli wytwarzania;</li> <li>• samowystarczalność (w różnych dziedzinach gospodarki np. w rolnictwie, energetyce);</li> <li>• zaspokajanie podstawowych potrzeb przez zrównoważone produkty;</li> <li>• redukcja lub eliminacja niezrównoważonych modeli produkcji i konsumpcji;</li> <li>• stabilność cen produktów i usług;</li> <li>• utrzymywanie sprawnego (wydolnego) budżetu, za pośrednictwem którego dokonywany jest właściwy podział dochodów;</li> <li>• internacjonalizacja kosztów zewnętrznych, w tym głównie kosztów ekologicznych;</li> </ul>
społeczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ustrój demokratyczny i praworządność;</li> <li>• godne życie;</li> <li>• równość szans w dostępie do dóbr i usług;</li> <li>• wzmacnianie spójności społecznej i sprawiedliwego podziału;</li> <li>• zmniejszenie dysparytetów dochodowych i w poziomie życia pomiędzy poszczególnymi grupami społecznymi;</li> <li>• eliminacja ubóstwa, bezpieczeństwo społeczne;</li> <li>• ochrona zdrowia i jakości życia;</li> <li>• bezpieczeństwo zewnętrzne i wewnętrzne;</li> </ul>

Źródło: opracowanie na podstawie Borychowski 2016, s. 15-16 za: Borys 2005; Matuszczak 2009, s. 130-136; Matuszczak 2013; s. 81-82; Rogall 2010, s. 47

Śledząc informacje zawarte w tabeli 1 zauważyć należy, iż ze względu na wielość i złożoność wymienionych celów zrównoważony rozwój powinien być realizowany w taki sposób, aby jego osiągnięcie w jednym aspekcie nie rodziło konfliktów z innym; praktycznie ważne jest także uzupełnianie się wyróżnionych celów. Podkreślenia wymaga również fakt, aby współdziałanie pomiędzy celami odniesionymi do poszczególnych płaszczyzn występowało nie tylko w okresie bieżącym. Znaczący ich wyraz znajdować także powinien swoje odzwierciedlenie w odległej perspektywie czasowej, w odniesieniu do następnych generacji a także na szczeblu lokalnym, krajowym i globalnym [Kołodziejczyk (red) 2013, s.17, Matuszczak i in. 2013, s.315].

Z powyższymi uwagami, szczególnie odniesionymi do pierwszej z płaszczyzn koresponduje bezpośrednio twierdzenie T. Borysa [2011], wskazujące, że integracja powyższych celów, została uwzględniona w założeniach „...tworzącej się ekonomii rozwoju zrównoważonego, którego jednym z elementów są założenia ekonomii ekologicznej.” W jej myśl gospodarka ekologiczna zwiększa wykorzystanie zasobów odnawialnych i stosowania nowoczesnych rozwiązań technicznych między innymi w zakresie dostarczania energii. Do realizacji tego niezbędny jest rozwój technologii przyjaznych środowisku, wśród których znaczącą pozycję powinno zająć pozyskiwanie energii z odnawialnych źródeł a także wdrożenie nowych rozwiązań w zakresie paliw pozwalających zastąpić te pochodzące ze źródeł nieodnawialnych [Godlewski 2014, s. 23].

## 1.2. Sektor energetyki odnawialnej jako subsystem zrównoważonej gospodarki

Ludzkość od zarania dziejów dążyła szacunkiem swoje otoczenie pozwalające na pozyskiwanie określonych surowców i dóbr, dbając o stan otaczającego je środowiska dającego żywność. Niestety, postępujący przez wieki rozwój generował odchodzenie od tej zasady, by obecnie powrócić, przez wymuszone często przyczyny dotyczące klimatu, zdrowia itp. do poszanowania środowiska przyrodniczego. Jak już w poprzednim punkcie pracy zauważono, naprzeciw temu wychodzi polityka zrównoważonego rozwoju, czyli takiego, który stanowi synergię aspektów ekonomicznych, społecznych i środowiskowych.

Zgodzić należy się z wnioskiem, iż energia i żywność są podstawą rozwoju pokoleń. Jego istotność wiązać należy z faktem, iż ograniczoność zasobów przyrodniczych i energetycznych wymaga stałych działań w zakresie ich efektywnego zastosowania, zgodnego z założeniami zrównoważonego rozwoju. W realiach światowych, niestety kwestie niedoborów energii oraz biedy i głodu charakteryzują większość gospodarek [Graczyk 2011, s.9].

T. Ulatowski [2010] powołując się na P. Krutzena, laureata Nagrody Nobla w dziedzinie chemii za prace nad zmianami ilości ozonu, wskazuje za Noblistą, iż życie przyszłych i

obecnego pokolenia przebiega w epoce antropocenu<sup>7</sup>; jej wymierny wyraz stanowi gwałtowna urbanizacja, zanieczyszczenie środowiska, występowanie zwiększonej energii gazów cieplarnianych a przede wszystkim wyczerpywanie paliw kopalnych. Niewątpliwie na poprawę sytuacji energetycznej w warunkach kurczących się możliwości sektora konwencjonalnych źródeł energii wpływać może coraz szersze zastosowanie ich odnawialnych form. Wykorzystanie OZE nie wiąże się, przede wszystkim w długotrwałym ich deficytem, ponieważ ich zasób restauruje się w krótkim czasie jako tzw. surowce odnawialne. Omawiane źródła stanowi m.in. wiatr, promieniowanie słoneczne, opady, pływy morskie, fale morskie, biogaz, biomasa, energia geotermalna. Przeciwstawieniem ich są źródła nieodnawialne, czyli te, których zasoby odtwarzają się bardzo powoli bądź wcale: ropa naftowa, węgiel, gaz ziemny i uran pozyskiwany z kopalni.

Na marginesie tych uwag, przed bliższą charakterystyką poszczególnych odnawialnych źródeł energii zacytować można optykę przeciwnych takim rozwiązaniom Autorów. Wzrostowi bezpieczeństwa energetycznego - jak pisze np. A. Przybyłka [2014, s.351] - „sprzyja racjonalizacja zużycia energii, poprawa racjonalizacji jej wykorzystania oraz właśnie rozwój wykorzystania krajowych źródeł energii. Węgiel kamienny obok węgla brunatnego, gazu ziemnego i ropy naftowej, stanowi bowiem podstawowy surowiec energetyczny nie tylko w Polsce, lecz także w wielu innych krajach”. Wyprzedzając dalsze rozważania, zauważyć należy zamieszczoną w literaturze przedmiotu informację, odnoszącą się do bezpieczeństwa energetycznego, iż ostatnie lata „...z całą jaskrawością pokazały, że polska energetyka pozbawiona jest myślenia strategicznego, z konsekwentnie (już na zasadzie doktryny) promowaną energetyką węglową i marginalizowaną (już zwyczajowo) energetyką odnawialną trafiła na boczny tor światowych trendów”. [G. Wiśniewski, 2014, s.38]. Tymczasem w realiach ekonomicznych krajów wysoko rozwiniętych wzrost wykorzystania energii ze źródeł niewyczerpalnych następuje bardzo szybko, bowiem z technologicznego punktu widzenia istnieje niewiele granic w zakresie ich stosowania i w konsekwencji zapewnienia większości całkowitego światowego zapotrzebowania na energię. Stąd wnioskować należy, iż przeszkody dotyczące szerokiego zaangażowania kraju w realizację (otrzymywanie) energii ze źródeł odnawialnych posiadają głównie charakter polityczny i społeczny a nie ekonomiczny czy technologiczny.

W kontekście tytułu podrozdziału niezbędne staje się szersze zaprezentowanie podstawowych źródeł niewyczerpalnych i odnawialnych, stosowanych w szerokiej energetyce w Polsce i innych krajach członkowskich Unii Europejskiej.

Poprzedzając rozważania na ten temat zauważyć należy, iż w dyskusjach poświęconych zrównoważonemu rozwojowi generującemu potrzeby zmian w wykorzystaniu zasobów

---

<sup>7</sup> Epoka geologiczna całkowicie zdominowana przez człowieka, trwa od ponad 200 lat.

przyrodniczych wskazuje się na potrzebę nieco innego ich postrzegania. Chodzi o przechodzenie od zasobów wyczerpywalnych, mających charakter nieodnawialny do odnawialnych i niewyczerpywalnych [szerzej zob. Rennings i Ziedler 2006, s. 192-236]. Ciekawy poznawczo wydaje się zatem podział zasobów przyrodniczych nie na dwie a trzy grupy [Pyłka-Gutowska 1997, s. 88];

**Tabela 2. Podział zasobów przyrodniczych**

Niewyczerpywalne	Wyczerpywalne <sup>8</sup>	
	Nieodnawialne	Odnawialne
<ul style="list-style-type: none"> <li>• energia słoneczna</li> <li>• wiatr</li> <li>• prądy morskie</li> <li>• geotermia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stałe: węgiel kamienny i brunatny, rudy metali i niemetalu, sól kamienna, rudy promieniotwórcze,</li> <li>• płynne: ropa naftowa, wody mineralne,</li> <li>• gazowe: gaz ziemny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• powietrze</li> <li>• atmosfera</li> <li>• wody</li> <li>• gleby</li> <li>• lasy</li> <li>• rośliny</li> </ul>

Źródło: Pyłka, Gutowska 1998, s. 88

Energia pochodząca z siły wiatru. Stanowi energię kinetyczną przemieszczających się mas powietrza. Jej przekształcenie w energię elektryczną następuje za pomocą turbin wiatrowych; jest wykorzystywana jako energia mechaniczna w wiatrakach i pompach wiatrowych, również służy jachtom, jako ich źródło napędu. Wspomniana wyżej turbina wiatrowa jej najpowszechniej stosowanym urządzeniem do produkcji energii elektrycznej i stanowi główny element elektrowni wiatrowej. Składa się ona z wirnika zamontowanego na wysokiej wieży połączonego z generatorem prądu. W związku z tym, iż siła wiatrów jest zmienna a zarazem przy powierzchni Ziemi wiatry mają zwykle niewielką prędkość, turbiny wiatrowe przez większość czasu nie pracują z pełną dostępną mocą. Dodatkowo moc generowana przez turbiny ulega zmianom nie tylko przez siłę wiatru; jest to także rezultatem wahań dobowych i rocznych. W konsekwencji duże elektrownie wiatrowe, wychodząc naprzeciw obawom odbiorców generowanej przez nie energii odnośnie do jej 100% dostarczania, muszą być wspomagane przez klasyczne elektrownie czy też magazyny energii (np. elektrownie szczytowo-pompowe). Podkreślić także należy, iż korzystanie z energii wiatru wymaga dużych inwestycji początkowych; zarazem wyeliminowane są późniejsze wydatki na paliwo. Wnioskować stąd można, iż cena energii pozyskiwanej z omawianego źródła charakteryzuje się dużą stabilnością w odróżnieniu od często zmiennych cen energii otrzymywanej z paliw płynnych.

<sup>8</sup> Źródła wyczerpywalne a zarazem odnawialne charakteryzuje możliwość ich regeneracji w trakcie życia jednego pokolenia.

Do odnawialnych źródeł energii, bardzo dynamicznie rozwijających się, zaliczyć należy energetykę słoneczną, zajmującą się wykorzystaniem energii z promieniowania słonecznego. Energia ta pochłonięta przez Ziemię wykorzystywana jest m.in. przez rośliny w procesie fotosyntezy oraz zwierzęta, przekształca się w ciepło, a następnie jest emitowana w postaci promieniowania podczerwonego w kosmos. Uzyskiwanie energii z promieniowania słonecznego wiązać przede wszystkim należy z konwersją fotowoltaiczną, fototermiczną, fotochemiczną, a także termolizą wody i budową wież słonecznych.

Konwersja fotowoltaiczna bazuje na ogniwach fotowoltaicznych służących do bezpośredniego przekształcania energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną poprzez wykorzystanie półprzewodników, w których (nie wdając się w skomplikowane procesy fizyczne) ma miejsce przemieszczenie ładunków elektrycznych generujące powstanie napięcia elektrycznego. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż obecnie wyodrębnić można wiele typów materiałów pozwalających na uzyskanie efektu fotowoltaicznego; realizowane ciągle badania koncentrują się nad jeszcze wydajniejszymi i tańszymi ogniwami.

Kolejną w konwersji - fototermiczną łączyć należy bezpośrednio ze zmianą energii promieniowania słonecznego na energię cieplną. Może posiadać ona charakter pasywny bądź aktywny. W przypadku pierwszego przepływ nośnika ciepła (np. powietrza, ogrzanej wody) odbywa się w drodze konwersji, która wykorzystywana jest głównie do pasywnego ogrzewania budynków, a także w transformatorowych podgrzewaczach wody, w których kolektor zainstalowany jest poniżej zbiornika ciepłej wody a także w procesie suszenia płodów rolnych. Z kolei konwersja fototermiczna aktywna - znajduje przede wszystkim zastosowanie w domkach jednorodzinnych, a także w dużych instalacjach (ciepłowniach) zaopatrujących w ciepłą wodę budynki wielorodzinne czy nawet miasteczka.

Konwersja fotochemiczna - wiąże się z przekształceniem energii promieniowania słonecznego na energię chemiczną. Jak dotąd nie jest wykorzystywana w rozwiązaniach technicznych związanych ze stosowaniem odnawialnych źródeł energii. Podobną opinię odnieść należy do kolejnej wymienionej wyżej metody - termolizy wody, która znajduje zastosowanie w bardzo wysokich temperaturach do termicznego rozkładu pary wodnej - na wodór i tlen. Konieczność pracy w tych temperaturach (ponad 2500<sup>0</sup> K) generuje duże straty energii a zarazem wysokie koszty budowy urządzeń, ich małą sprawność oraz szybkie zużywanie się. Wyprzedzając dalsze rozważania na temat energetyki słonecznej podkreślić należy zgodnie z raportem Instytutu Fraunhofera ISE, że w roku 2025 fotowoltaika będzie najtańszym źródłem energii [Carr, Uplandis, 2017].

Energia wodna znajdowała praktycznie zastosowanie jeszcze przed wynalezieniem maszyn elektrycznych i upowszechnieniem elektroenergetyki do napędu młynów, tartaków i innych podmiotów gospodarczych. Stąd w syntetycznym ujęciu energię wodną, czyli energię rzek określić można jako wykorzystywaną gospodarczo energię mechaniczną płynącej wody.



Współcześnie energię wodną zazwyczaj przetwarza się na energię elektryczną (hydroenergetyka, bazująca przede wszystkim na spiętrzeniach uzyskiwanych w zaporach wodnych). Można ją także stosować, jak już wyżej wskazano, do napędu maszyn poprzez zainstalowaną turbinę lub koło wodne. To ostatnie wykorzystuje energię przepływającej wody, nie wymagając do działania dużego jej spadku. Z kolei przy korzystaniu z wody spadającej z pewnej wysokości dokonuje się oceny źródła według dostępnej mocy. Ta wiąże się ze spadkiem hydraulicznym, to jest wysokością z jakiej splywa woda; przepływem, czyli ilością wody spływającej w jednostce czasu i zazwyczaj także z prędkością przepływu. Już w tym miejscu nadmienić należy, iż energia wodna jest z reguły znacznie tańsza od tej uzyskiwanej ze spalania paliw konwencjonalnych czy energii jądrowej. O wykorzystaniu omawianej energii w wielu rozwiniętych krajach decydują względy środowiskowe.

Energia geotermalna inaczej nazywana geotermiczną bądź geotermią stanowi osobliwą formę energii odnawialnej występującej w postaci ciepła. Powstaje w głębi Ziemi jako efekt rozpadu pierwiastków promieniotwórczych, poza tym część ciepła geotermalnego może odzwierciedlać tzw. ciepło reszkowe i pochodzić z jądra Planety [Jarczewski, Hocolak 2015, s.2]. Jak wskazuje Lewandowski [2016, s. 6] ciepło przemieszcza się ze środka Ziemi, ku warstwom charakteryzującym się znacznie niższymi temperaturami. Zatem energię geotermalną określić można jako ciepło pochodzące z głębi Ziemi w postaci gorącej wody lub pary wodnej [szerzej zob. Czternasty, Zabłocki 2018, i nast.]. Scharakteryzowana wyżej energia geotermalna jest bezpośrednio wykorzystywana prawie we wszystkich krajach Europy, również w Polsce [szerzej zob. Stachel, Sołtysik. 2017, s.68 i nast.]. Szczegółowe jej zastosowanie i jego wymiar oraz determinanty rozwoju w naszym kraju zostaną szczegółowo zaprezentowane w 6 rozdziale rozprawy. W tym miejscu na podkreślenie zasługują fakty zamieszczone w Raporcie rynkowym EEC [EGEC Market Report 2017. Key Findings], wskazując m.in., iż:

- w 2017 roku wykorzystanie geotermii do celów ciepłownictwa z opcją chłodzenia w Europie, dynamicznie wzrosło. Zainstalowana geotermalna moc ciepła uwidoczniła się szczególnie w Islandii (2.172 MWt), Turcji (872 MWt), Francji (509 MWt), w Niemczech (336 MWt) i we Włoszech (160 MWt); łącznie osiągnęła - 4.751 MWt [szerzej zob. Kępińska, 2018, s.8];
- ma miejsce wzrastająca dynamika zastosowania geotermii stosowanej w ciepłownictwie w granicach 10% rocznie;
- zgodnie z Raportem, w uwzględnionych w nim 24 państwach funkcjonowały 294 geotermalne sieci ciepłownicze, zaś w procesie przygotowania było około 150, szczególnie w Niemczech realizowano aż 35 projektów. Również w innych europejskich państwach rosło zainteresowanie lub też miało miejsce zaangażowanie w budowę następnych systemów grzewczych bazujących a wodach termalnych.

Nie sposób nie wspomnieć, szczególnie w kontekście treści kończącego rozprawę rozdziału 6, o znaczącym wzroście stosowania geotermii w realiach światowych i europejskich funkcjonującej na zasadzie niskotemperaturowej (płytkiej)<sup>9</sup>. Szacuje się, według informacji zawartych w wymienionym wyżej Raporcie rynkowym EGEC, iż w 2017 r. zastosowanie znajdowało około 2 mln instalacji niskotemperaturowej geotermii, szczególnie w Niemczech, Szwecji, Szwajcarii i Francji. W kilku krajach, jak zauważa B. Kępińska „...i obserwuje się dynamiczny rozwój rynku płytkiej geotermii m.in. w Holandii, Wielkiej Brytanii i Polsce”.

Kolejne źródło energii odnawialnej stanowi biomasa, która wyraża ulegającą biodegradacji frakcję produktów, odpadów powstających z produkcji rolnej, leśnej i powiązanych gałęzi przemysłu - rybołówstwa i akwakultury, a także biogazy i ulegającą biodegradacji frakcję odpadów przemysłowych i komunalnych [Rozporządzenie Komisji EU z dnia 17 czerwca 2014 roku]. Opis powstawania biomasy łączyć należy z fotosyntezą energii słonecznej w niej akumulowanej. Generowana w ten sposób energia powstająca z biomasy może być wykorzystywana w dalszych przemianach na inne formy energii. Spalanie biomasy lub produktów jej rozkładu pozwala na otrzymanie ciepła, które można przetwarzać na energię elektryczną. Do jej uzyskania w praktyce najczęściej wykorzystuje się: drewno niskiej jakości, słomę, makuchy i inne odpady produkcji rolniczej, a także odchody zwierząt, osady ściekowe czy odpady organiczne (wysłodki, łodygi, kukurydza i trawy) a także tłuszcze zwierzęce i oleje roślinne [Ekologia 2006]. W Polsce na potrzeby produkcji biomasy można uprawiać szybko rosnące rośliny np. wierzbę wiciową, malwę pensylwańską czy trawy wieloletnie. Spalanie biomasy powszechnie traktowane jest jako korzystniejsze dla środowiska w porównaniu z wykorzystaniem w tym celu paliw nieodnawialnych. Zawartość szkodliwych pierwiastków, głównie siarki w biomasie jest niższa niż w węglu; zauważyć należy przy tym, iż źródła biomasy są w miarę jednorodnie rozmieszczone przestrzennie i tym samym ograniczona zostaje potrzeba ich transportu w relacji do paliw kopalnych [szerzej zob. Gostomczyk 2015, s. 40 i nast.].

Podkreślić trzeba, iż zaawansowana konwersja biomasy ma zastosowanie głównie do produkcji energii elektrycznej w elektrociepłowniach; wynika to z przepisów unijnych wskazujących na obowiązek korzystania z biomasy wykorzystywanej jako paliwo [Rozporządzenie Komisji Europejskiej nr 651/2014]. Zauważyć przy tym należy, iż poza bezpośrednim spalaniem wysuszonej biomasy, energia z niej pochodząca uzyskiwana być może także ze zgazowania w zamkniętych reaktorach (tzw. gazogeneratorach) a także stanowić rezultat fermentacji biomasy pozwalającej na otrzymanie biogazu, metanolu, butanolu i innych związków paliwowych.

---

<sup>9</sup> Geotermia ta charakteryzuje się temperaturą do 20°C, korzystając z wód gruntowych do kilkuset metrów głębokości. Odbiór energii następuje przez sprężarkowe pompy ciepła (tzw. wymienniki ciepła). Ma ona zastosowanie głównie w ogrzewaniu pojedynczych budynków ([www.pgi.gov.eu](http://www.pgi.gov.eu)).

Do odnawialnych źródeł energii zalicza się także biogaz, określany często jako gaz wysypiskowy. Stanowi on produkt fermentacji metanowej związków pochodzenia organicznego obejmujących m. in. wysłodki, odpady komunalne, gnojowicę, odpady sektora rolno-spożywczego, zachodzący w biogazowni [Biogaz 2009, Prawo energetyczne 2010]. W konsekwencji stanowi on mieszaninę różnych gazów składających się szczególnie z siarkowodoru i wody. Metan, wodór oraz tlenek węgla mogą ulec spaleni lub utlenianiu generując energię służącą jako paliwo [About biogas 2016]. Biogaz może podlegać oczyszczeniu do bio-metanu i wówczas będzie spełniał standardy jakości gazu ziemnego [About biogas 2016]. Może zostać sprężony w identyczny sposób jak gaz ziemny pod postacią CNG i znaleźć zastosowanie jako paliwo w pojazdach mechanicznych<sup>10</sup>. Na nowoczesnych składowiskach odpadów instaluje się komory fermentacyjne lub bioreaktory; służą one do procesu fermentacji niektórych odpadów frakcji przed ich składowaniem. Jak wynika z opinii praktyków ze składowiska o powierzchni około 15 ha można w ciągu roku otrzymać od 20 do 60 GWh energii przy założeniu, że roczna masa składowanych odpadów kształtuje się na poziomie około 180-220 tys. ton. Wskazać także trzeba, iż biogaz wytwarzać może się samoczynnie przyjmując już wspomnianą wyżej nazwę gazu wysypiskowego. Powstaje on również w sposób samoczynny np. na torfowiskach jako gaz gnilny lub błotny. Biogaz przyjmować również może formę agrogazu, który powstaje w gnojowicy (z 1 m<sup>3</sup> otrzytać można około 20 m<sup>3</sup> biogazu) oraz z obornika (nawet do 30 m<sup>3</sup>). Wzrost produkcji biogazu, zdaniem Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi wpływać może na poprawę bezpieczeństwa energetycznego oraz stanu środowiska naturalnego [Gostomczyk 2015, s. 27].

Wśród odnawialnych źródeł energii na uwagę zasługują również biopaliwa, będące rezultatem przetwórstwa biomasy - produktów organizmów żywych (roślinnych, zwierzęcych oraz mikroorganizmów). Wyróżnić można trzy rodzaje biopaliw: stałe, które obejmują słomę w postaci bel, kostek lub brykietów, granuląt trzcinowy lub słomiany (pelet), drewno, siano itp., ciekłe - w postaci biobenzyny będącej rezultatem fermentacji alkoholowej węglowodorów do etanolu, fermentacji butylowej biomasy do butanolu lub z estryfikowanych w biodiesel olejów roślinnych np. rzepakowego [Gostomczyk 2015, s. 27, Biello 2011] oraz gazowe będące efektem fermentacji beztlenowej ciekłych i stałych odpadów rolniczej produkcji zwierzęcej (czyli omówiony wyżej biogaz), bądź powstałe w procesie zgazowania biomasy, czyli tzw. gaz generatorowy [Biopaliwa 2015].

Na podkreślenie zasługuje fakt, iż bardzo długą historię ma realne zastosowanie etanolu do silników samochodowych (początek XX wieku); z kolei w Polsce produkcję mieszanki składającej się z 70% benzyny i 30% etanolu rozpoczęto już w 1929 roku. W późniejszym

---

<sup>10</sup> Według szacunków w Wielkiej Brytanii biogaz potencjalnie mógłby zaspokoić 17% zapotrzebowania na paliwa samochodowe. Biomethane fuelled vehicles – the carbon neutral carbon, [www.davertom-energy.com](http://www.davertom-energy.com) - [dostęp 5.11.2016].

okresie alkohol etylowy przestał stanowić konkurencję dla tańszych paliw uzyskiwanych z ropy naftowej; jedynie w latach 70. XX wieku ponowny wzrost zainteresowania etanolem jako paliwem wywołany został przez kryzys energetyczny [Klimiuk, Pawłowska, Pokój 2012, s.82]. W praktyce energetyczna wydajność etanolu stanowi około 2/3 energii pozyskiwanej z benzyny. Obok gorszego bilansu energetycznego, nie tylko w literaturze przedmiotu zarzuca się także negatywne oddziaływanie tego paliwa na ekologię; wyraz tego stanowi m. in. degradacja środowiska związana z powiększającym się arealem upraw do produkcji biogazu, dużym zużyciem nawozów sztucznych czy nieracjonalnym gospodarowaniem produktami roślinnymi [Zbrodnia 2008, Biofuels 2010]. Badania Food or Fuel 2010 dokonane przez W.K. Kellouga, Long opublikowane w Term Ecological Research wskazują, że uprawa roślin służących do wytwarzania paliw jest około 30% mniej efektywna niż do produkcji żywności. Odnosząc się do stosowania biopaliw w Polsce wskazać należy, że ustawa z dnia 2 października 2003 roku wprowadziła obowiązek dodawania biokomponentów do paliw wskazując zarazem [rozd. 5 art. 1.1.] karę dla osób wytwarzających biodiesel bez posiadania koncesji. Zarazem nakazywała produkcję biopaliw nawet w sytuacji jej nieopłacalności ekonomicznej [Dz.U. z 2003 roku]. Kolejne, najwyższe akty normatywne o biokomponentach i biopaliwach ciekłych umożliwiały produkcję biopaliw zarejestrowanym rolnikom indywidualnym w ograniczonej ilości [Dz.U. z 2019 roku].

Zamieszczone wyżej syntetyczne informacje na temat możliwych do zastosowania w realiach energetycznych gospodarki Polski, źródeł odnawialnych, uzupełnić należy o niestosowaną czy wręcz niemożliwą do wykorzystania energię prądów morskich, pływów i falowania. Wykorzystanie tych pierwszych jest w obecnych warunkach bliskie zeru. Składają się na to różnorodne problemy techniczne, przede wszystkim zaś obawy przed naruszeniem naturalnej równowagi pomiędzy prądami morskimi a klimatem. Pływy stanowią źródło energii o relatywnie niskim potencjale, pomimo iż wykorzystywane są od prawie 1000 lat (według zapisów historycznych w 1086 roku w Dover uruchomiono młyn napędzany energią pływów). Obecnie ich znaczenie na skalę przemysłową jest niewielkie w związku z problemami technicznymi oraz wywołanymi przez sztormy i huragany; niewiele z nich funkcjonuje do dziś w Rosji czy Wielkiej Brytanii. Z kolei zastosowanie falowania powoduje szereg trudności generowanych m. in. przez zmieniającą się wysokość fal i tym samym wytrzymałości elektrowni. Niemniej zostało opracowanych szereg teoretycznych metod konwergencji energii falowania na energię elektryczną w postaci elektrowni pneumatycznych, mechanicznych, indukcyjnych oraz hydraulicznych.

### 1.3. Ekonomiczne, społeczne i środowiskowe przesłanki inwestycji w OZE

W punkcie 3 preambuły Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) z dnia 11 grudnia 2018 roku w sprawie promowania i stosowania energii ze źródeł odnawialnych, przeczytać można, iż „zwiększone stosowanie energii z OZE ma fundamentalne znaczenie dla promowania bezpieczeństwa dostaw energii, zrównoważonej energii po przystępnych cenach, rozwoju technologicznego i innowacji, a także wiodącej pozycji technologicznej i przemysłowej przy jednoczesnym zapewnieniu korzyści środowiskowych, społecznych i zdrowotnych, jak również stworzeniu znaczących możliwości zatrudnienia i rozwoju regionalnego, zwłaszcza, na obszarach wiejskich i odizolowanych, w regionach lub na terytoriach o niskiej gęstości zaludnienia lub objętych częściową dezindustrializacją”.

W kolejnym z punktów Wprowadzenia do treści wymienionej Dyrektywy podkreślana jest redukcja zużycia energii, wzrost udoskonaleń technologicznych, tworzenie różnego rodzaju zachęt do korzystania z transportu publicznego a także potrzeba jego rozwoju, Wyeksponowane zarazem zostało stosowanie technologii energooszczędnych, a przede wszystkim promowanie energii odnawialnej w sektorze energetyki, ogrzewania i chłodzenia oraz transportu. Wskazanie działania potraktowane zostały w Dyrektywie „...jako skuteczne narzędzia, które wraz ze środkami w zakresie efektywności energetycznej, służą redukcji emisji gazów cieplarnianych w Unii i uzależnieniu Unii od energii”.

Wśród przesłanek ekonomicznych szczególną pozycję zajmuje zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego, które w literaturze przedmiotu znajduje bardzo zróżnicowaną interpretację. Wiązać je można ze środkami i procesami uniemożliwiającymi dostęp do energii w warunkach przerwania ciągłości jej dostaw [Nowakowski, 2009]. W innych ujęciach bezpieczeństwo energetycznej łącznie jest m.in. z:

- zasobami (np. węgla), którymi dysponuje dany kraj i które w warunkach perturbacji międzynarodowych odnośnie do dostaw energii może uruchomić swoje własne źródła;
- eliminacją obaw w zakresie dostaw energii, zakłócania ich ciągłości;
- poczuciem niezależności do innych krajów w zakresie energii elektrycznej oraz postrzeganiem własnych możliwości odnośnie realizacji oczekiwanych dostaw energii i generujących ją surowców [Gajewski, 2014];

W kolejnych definicjach bezpieczeństwa energetycznego, podkreśla się, iż stanowi ono: „długoterminowe, niezawodne i konkurencyjne połączenie różnych rodzajów energii dla zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego, z minimalnym oddziaływaniem na środowisko przyrodnicze” [Kaczmarek 2010, s. 13]. Podobną interpretację bezpieczeństwa energetycznego znaleźć można w definicji Międzynarodowej Agencji Energetyki; traktowane jest ono jako nieprzerwana fizyczna dostępność, po przystępnej cenie, wykorzystywana w zgodzie ze środowiskiem [Center for Strategie, 2014]. Szerszą optykę na różne kwestie dotyczące bezpieczeństwa energetycznego zamieszczono w kolejnym rozdziale rozprawy.

Na podkreślenie zasługuje fakt, iż rozwój odnawialnych źródeł energii stanowi istotną gwarancję bezpieczeństwa energetycznego, wzrostu efektywności zużycia energii a także konkurencyjności i postępującego procesu degradacji środowiska, przy nieuchronnym wyczerpywaniu się surowców kopalnianych. Stąd zasadne staje się wnioskowanie, iż nie można rozłącznie traktować rozwoju gospodarczego i zagadnień ekologicznych w kontekście jego wpływu na degradację środowiska naturalnego. Dostrzegając fakt, iż wszelka działalność gospodarcza znajduje odzwierciedlenie w negatywnym wpływie na środowisko naturalne, znaczące wydaje się wnioskowanie, aby w jak najmniejszym zakresie generowała ona jego degradację. Stąd zasadniczą kwestią w realiach gospodarczo-społecznych każdego kraju staje się zachowanie równowagi pomiędzy pogłębiającą się ingerencją człowieka w środowisko a utrzymaniem jego cennych walorów [Pultowicz 2009, s. 113]. Wskazana równowaga wymaga uwzględnienia szeregu warunków, które w syntetycznym ujęciu sformułować można następująco:

- podejmując decyzję w zakresie wyboru sposobów pozyskiwania energii także przez pryzmat kwestii ekologii, należy uwzględniać skalę oddziaływania jej produkcji a także konsumpcji na środowisko naturalne;
- obok określenia tej skali niezbędną, dla zapewnienia integracji ekonomii i środowiska naturalnego staje się analiza skutków zamierzonych przedsięwzięć dla środowiska wynikających ze sposobu wytwarzania energii;
- dostrzeganie niszczenia środowiska nie tylko w skali lokalnej czy regionalnej, lecz także krajowej i międzynarodowej;
- nie tylko zauważania, lecz również przestrzegania w realizowanych przedsięwzięciach energetycznych warunków życia dla kolejnych pokoleń. „Należy tak interpretować wszelkie aspekty ochrony środowiska z planowaniem energetycznym i procesem wspomaganego decyzji, aby podjęte działania były roztropne, ekonomicznie efektywne i akceptowalne społecznie teraz i na przyszłość [Borysiewicz i Kacprzyk, s.24, 1996];

Intensywny rozwój OZE postrzegać należy nie tylko w kategorii zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego, czy jak już wyżej wskazano, wzrostu efektywności energii oraz konkurencji na omawianym rynku. W kontekście przesłanek generujących rozwój OZE wymienianą gwarancję bezpieczeństwa energetycznego łączyć można z doskonaleniem jakości życia na szczeblu lokalnym, m.in. w kontekście oddziaływania na poprawę środowiska naturalnego. Dalsza, znacząca dynamika w pozyskiwaniu energii z OZE neutralizuje potrzebę wyboru między utrzymaniem tańszych energochłonnych technologii (tzw. brudnych), a poprawą jakości środowiska i życia społeczności lokalnych. Wymaga to jednak [Pultowicz 2009, s.113]:

- realizacji zakrojonej na szeroką skalę edukacji ekologicznej pozwalającej na wzrost zrozumienia potrzeby utrzymania obecnie istniejącego środowiska naturalnego nie tylko

dla siebie, ale również dla kolejnych pokoleń nie tylko przez społeczności lokalne, ale także przez przedstawicieli władzy ustawodawczej i wykonawczej;

- zintegrowanych działań na poszczególnych szczeblach (globalnym, krajowym, lokalnym) oraz w ważnych dla wzrostu znaczenia odnawialnych źródeł energii w gospodarce przesłankach o charakterze ekonomiczno-gospodarczym, społecznym i łączącymi się z nimi technologicznymi, środowiskowymi a także polityczno-prawnymi i informacyjnymi;

W rzeczywistości ma miejsce przenikanie się tych przesłanek, wzajemne współzależności i związki przyczynowo-skutkowe. Zasadność ekonomiczną inwestowania w OZE warunkuje przede wszystkim, jak już wyżej wspomniano, potrzeba zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa energetycznego, obejmującego: bezpieczeństwo dostaw, zapewnienie ich ciągłości i jakości na poziomie wynikającym z potrzeb gospodarczych oraz społecznych, a także ograniczenie uzależnienia od importu surowców energetycznych [Wilczyński 2013, s. 14].

Polska energetyka ciągle bazuje na węglu, ale potrzebna jest dywersyfikacja, ponieważ nasz kraj, jak i pozostałe państwa członkowskie Unii Europejskiej, powinny mieć możliwość stałego neutralizowania zależności od energii importowanej, podnoszenia bezpieczeństwa dostaw czy na przykład ograniczania emisji gazów cieplarnianych. Zgodzić należy się z opinią, którą już wyżej cytowano, odniesioną do krajowej energetyki, iż pozbawiona jest ona strategii przyszłościowej, ciągle promując jej rozwój bazujący na konwencjonalnych źródłach i marginalizując energetykę odnawialną, wbrew nie tylko europejskim, ale i światowym trendom.

Wracając do węgla kamiennego i innych krajowych nieodnawialnych złóż energetycznych jako ciągle priorytetowych w Polsce źródeł energetyki zauważyć należy kilka kwestii. Przede wszystkim fakt tzw. „wykorzystalności”, czyli okresu, w którym zużyte zostałyby wszystkie obecnie udokumentowane zasoby. I tak:

- kopaliny łącznie - 49 lat;
- gaz ziemny - 17 lat;
- ropa naftowa - 25 lat;
- węgiel brunatny - 23 lata;
- węgiel kamienny - 62 lata [Tajduś, Czaja i Kasztelewicz 2014, z. 12, s. 351]

Podobne wielkości, szczególnie odnośnie złóż węgla kamiennego znaleźć można w innych publikacjach; szacunki zamieszczone w nich wskazują na około 60 letni okres zdolności wydobywczej kopalni [„Gazeta Prawna” 2006, nr 80]. Liczby te informują, iż Polska posiada udokumentowanych zasobów węgla kamiennego, mogących zapewnić bezpieczeństwo energetyczne na kilka dekad. I co dalej - w warunkach, gdy kopalniom brakuje środków na dotarcie do nowych złóż? W kontekście bezpieczeństwa energetycznego kraju bezzasadna wydaje się budowa nowych kopalń - 12 do 15 lat; nowego poziomu 7 do 10 lat, zaś szybu od 3

do 5 lat. Bez znaczących inwestycji, jak podkreśla się w literaturze przedmiotu, szczególnie odniesionych do powstawania nowych poziomów eksploatacyjnych lub budowy nowych szybów nie będzie możliwe zatrzymanie spadku wydobycia węgla kamiennego z polskich kopalń [Czternasty i Zabłocki, 2016]. Tymczasem, według „Polityki energetycznej Polski do roku 2030” węgiel, przez najbliższe kilkadziesiąt lat stanowić będzie podstawowy surowiec w polskiej elektroenergetyce. „Z powodu struktury polskiej energetyki - ponad 90% energii elektrycznej z węgla, niedorozwoju sieci energetycznych (co blokuje przyłączanie elektrowni wiatrowych czy elektrowni biogazowych i w ogóle nowych źródeł mocy do sieci przesyłowych) - za 20 lat węgiel ciągle będzie dawał około 60% energii elektrycznej, a OZE około 20%” [szerzej zob. Wasiuta i Świdzińska 2015, s. 364 i nast.].

W kontekście tych stwierdzeń wprost trudno sobie wyobrazić, że już 45 krajów przyjęło strategię „100% OZE” do 2050 roku w swoich bilansach energii), zaś Norwegia założyła aż 114% (aby zielone źródła zastąpiły ropę w norweskim eksporcie energii). Nawet papież Franciszek w swej encyklice „Laudato si” pisał o grzechu klimatycznym wzywając katolików do wycofania się ze spalania węgla przy równoczesnym różnokierunkowym rozwoju odnawialnych źródeł energii (szerzej zob. Wiśniewski 2015, s.11].

W tabeli 3 zamieszczono syntetyczne ujęcie przesłanek ekonomicznego stosowania OZE i generowanych przez nie potencjalnych korzyści odniesionych do różnych źródeł ich stosowania.

**Tabela 3. Syntetyczne ujęcie ekonomicznych korzyści inwestowania w OZE**

Podsektor	Wybrane źródło energii	Korzyści
Elektroenergetyka	energia słoneczna (fotowoltaika)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• atut tej technologii stanowi zależność między intensywnością nasłonecznienia a dobowym popytem na energię elektryczną oraz zwiększoną jej produkcję w okresie letnim skorelowaną z zapotrzebowaniem na chłód;</li> <li>• umożliwia wykorzystanie opuszczonych terenów przemysłowych i słabej jakości gruntów oraz dachów budynków, zapewniając energię ich mieszkańcom;</li> </ul>
	energia wiatru na morzu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przewagą energetyki morskiej nad lądową jest wykorzystywanie wyższych prędkości wiatru ze względu na niską „szorstkość” terenu oraz możliwość większego wykorzystania mocy;</li> </ul>
	energia wiatru na lądzie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nie występują problemy akceptacji społecznej;</li> <li>• nie przewiduje się dalszego dynamicznego rozwoju tego źródła energii, gdyż korzystanie z niego jest utrudnione przez brak zależności między pracą wiatraków a zapotrzebowaniem na energię;</li> <li>• niekorzystny jest także zróżnicowany poziom akceptacji elektrowni wiatrowych przez społeczeństwo;</li> </ul>



	energia biomasy i biogazu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• biomasa znajduje zastosowanie głównie w ciepłownictwie (patrz poniżej), ale część zasobów kierowana jest do wytwarzania energii elektrycznej, zwłaszcza w kogeneracji;</li> <li>• biogaz stosuje się w celach regulacyjnych, co jest szczególnie istotne dla elastyczności pracy krajowego systemu elektroenergetycznego;</li> </ul>
Ciepłownictwo i chłodnictwo	energia z biomasy (i ciepło z odpadów)  energia geotermalna  pompy ciepła	<ul style="list-style-type: none"> <li>• źródło dobrze sprawdzające się w gospodarstwach domowych i w kogeneracji;</li> <li>• duża dostępność paliwa oraz wysoko oceniane parametry techniczno-ekonomiczne instalacji;</li> <li>• minimalizacja środowiskowego kosztu transportu poprzez lokalizowanie podmiotów wykorzystujących biomasę w pobliżu jej powstania;</li> <li>• lepsze lokalne gospodarowanie odpadami;</li> <li>• rozwój danego obszaru poprzez tworzenie kompleksów rekreacyjnych, leczniczych;</li> <li>• wykorzystanie do ciepłownictwa sieciowego poprzez zastępowanie elektrowni węglowych i w konsekwencji ograniczenie emisji;</li> <li>• suszenie produktów rolnych i spożywczych;</li> <li>• coraz popularniejsze w gospodarstwach domowych generujące podobne korzyści jak energetyka geotermalna;</li> <li>• ich wykorzystanie wymaga energii elektrycznej, dlatego dobrym rozwiązaniem jest powiązanie instalacji z innym źródłem OZE ją produkującym;</li> </ul>
Transport	biokomponenty i paliwa odnawialne  energia elektryczna  gaz ziemny w postaci skroplonej (LNG) oraz sprężonej (CNG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ograniczenie dominacji na rynku paliwowym ropy naftowej poprzez wykorzystanie biokomponentów dodawanych do paliw ciekłych stosowanych w transporcie;</li> <li>• stosowanie, w tym samym celu biopaliw tzw. zaawansowanych (niespożywczych) oraz paliw pochodzących z recyklingu paliw stałych;</li> <li>• popularyzacja pojazdów elektrycznych znacząco wpłynie na kurczenie się rynku paliwowego i ograniczy skalę eksportu ropy naftowej;</li> <li>• ograniczy problemy z emisją zanieczyszczeń w miastach;</li> <li>• auta poruszające się dzięki temu paliwu bardzo korzystnie wpłyną na środowisko ekologiczne miast, generując minimalne zanieczyszczenie środowiska;</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne przy wykorzystaniu pracy „Polityka energetyczna Polski do 2040 roku”, Ministerstwo Energii 2018

Zauważyć należy, iż wzrastający popyt na OZE powoduje tworzenie nowych miejsc pracy i co ważne w przypadkach obszarów wiejskich - przy spalaniu biomasy, małej energetyce wodnej i energetycznego wykorzystania gazu wysypiskowego i biogazu. Rozwój lokalnego

rynku pracy szczególnie generowany jest poprzez energetyczne wykorzystanie biopaliw i obejmuje powstanie miejsc zatrudnienia przy obsłudze instalacji oraz zaopatrzeniu w biopaliwa poprzez pozyskiwanie drewna, słomy, uprawy energetyczne, transport itp. [Graczyk 2006, s.43]. Spostrzec także należy, iż tworzenie nowych miejsc pracy, wywołanych wzrostem popytu na urządzenia OZE, dotyczy m. in. zakładów produkujących energię a także usług niezbędnych do produkcji i kontroli zużycia energii elektrycznej, a także firm dostarczających materiały budowlane czy instalacje [Gostomczyk 2015, s. 80]<sup>11</sup>.

Kolejna z przesłanek inwestycji w odnawialne źródła energii ma wymiar społeczny. Wiąże się ona nie tylko ze wskazanym wyżej tworzeniem nowych miejsc pracy. Jej wyraz odzwierciedlany jest także w promocji związanej z atrakcyjnością danego obszaru poprzez tworzenie jego wizerunku, dotyczącego poprawy życia mieszkańców, znajdującej m.in. wyraz w eliminacji osiedlowych kotłowni węglowych i tym samym problemów ze smogiem i innymi negatywnymi efektami związanymi z zatrutowaniem powietrza. Wnioskować także należy, iż inwestorzy w OZE (według własnych obserwacji) są skłonni do realizacji różnych przedsięwzięć na rzecz lokalnego środowiska m.in. w postaci budowy ścieżek rowerowych, z których korzystać będą nie tylko mieszkańcy; również osoby z zewnątrz doceniający czystość powietrza. Wyrazem zaangażowania inwestorów w OZE może być naprawa lokalnych dróg, wsparcie informatyczne szkół, budowa świetlic itp. Mieszkańcy doceniać także powinni poprawę jakości swojego życia, odzwierciedloną m.in. w obniżaniu kosztów zdrowotnych oraz wydłużaniem jego okresu [Czternasty i Zabłocki, 2016].

Bardzo istotną w aspekcie społecznym jest akceptowalność lokalnych społeczności odnośnie do stosowania na ich terenie nowych technologii odnawialnych. Często przyczynę protestów na szczeblu lokalnym przeciw budowie instalacji wykorzystujących OZE stanowią obawy dotyczące ich negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne<sup>12</sup>. Z płaszczyzną społeczną łączą się w dużym stopniu sfery - psychologiczna i społeczna Pultowicz [2009, s. 114] zauważa, iż „protesty tego rodzaju dotyczą głównie niskiego poziomu świadomości i edukacji ekologicznej i kierowane są zasłyszonymi opiniami czy stereotypami. Świadczy o tym powszechnie znany pojawiający się jako częsta przyczyna protestów, syndrom NIMBY”<sup>13</sup>.

W kontekście prowadzonych rozważań wprost niezbędne staje się uwzględnienie przesłanek środowiskowych (ekologicznych); szczególnie w odniesieniu do ograniczenia ich negatywnych skutków. Przesłanki te rozpatrywać można na szeroko rozumianej płaszczyźnie przyrodniczej oraz moralnej. Odnośnie do tej pierwszej zauważyć przede wszystkim należy, iż

---

11 Na przykład w Niemczech w branży OZE w 2004 roku zatrudnienie znajdowało 157 tys. osób. Szacuje się, że liczba pracujących w tej branży w 2020 roku znacząco przekroczy 300 tys. zatrudnionych.

12 Jak zauważa się w literaturze przedmiotu mające miejsce lokalne protesty w kwestii OZE wskazujące na obawy związane z negatywnym ich oddziaływaniem na środowisko w rzeczywistości dotyczą uzyskania rekompensat finansowych (szerzej zob. Poltowicz 2009, s. 114]

13 NIMBY – Not In My Back Yard, czyli nie na moim podwórku.

powszechne korzystanie w energetyce m. in. w Polsce ze źródeł nieodnawialnych jest jedną z najczęstszych przyczyn postępującej degradacji środowiska naturalnego. Elektrownie bazujące na węglu emitują do atmosfery szereg szkodliwych substancji - tlenki siarki i azotu, a także pyły i metale ciężkie, np. rtęć czy kadm. Na skutek spalania wytwarza się również dwutlenek węgla, będący jednym ze składników gazów cieplarnianych. Kolejny efekt spalania kopalin nieodnawialnych stanowić mogą niedobory wody, szczególnie przy odkrywkowym pozyskiwaniu węgla brunatnego bądź jej zanieczyszczenie [szerzej zob. Grzebiela 2019, s. 142]. Właśnie obszary, na których prowadzone są prace odkrywkowe, szczególnie podlegające niszczeniu, generują istotne zagrożenie dla funkcjonowania a nawet życia mieszkańców nie tylko w skali lokalnej, ale także regionalnej [Maziarz i Harasim, 2015, s. 192-193]. Podkreślić także trzeba, że uwalniane podczas spalania substancje chemiczne w dużym stopniu naruszają równowagę ekologiczną. Znajduje to swoje odzwierciedlenie nie tylko w problemach zdrowotnych ludzi, ale i w funkcjonowaniu ekosfery; wyraz tego stanowi m.in. zaburzenie wegetacji roślin powodujące zmniejszenie plonów w sektorze rolniczym [Ziębik i Szega 2015, s. 54].

Istotne zagrożenie dla ekosystemu stanowi także transport konwencjonalnych surowców energetycznych. Często realizowany jest on drogą morską lub lądową i wymaga pokonania długich tras, w odróżnieniu od odnawialnych źródeł energii. W czasie transportu lądowego może dojść do zatrucia obszaru i w konsekwencji zanieczyszczenia jego ekosystemu; podobnie awaria lub wypadek statku transportowego będą zagrażać życiu morskiej flory i fauny.

Wskazane wyżej uwagi odzwierciedlające ingerencję człowieka w środowisko naturalne, stanowią wyraz współzależności między potrzebą zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego opartego głównie o nieodnawialne kopalinę a stanem środowiska naturalnego. Jak zauważa Grzebiela [2019, s. 144] „zagrożenia ekologiczne są jednak trudne do jednoznacznego określenia. Należy zauważyć, iż zagrożenia tego rodzaju mają charakter nieintencyjny, mimo iż w sposób bezpośredni wpływają na ludzi”. Ponadto stanowią one niejako „produkt” uboczny ludzkiej aktywności [Pietras 1996, s. 68].

Trudno zgodzić z powyższymi uwagami w kontekście postrzegania przesłanek ekologicznych w ich wymiarze moralnym. Aspekt moralny, w ograniczonym zakresie zauważony w Polsce przez władze centralne<sup>14</sup> dotyczy kwestii zachowania środowiska dla

---

14 Na szczycie Unii Europejskiej w dniu 13 grudnia 2019 roku Polska została wyłączona z celu neutralności klimatycznej do 2050 roku, jako jedyny kraj unijny. Na Twitterze posłanka Beata Mazurek napisała... „dzięki skuteczności i determinacji premiera Morawieckiego mamy coś co wydawało się niemożliwe; prawie cała UE zgodziła się na cel 2050 (neutralność klimatyczna) a my zastaliśmy z tego zwolnieni. Rabat klimatyczny jest dla Polski. Brawo Mateusz Morawiecki”. Czy jest to sukces? W kwestii tej wypowiedział się dyrektor programowy Greenpeace Polska Paweł Szypulski mówiąc, iż „sukcesem nie jest brak odpowiedzialnej krytyki na kryzys klimatyczny, sukcesem nie jest postawienie interesów lobby gazowego i węglowego nad dobro i oczekiwania, wielu Polek i Polaków. Trudno też nazwać sukcesem sytuację, w której premier polskiego rządu stawia nasz kraj na

kolejnych pokoleń, podtrzymania jej walorów krajobrazowych i bioróżnorodności, szeroko rozumianej ochrony przyrody, eliminacji pogorszenia stanu (jakości) powietrza atmosferycznego itd.

Nakłady finansowe kierowane na odnawialne źródła energii znajdować mogą swoje odzwierciedlenie w dodatniej korelacji zaangażowania inwestycyjnego z działalnością rolniczą, czego wyrazem może być połączenie upraw i hodowli zwierząt w sferze występowania farm wiatrowych. Wskazać należy, iż inwestowanie w nowoczesne technologie dotyczące OZE z pewnością znajdzie swoje odbicie w rozwoju działalności rekreacyjnej oraz turystycznej regionu. Zgodzić się należy z opinią Pultowicz [2009, s. 114]., iż „na aspekty krajobrazowe należy spojrzeć z perspektywy obecnie stosowanych technologii tradycyjnych – dymiące kominy elektrociepłowni z pewnością wpływają na krajobraz w znacznie większym stopniu niż duże farmy wiatrowe.

Realizacja inwestycji proekologicznych, opartych na OZE wymaga nie tylko rzetelnych ekspertyz ich oddziaływania na środowisko przyrodnicze. Łączyć ją także należy m.in. z:

- neutralizacją barier edukacyjnych odnośnie do zastosowania OZE m.in. w postaci programów szkoleniowych odniesionych do inżynierów, architektów, specjalistów w zakresie energetyki a także lokalnych społeczności na temat pozyskiwania energii z nietypowych źródeł w warunkach zmniejszających się zasobów węgla i gazu;
- szerokim propagowaniem informacji o rozplanowaniu potencjału energetycznego OZE i korzyściach społecznych i ekonomicznych związanych z realizacją inwestycji w źródła odnawialne [Olszewski 2012, s.258-257];
- integracją działań w zakresie łączenia przesłanek ekonomicznych, społecznych i ekologicznych w rozwoju rynku odnawialnych energii. W realiach gospodarczych krajów wysokorozwiniętych wymienione przesłanki wzajemnie przenikają się. Z kolei skala tego przenikania wskazuje na „głębokość” realizacji idei rozwoju zrównoważonego.

Rozważania zawarte w rozdziale pierwszym pozwalają na sformułowanie następujących konkluzji:

- od sformułowania w latach 70-tych pierwszych haseł zrównoważonego rozwoju, do czasów współczesnych koncepcja ta rozwinęła się, zyskując wiele wymiarów oraz definicji, a także na dobre umocowana została w realizowanych wspólnie strategiach rozwojowych świata (m.in. Agenda 21), Europy (m.in. Europa 2020) i Polski (m.in. Polska 2025);
- przegląd definicji zrównoważonego rozwoju wskazuje najistotniejsze cechy tej koncepcji, takie jak: złożoność i ciągła ewolucja; ukierunkowanie na jakość życia

---

marginiesie unijnej polityki i osłabią swoją pozycję negocjacyjną w dalszej walce o środki niezbędne na transformację naszej gospodarki” [Głos Wielkopolski 14-15 grudnia 2019, s. 9]

przyszłych pokoleń; analizowanie w kategoriach procesu, a nie stanu; uwzględnienie aspektów ekonomicznych, społecznych i środowiskowych oraz ich częściową konkurencyjność;

- przegląd odnawialnych źródeł energii pozwala na zidentyfikowanie technologii, takich jak pozyskanie energii z siły wiatru, promieniowania słonecznego (konwersja fotowoltaiczna, fotochemiczna, fototermiczna, termoliza wody), siły wody, źródeł geotermalnych, biomasy, biogazu, biopaliw oraz prądów morskich, pływów i falowania;
- odnawialne źródła energii wpisują się w koncepcję zrównoważonego rozwoju ze względu na pozytywne oddziaływanie ekonomiczne (bezpieczeństwo energetyczne) społeczne (nowe miejsca pracy, wzrost atrakcyjności terenów peryferyjnych) i środowiskowe (zmniejszenie emisji);
- rozwój sektora odnawialnych źródeł energii, czy szerzej wdrażanie koncepcji zrównoważonego rozwoju powinno być powiązane z działaniami edukacyjnymi, bowiem jedną z głównych barier upowszechniania tych podejść jest niewiedza i brak społecznej akceptacji.

## **Rozdział 2. Polityka klimatyczno-energetyczna Unii Europejskiej w aspekcie regulacji prawnych**

Jak już w poprzednim rozdziale podkreślano, istotny element zrównoważonego rozwoju stanowi pozyskiwanie i wykorzystywanie energii. Wśród 17 sformułowanych celów w ramach wskazanej wcześniej nowej Agendy na rzecz Zrównoważonego Rozwoju znalazł się zapis eksponujący potrzebę umożliwienia wszystkim zainteresowanym do korzystania ze stabilnej, zrównoważonej a zarazem nowoczesnej energii po przystępnej cenie.

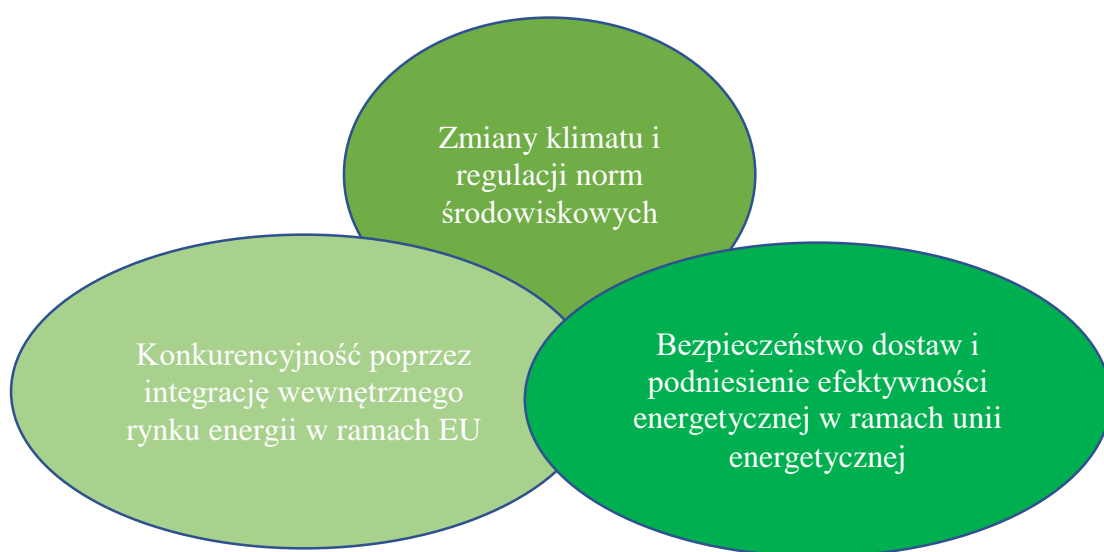
W celu siódmym zapisano: „Pokonywanie wyzwań i korzystanie z licznych możliwości w dzisiejszym świecie wiąże się z dostępem do energii. Jest ona konieczna w wykorzystywaniu pracy, zapewnieniu bezpieczeństwa, walce ze zmianami klimatycznymi, produkcji żywności czy wysiłkach zwiększających krajowe dochody. Zrównoważona energia to szansa na lepszą przyszłość, może ona bowiem przekształcić życie człowieka, całe gospodarki, a nawet naszą planetę [Sustain Developmens Goals... 2015]”. Nawiązywał on, jak należy sądzić do wniosków eksponowanej już w punkcie 1.1. Konferencji Organizacji Narodów Zjednoczonych w Johannesburgu, wskazujących na potrzebę umożliwienia korzystania, w celu zmniejszenia tzw. białych plam energetycznych na mapie świata, z dostępu do niedrogich a zarazem uznawanych społecznie i środowiskowo źródeł energetycznych [United Nations 2002]. W literaturze przedmiotu panuje powszechnie uznawany pogląd, iż główną rolę w rozwoju zrównoważonej energetyki odgrywa polityka klimatyczno-energetyczna [Prandekci 2014, s. 247]. Autor ten wskazuje wprost, iż zrównoważona energetyka będąca efektem przekształcenia energii pierwotnej w elektryczną i ciepłą, a następnie trafiająca do końcowego odbiorcy obecnie i w przyszłości stanowi wyraz zarówno polityki energetycznej, jak i klimatycznej a nie samej energetyki [Graczyk 2017, s. 55].

Odnosząc te uwagi do polityki energetycznej Unii Europejskiej, której Polska jest wieloletnim członkiem, a zarazem nawiązując do tytułu prezentowanego rozdziału pracy, zauważyć należy przede wszystkim, iż stanowi ona zespół reguł, mechanizmów wraz z narzędziami o charakterze ekonomicznym, finansowym i środowiskowym. Jak wskazuje Jeżowski [2012] główne jej obszary łączyć należy, przy zachowaniu wymogów ochrony środowiska, z bezpieczeństwem energetycznym pozwalającym na pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony [Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 roku, Prawo energetyczne], a także z konkurencyjnością gospodarki UE (niska cena energii), wspomnianą ochroną środowiska i efektywnością energetyczną [szerzej zob. Fortuński 2013, s. 17].

Z powyższych uwag wynika, że polityka klimatyczno-energetyczna koncentruje się głównie na kilku kluczowych kwestiach, obejmujących przede wszystkim regulacje prawne odniesione do:

- zmian klimatycznych generujących potrzebę wprowadzenia systemu wsparcia dla energii wytwarzanej z OZE oraz kształtowanie norm środowiskowych,
- uregulowań w zakresie integracji wewnętrznego rynku energii w ramach Unii Europejskiej,
- bezpieczeństwa dostaw oraz podniesienia efektywności energetycznej.

Wyżej wymienione zagadnienia będą przedmiotem rozważań w kolejnych fragmentach prezentowanego rozdziału. Stanowią one, jak należy wnioskować triadę celów polityki klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej w perspektywie co najmniej do 2030 roku [por. szerzej J. Miciuła, 2015, s. 60], która obejmuje:



We współczesnych realiach ekonomicznych Wspólnoty Europejskiej uwidocznione wyżej cele polityki klimatyczno-ekonomicznej nie zazębiają się, wprost przeciwnie, można je traktować jako częściowo wykluczające się, choćby w kontekście nakładów na realizację technologii generujących poprawę klimatu poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych, jak i podnoszenia bezpieczeństwa energetycznego w związku z dywersyfikacją dostaw paliw i energii. Tę ostatnią w istotnym zakresie łączyć należy z zewnętrznymi działaniami Unii Europejskiej odnoszącymi się do głównych dostawców surowców energetycznych [E. Levegue, J.M. Glachart, J. Barquin, F. Holz, W. Nuttall, 2014].

## 2.1. Regulacje prawne wobec zmian klimatu i norm środowiskowych

W okresie postępujących wyzwań klimatycznych, środowiskowych, surowcowych wspólna polityka energetyczna jawi się nie tylko jako priorytet, ale wręcz jako wyznacznik jedności państw tworzących Unię Europejską. Jej ukierunkowanie w coraz większym stopniu odnosi się do problemów związanych ze zmianami klimatycznymi i środowiskowymi w krajach Wspólnoty. Za przełomowe w tym względzie uznać należy przyjęcie w 1993 roku Traktatu o Unii

Europejskiej, który rodził nie tylko szeroką optykę na politykę energetyczną, ale wprost eksponował w ramach jej realizacji potrzebę zachowania czy wręcz poprawę warunków klimatycznych i środowiskowych. Stanowiło to rezultat obserwowanego już wówczas istotnego zaangażowania sektora energetycznego w główną przyczynę zmian klimatycznych, czyli wzrastającą emisję gazów cieplarnianych.

Ogólny wymiar zapisów traktatowych nie wiązał się z wystąpieniem narzędzi prawnych generujących rzeczywiste zmniejszenie, czy wprost neutralizację zmian klimatycznych. Narastające z nimi problemy spowodowały, iż przywódcy unijnych krajów członkowskich podjęli w marcu 2007 roku decyzję odnoszącą się m.in. do poprawy wykorzystania odnawialnych źródeł energii czy zmniejszenia emisji dwutlenku węgla a także podwyższenia efektywności wykorzystania energii do 2020 roku a następnie do 2050. Korelowało to bezpośrednio z Komunikatem Komisji Europejskiej określającym „Europejską Politykę Energetyczną” ze stycznia 2007 roku [COM 2007/1], który, jak podkreśla się nie posiadał wiążącego charakteru. Niemniej wskazywał na ważne cele i narzędzia, które powinny, obok produkcji energii, eksponować zwiększenie stosowania źródeł energii odnawialnej oraz postrzegania przyjętych limitów dwutlenku węgla oraz innych gazów cieplarnianych do atmosfery [por. szerzej G. Wojtkowska-Łodej, 2014].

Cele te w unijnej polityce energetycznej zostały wyrażone ilościowo - 3x20, która wskazuje na potrzebę redukcji szkodliwych emisji gazów. Wyrazem tych stwierdzeń, wynikających z przyjętych przez wszystkie kraje członkowskie zobowiązań w ramach wskazanego pakietu 3x20 mogą być informacje zamieszczone na rys. nr 4. Paski ciemne przedstawiają na nim stan na 2008 rok, zaś jaśniejsze - docelowe na koniec 2020 roku. Wynika to, jak wyżej zauważono ze zobowiązań, niestety nie posiadających wiążącego charakteru, przyjętych przez kraje członkowskie.

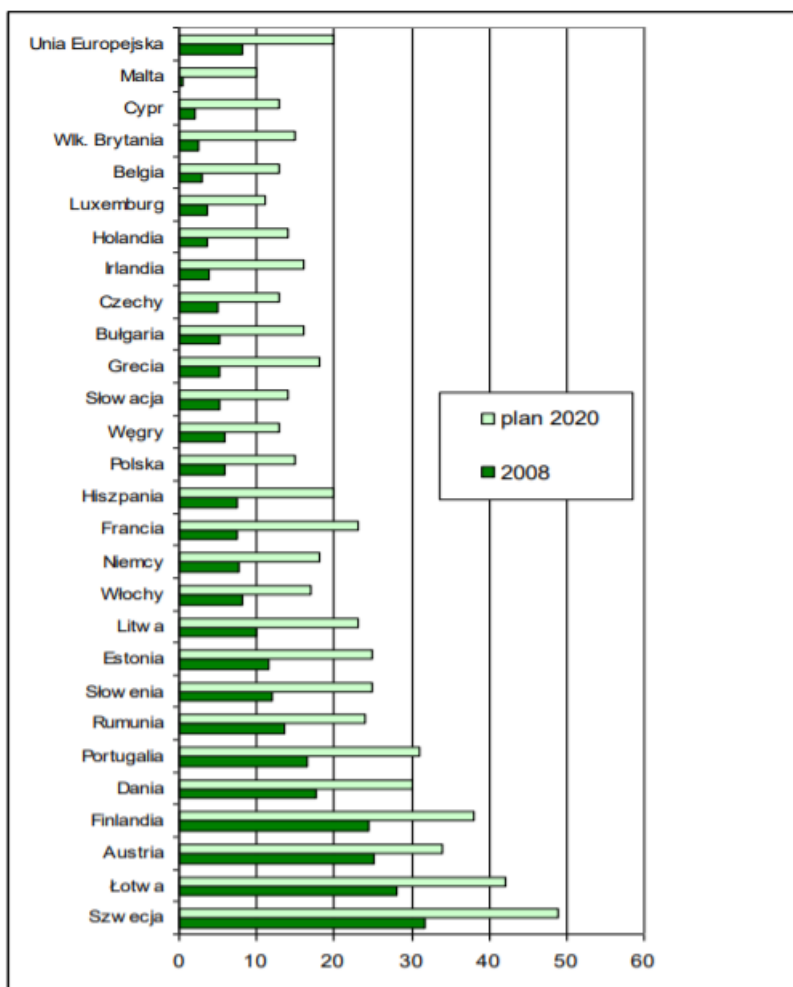
Dużo wcześniej przed przyjęciem Komunikatu KE w sprawie „Europejskiej Polityki Energetycznej” (styczeń 2007 r.), pojawiło się szereg dokumentów umiejscawiających energię odnawialną w polityce energetycznej Unii Europejskiej. Zaliczyć do nich należy m.in.:

- Biała Księga z 1997 roku „Energia dla przyszłości i odnawialne źródła energii”. Wskazano w niej m.in., iż odnawialne źródła energii w stopniu niejednakowym i niezadawalającym są wykorzystywane w Unii Europejskiej. Stąd Komisja Europejska zaleciła krajom członkowskim zwiększenie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych do 12% energii brutto do 2010 roku. W wymienionej Księdze wyeksponowano także niezbędne działania w tym zakresie na lata 1999-2003 pozwalające na osiągnięcie wskazanego celu, podkreślając, iż liberalizacja sektora energetycznego otwiera nowe konkurencyjne pod względem ceny możliwości dla energii odnawialnej,



- Zieloną Księgę „Ku europejskiej strategii bezpieczeństwa energetycznego z 2000 roku”. Treść tego aktu odniesiona została nie tylko do podstawowych kwestii dotyczących bezpieczeństwa energetycznego, polityki kontroli zapotrzebowania na paliwa i energię, a także ukierunkowana była na sprawy ochrony środowiska. Stąd w dokumencie tym szczególnie podkreślano fundamentalne znaczenie wykorzystania OZE dla osiągnięcia celów polityki energetycznej krajów unijnych szczególnie w kontekście potrzeby minimalizacji uzależnienia energetycznego, stanowiącego trudny do rozwiązania problem [Gostomski 2015, s. 45].
- Dyrektywę 2001/74/WE opublikowaną w 2001 roku. W akcie tym wiele uwagi poświęcono ogólnym postanowieniom odnośnie do polityki w zakresie energii ze źródeł odnawialnych w Unii Europejskiej. Dokument ten stanowi swoistą „konstytucję” dla ustawodawców krajowych oraz dla dalszych uregulowań unijnych w zakresie OZE. Na podkreślenie zasługuje eksponowanie w omawianej Dyrektywie potrzeba wzrostu udziału energii elektrycznej pozyskiwanej z OZE na wewnętrznym jej rynku w UE. Stąd na państwa członkowskie nałożono obowiązek ustalenia i egzekwowania szeregu instrumentów, które dotyczyły m.in. gwarancji przesyłu i dystrybucji energii z OZE przez operatorów sieci oraz dokonanie liberalizacji procedur administracyjnych skierowanych do producentów energii odnawialnej. Wskazano również na potrzebę sformułowania narzędzi pozwalających na zidentyfikowanie energii otrzymywanej z OZE w celu wyeliminowania zafałszowań.

W kontekście prowadzonych rozważań nie sposób nie wspomnieć o „Mapie drogowej na rzecz energii odnawialnej - Energie odnawialne w XXI wieku: budowa bardziej zrównoważonej gospodarki”, uchwalonej 10 stycznia 2007 roku przez Parlament Europejski. Stanowi ona, jak można sądzić ważny element Przeglądu Sytuacji Energetycznej UE oraz wizję wykorzystywania w przyszłości OZE w krajach unijnych. Szczególnie ważne wydaje się wskazanie w tekście „Mapy..” nowych rozwiązań prawnych odniesionych do przedsiębiorców państw unijnych, pozwalających zapewnić długookresową stabilizację, generującą racjonalne decyzje inwestycyjne w sektorze energii odnawialnej. Wyraz tego stanowić ma czysta, bezpieczna i bardziej konkurencyjna energetyczna przyszłość krajów unijnych.



**Rys. nr 4. Udział procentowy energii odnawialnej w konsumpcji energii pierwotnej ogółem przez Państwa UE w 2008 roku oraz przyjęte zobowiązania na rok 2020 [%]**

Źródło: Kurzak 2010

Wspomnieć także należy o wskazanym już wyżej komunikacie Komisji Europejskiej ze stycznia 2007 roku określającym „Europejską Politykę Energetyczną”. Odzwierciedlenie przyjętych w nim założeń znalazło swój wyraz w uchwaleniu pakietu klimatyczno-energetycznego przez Parlament Europejski 5 czerwca 2009 roku. Zawarto w nim akty prawne ukierunkowane na promowanie stosowania energii ze źródeł odnawialnych oraz zapewniające równowagę ekologiczną w gospodarkach krajów unijnych. Pakiet ten generował szereg uwag, a wręcz kontrowersji, szczególnie w Polsce bazującej na energetyce ze źródeł tradycyjnych [Krzykowski 2015, s. 37]. Obejmował on kilka Dyrektyw i Decyzji. Ze względu na stopień ważności syntetyczne ujęcie ich treści znajdzie się w kolejnej części punktu poświęconej problematyce emisji gazów cieplarnianych i ich składowania. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na pierwszy z zawartych w pakiecie aktów prawnych Dyrektywę - 2009/28/WE. Najogólniej ujmując jej treść wskazuje na potrzebę większego zaangażowania krajów Wspólnoty do stymulowania inwestycji w energię odnawialną i rozwoju rynku energii z niej pozyskiwanej. Ważne w tym akcie, a wprost w jego preambule, jest podkreślenie unijnego

życzenia „...aby ceny energii odzwierciedlały zewnętrzne koszty wytwarzania i zużycia energii, w tym koszty środowiskowe i społeczne oraz koszty opieki zdrowotnej”. Wczytując się głębiej w ocenianą Dyrektywę zwaną RES (Renewable Energy Sources) można wnioskować, iż zgodnie z założeniami autorów, energia ze źródeł odnawialnych powinna realizować cele polityki elektrycznej, wytwarzania ciepła i chłodu oraz w zakresie paliw transportowych. Wyznaczono dla krajów Wspólnoty podstawowy poziom udziału energii odnawialnej w ogólnym jej zużyciu do 2020 roku wynoszący 20%, zaś dla Polski 15%; zarazem określono 10% udział zawartości biopaliw w paliwach transportowych. Mające miejsce na początku XXI wieku relatywnie ustabilizowane działanie gospodarek unijnych, po przeżytym w latach 2007-2008 kryzysie finansowym, pozwoliło rozpocząć dyskusję odnoszącą się do polityki klimatyczno-energetycznej obejmującej lata 2020-2030. Program ramowy dotyczący tych kwestii sformułowany został w Komunikacie Komisji Europejskiej w styczniu 2014 roku [COM 2014/15], w którym m.in. wskazano na 27% udział energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w całkowitym jej zużyciu do 2030 roku, odniesionej tylko do krajów UE. W kwestii dotyczących OZE Komisja Europejska wskazała także na potrzebę zweryfikowania wymienionych już wyżej założeń zamieszczonych w Dyrektywie 2009/28/WE pod kątem realizacji przez państwa Wspólnoty przyjętych niej celów.

Kwestia ta znalazła odzwierciedlenie na szczycie Rady Europejskiej w październiku 2014 roku; starano się na niej doprecyzować działania odnośnie do polityki klimatyczno-energetycznej w latach 2020-2030. Powstały dokument „Strategia ramowa na rzecz stabilnej unii energetycznej” stanowiący wyznacznik priorytetów generujących zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego, stabilności oraz konkurencyjności w tym względzie, wskazywał m.in. na potrzebę dekarbonizacji gospodarki, która powinna bazować na odnawialnych źródłach energii. Powtórzono wnioskowanie przyjęte wcześniej, wskazując na 27 procentowy udział OZE w produkcji energii odnawialnej w krajach unijnych do 2030 roku. Zarazem zwrócono uwagę na potrzebę szerokiego zaangażowania ze strony poszczególnych państw Wspólnoty w aspekcie ochrony środowiska m.in. poprzez dalsze wspieranie produkcji energii ze źródeł odnawialnych w oparciu o wykorzystanie systemów rynkowych. Pozwoli to na neutralizację nieprawidłowości w ich funkcjonowaniu poprzez racjonalizowanie kosztów i eliminowanie zbyt dużych rekompensat czy zakłóceń. W priorytetach zamieszczonych w omawianej „Strategii...” znalazły się również sugestie odniesione do potrzeby inwestowania w krajach unijnych w paliwa alternatywne; chodzi głównie o zaangażowanie w produkcję biopaliw.

W dniu 12 grudnia 2015 roku pokłosem Konferencji Stron Konwencji Klimatycznej w Paryżu było przyjęcie tzw. Porozumienia paryskiego dotyczącego unijnych zmian w zakresie polityki klimatyczno-energetycznej po 2020 roku w kontekście wyznaczania dalszych ich kierunków i zaprojektowania regulacji prawnych [szerzej zob. Sobieraj 2017, s. 178-180].

Jedną z nich stanowiła propozycja, zawarta potem w Dyrektywie z 30 listopada 2016 roku w sprawie promowania stosowania odnawialnych źródeł energii [COM 2016/767]. Po procesie legislacyjnym opublikowana została w dniu 21 grudnia 2018 roku Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 pod podobnym do wskazanego wyżej tytułem, dokładnie w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Stanowi ona, w kontekście terminu realizacji niniejszej rozprawy ostatnie ze źródeł prawnych odniesionych do omawianego obecnie problemu. Już w uwagach wstępnych zamieszczonych w omawianej Dyrektywie podkreślano, iż „zwiększenie stosowania energii ze źródeł odnawialnych ma fundamentalne znaczenie dla promowania dostaw energii, zrównoważonej energii po przystępnych cenach, rozwoju technologicznego i innowacji, a także wiodącej pozycji technologicznej i przemysłowej, przy jednoczesnym zapewnieniu korzyści środowiskowych, społecznych i zdrowotnych, jak również stworzeniu znaczących możliwości zatrudnienia i rozwoju regionalnego, zwłaszcza na obszarach wiejskich i odizolowanych, w regionach lub na terytoriach o niskiej gęstości zaludnienia lub objętych częściową dezindustrializacją”.

Zaprezentowana ogólna optyka na rolę energii ze źródeł odnawialnych we wskazanej Dyrektywie w krajach unijnych wymaga istotnego uszczegółowienia. Trudno odnieść się do wszystkich jej zapisów, niemniej w kontekście prowadzonych badań, zdaniem autora, na szczególne podkreślenie zasługują:

- ustanowienie wspólnych ram legislacyjnych odnośnie do rozwoju i rynkowej integracji źródeł odnawialnych w zakresie energii elektrycznej i jej wykorzystania „...w sektorze ogrzewania i chłodzenia oraz w sektorze transportu, współpracy regionalnej między państwami członkowskimi oraz trzecimi ...” [art. 1 Dyrektywy 2018/2001]. Efekt tego ma stanowić ogólnounijny cel zakładający 32 procentowe wykorzystanie energii brutto pozyskiwanej z OZE, w końcowym jej zużyciu do 2030 roku;
- w kolejnym z artykułów (3) zaznaczono, iż potrzeba wspólnej realizacji wskazanego wyżej wiążącego celu ogólnego w zakresie OZE do 2030 roku wymaga określenia układów krajowych w Zintegrowanych Planach Klimatyczno-Energetycznych przez poszczególne państwa unijne [art. 3 ust. 2 i 3 Dyrektywy 2018/2001] i nie mogą kształtować się one na niższym poziomie niż cel wyznaczony na 2020 rok;
- w artykule 4 w artykule omawianej Dyrektywy eksponowane są minimalne wymagania odnośnie do krajowych systemów wsparcia, których cel, jak podkreśla się, stanowi obok europeizacji polityki w odniesieniu do OZE, skuteczniejsza ochrona inwestora „...zapewniająca pozytywne reakcje producentów energii odnawialnej na sygnały cenowe z rynku i maksymalizację przychodów z rynku” [art. 4 ust. 3 Dyrektywy 2018/2001]. Znaczący w kontekście rozwoju energii odnawialnej, szczególnie w krajach bazujących na źródłach konwencjonalnych jest zapis w ust. 4 wskazujący, iż państwa członkowskie „...zapewniają przyznawanie wsparcia na rzecz energii elektrycznej ze

źródeł odnawialnych w sposób otwarty, przejrzysty, konkurencyjny, niedyskryminujący i racjonalny pod względem kosztów”. Zarazem systemy wsparcia powinny zawierać określoną partycypację instalacji mieszczących się na terenie transgranicznym; chodzi o zasady „...zaliczania odnawialnej energii elektrycznej, która jest przedmiotem transgranicznego wsparcia” [art. 5 ust.1];

- istotne w kontekście omawianej Dyrektywy dotyczącej OZE jest eksponowanie współpracy w realizacji projektów pomiędzy krajami Wspólnoty „...w zakresie wszystkich rodzajów wspólnych projektów odnoszących się do energii elektrycznej, ciepła lub chłodu ze źródeł odnawialnych” [art. 9 ust. 1]. Co ważne zaznaczono, iż omawiana współpraca może obejmować prywatnych operatorów. W artykule 11 wskazano z kolei na możliwości realizacji wspólnych przedsięwzięć w kwestii OZE pomiędzy krajami UE a krajami trzecimi, eksponując jednocześnie warunki obliczania udziałów energii odnawialnej państw członkowskich we wspólnym jej wytwarzaniu z krajami spoza UE;
- w treści omawianej Dyrektywy znalazł się również bardzo ważny dla aktualnych i potencjalnych inwestorów oraz podmiotów zaangażowanych w wytwarzane energii z OZE zapis nakładający na każdy z krajów unijnych konieczność powołania specjalnego organu tzw. punktów kontaktowych. Na żądanie wnioskodawcy „...udzielają one wskazówek i wsparcia w trakcie przeprowadzania administracyjnej procedury składanych wniosków o zezwolenie i wydawania zezwoleń...” „Procedura wydawania zezwoleń obejmuje odpowiednie administracyjne zezwolenia na budowę, rozbudowę źródeł energii oraz eksploatację obiektów do produkcji energii ze źródeł odnawialnych ...” [art. 16 ust.1]. W wymienionym artykule został określony również termin uzyskania przez inwestora zezwolenia; np. dla elektrowni, włączenie z wszystkimi odpowiednimi procedurami właściwych organów nie może przekraczać dwóch lat. Natomiast przy drobnych inwestycjach w OZE, dających efekt do 50 kW mocy energetycznej wystarczy, zgodnie z zapisem w artykule 17 - zgłoszenie do operatora systemu dystrybucyjnego;
- porównując omawianą Dyrektywę z poprzednimi aktami tego typu zauważyć należy podniesienie pozycji prosumenta oraz lokalnych społeczności wytwarzających energię ze źródeł odnawialnych. Prosumentami są nie tylko gospodarstwa domowe, ale i inne podmioty „...działające samodzielnie lub za pośrednictwem koncentratorów mające prawo wytwarzania energii odnawialnej, również na własne potrzeby, przechowywać i sprzedawać swoje nadwyżki produkcji... w tym poprzez umowy zakupu odnawialnej energii elektrycznej za pośrednictwem dostawców energii elektrycznej i poprzez ustalenia w zakresie partnerskiego (peer-to-peer) handlu ...” [art. 21 ust.2]. W konsekwencji każdy z krajów Wspólnoty nie może poddawać prosumentów „...odnośnie do samodzielnie wytworzonej energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych

pozostających w ich obiektach - dyskryminującym lub nieproporcjonalnym procedurom i wszelkim opłatom” [ust. 2];

- kolejny z artykułów jest szczególnie ważny dla lokalnych społeczności rozwijających system energii odnawialnej poprzez kooperatywy, spółdzielnie energetyczne.<sup>15</sup> Państwa członkowskie, jak wynika z artykułu 22 powinny stworzyć ramy, które pozwolą na promowanie i ułatwianie rozwoju społeczności energetycznych działających w zakresie energii odnawialnej, a zarazem zapewnić prawo tym społecznościom do produkcji, zużywania, magazynowania i sprzedaży energii w tym w drodze umów jej zakupu; w prezentowanym artykule podkreślano zarazem niedyskryminacyjny sposób dostępu do „...wszystkich odpowiednich rynków energii zarówno bezpośrednio, jak i za pośrednictwem koncentracji” [ust. 2 i 3];
- kolejny z artykułów omawianej Dyrektywy zatytułowany „Zwiększanie roli energii odnawialnej w ciepłownictwie i chłodnictwie” wskazuje, iż każde państwo w celu promowania korzystania z OZE w wymienionych wyżej sektorach powinno dążyć do zwiększenia udziału energii odnawialnej „...orientacyjnie o 1,3 punktu procentowego jako roczna średnia wyliczona dla okresów 2021-2025 i 2026-2030, zaczynając od udziału energii odnawialnej w sektorze ogrzewania i chłodzenia osiągniętego w 2020 roku, wyrażonego jako krajowy udział w zużyciu energii końcowej...”. Zapis ten może budzić kontrowersje w kontekście obecnie bardzo zróżnicowanego udziału energii odnawialnej w instalacjach ciepłowniczych i chłodniczych w poszczególnych krajach unijnych. W następnym z artykułów Dyrektywy [art. 24] eksponowane są różne formy ułatwień związanych z przyłączeniem odbiorców do lokalnych systemów ogrzewania oraz chłodzenia bazujących na odnawialnych źródłach bądź na odpadach;
- w prezentowanej Dyrektywie zwraca się również uwagę [art. 25] na obowiązek zwiększania roli energii odnawialnej w sektorze transportu poprzez podniesienie udziału paliw niskoemisyjnych i odnawialnych w krajowym końcowym zużyciu paliw w transporcie, czyli biopaliw, bądź energii elektrycznej pozyskanej z odnawialnych źródeł energii. W ustępie 1 wymienionego artykułu wskazano, iż „...aby zwiększyć stosowanie energii odnawialnej w sektorze transportu, każde państwo członkowskie wprowadza obowiązek, by dostawy paliw do 2030 roku zapewniały co najmniej 14-procentowy udział energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii w sektorze transportu”. Na podkreślenie zasługuje przy tym zwrócenie w artykule 26 uwagi na konieczność zmniejszenia produkcji biopaliw opartej na roślinach spożywczych i pastewnych, w

---

<sup>15</sup> W krajach wysoko rozwiniętych, na poziomie lokalnym czy regionalnym, jak podkreśla się w literaturze przedmiotu, doskonale sprawdzają się spółdzielnie energetyczne. Do ich podstawowych zalet zaliczyć należy m.in. uspołecznienie procesu wytwórczego, łączenie celów ekonomicznych i społecznych oraz pozytywny wpływ na poprawę stanu środowiska naturalnego. Najwięcej spółdzielni energetycznych wśród krajów unijnych funkcjonuje w Niemczech. [Błażejowska, Gostomczyk 2018, s. 20].

kontekście generowania wzrostu cen żywności oraz oparciu ich wytwarzania na przykład z odpadów.

Przedstawione wyżej rozważania bazujące na wielu dokumentach i ich nowelizacjach podkreślają kierunek przeobrażania w energetyce na terenie Europy ukierunkowany na znaczące podniesienie wymagań ekologicznych. Kontynent ten, jak podkreśla się w literaturze przedmiotu [Fortuński 2013, s. 2] jest szczególnie zaangażowany w kwestiach świadomego, docenianego ekonomicznie, społecznie i ekologicznie rozwoju nowych tzw. „zielonych technologii” w sektorze energetyki. Te ostatnie, jak wynika w przedstawionych wyżej stwierdzeń wiązać przede wszystkim należy z następującymi obszarami gospodarowania [Burel-Saladin 2013, s. 218]:

- wytwarzaniem energii, która obejmuje energię odnawialną, paliwa oparte na energii ze źródeł odnawialnych i paliwa płynne (biopaliwa);
- działalnością związaną z efektywnym wykorzystaniem zasobów;
- aktywnością gospodarczą prowadzącą do neutralizacji zanieczyszczeń (np. składowania dwutlenku węgla, recyklingu), będącą wyrazem realizacji przyjętych przez prawo unijne norm środowiskowych, co znajdzie swoją interpretację na kolejnych stronach podrozdziału;
- działalnością obejmującą zarządzanie zasobami naturalnymi m.in. zachowaniem różnorodności biologicznej oraz ekosystemów [Kułyk, Michałowska i Roszkowska-Hołyś 2019, s. 26].

Wskazuje to na jednoznaczny kierunek zmian w europejskiej energetyce, generowanej przez Unię Europejską, które zmierzają ku zaostrzeniu wymogów ekologicznych. Podąża się ku rozwojowi zielonych technologii w sferze energetyki. Stanowi to wyraz strategii unijnej zakładającej m.in. dominującą jej pozycję w światowej realizacji nowoczesnych rozwiązań także w odniesieniu do energetyki. W konsekwencji wiąże się to ze stymulowaniem rozwoju innowacyjnych branż mogących tworzyć w przyszłości przewagę konkurencyjną. Uwagi te w pełni korelują z coraz szerzej stosowanymi i wprowadzanymi do energetyki rozwiązaniami w zakresie wspomnianych już wyżej zielonych technologii [Fortuński 2012, s. 115].

Niestety realia światowe, pomimo ukierunkowanych przez Unię zachowań i działań w odniesieniu do sektora energetyki zgodnego z koncepcją zrównoważonego rozwoju pokazują, iż „...żadna z międzynarodowych organizacji o charakterze integracyjnym, ani żadne rozwinięte pod względem gospodarczym państwo pozaunijne nie wprowadza tak daleko idących rozwiązań prośrodowiskowych w swojej energetyce [Fortuński 2012, s. 115]. Jedynie, jak podkreśla wymieniony autor, kraje nie należące do OECD oraz niektóre państwa Ameryki Łacińskiej próbują integrować się z unijną polityką energetyczną.

W kontekście powyższych uwag zauważyć należy, iż takie państwa jak USA, Chiny, Rosja, Japonia czy Indie są konsumentami około 75% światowych potrzeb węglowych, a także 44%

zapotrzebowania na gaz i ropę. Wnioskować zatem należy, iż wskazane liczby będące wyrazem struktury energetyki i źródeł pozyskiwania energii rodzą potrzebę oddziaływania Unii Europejskiej przede wszystkim na wyżej wymienione kraje w kontekście ograniczenia gospodarowania konwencjonalnymi źródłami energii. Optyka na UE jako lidera zrównoważonego rozwoju odzwierciedlonego w wykorzystaniu źródeł odnawialnych na dużą skalę może generować różnorodne problemy:

- stosowane w energetyce zaawansowane technologicznie rozwiązania mogą napotykać barierę w postaci braku zainteresowania przez kraje spoza UE;
- potencjalne ryzyko związane ze wzrostem kosztów produkcji z OZE może powodować przenoszenie części kapitału alokowanego w krajach UE, do państw o mniej restrykcyjnym podejściu do emisyjności energetyki.

Podkreślić przy tym trzeba występowanie różnic, o czym już wcześniej wspomniano, odnośnie do zakresu i możliwości wykorzystania różnych źródeł energii - odnawialnych i konwencjonalnych w każdym z krajów unijnych. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w zróżnicowanych cenach energii w każdym z Państw Wspólnoty, Stanowi ono wynik m.in. dominujących w poszczególnych krajach rodzajów elektrowni generujących wysokość nakładów na emisyjność źródeł stosowanych energii, zgodnie z określonymi przez prawo unijne normami środowiskowymi dotyczącymi przede wszystkim obniżenia emisji dwutlenku węgla, będącego głównym źródłem zmian klimatu oraz innych gazów cieplarnianych.

Wobec narastających niekorzystnych objawów tych zmian, znajdujących odbicie w wielu badaniach i analizach m.in. w raporcie Nicholasa Sterna [Stern 2006], Unia Europejska zmuszona wprost została do podjęcia działań powodujących zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w państwach unijnych oraz na całym świecie do granicy, w której globalny wzrost temperatury ukształtuje się poniżej 2°C, w relacji do poziomu sprzed epoki przemysłowej.

Zauważyć przy tym należy, iż zanieczyszczenia wywołane emisją gazów cieplarnianych wiążą się z wieloma zagrożeniami dla zdrowia ludzkiego. Niektóre z nich zaprezentowano poniżej.



**Tabela 4. Zagrożenia energetyki węglowej dla zdrowia**

Zanieczyszczenie	Zagrożenie dla zdrowia
- dwutlenek siarki	układ oddechowy oraz praca płuc, astma, rozwój przewlekłego zapalenia oskrzeli, podrażnienie oczu, zaostrzenie schorzeń układu krążenia
- tlenki azotu (NO <sub>x</sub> )	zaostrzenie astmy, przewlekłe choroby płuc, zaburzenia rytmu serca, udar niedokrwienny płuc
- amoniak	podrażnienie układu oddechowego, poparzenia skóry i oczu
- chlorowodór i fluorowodór (HCl, HF)	ostre podrażnienie skóry, oczu, nosa, gardła, dróg oddechowych
- dioksyne i furany	działania rakotwórcze (rak żołądka), oddziaływanie na rozrodczość oraz układ hormonalny i odpornościowy
- węglowodory aromatyczne np. benzen, ksylen, toluen, itp.	podrażnienie skóry, oczu, nosa, trudności z oddychaniem, ograniczona praca płuc, zaburzenia pamięci, dolegliwości żołądkowe, wpływ na wątrobę i nerki, oddziaływanie na system nerwowy
- ołów	uszkadza system nerwowy, szczególnie u dzieci, negatywnie oddziałuje na przyswajanie wiedzy pamięć i zachowanie, może uszkadzać nerki oraz prowadzić do anemii
- antymon, arsen, kadm, chrom, nikiel, selen, mangan	substancje rakotwórcze (płuc, pęcherza, nerek, skóry), szkodliwy wpływ na system nerwowy, układ krążenia, oddechowy, odpornościowy oraz skórę

Źródło: *Nieopłacony rachunek, jak energetyka węglowa niszczy nasze zdrowie. Raport Health and Environment Alliance (HEAL) 2013, s. 39*

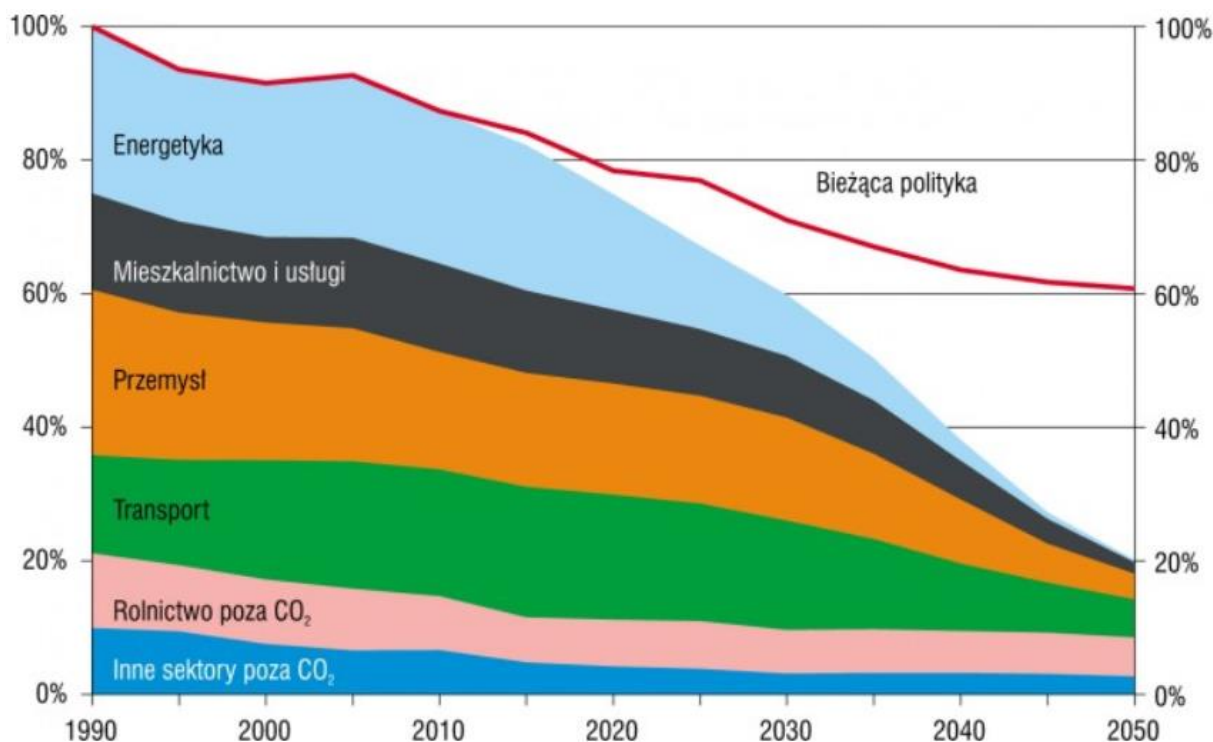
Spoglądając na zamieszczone wyżej zdrowotne efekty generowane przez emisje gazów cieplarnianych, a także wpływanie wspomnianych już wielokrotnie zmian klimatycznych wnioskować należy, iż neutralizacja tych problemów winna stanowić cele ogólnoświatowe. Wyraz takiego podejścia odzwierciedlają, wskazane w poprzednim rozdziale zapisy zawarte w Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatycznych sformułowane w Rio de Janeiro w 1992 roku, znajdujące swoje uszczegółowienie we wspomnianym rozdziale pierwszym Protokołu z Kioto, ratyfikowanym przez wiele krajów w różnych częściach świata w 1997 roku.

Podstawowy instrument mający na celu redukcję gazów cieplarnianych, bezpośrednio skorelowany z zapisami Protokołu z Kioto, stanowi UE-ETS, będący unijnym systemem handlu pozwoleniami na emisję gazów cieplarnianych. Jego idea polega na określeniu poziomu dozwolonych emisji, w granicach którego uczestnicy systemu mają możliwość kupowania bądź sprzedaży uprawnień emisyjnych; każde z nich upoważnia jej posiadaczy do emisji jednej tony CO<sub>2</sub>. Poszczególne kraje Wspólnoty zobligowane zostały, w oparciu o otrzymany limit

uprawień do sporządzenia krajowego Planu ich rozdziału, określającego liczbę przydziałów dla każdej z instalacji w danym państwie. Mają one obowiązek przeprowadzania rocznych ich rozliczeń w oparciu o dokonane emisje. W sytuacji, gdy otrzymane uprawnienia przewyższają rzeczywisty poziom emisji nadwyżka ich może być sprzedana; z kolei instalacje o zbyt dużej emisji w relacji do przyznanych limitów stają przed alternatywą:

- „dokupu” brakujących pozwoleń;
- zastosowania rozwiązań ukierunkowanych na rzeczywiste ograniczenie wielkości produkowanych gazów cieplarnianych;
- połączenie „dokupu” pozwoleń z dążeniem do faktycznego zmniejszenia ilości emitowanych gazów.

Działania te mają więc na celu generowanie stymulatorów o charakterze finansowym ukierunkowanych na zmniejszenie emisji szkodliwych substancji [szerzej zob. Gąsiorowska, Piekacz, Surma, 2008]. Strategia przemian gospodarek unijnych pod kątem niskiej ich emisyjności wymaga, jak wynika z treści poniższego rysunku zmniejszenia, zgodnie z Planem działania ukierunkowanym na przejście do gospodarki niskoemisyjnej do 2050 roku [European Commission 2011] ograniczenia o 80% wewnętrznych emisji. Szczególnie, jak uwidoczniono to na wskazanym rysunku, problem dotyczy sektorów energochłonnych i wysokoemisyjnych (m.in. energetyki, mieszkalnictwa oraz usług, przemysłu, sektora rolnictwa czy transportu) [szerzej zob. Wojtkowska-Łodej 2016, s.300-310].



**Rys. nr 5. Przebieg ograniczenia wewnętrznych emisji gazów cieplarnianych w UE do 80% (100% = 1990 r.)**

Źródło: Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z 8 marca 2011 r. „Plan działania prowadzący do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 r.”

Należy jednak zdać sobie sprawę, przed syntetyczną prezentacją proponowanych w unijnych aktach prawnych rozwiązań na rzecz redukcji gazów cieplarnianych, iż ich emisja wynosi około 12% poziomu światowego [Sobieraj, 2017, s.89]. Pomimo tak niskiego udziału Unia Europejska w zakresie polityki klimatycznej stara się pełnić wiodącą rolę na całym świecie [Wyciszkiwicz, 2011, s.19]. Stąd wnioskować można, iż niezbędne jest zaangażowanie w zakresie polityki klimatycznej krajów z innych rejonów świata; jej brak znaleźć może odzwierciedlenie w zmniejszaniu konkurencyjności przemysłu z państw unijnych i w konsekwencji relokowania go w innych częściach globu, gdzie nie są respektowane reguły ochrony środowiska. Globalne rezultaty neutralizacji redukcji gazów cieplarnianych wskazywanych w rozwiązaniach unijnych wymagają zatem wdrażania ich w zakresie całego świata. Tymczasem, wyprzedzając dalsze rozważania, wskazać należy na rezygnację Kanady z zapisów Protokołu z Kioto wyznaczającego jak już wyżej wskazano, cele i zadania państw sygnatariuszy konwencji odnośnie do zmian klimatu. Podobnie postąpiły zresztą Stany Zjednoczone, które zrezygnowały z przyjętych postanowień konwencji w Paryżu z grudnia 2015 roku, Porozumienia wzmacniającego światową reakcję na negatywne konsekwencje wynikające ze zmian klimatu [szerzej zob. Glenn, Otero, 2013, s. 489-506]. Aktualnie nowo wybrany prezydent USA, J.Biden ponownie stał się sygnatariuszem Porozumienia paryskiego w imieniu Stanów Zjednoczonych.

Wspierający neutralizację emisji gazów, wskazany już wyżej, unijny system handlu pozwoleniami oparty o skalę ich wytwarzania ETS (Emission Trading Scheme) podlegał istotnym przekształceniom. Syntetyczne ujęcie ewolucji legislacyjnych rozwiązań w tym zakresie i jej przyczyn przedstawione zostanie poniżej, wraz z szerszą prezentacją obecnie obowiązujących zapisów prawnych.

Lata 2004-2007 określić można jako pierwszy okres funkcjonowania systemu handlu emisjami ETS. Było to rezultatem zapisów zawartych w Dyrektywie 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, ustanawiających system handlu przydziałami emisji gazów cieplarnianych w Unii w celu ich redukcji w sposób racjonalny w kontekście poniesionych kosztów, a zarazem ekonomicznie skuteczny. Niestety, mająca miejsce w tym czasie zbyt duża liczba wydanych pozwoleń na emisję gazów cieplarnianych znalazła swoje negatywne odzwierciedlenie w zmniejszających się ich cenach, co skutkowało brakiem bodźców stymulujących działania do redukcji gazów i w konsekwencji do uzyskania nałożonych rezultatów [Gąsiorowska, Piekacz, Surma 2009, s. 9]. Ważne w kontekście prowadzonej analizy są zapisy zamieszczone w Dyrektywie 2009/29/WE, mające na celu usprawnienie i rozszerzenie wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji, gazów cieplarnianych UE-ETS. Wymieniona Dyrektywa przyjmuje jeden, ściśle określony na lata 2013-2020 dla wszystkich państw Unii limit całkowitej liczby uprawnień do emisji eliminując tym samym 27 limitów odnoszących się do poszczególnych krajów członkowskich. Ponadto omawiana Dyrektywa znosi bezpłatny przydział uprawnień na rzecz zakupu poprzez aukcje<sup>16</sup>.

Zgodnie ze zobowiązaniem współprawodawców wskazanym w zaprezentowanej wyżej Dyrektywie 2009/29/WE oraz decyzji Parlamentu Europejskiego i Rady nr 406.2009/WE - wszystkie sektory gospodarki powinny wносить wkład w redukcję gazów cieplarnianych, czyli około 60% ich występowania; dotyczy to, jak już wyżej uwidoczono na rysunku nr 5, nieobjętych wcześniej systemem EU ETS m.in. branży transportowej, budowlanej, rolnictwa, sektora komunalno-bytowego. Rozpoczęto również starania zmierzające do ograniczenia światowej emisji z obszarów morskich za pośrednictwem Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO). Przyjęła ona wstępną strategię do 2018 roku, dotyczącą redukcji emisji gazów z międzynarodowego transportu morskiego {szerzej zob. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/410}.

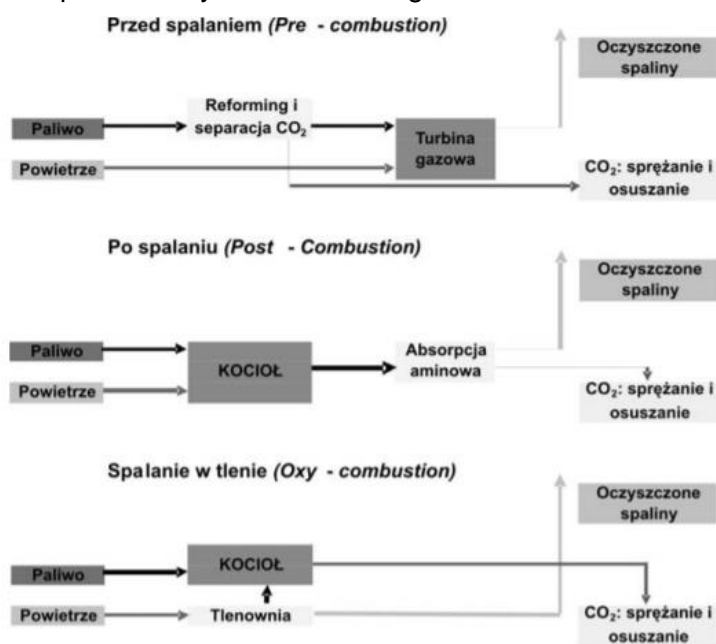
Rada Europejska w październiku 2014 roku potwierdziła, że sprawnie działający system EU ETS (z jego modyfikacjami) wraz z narzędziami wpływającymi na stabilizację rynku będą stanowić główne instrumentarium służące do osiągnięcia docelowego poziomu redukcji, określanego na co najmniej 40%; założono przy tym roczny współczynnik redukcji kształtujący się na poziomie 2,2% od początku 2021 roku. Zarazem Rada Europejska potwierdziła, iż

---

<sup>16</sup> Na podkreślenie zasługuje fakt, iż wzięto pod uwagę dla Polski jej źródła wytwarzania energii i wynegocjowano czasowe ustępstwa dla 70% zakupu uprawnień w relacji do energii elektrycznej w 2013 roku, a także maksymalnie 80% w 2013 roku liczbę darmowych uprawnień w odniesieniu do ciepła. Udział powinien ulec zmniejszeniu do 0% w 2020 i 2021 roku [Krzykowski, 2015, s. 37].

bezpłatne uprawnienia pozostaną, a obecne środki „...będą utrzymane po roku 2020, by zapobiec ryzyku ucieczki emisji wynikającego z polityki klimatycznej, dopóki w innych dużych gospodarkach nie zostaną podjęte porównywalne działania bez redukcji udziału uprawnień, które mają zostać sprzedane na aukcji” [Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/410]. Zatem sprzedaż uprawnień na aukcji pozostaje ogólną zasadą, od której wyjątkiem jest przydział bezpłatnych uprawnień. Ocena rezultatów wskazana przez Komisję określa, że udział uprawnień mających podlegać sprzedaży na aukcji w latach 2013-2020 winien się kształtować na poziomie 57%; dotyczą one szczególnie urządzeń wytwarzających energię, bądź rezerwy stabilności rynkowej ustanowionej decyzją Parlamentu Europejskiego i Rady [2015/1814].

Jak już wyżej podkreślano według analiz Komisji Europejskiej pozytywne oddziaływanie na zmiany klimatu obok poprawy wykorzystania zasobów odnawialnych, szczególnie generowane może być przez redukcję gazów, szczególnie CO<sub>2</sub>. Ograniczenie emisji dwutlenku węgla wiązać należy z technologią jego wychwytywania i składowania (Carbon Capture and Storage - CCS). Dążąc do rozwoju technologii pozwalających na korzystanie z konwencjonalnych źródeł paliw energetycznych przy jednoczesnym ograniczeniu emisji CO<sub>2</sub>, Komisja Europejska zaproponowała budowę i eksploatację demonstracyjnych podmiotów wykorzystujących technologię wychwytywania dwutlenku węgla - czyli CCS [COM(2007) 723(final)]. Zastosowanie CCS jako elementu procesu wytwarzania energii uznano w Europejskim Strategicznym Planie w Dziedzinie Technologii Energetycznych w listopadzie 2007 roku za ważny kierunek rozwoju w zakresie redukcji szkodliwych gazów [COM (2008) 30 final). Poniższy rysunek prezentuje podstawowe rozwiązania technologiczne dotyczące wychwytywania CO<sub>2</sub> w procesie wytwarzania energii.



**Rys nr 6. Technologie wychwytywania CO<sub>2</sub> w procesie wytwarzania energii**

Źródło: Gąsiorowska, Piekacz, Surma 2009, s.15

Z omawianym wyżej problemem bezpośrednio korespondują zapisy zamieszczone w Dyrektywie 2009/31/WE w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla, poświęcone technologiom dotyczącym nie tylko wychwytywania, a także transportu oraz składowania dwutlenku węgla z gazów emitowanych przez przemysł. Składowanie to, zgodnie z wymienioną Dyrektywą ma polegać na zatłaczaniu wychwyconego dwutlenku węgla do formacji geologicznych będących miejscem jego stałego zdeponowania i sekwestracji, czyli odizolowania od biosfery. W zapisach zamieszczonych w prezentowanym akcie prawnym m.in.:

- wskazano na ramy normatywne składowania
- zinterpretowano warunki oraz wymogi związane ze stosowaniem technologii CCS w krajach UE
- określono sposób wyboru i bezpiecznego użytkowania składowisk deponujących CO<sub>2</sub>, szczególnie pod kątem maksymalnego ograniczenia ryzyka wycieku.

Zauważyć należy, iż omawiana Dyrektywa jest ważna dla państw unijnych bazujących przy produkcji energii na węglu, a zatem również dla Polski. Z drugiej zaś strony stosowanie technologii CCS znajduje odzwierciedlenie we wzroście kosztów wytwarzania energii z węgla przy jednoczesnym braku korzyści ekonomicznych, szczególnie w krótkim okresie. Zatem w obecnych realiach gospodarczych, przy relatywnie niskich cenach praw do emisji, podstawowym celem technologii CCS może być zmniejszenie uwalniania się dwutlenku węgla do atmosfery i wspomaganie walki Unii Europejskiej z postępującymi zmianami klimatu. Wnioskować można, iż w kontekście wspomnianego wzrostu kosztów wytwarzania energii przez technologię CCS, Dyrektywa Carbon Dioxide Capture and Storage, czyli 2009/31/WE, może dla krajów unijnych bazujących na konwencjonalnych źródłach pozyskiwania energii być mało skuteczna [Paska, Surma, 2013]. Kwestię tę dostrzeżono we wskazanej już Dyrektywie 2018/410 podkreślając, iż długoterminową zachętę do wychwytywania i składowania CO<sub>2</sub> (CCS), a także wprowadzenia nowych technologii energii odnawialnej i wiodących innowacji w dziedzinie niskoemisyjnych technologii i procesów, w tym bezpiecznej utylizacji dwutlenku węgla (zwanymi CCU) stanowić będzie ...„sygnał cenowy dotyczący emisji dwutlenku węgla wynikający z dyrektywy oraz fakt, że nie będzie trzeba umarzać uprawnień w przypadku emisji CO<sub>2</sub>, których uniknięto, lub które są trwale składowane” [Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/410]. Wskazane usprawnienia powinny, jak zapisano w Dyrektywie stanowić źródło gwarantowanych korzyści za stosowanie rozwiązań CCS i CCU w zakresie nowych technologii energii odnawialnej i innowacji odniesionych do niskoemisyjnych rozwiązań i procesów w krajach unijnych. Podsumowując treść syntetycznie omówionej Dyrektywy podkreślić należy, iż wnosi ona wkład w realizację wysokiego poziomu ochrony środowiska, w oparciu o zasadę zrównoważonego rozwoju w sposób najbardziej efektywny pod względem kosztów a zarazem chroni osoby, na które emisja gazów cieplarnianych ma największy wpływ.

## 2.2. Legislacyjne uregulowania integracji wewnętrznego rynku energii w ramach krajów Wspólnoty

W okresie postępujących wyzwań klimatycznych w wymiarze środowiskowym, surowcowym, częstych kryzysów międzynarodowych związanych z zaopatrzeniem w konwencjonalne źródła służące do wytwarzania energii, problematyka wspólnej polityki energetycznej Unii Europejskiej przybiera priorytetowy charakter i stanowi wyraz jedności krajów UE.

Realizacja dążenia do integracji wewnętrznego rynku energii, czy mówiąc szerzej powołania unii energetycznej, następowała długookresowo. Pierwsze regulacje w tej kwestii zostały zamieszczone w Traktatach założycielskich - Rzymskich z 1957 roku ustanawiających EWG i EUROATOM czy Traktacie Paryskim z 1951 roku, powołującym do życia Europejską Wspólnotę Węgla i Stali, których celem było stworzenie ram prawnych do realizacji wspólnych działań odniesionych do korzystania ze źródeł energii w postaci węgla czy atomu. Kolejny z celów dotyczył zapewnienia bezpieczeństwa dostaw oraz połączenia rynków z sektora węgla i stali m.in. poprzez eliminację barier eksportowych i importowych [szerzej zob. Nowak, 2009, s. 13]. Zauważyć jednak należy, iż wskazane wyżej akty prawne nie określiły w sposób kompleksowy polityki energetycznej ówczesnych krajów unijnych; były jedynie wyrazem wspólnego podejścia do kwestii dotyczącej m.in. bezcłowego obrotu węglem oraz stałą a także pokojowego stosowania energii pozyskiwanej z atomu.

Powstały w 1958 roku, wraz z Traktatem EUROATOMU Traktat ustanawiający Europejską Wspólnotę Gospodarczą (EWG), będący wykładnikiem integracji ekonomicznej bezpośrednio nie poruszał kwestii dotyczących polityki energetycznej państw tworzących ówczesną Wspólnotę. W konsekwencji w latach 60 i 70-tych nie została stworzona żadna wspólna polityka odniesiona do powstania zintegrowanego rynku energii. W obawie o zwiększenie zależności Europy od bliskowschodnich dostawców ropy naftowej i gazu państwa członkowskie uzgodniły i przyjęły wspólne cele polityki energetycznej w tzw. „Protokole porozumienia w sprawach energetycznych” [Protocol of Agreement on energy problems, 1964].

Później, bo w 1968 roku wskazano na potrzebę realizacji połączonej polityki energetycznej wydając dokument „Wskazówki dotyczące wspólnej polityki energetycznej” [First guidelines for a Community energy policy, 1968]. Zawierał on optykę na osiągnięte rezultaty na unijnym rynku energetycznym, a także kierunki dalszej polityki energetycznej w kontekście jej celów oraz występujących barier rozwojowych; szczególnie w odniesieniu do tanich i bezpiecznych źródeł energii. Zarazem zasugerowano stworzenie „wspólnej polityki energetycznej”, a także „wspólnej polityki antykryzysowej” stanowiącej zabezpieczenie przed załamaniem się dostaw ropy czy gazu. W tej ostatniej kwestii w 1968 roku przyjęto dyrektywę, która zobowiązywała kraje członkowskie do tworzenia zapasów ropy naftowej na minimalnym poziomie [Dyrektywa

68/414/EWG]. Jak podkreśla się w literaturze przedmiotu zapoczątkowała ona prawne rozwiązania EWG odnośnie do funkcjonowania sektora energetycznego wśród zrzeszonych krajów [szerzej zob. Bogdanowicz, 2012, s.58]. Niestety, w latach 60-tych, pomimo pojawiających się aktów prawnych i przyjęcia wynikających z nich pakietów podstawowych zasad, nie sformułowana została kompleksowa polityka energetyczna.

Próba stworzenia wspólnej polityki energetycznej generowana została przez kryzysy naftowe z lat 70-tych<sup>17</sup>, a jej odzwierciedleniem było powstanie w 1974 roku Międzynarodowej Agencji Energii (IEA - International Energy Agency), stanowiącej przeciwagę dla OECD, a także powołanie Międzynarodowego Programu Energii, tworzącej początki unijnej polityki efektywności energetycznej. W tym samym 1974 roku Komisja, dążąc do zmian w założeniach tej polityki zaprezentowała dwa rozwiązania odnośnie do jej celów. Pierwsze dotyczyło zmniejszenia uzależnienia od paliw stałych oraz gazu ziemnego do maksimum 50% do 1985 roku [Community energy policy Objectives for 1985]; drugie wiązało się z realizacją działań na rzecz redukcji zużycia energii do tegoż roku, które miało wynosić 15%. Podsumowując okres lat 70-tych dla rozwoju wspólnej unijnej polityki energetycznej był okresem ciężkim, z racji wielu kryzysów o charakterze gospodarczym o zasięgu międzynarodowym. Brakowało zatem „chęci wspólnotowego ducha” w budowie długookresowej polityki energetycznej [Vallebona, s.101].

W zasadzie do drugiej połowy lat 80-tych proces integracji sektora energetycznego w ówczesnych krajach unijnych był istotnie spowolniony. Stanowiło to m.in. konsekwencję recesji gospodarczej, z drugiej zaś skutek działań podjętych przez zainteresowane państwa, wiążących się ze spadkiem korzystania z importu ropy naftowej; trwało do 1983 roku [Energy in the European Community (4<sup>th</sup>ed), s.20]. W tym czasie (szczególnie w latach 1973-1983) miał miejsce wzrost własnego wydobycia oraz szersze wykorzystanie energii jądrowej. Zarazem coraz większe znaczenie w realizacji zaopatrzenia w energię przypisano gazowi ziemnemu. W wymienionym wyżej Komunikacie [s.100] wskazano, iż w latach 1965-1985 jego partycypacja w krajach Wspólnoty wzrosła 10 krotnie.

Pierwsze konkretne zapisy dotyczące łączenia wewnętrznego unijnego rynku energii znalazły się w zapisach postanowień Jednolitego Aktu Europejskiego (IAE)<sup>18</sup>, który dokonywał nowelizacji zmian w Traktacie EWG pozwalających na tworzenie wspólnego rynku wewnętrznego w ramach Wspólnoty Europejskiej. Okazał się on bardzo znaczący w kształtowaniu wewnętrznego rynku energii, generując dla Komisji Europejskiej oraz Rady bodźce do inicjowania działań ustawodawczych, programów, dokumentów politycznych czy

---

17 Ich wystąpienie stanowił wybuch wojny arabsko-izraelskiej w październiku 1973 roku. Wówczas większość krajów OPEC wprowadziła całkowite embargo na kraje popierające Izrael oraz zwiększyła ceny ropy naftowej o 70%, zaś w styczniu 1974 roku o kolejne 126%.

18 Jednolity Akt Europejski (Single European Act) został podpisany przez 12 państw członkowskich w Luksemburgu (12 lutego 1986 roku) oraz w Hadze (28 lutego 1986 roku); wszedł w życie 1 lipca 1987 roku [eurolex.europa.eu/pl/treaties/index.htm#founding/12maja2011].



instrumentów regulacyjnych, pozwalających na powstanie jednolitego rynku energii. Stanowił zatem podstawę do prowadzenia szerokich badań nad europejskim systemem energetycznym. Ich rezultat stanowił dokument „Wewnętrzny rynek energii” traktowany jako wyznacznik europejskiej drogi do liberalizacji sektora energetycznego [The internal energy market, 1988]. Komisja wskazała w nim, iż energetyka stanowi część wewnętrznego rynku oraz wyeksponowała potrzebę wzmocnienia konkurencyjności sektora i neutralizację występujących barier w tworzeniu jednolitego rynku energii<sup>19</sup>.

Bardzo znaczącymi etapami na drodze kształtowania polityki energetycznej w państwach unijnych były postępujące formy liberalizacji wewnętrznego rynku energii. Znajdowały one swoje odzwierciedlenie w tzw. pakietach energetycznych:

- pierwszy z nich, zaprezentowany przez Komisję Europejską w styczniu 1992 roku jako Dyrektywa 96/92/WE, która tworzyła prawne podstawy konkurencyjnego, a zarazem niedyskryminującego rynku w zakresie energii elektrycznej. Do omawianego pakietu włączono również w zakresie prawa wspólnotowego Dyrektywę 98/30/WE, związaną przede wszystkim z pobudzaniem konkurencji w zakresie rynku gazu ziemnego. Niestety, w unijnych realiach gospodarczych państw członkowskich wystąpiło wiele problemów z realizacją wymienionych Dyrektyw tworzących Wewnętrzny Rynek Energii w Unii Europejskiej, a zarazem miał miejsce zróżnicowany zakres włączania pakietu dyrektyw do polityki energetycznej poszczególnych krajów. Spowodowane było to poprzez m.in. niedostatecznie wykształcone mechanizmy regulacji i sformułowane taryfy dostępu do sieci, czy wysokim stopniem koncentracji, wprost monopolizacji jednostek sektora energetycznego oraz gazowego. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż wymienione wyżej Dyrektywy odniesione do rynków energii oraz gazu dążąc do eliminacji układów o charakterze monopolu oraz wprowadzając proces regulacji oddziaływały przesył i dystrybucję od konkurencyjnych sposobów wytwarzania i dostaw, które wcześniej nie były wyodrębnione;
- drugi z pakietów energetycznych mający na celu zwiększenie liberalizacji sektora energetycznego obejmował Rozporządzenie (WE) nr 1228/2003 w sprawie warunków dostępu do sieci elektroenergetycznej a także Dyrektywę 2003/54/WE, wskazywał na potrzebę wprowadzenia dalszych zmian w sektorach energii elektrycznej i gazu w państwach UE, przede wszystkim dostępu stron trzecich (DST). Zasada ta umożliwiała znacznie większej liczbie jednostek zaangażowanie w uczestnictwie na rynku energetycznym poprzez zniesienie barier do sieci przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej oraz gazu. Miało zarazem miejsce występowanie dwóch rozwiązań w

---

<sup>19</sup> Po raz pierwszy Komisja skalkulowała tzw. koszt nie – Europy (koszt braku integracji) w odniesieniu do wewnętrznego rynku energetycznego, który miał wynosić 0,5 PKB Wspólnot, The internal energy market. Commission working document, Com (238), 1988, s.4

kwestii dostępu do sieci - negocjowany i regulowany. Ten pierwszy charakteryzował się dużą nieskutecznością, w drugim zaś zabrakło precyzji, co generowało m.in. nieuczciwe praktyki rynkowe a nawet brak integracji krajowych rynków energetycznych [Nowacki, 2010, s. 89]. Uwagi te wynikają m.in. z oceny działania rynku energii elektrycznej i gazu odnośnie do drugiego pakietu energetycznego, zawartej w komunikacie Komisji w listopadzie 2005 roku obejmującego sprawozdanie z postępów w tworzeniu wewnętrznego rynku gazu i energii [COM 2005]<sup>20</sup>;

- 19 września 2007 roku zaprezentowany został przez Komisję kolejny trzeci z pakietów odniesionych do wewnętrznego rynku energii, został on zatwierdzony przez Radę Europejską w czerwcu 2009 roku<sup>21</sup>. Zauważyć należy, iż jego przyjęcie miało na celu uzupełnienie wdrożonych wcześniej regulacji, szczególnie w obszarach: pobudzenia konkurencyjności, generowania możliwości dalszego rozwoju inwestycji, a także dywersyfikacji dostaw oraz zapewnienia im bezpieczeństwa w kwestii cen dla finalnych użytkowników, pozbawienia dyskryminacji, a także jasno sprecyzowanego dostępu stron trzecich, czy spraw połączeń systemowych, obejmujących niektóre obszary handlu transgranicznego [szerzej zob. Elżanowski, 2008, s.20]. Trzeci pakiet energetyczny, jak podkreśla się, znacząco wpływał na działalność regulatora na rynku europejskim i krajowym oraz określał sposoby współpracy operatorów systemów przesyłowych a także angażował wszystkich uczestników rynku w proces ustalania zasad jego działania [Czech, 2012, s.260]. Odnosząc się do tych kwestii podkreślić należy, że ze względu ... „na brak skutecznego wydzielenia operatorów systemów przesyłowych (w następstwie wprowadzenia rozdziału funkcjonalnego i prawnego, a wręcz konsolidacji przedsiębiorstw energetycznych na wielu rynkach energii elektrycznej i gazu ziemnego) prawodawca unijny zdecydował się na wprowadzenie rozdziału właścicielskiego z możliwością zastosowania dwóch alternatywnych wariantów (niezależny operator systemu przesyłowy - independent transmission operator”) [Krzykowski, s.42]. Szczególne znaczenie tych uzupełnień legislacyjnych umożliwia bowiem zwiększenie pozycji organu regulacyjnego w relacjach z sektorem energetycznym oraz z władzą wykonawczą; przy braku wskazanych zapisów wszelkie decyzje regulatora mogą być przedmiotem negatywnej oceny, mającej często polityczny wymiar. W podsumowaniu treści prezentowanych wyżej, publikowanych

---

20 W wymienionym sprawozdaniu zwrócono również uwagę na problemy państw członkowskich z realizacją zapisów drugiego pakietu. Chodzi m.in. o niedostateczne rozdzielanie operatorów zajmujących się systemem przesyłowym i dystrybucyjnym a także ... „brak zgodności ustaleń dotyczących zobowiązań do świadczenia usług użyteczności publicznej – głównie w odniesieniu do bezpieczeństwa dostaw oraz do cen końcowych użytkowników”, a także brak niedyskryminującego i przejrzystego dostępu stron trzecich czy brak połączeń międzysystemowych na niektórych obszarach, który wpływa na handel transgraniczny [Czech, s.260]

21 Trzeci pakiet obejmował dwie dyrektywy 2009/72/WE i 2009/73/WE, dwa rozporządzenia tzw. przesyłowe oraz rozporządzenie ustanawiające Agencję ds. Współpracy Organów Regulacji Energii (ACER)[szerzej zob. Czech, s.258].

przez Komisję Europejską trzech tzw. pakietów energetycznych, wnioskować można, że stanowią ważne etapy w zakresie kształtowania współczesnej, unijnej polityki energetycznej, były wyrazem postępującej w Unii Europejskiej liberalizacji wewnętrznego rynku energii.

Współczesną optykę na różne kwestie związane z unijną polityką energetyczną łączyć przede wszystkim należy z unią energetyczną [szerzej zob. COM/2015/080], która w swych założeniach, jak wynika z treści powyższego komunikatu ma zapewnić konsumentom w UE - gospodarstwom domowym i przedsiębiorstwom - bezpieczną, zrównoważoną, konkurencyjną i niedrogą energię. W szerszej interpretacji unii energetycznej zamieszczonej w wymienionym Komunikacie podkreślono, iż ma stanowić ona zintegrowany system energetyczny obejmujący całą Europę, w której energia przepływa ponad granicami poszczególnych państw. System ten ma bazować na konkurencji i jak najlepszym wykorzystaniu zasobów, a także zapewnić w razie potrzeby skuteczną regulację rynków energii na szczeblu unijnym.

W dniu 25 lutego 2015 roku opublikowany został przez Komisję Europejską pakiet o unii energetycznej, zawierający jakże istotne dla jej stabilności funkcjonowania i rozwoju znaczenie - wskazany już wyżej Komunikat zatytułowany „Strategia ramowa na rzecz stabilnej unii energetycznej opartej na przyszłościowej polityce klimatycznej” [Bruksela, 25.02.2015, COM(2015) 80 final]. Strategię tę tworzy pięć ściśle powiązanych i wzajemnie wzmacniających się płaszczyzn.

Pierwszą z nich stanowi bezpieczeństwo energetyczne, solidarność i zaufanie. Jej realizację łączyć przede wszystkim należy z zakończeniem omawianej obecnie integracji wewnętrznego unijnego rynku energii oraz bardziej efektywnego jej zużycia. Problematyka związana z bezpieczeństwem energetycznym w krajach UE będzie przedmiotem szerszych rozważań w kolejnym punkcie rozdziału. Już w tym miejscu zauważyć należy, iż bezpieczeństwo to, jak zauważono w „Strategii ramowej...” wymaga większej przejrzystości oraz solidarności i zaufania między krajami członkowskimi. Wskazano działania, których celem jest dywersyfikacja dostaw (źródeł energii, dostawców i tras) podkreślając, że zróżnicowanie tych źródeł, poszczególnych dostawców oraz szlaków dostaw „...jest kluczowe dla zapewnienia bezpiecznych i stabilnych dostaw energii dla obywateli i przedsiębiorstw europejskich, którzy oczekują dostępu do przystępnej i konkurencyjnej cenowo energii w dowolnym momencie” [Strategia ramowa ..., s. 5]. Zauważono także, iż w ramach wskazanej już solidarności i zaufania państwa członkowskie powinny mieć pewność, że w sytuacji ograniczonej podaży energii, bądź surowców służących do jej wytwarzania (ropy naftowej, produktów ropopochodnych, gazu ziemnego) mogą w pełni liczyć na swoich sąsiadów.

Druga z płaszczyzn omawianej „Strategii ramowej”, której treści są szczególnie ważne dla prowadzonych obecnie rozważań zatytułowana została: „W pełni zintegrowany rynek energii”.

Zapisy w niej zawarte stanowią mają nowy polityczny impuls do pełnej realizacji wewnętrznego rynku energii, mówiąc szerzej europejskiego systemu energetycznego, który pomimo osiągniętych postępów nadal nie działa, jak powinien. Powodem tego są m.in. następujące kwestie:

- istniejąca obecnie struktura omawianego rynku nie prowadzi do wystarczających inwestycji;
- wątpliwości budzi nadal koncentracja na rynku oraz występowanie słabej konkurencji;
- ma miejsce zbyt duże rozdrobnienie europejskiego sektora energetycznego.

Rozwiązanie tych kwestii znalazło swój wyraz w prezentacji szeregu priorytetów. Do istotnych należy wygenerowanie lepszych połączeń międzysystemowych, przede wszystkim transgranicznych, zapewniających skuteczne funkcjonowanie wewnętrznego rynku energii, m.in. poprzez połączenie istniejących wysp energetycznych z główną siecią energii elektrycznej. Co ważne, w odniesieniu do energii elektrycznej ustalono minimalny zakres połączeń międzysystemowych do 2020 roku, wynoszący 10% zainstalowanej zdolności produkcji energii elektrycznej w krajach unijnych [Strategia ramowa... s.9]. Wymaga to dużych inwestycji skierowanych na wytwarzanie energii, rozbudowę sieci i w konsekwencji na poprawę efektywności energetycznej; ich wartość według szacunków ma kształtować się na poziomie 200 mld euro rocznie do 2025 roku [szerzej zob. Plan inwestycyjny dla Europy, COM92014 903]. Środki finansowe na ten cel zapewnia Europejski Bank Inwestycyjny oraz instrument „Łącząc Europę”; finansowanie pochodzi z funduszy strukturalnych i inwestycyjnych.

Do priorytetów w prezentowanej wyżej płaszczyźnie „Strategii ramowej...” dotyczącej zintegrowanego rynku energii wpisano także realizację i modernizację przepisów, których wdrożenie „...jest podstawą do ustanowienia unii energetycznej. Nie ma sensu opracowywać nowych polityk i strategii na słabych fundamentach” [Strategia ramowa... s. 10]. Stąd wskazano, iż dobrze działający rynek energii musi być bezpośrednio skorelowany ze skutecznymi ramami regulacyjnymi. Podkreślono potrzebę ścisłego egzekwowania przepisów dotyczących konkurencji, wynikających z Traktatu. Realizacja ich pomoże wyeliminować zakłócenia na wewnętrznym rynku energii, umożliwiając swobodny jej przepływ poprzez rozwiązanie problemów związanych z ograniczeniami terytorialnymi dotyczącymi umów na dostawę, a także spraw obejmujących wytwarzanie i dystrybucję czy też kwestii zamknięcia dostępu do sieci oraz połączeń międzysystemowych. Podkreślono zarazem, iż „...w pełni funkcjonujący wewnętrzny rynek energii, zapewniający skuteczne sygnały inwestycyjne, jest najlepszym sposobem, aby zmniejszyć potrzebę mechanizmów zapewniania zdolności wytwarzania energii” [Strategia ramowa... s.11]. Stąd podczas kształtowania polityki

energetycznej w ramach unii energetycznej<sup>22</sup>, kraje członkowskie powinny realizować ten cel w sposób skoordynowany i w pełnej współpracy z innymi państwami, szczególnie zaś ze swoimi sąsiadami. Ważne, w ramach omawianego wewnętrznego rynku energii jest również skierowanie nowej oferty dla jej odbiorców, wskazującej, iż „...konsumenci jednego państwa członkowskiego powinni mieć możliwość dokonywania świadomych wyborów i zakupu energii swobodnie i w prosty sposób od przedsiębiorstwa z innego państwa” [Strategia ramowa... s. 12]. Zwrócono zarazem uwagę na użytkowników podatnych na zagrożenia związane z tzw. ubóstwem energetycznym, generowanym m.in. przez niskie dochody czy mieszkanie w budynkach charakteryzujących się niską efektywnością energetyczną. Jego neutralizacja wymaga zaangażowania środków mieszczących się w dyspozycji władz zarówno krajowych, jak i regionalnych oraz lokalnych, a także mających wymiar stricte społeczny.

Kolejna z płaszczyzn omawianej „Strategii ramowej ...” (s.14 i nast.) przyjęła brzmienie „Efektywność energetyczna jako sposób na ograniczenie zapotrzebowania na energię”. Nawiązano w niej do wyznaczonego w październiku 2014 roku przez Radę Europejską orientacyjnego celu skierowanego do państw członkowskich, wskazującego na wynoszącą nie mniej niż 27% poprawę efektywności energetycznej w roku 2030. Podkreślono, iż założony cel zostanie poddany weryfikacji do 2020 roku odnośnie do jego podniesienia do 30%. W tym

---

22 Szeroka charakterystyka istoty, zasad, konsekwencji występowania itp. została omówiona w Strategii [s. 22-25]. Wskazano, iż:

1. Pełne wdrożenie i ścisłe egzekwowanie obowiązujących przepisów w dziedzinie energii i dziedzinach powiązanych jest podstawą do ustanowienia unii energetycznej.
2. UE musi zdewersyfikować swoje dostawy gazu i sprawić, by stały się bardziej odporne na zakłócenia.
3. Umowy rządowe powinny być w pełni zgodne z prawodawstwem UE i być bardziej przejrzyste.
4. Odpowiednia infrastruktura jest wstępnym warunkiem utworzenia rynku energii, integrowania odnawialnych źródeł energii oraz zapewnienia bezpieczeństwa dostaw.
5. Aby stworzyć swobodnie działający wewnętrzny rynek energii przynoszący korzyści obywatelom, zapewnić bezpieczeństwo dostaw, zintegrować odnawialne źródła energii na rynku i uspołnić obecnie nieskoordynowany rozwój mechanizmów zapewniania zdolności wytwarzania energii w państwach członkowskich należy dokonać przeglądu obecnej struktury rynku.
6. Należy dalej rozwijać ramy regulacyjne ustanowione przez trzeci pakiet dotyczący wewnętrznego rynku energii w celu zapewnienia jednolitego wewnętrznego rynku energii dla obywateli i przedsiębiorstw.
7. Podejścia regionalne do integracji rynku stanowią istotny element działań na rzecz w pełni zintegrowanego rynku energii w całej UE.
8. Większa przejrzystość w zakresie kosztów i cen energii, jak również w dziedzinie wsparcia publicznego przyczyni się do zwiększenia i integracji rynku i pozwoli określić działania, które zakłócają funkcjonowanie rynku wewnętrznego.
9. UE wyznaczyła sobie cel co najmniej 27% oszczędności energii do 2030 roku.
10. Budynki mają wielki potencjał w zakresie poprawy efektywności energetycznej. Renowacja istniejących budynków w celu zapewnienia im wysokiej efektywności energetycznej umożliwiającą pełne wykorzystanie zrównoważonego ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń zmniejszy koszty importu energii do UE, zwiększy bezpieczeństwo energetyczne oraz obniży koszty energii gospodarstw domowych i przedsiębiorstw.
11. UE musi przyspieszyć działania na rzecz efektywności energetycznej i obniżyć emisyjność w sektorze transportu, jego stopniowe przejście na alternatywne paliwa i integrację systemów energetycznych i transportowych.
12. UE uzgodniła ramy polityki w zakresie klimatu i energii na 2030 r. na posiedzeniu Rady Europejskiej w październiku. Teraz należy ramy te wdrożyć. UE wniesie ambitny wkład w międzynarodowe negocjacje w zakresie klimatu.
13. UE określiła cel przynajmniej 27% udziału energii odnawialnej w 2030 roku.
14. UE musi opracować perspektywiczną strategię w zakresie badań i rozwoju w dziedzinie energii i klimatu w celu utrzymania światowego przywództwa w tym zakresie.
15. UE wykorzysta wszystkie możliwości polityki zewnętrznej, aby zagwarantować, że silna, zjednoczona UE angażuje się konstruktywnie w dialog ze swoimi partnerami i przemawia jednym głosem w sprawie energii i klimatu.”

kontekście, jak zauważono w prezentowanym punkcie „Strategii ramowej...” [s.14] „konieczna jest gruntowna rewizja podejścia do efektywności energetycznej i potraktowania jej jako pełnoprawnego źródła energii, przedstawiającego sobą wartość zaoszczędzonej energii”. Jak zatem ograniczać zapotrzebowanie na energię na szczeblu krajowym, szczególnie zaś regionalnym i lokalnym? W odpowiedzi na to pytanie w „Strategii ramowej...” szczególnie wyeksponowane zostały dwa działania:

1. Zwiększenie efektywności energetycznej w sektorze budownictwa, bowiem zarówno ogrzewanie jak i chłodzenie stanowią bardzo istotne źródła wykorzystania energii w Europie bazującej na importowanym gazie. Stąd, jak podkreślono - efektywny system ciepłowniczy i chłodniczy powinien istotnie oddziaływać na wzrost wydajności energetycznej. Może ona liczyć na wsparcie finansowe oraz techniczne ze strony Unii Europejskiej oraz Europejskiego Banku Inwestycyjnego. Także działania „...podejmowane przede wszystkim przez burmistrzów, organizacje społeczeństwa obywatelskiego, inwestorów, instytucje finansowe i dostawców usług, są ważne dla osiągnięcia postępów w zakresie efektywności energetycznej w UE i poza jej granicami” [Strategia ramowa...” s.15].
2. Działania na rzecz energooszczędnego i niskoemisyjnego sektora transportu; partycypuje on w ponad 30% końcowym zużyciu energii, Stąd propozycje Komisji odnośnie do efektywności energetycznej wiążą się m.in. z potrzebą zaostrzenia norm emisji CO<sub>2</sub> w stosunku do samochodów osobowych i dostawczych po 2020 roku oraz działań ukierunkowanych na podniesienie efektywności paliwowej i ograniczenie emisji dwutlenku węgla przez pojazdy ciężarowe i autobusy. Stanowić to będzie m.in. rezultat dekarbonizacji sektora transportu, bazującego obecnie przede wszystkim na produktach ropopochodnych, a w przyszłości na elektryfikacji tego sektora.

Na kolejnej płaszczyźnie „Strategii ramowej ...” (s.16-18) uwypuklony został problem zatytułowany: Obniżenie emisyjności gospodarki. Wskazano w nim, iż ambitna polityka odniesiona do przeciwdziałania zmianom klimatycznym jest znaczącym wyrazem prowadzonej przez UE unii energetycznej. W ramach tej ambitnej polityki Komisja sformułowała postulat, wynikający z propozycji przyjętych na szczycie Rady Europy w 2014 roku, o co najmniej 40% redukcji w 2030 roku emisji gazów cieplarnianych, w porównaniu do roku 1990. Problematyka obniżenia emisyjności, będąca wyrazem polityki związanej z przeciwdziałaniem zmianom klimatu została szeroko zaprezentowana w pierwszej części rozdziału, gdzie zwrócono szczególną uwagę na potrzebę sprawnie funkcjonującego unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji, który powinien działać jako mechanizm stymulujący inwestycje niskoemisyjne, będąc neutralny technologicznie a zarazem opłacalny. Dążenie do stania się światowym liderem w kwestiach dotyczących energii odnawialnych, podstawą tworzenia nowych technicznie i konkurencyjnych źródeł energii odnawialnej wymaga, jak

podkreślono w omawianej [Strategii ramowej... s.17] - pełnego respektowania i wdrażania istniejących oraz wprowadzanych przepisów prawnych, co spowoduje skuteczną transformację energetyczną m.in. w postaci nowych technologii czy inteligentnych sieci.

Tytuł ostatniej z płaszczyzn brzmi następująco Unia energetyczna na rzecz badań naukowych, innowacji i konkurencyjności. Działania w tym względzie muszą koncentrować się na następujących priorytetach opartych na programie „Horyzont 2020”<sup>23</sup>, których wykonanie powinno mieć miejsce w każdym z państw członkowskich:

- zdobycie pozycji lidera w zakresie rozwoju nowej generacji technologii energii odnawialnej, w tym przyjaznej dla środowiska produkcji i wykorzystania biomasy i biopaliw, wraz z przechowywaniem energii;
- ułatwienie udziału konsumentów w transformacji energetycznej za pomocą inteligentnych sieci, inteligentnych urządzeń AGD, inteligentnych miast oraz systemów automatyki domowej;
- racjonalizacja systemów energetycznych i wykorzystanie technologii, aby uzyskać budynki o niemal zerowym zużyciu energii i neutralnym poziomie emisji;
- utworzenie bardziej zrównoważonych systemów transportu, w ramach których opracowuje i wykorzystuje się na dużą skalę innowacyjne technologie i usługi w celu zwiększenia efektywności energetycznej i zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych” [Strategia ramowa ...s.19].

Pomyślne wdrożenie zaprezentowanych wyżej płaszczyzn, mogących wpłynąć na rzeczywistą realizację wskazanej unii energetycznej skorelowane jest bezpośrednio z pełną akceptacją i politycznym włączeniem się wszystkich zainteresowanych instytucji unijnych, krajów członkowskich, Europejskiego Banku Inwestycyjnego i różnych podmiotów związanych z konkretyzacją unii energetycznej funkcjonujących na szczeblu regionalnym czy też lokalnym.

Omawiana integracja unijnego wewnętrznego rynku energii, generującego bezpieczeństwo energetyczne, znalazła swój wyraz w „Rozporządzeniu (UE) 2018/1999 w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w sprawie klimatu”. Jego treści koncentrują się głównie na potrzebie określenia przez poszczególne państwa unijne nie tylko przyjętych celów, ale także wkładów w realizację zintegrowanego krajowego planu w dziedzinie bezpieczeństwa energii i klimatu (art. 4). Stąd szczególnie uwypuklona została procedura określenia zaangażowania poszczególnych krajów unijnych w realizacji wspomnianej, pochodzącej z różnych źródeł efektywności energetycznej całej UE. Wytyczone zostały również strategie długoterminowe zawierające scenariusze dotyczące wkładu UE odnośnie do planowanych postępów w dziedzinie poprawy bezpieczeństwa energetycznego i klimatu. Jeden z nich zakłada uzyskanie zerowego bilansu netto emisji gazów cieplarnianych do 2050 roku oraz ujemny bilans emisji po tej dacie, kolejne łączą się z zapisami,

---

23 Program „Horyzont 2020” stanowił bodziec do kształtowania nowego spojrzenia odnośnie do badań oraz innowacyjnych rozwiązań i do przyspieszania przekształceń w europejskim systemie energetycznym.

eksponowanego już wyżej Porozumienia paryskiego i wskazują na utrzymanie wzrostu temperatury na świecie poniżej 2% ponad poziom sprzed epoki przemysłowej, przy dążeniu do 1,5%; w innym scenariuszu uwypukla się wpływ środków obniżania emisyjności na produkt krajowy brutto, rozwój makroekonomiczny i społeczny, korzyści dla zdrowia, ochrony środowiska itp. Sądzić należy, iż prezentowane Rozporządzenie jest wyrazem władz unijnych na niewystarczający poziom „...ambicji zintegrowanych krajowych planów w dziedzinie energii i klimatu ...” [Rozporządzenie ..., art. 31].

### 2.3. Realizacja koncepcji unii energetycznej przez kraje członkowskie do 2020 roku w świetle wprowadzonych regulacji prawnych

Jako podstawę prezentowanej poniżej oceny, odniesionej do wykształcenia się unii energetycznej mającej m.in. zapewnić bezpieczeństwo krajom członkowskim przyjęto treści, omawianego pod koniec poprzedniego punktu „Rozporządzenia w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w sprawie klimatu”. Przede wszystkim zaś skoncentrowano się na realizacji koncepcji unii energetycznej pochodzącej z szeroko zinterpretowanego już wcześniej opublikowanego 25 lutego 2015 roku komunikatu „Strategia ramowa na rzecz stabilnej unii energetycznej opartej na przyszłościowej polityce w dziedzinie klimatu”<sup>24</sup>

Podstawę wnioskowania oceniającego poziom, metody i skuteczność realizacji założeń koncepcji unii energetycznej stanowić będzie sprawozdanie Komisji dla Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetów Regionów zatytułowane „Sprawozdanie na temat stanu unii energetycznej na 2020 rok na podstawie rozporządzenia (UE) 2018/1999 w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu” [Bruksela, dnia 14.10.2020 r. COM (2020) 950 final]. Uwzględnione zostaną również publikowane w tym samym dniu załączniki do wymienionego sprawozdania<sup>25</sup>.

W odniesieniu do pierwszego z założeń czyli zwiększenia się bezpieczeństwa energetycznego<sup>26</sup> stabilnej unii energetycznej, solidarności i zaufania (... , s.44) - wnioskować

---

24 W dokonanej wyżej prezentacji wymienionego dokumentu wskazano, iż w swych założeniach strategia unii energetycznej ma opierać się na pięciu wzajemnie i ściśle powiązanych obszarach w celu doprowadzenia do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego, stabilności i konkurencyjności poprzez: 1) bezpieczeństwo energetyczne, solidarność i zaufanie, 2) w pełni zintegrowany europejski rynek energii, 3) efektywność energetyczną przyczyniającą się do ograniczenia popytu; 4) dekarbonizację gospodarki oraz 5) badania naukowe, innowacje i konkurencyjność.

25 1) Załącznik ANNEX 1, sprawozdanie na temat energii elektrycznej na 2020 rok, na podstawie rozporządzenia (UE) 2018/1999 w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu [Bruksela, dnia 14.10.2020 r. COM (2020) 950 final]

2) Załącznik ANNEX 2 Sprawozdanie na temat stanu energii elektrycznej na podstawie rozporządzenia (UE) 2018/1999 w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu [Bruksela dnia 14.10.2020 r. COM(2020) 951 final].

3) Sprawozdanie w sprawie postępów w dziedzinie energii ze źródeł odnawialnych [Bruksela dnia 14.10.2020 r. COM(2020) 952 final].

26 Interpretacja bezpieczeństwa energetycznego przedstawiona została już wcześniej i bazowała na treści Ustawy z 2006 roku – Prawo energetyczne. Generalnie pojęcie to zarówno w dokumentach instytucji międzynarodowych



należy, iż państwa członkowskie pomimo kryzysu wynikającego z COVID-19 odzwierciedlającego się m.in. w odstępstwach od założonych poziomów zużycia energii w poszczególnych krajach unijnych, charakteryzowało „solidarne” zaangażowanie w realizację przyjętej unii bezpieczeństwa energetycznego, a także dobrych praktyk w tym zakresie. Stanowiło to m.in. rezultat powstałych grup eksperckich, których podstawowe zadanie polegało na pomocy w realizacji koordynacji transgranicznej<sup>27</sup>; zarazem miało miejsce rozbudowane współdziałanie odnośnie do wymiany informacji pomiędzy krajami unijnymi, a także operatorami systemów i innymi jednostkami funkcjonującymi w sektorze energetycznym. Na podkreślenie zasługuje zalecenie Komisji „w sprawie godziwej rekompensaty” dla krajów unijnych, które realizują wobec siebie wzajemną pomoc pozwalającą w zapobieganiu kryzysom a także zarządzaniu nimi<sup>28</sup>. Wskazać także należy na działania mające zapewnić pełne wykorzystanie występujących wzajemnych połączeń pomiędzy krajami członkowskimi odnośnie do rynku energii elektrycznej; wdrażanie zasady łączenia rynków znalazło na przykład odzwierciedlenie w istotnym wzroście efektywności handlu energią elektryczną na kontynencie europejskim. W przypadku finalnych transakcji wskazana fuzja rynków spowodowała wzrost z 60% w 2010r, do 87% w roku 2018 liczby transakcji o pożądanym kierunku, czyli z krajów o niższych cenach do państw o cenach wyższych. Na przykładzie modelu transformacji energetycznej można wnioskować, iż najtańsza energia elektryczna może być przedmiotem dystrybucji w całej Europie z korzyścią dla jej odbiorców. Także w odniesieniu do bezpieczeństwa dostaw gazu kraje unijne sformułowały plany działań zapobiegawczych i warianty rozwiązań w przypadku wystąpienia sytuacji nadzwyczajnej<sup>29</sup>. Zawarto w nich opis instrumentów mających ograniczyć bądź neutralizować efekty perturbacji w zakresie dostaw gazu i wszelkich zagrożeń z nich wynikających na szczeblu krajowym i regionalnym. Na zakończenie rozważań odniesionych do bieżących działań UE w kwestiach bezpieczeństwa energetycznego uwypuklić należy, wyeksponowanie w „Sprawozdaniu na temat stanu energii w 2020 r. ...” twierdzenie, iż „...Komisja w pełni wspiera państwa członkowskie w stosowaniu zasady solidarności...szczególnie z odbiorcami znajdującymi się w najtrudniejszej sytuacji ...” (s.9).

---

oraz rozwiązaniach legislacyjnych, czy założeniach strategicznych odnośnie do energetyki w wielu krajach rozpatrywane jest na trzech obszarach: podażowym, cenowym a także ekologicznym. Pierwszy z nich dotyczy, w kontekście bezpieczeństwa energetycznego, stałej zdolności w zakresie dostarczania energii oczekiwanego rodzaju i jakości. Drugi, czyli ekonomiczny wiąże się z kwestią ukształtowanych cen nośników energii znajdujących akceptację u odbiorców indywidualnych i zbiorowych. Trzeci z obszarów bezpieczeństwa energetycznego, czyli ekologiczny łączyć należy z ograniczeniem negatywnego wpływu energetyki na naturalne środowisko [szerzej zob. Duda, 2004, s.24]

27 SWD (2020) 104 final. Dokument ten jest cennym kierunkowskazem w zakresie zmniejszenia bądź neutralizacji zagrożeń wynikających z pandemii i bazuje m.in. na efektach pracy grup koordynacyjnych ds. energii elektrycznej, gazu i ropy naftowej.

28 Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (EU) 2019/941 z dnia 5 czerwca 2019 r. w sprawie gotowości na wypadek zagrożeń w sektorze energii elektrycznej.

29 Szerzej zob. [http://ec.europa.eu/energy/topics/energy-security/secure-gas-supplies//commissions-opinions-preventive-action-plans-and-emergency-plans-submitted-member-states-2019\\_en?redir=1](http://ec.europa.eu/energy/topics/energy-security/secure-gas-supplies//commissions-opinions-preventive-action-plans-and-emergency-plans-submitted-member-states-2019_en?redir=1)

Kolejne z założeń (obszarów) strategii unii energetycznej sformułowane w 2015 roku, szeroko omówione w poprzednim punkcie rozprawy, dotyczyło wewnętrznego rynku energii. Jego pełne zintegrowanie i pożądane działanie znaleźć powinno odzwierciedlenie w gwarantowaniu przystępnych cen energii dla różnych grup odbiorców, w tym informacji cenowych dla inwestorów w niekonwencjonalne jej źródła, czy też neutralności klimatycznej po najniższych kosztach. Szereg działań dokonanych przez instytucje unijne pozytywnie wpłynęło na funkcjonowanie wewnętrznych rynków energii elektrycznej oraz gazu. Niemniej ciągle niezbędne staje się zaangażowanie organów unijnych w dalsze pogłębianie integracji unijnych rynków energii elektrycznej i gazu.

W odniesieniu do energii elektrycznej zauważyć należy, iż zasady funkcjonowania jej rynku przyjęte w 2019 roku<sup>30</sup> pozwalają w coraz szerszym zakresie na wykorzystanie energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych. Wdrożone, wskazane w przypisie nr 30 przepisy generują możliwości sprzyjające udziałowi konsumentów w rynkach energii, a zarazem tworzą identyczne warunki funkcjonowania nowym, wchodzącym na rynek podmiotom. Zauważyć przy tym należy, iż wymienione wyżej w przypisie nr 30 - Rozporządzenie ma także na celu stymulowanie dalszego łączenia rynków energii elektrycznej poprzez szybką realizację zamieszczonych w nim przepisów odniesionych do maksymalnego zaangażowania się poszczególnych krajów unijnych w realizację elektroenergetycznych połączeń wzajemnych. Skutkować to może dalszym, pozytywnym rozwojem handlu transgranicznego, a w konsekwencji efektywniejszego wykorzystania potencjału energetycznego Unii Europejskiej.

Na podkreślenie zasługuje fakt, iż od 2016 roku całkowite detaliczne ceny energii elektrycznej w poszczególnych krajach unijnych stają się coraz bardziej wyrównane; ciągle jednak ich wysokość jest istotnie zróżnicowana<sup>31</sup>. Zauważyć przy tym należy, iż ceny detaliczne obejmują głównie elementy nie będące rezultatem konkurencji, lecz są wynikiem ustaleń dokonywanych przez organy regulacyjne, kształtujące opłaty sieciowe, podatki oraz obciążenia. Te ostatnie zatem znacząco wpływają na ostateczny ich poziom. Uwzględniając ten fakt, w strategii UE dotyczącej integracji systemu energetycznego [COM(2020) 299final] wskazano, iż...„może to prowadzić do zakłóceń korzystania z określonych nośników energii”. Zarazem podkreślono, że „...państwa członkowskie mogłyby uwzględnić wpływ podatków i obciążeń na ceny energii końcowej, aby zagwarantować, że reformy i zmiany sygnałów cenowych doprowadzą do czystej i sprawiedliwej transformacji energetycznej...”

W sprawie realizacji omawianego obecnie wewnętrznego rynku energii, stanowiącego ważny obszar strategii unii energetycznej z 2015 roku, odnieść się także należy do

---

30 Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/943 z dnia 5 czerwca 2019r. w sprawie rynku wewnętrznego energii elektrycznej, Dz.U. (L158) z dnia 14 czerwca 2019 r. w sprawie wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej.

31 Na przykład w 2019 r. średnia cena energii elektrycznej wynosiła 98 EUR/MWh, zaś w Danii 295 EUR/MWh, czyli była 3 krotnie wyższa [szerzej zob. COM(2020)951 na podstawie danych Eurostatu].

kształtowania się do 2020 roku wewnętrznego rynku gazu i wskazać na postępy w kwestii jego rozwoju. W omawianym okresie (2015-2020) zwiększeniu uległy wolumeny obrotów na giełdach gazu; przy czym na giełdach europejskich miał miejsce w pierwszym kwartale 2020 roku wzrost, w odniesieniu do roku 2019 aż o 32% (do 5.010 TWh). Na podkreślenie zasługuje dynamicznie wzrastająca liczba połączeń i dostęp do różnych źródeł gazu. Z drugiej zaś strony obserwując zmiany cen detalicznych gazu w ostatnich latach zauważyć należy, iż nastąpił ich wzrost w 2019 roku, szczególnie w odniesieniu do poziomu z roku poprzedniego. Wydaje się, iż będzie miało miejsce ich obniżanie się w najbliższej przyszłości na skutek następującego z pewnym opóźnieniem dostosowania do cen hurtowych. W omawianych latach 2015-2020 ceny gazu dla gospodarstw domowych różniły się trzykrotnie - od 33 EUR/MWh na Węgrzech do 116 EUR/MWh w Szwecji. Średnia cena kształtowała się na poziomie 68 EUR/MWh.

Z niepokojem stwierdzić należy, iż ponoszone przez Unię Europejską, koszty pozyskiwania energii wskazują na uzależnienie od importu paliw pochodzących ze źródeł konwencjonalnych, a zarazem od funkcjonowania rynków międzynarodowych. Na przykład w latach 2016-2018 koszt importu energii rósł do poziomu 330 mld EUR rocznie; wskazywało to na odwrócenie tendencji spadkowej z najwyższego poziomu wynoszącego 400 mld EUR w roku 2013. Wystąpienie w 2020 roku COVID-19 istotnie wpłynęło na obniżenie kosztów importu energii.

W omawianej realizacji unii energetycznej sformułowanej w 2015 roku wyeksponowana, jak już wskazano, została również kwestia efektywności energetycznej. Odgrywa ona wiodącą rolę w spełnianiu założonych celów odniesionych do klimatu i energii oraz znajduje odzwierciedlenie w sformułowanej i zamieszczonej w unijnym prawodawstwie zasady „efektywność energetyczna przede wszystkim”<sup>32</sup>. Nie dokonując szczegółowej analizy wskaźników obrazujących zużycie energii końcowej w Unii po 2015 roku, w syntetycznym wnioskowaniu podkreślić należy, iż postępujący wzrost działalności gospodarczej generował stały wzrost zużycia energii, pomimo stosowania przez kraje unijne nowych polityk i całej gamy środków zaradczych. Okazały się one jednak mało skuteczne w zmniejszaniu zużycia energii i osiągnięcia zakładanego jej poziomu w roku 2020<sup>33</sup> [COM(2020) 953]. Kryzys związany z pandemią wirusa COVID-19, jak wskazują częściowe dane z 2020 roku istotnie oddziaływał na zmniejszenie zapotrzebowania w zakresie energii, nie znalazło to jednak odzwierciedlenia w zakresie omawianej efektywności energetycznej. Czego zatem należy oczekiwać od istniejącej Unii Europejskiej odnośnie do poprawy tejże efektywności? Sądzić należy, iż wyznaczania kolejnych długofalowych działań w tym zakresie, a także uwzględnienia nakładów na poprawę efektywności energetycznej przy podejmowaniu ważnych decyzji w

---

32 Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (EU) 2018/199 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu.

33 Przyjęto, iż wartość docelowa zużycia energii pierwotnej przez kraje członkowskie w 2020 roku wyniesie 1483 Mtoe, czyli oleju ekwiwalentnego. Szacowany poziom zużycia jednak w 2020 roku był wyższy o 5% i stanowić będzie około 1552 Mtoe.

zakresie planowania, polityki gospodarczej i rozwoju inwestycji. Poza tym Komisja (UE) przygotowuje nowe wytyczne i włącza w nie wskazaną wyżej zasadę „efektywność energetyczna przede wszystkim” m.in. do unijnej strategii dotyczącej integracji systemów energetycznych czy transeuropejskich sieci energetycznych.

Dekarbonizacja gospodarki stanowi, jak już w poprzednim punkcie wskazano, kolejny strategiczny kierunek unii energetycznej UE, sformułowanej w 2015 roku, opartej m.in. na zobowiązaniu zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych przez kraje unijne do 2030 r. o co najmniej 30% w porównaniu z rokiem 1990. Wynika to z przyjętego przez Unię Europejską założenia, aby do 2050 roku Europa stanowiła pierwszy z kontynentów charakteryzujących się neutralnością dla klimatu, zgodnym z Europejskim prawem o klimacie, które powinno zapewnić środki na realizację tego celu [szerzej zob. Konkluzje Rady Europejskiej z dnia 12 grudnia 2019r.; EUCO29/19]. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż Unia Europejska zrealizowała z nadwyżką sformułowany w Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu cel dotyczący zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych do 2020 roku o 20% w relacji do jego poziomu z 1990 roku. Ograniczenie tych emisji znajduje swoje odbicie m.in. w zmniejszających się wpływom pochodzącym z unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji - EUSTS<sup>34</sup>. Stanowi to rezultat, jak należy sądzić dokonywanych zmian paliw wykorzystywanych do wytwarzania energii elektrycznej, szczególnie zaś stosowania odnawialnych źródeł energii.

Podkreślić należy, że udział OZE w konsumpcji energii końcowej brutto w całej Unii Europejskiej uległ zwiększeniu w 2018 r. do 18%; aż 12 państw unijnych przekroczyło wynikające ze strategii energetycznej przyjęte cele na 2020 r. odnośnie do pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych. W „Ocenie zrównoważonego charakteru biopaliw” [COM(2020) 952] wskazano wprost, iż w 2020 r. Unię Europejską będzie charakteryzowało pochodzenie energii ze źródeł odnawialnych na poziomie 22,8% - 23,1%, w zużyciu energii końcowej brutto. Rosnące wykorzystanie niekonwencjonalnych źródeł energii wynika m.in. z następujących faktów:

- stymulowania w coraz większym zakresie rozwoju inwestycji w energię pochodzącą ze źródeł odnawialnych przez decyzje rynkowe;
- udzielania przez kraje członkowskie coraz szerszego wsparcia odniesionego do energii ze źródeł odnawialnych m.in. poprzez realizację przetargów konkurencyjnych czy umożliwianie wprowadzenia instalacji do wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł

---

34 Już od 2010 r. intensywność emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej poprawiła się; szczególnie uwidoczniło się to w ostatnich latach. Na przykład w 2019r. ogólne emisje pochodzące z przemysłu oraz z wytwarzania energii objęte UE ETS zmniejszyły się o 9,1% w porównaniu z ich poziomem w 2018r. Generowane to było głównie przez sektor energetyczny w którym miało miejsce obniżenie emisji gazów cieplarnianych o prawie 15%.

odnawialnych skierowanej na rynek tej energii, zgodnie z wymogami pomocy państwa i założeniami odniesionymi do funkcjonowania wewnętrznego rynku energii<sup>35</sup>.

Omawiany obecnie, strategiczny kierunek unii energetycznej zakłada ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, zwiększenie niezależności energetycznej, zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska, generowanie wzrostu gospodarczego i nowych miejsc pracy itp. Wymaga to realizacji szeregu działań pozwalających na wykonanie krajowych wkładów, pozwalających na spełnienie założonego celu na 2030 rok, czyli jak już wskazano zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 30% w odniesieniu do roku 1990. W ramach pomocy w osiągnięciu wkładów krajowych został sformułowany unijny program finansowania energii ze źródeł odnawialnych<sup>36</sup>, pozwalający na jeszcze szersze i skuteczniejsze inwestowanie w projekty związane z dynamizacją rozwoju energii odnawialnej. Zarazem ma mieć miejsce, w celu przyspieszonego wdrażania OZE, ocena pomocy każdego z państw członkowskich na realizację ochrony środowiska naturalnego a także na spełnianie celów związanych z energią.

Ostatni, obszar ściśle powiązany z poprzednimi obszarami strategii unii energetycznej określony został, jak już wskazano w poprzednim punkcie rozprawy jako badania naukowe, innowacje i konkurencyjność stanowiący m.in. podstawę tworzenia nowych, zaawansowanych technicznie, a zarazem konkurencyjnych źródeł energii odnawialnej. W ocenie wykorzystanych przez autora raportów unijnych, odniesionych do zaangażowania państw członkowskich w realizację badań naukowych i innowacji od 2015 roku, czyli po ogłoszeniu założeń strategii energetycznej, wnioskować można, iż:

- nie ma miejsce globalna tendencja do wzrostu ukierunkowanych na nie nakładów, zarówno w wydatkach publicznych, jak i prywatnych. Przeciwnie, kraje unijne kierują mniej środków na badania naukowe i innowacje w wytwarzaniu czystej energii niż przed 2015 rokiem. Według informacji pochodzących z Międzynarodowej Agencji Energetycznej, nakłady sektora publicznego na inwestycje odniesione do niskoemisyjnych technologii energetycznych kształtowały się w 2019 roku na niższym poziomie niż w 2012 roku. Również od tego roku zmniejsza się aktywność patentowa w zakresie czystych technologii; z kolei na podkreślenie zasługuje wzrost liczby patentów na technologie charakteryzujące się wysoką innowacyjnością (inteligentne sieci, baterie). Właśnie zaangażowanie badań naukowych i rozwiązań innowacyjnych w baterie słoneczne i litowo-jonowe ma szczególne znaczenie w kontekście istniejącego

---

35 Wytoczne w sprawie pomocy państwa na ochronę środowiska i cele związane z energią w latach 2014-2020, Dz.U. C.200 z 28 czerwca 2014, s.1

36 Program zatytułowany „Zwiększenie mocy” tworzy również podwaliny pod pionierskie rynki wodoru w Europie i powiązana z nimi infrastrukturę i ma na celu m.in. zwiększenie zdolności produkcyjnej elektrolizerów.

popytu i jego wzrostu w najbliższych latach, spowodowanego rosnącymi możliwościami ich stosowania (budynki, pojazdy, sektor infrastruktury). Zaangażowanie to jest wyrazem wzrastającego „sojuszu przemysłowego”, rosnącej koordynacji pomiędzy krajami unijnymi ich środowiskiem badawczym i przemysłem w kierunku przedsięwzięć inwestycyjnych mających znaleźć odzwierciedlenie w realizacji, przez UE, czystych technologii. Sądzić należy, iż dalszemu dynamicznemu rozwojowi ulegną także, wskazane wyżej kluczowe technologie w zakresie inteligentnych sieci.

Zauważyć także należy, iż po 2015 roku, czyli po ogłoszeniu unii energetycznej zmniejszeniu uległy nakłady prywatne skierowane na badania naukowe i innowacje pozwalające na realizację założeń tej unii energetycznej. Ponadto, jak podkreśla się w publikacji Wdrożenie planu EPSTE, czyli europejskiego strategicznego planu w dziedzinie technologii energetycznych „...prywatne inwestycje w badania naukowe i innowacje w ramach działań określonych w wymienionym planie, uzgodnione między państwami członkowskimi, przemysłem, środowiskiem naukowym i Komisją stanowią jedynie 15% szacowanych potrzeb do 2030 roku”<sup>37</sup>. W niewielu krajach unijnych sformułowane zostały także cele krajowe, stanowiące kierunkowskaz do realizacji badań naukowych i innowacji w ramach unii energetycznej do roku 2030 oraz 2050 [COM(2020) 564 final]. W kontekście tego na podkreślenie zasługuje fakt, iż państwa członkowskie posiadają szeroki dostęp do korzystania z wielu narzędzi wsparcia obejmujących np. wskazany już wcześniej program „Horyzont Europa” oraz fundusz innowacyjny Invest EU;

- w odniesieniu do konkurencyjności połączonej z badaniami naukowymi oraz innowacjami w omawianej strategii unii energetycznej z 2015 roku należy podkreślić, iż w sprawozdaniu na temat postępów w kwestiach konkurencyjności [COM(2020) 953 final] wskazano m.in. na rosnący popyt na czyste technologie energetyczne w Unii Europejskiej. Stąd w wymienionym Komunikacie zapisano: „jeśli chodzi o konkurencyjność, sektor ten osiąga wyższe wyniki niż sektor konwencjonalnych technologii energetycznych pod względem wartości dodanej, wydajności pracy, wzrostu zatrudnienia i wskaźników penetracji rynku”. Zauważyć także należy, iż sektor czystej energii coraz bardziej znacząco wpływa w gospodarce UE na poziom PKB; w oddziaływaniu tym rola konwencjonalnych źródeł energii ulega zmniejszeniu;
- w tej chwili szereg sektorów w UE, szczególnie przemysł wykorzystują swoją przewagę dotyczącą technologii wiatrowej, mórz i oceanów czy otrzymywaniu wodoru ze źródeł odnawialnych. Oczekiwane zwiększenie możliwości produkcyjnych energii w segmentach niekonwencjonalnych w innych pozaunijnych krajach może ograniczyć

---

37 Implementation the SET Plan, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Bruksela 2019

przewagę lub utratę pozycji lidera. Stąd przesłaniem unijnym jest nieustanne dokładanie starań w celu nadrobienia możliwych do wystąpienia zaległości i stałe budowanie przewagi konkurencyjnej na płaszczyźnie czystych technologii energetycznych.

Przeprowadzona w rozdziale drugim analiza regulacji prawnych dotyczących rynku energii w Unii Europejskiej prowadzi do następujących wniosków:

- wskazać można trzy główne kierunki interwencji legislacyjnej UE w sektorze energetycznym:
  - 1) przeciwdziałanie zmianom klimatycznym i poprawa stanu środowiska;
  - 2) tworzenie wewnętrznego rynku energii;
  - 3) bezpieczeństwo dostaw i podnoszenie efektywności energetycznej;
- w obszarze przeciwdziałania zmianom klimatycznym i poprawy stanu środowiska, wskazać można jak rozszerzany był zakres działań i regulacji, narzędzia redukcji emisji gazów cieplarnianych stanowił system handlu emisjami oraz geologiczne składowanie węgla; jednocześnie zauważyć trzeba, że nie wszystkie kraje świata są równie silnie jak UE zaangażowane w działania na rzecz ochrony klimatu, co rodzi obawy o powodzenie działań;
- w obszarze tworzenia wewnętrznego rynku energii należy stwierdzić, że cel ten przyświeca Wspólnotom Europejskim w zasadzie od początku ich istnienia i wzmocniony jest kolejnymi kryzysami, a realizowany jest poprzez postępującą liberalizację rynków energii, a w ostatnich latach koncepcję Unii Energetycznej;
- zapewnienie bezpieczeństwa dostaw i podnoszenie efektywności energetycznej są jednymi z głównych założeń Unii Energetycznej, cele te osiągnąć mają być m.in. poprzez badania naukowe poprawiające innowacyjność i konkurencyjność sektora energetycznego w UE, choć zauważyć można w tym obszarze występowanie „efektu wypychania”.

### Rozdział 3. Sektor energetyczny w Polsce na tle wybranych krajów Unii Europejskiej - stan i ewolucja

W rozdziale tym polski sektor energetyczny przedstawiony zostanie z perspektywy makroekonomicznej. Celem badania jest identyfikacja charakterystyki sektora, na tle innych krajów Unii Europejskiej. W toku badań udzielona zostanie odpowiedź na pytania badawcze dotyczące:

- poziomu kultury energetycznej w Polsce na tle innych krajów UE;
- podobieństwa w zakresie struktury źródeł energii elektrycznej i ciepłej pomiędzy Polską i krajami UE;
- zmian struktury źródeł energii elektrycznej w Polsce na tle dostosowań zachodzących w UE.

Dokonana analiza stanowi wstęp do dalszych badań przedsięwzięć energetycznych podejmowanych w Polsce. Pozwoli nakreślić szersze ramy, w jakich inwestycje te były realizowane oraz zidentyfikować dobre praktyki w zakresie organizacji sektora energetycznego w krajach UE.

#### 3.1. Metodyka badań

Dane statystyczne opisane w Aneksie 1. poddane zostały szeregowi procedur statystycznych i ekonometrycznych, w celu weryfikacji założonych hipotez badawczych. Poszczególne etapy badań empirycznych z wyszczególnionymi zastosowanymi w nich metodami badań zawiera tabela 5.

**Tabela 5. Metody ilościowe wykorzystane w badaniu**

<b>Etap badań</b>	<b>Metody</b>
Analiza porównawcza sektora energetycznego w krajach UE	wskaźniki kultury energetycznej, statystyczne miary struktury (średnia, mediana, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności, skośność, kurtoza), test Grubbsa na obserwacje odstające, test Shapiro-Wilka na normalność rozkładu
Konstrukcja syntetycznego wskaźnika kultury energetycznej	metoda TOPSIS-CRITIC
Badanie podobieństwa struktury produkcji energii i ciepła ogółem oraz z OZE	wskaźnik podobieństwa struktur, grupowanie metodą Warda, współczynnik korelacji kofenetycznej, wskaźnik całościowego dopasowania $\delta$ , miara STRESS, wskaźnik sylwetkowy Silhouette, test Kruskala-Wallisa, test Dunn'a
Badanie dynamiki struktury produkcji energii i ciepła ogółem oraz z OZE	wskaźnik monotoniczności zmian, periodyzacji, zapóźnienia oraz pogoni struktur

*Źródło: opracowanie własne*



Kilka z powyżej wskazanych procedur wymaga dodatkowego wyjaśnienia. Wykorzystane w pierwszym etapie badań wskaźniki kultury energetycznej krajów zaproponowane zostały przez Frączek i Majkę [2015, s. 216], za Łuckim i Misiakiem [2010]. W rozpatrywanym tutaj zbiorze znalazły się wskaźniki<sup>38</sup>:

- intensywności emisji gazów cieplarnianych - wyrażony ilością emisji CO<sub>2</sub> przypadającą na jednostkę produktu krajowego brutto, na jednostkę zużycia energii lub na jednego mieszkańca;
- udział odnawialnych źródeł energii w produkcji energii elektrycznej i ciepła;
- energochłonności gospodarki - wyrażony w jednostkach energii na jednostkę PKB lub na jednego mieszkańca;
- sprawności przetwarzania energii pierwotnej na energię finalną;
- przetwarzania energii finalnej w usługach - wyrażony udziałem energii finalnej zużytej przez sektor usług poszczególnych krajów.

Wartości tych wskaźników w zbiorowości państw UE opisane zostaną za pomocą powszechnie stosowanych statystyk opisowych.

W drugim etapie badań oszacowane wcześniej wskaźniki posłużą do konstrukcji syntetycznej miary kultury energetycznej. Do jej oszacowania wykorzystano metodę TOPSIS (ang. *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*). W kontekście sektora energetycznego metoda ta stosowana była m.in. przez Wątróbskiego i Garnysz [2009] oraz Zalewskiego [2012, 2013], jednakże raczej w kontekście mikroekonomicznym. Jest ona zatem, z jednej strony, dobrze ugruntowana w praktyce, z drugiej zaś jej zastosowanie w badaniach makroekonomicznych sektora energetycznego ma charakter nowatorski. W oryginale metoda zaproponowana została przez Hwang i Yoon [1981], a następnie udoskonalana przez Yoon [1987] oraz Hwang, Lai i Liu [1993]. Podstawę oceny syntetycznej danego obiektu stanowi w metodzie tej odległość od wzorca i antywzorca. Kluczowym etapem prac jest ustalenie wag poszczególnych wskaźników. W tym celu wykorzystano metodę CRITIC (ang. *Criteria Importance Through Intercriteria Correlation*), zaproponowana została ona przez Diakoulaki i in. [1995], a stosowana była m.in. przez Abdel-Basset i Mohamend [2020], Raikar [2019] czy Zhang i Hao [2015]. Jej istotą jest przypisanie relatywnie większych wag wskaźnikom, które odznaczają się wysokim poziomem zmienności i jednocześnie niskim skorelowaniem z innymi wskaźnikami. Etapy opracowania wskaźnika syntetycznego przedstawić można za Czyżewskim i Kryszakiem [2017, s. 9-10]:

---

<sup>38</sup> W oryginale zbiór ten zawierał jeszcze wskaźniki struktury zużycia źródeł energii pierwotnej - określający udział poszczególnych źródeł nieodnawialnych i odnawialnych w bilansie energetycznym badanych krajów; oraz wskaźnik struktury zużycia źródeł energii finalnej - określający udział poszczególnych nośników energii finalnej w jej zużyciu przez odbiorców końcowych; jednakże z racji, że struktura analizowana jest szczegółowo w kolejnym etapie badań, w tym miejscu zakres analizy struktury został zredukowany do opisu udziału odnawialnych źródeł energii

1. Spośród zbioru merytorycznie akceptowalnych wskaźników cząstkowych do budowy miary syntetycznej wybiera się te, które charakteryzują się wystarczającym poziomem współczynnika zmienności i jednocześnie nie są nadmiernie skorelowane z innymi wskaźnikami. Oceny korelacji dokonuje się poprzez budowę macierzy korelacji między zmiennymi a następnie macierzy odwrotnej. Dalej analizuje się elementy diagonalne macierzy odwrotnej. Wartości przekraczające znacznie liczbę 10 wskazują na niewłaściwe uwarunkowanie numeryczne macierzy i tym samym nadmierne skorelowanie danej cechy z pozostałymi.
2. W kolejnym kroku przeprowadza się unitaryzację zerowaną cech prostych przy jednoczesnym przekształceniu destymulant w stymulanty. Pozwala to ujednoczyć charakter cech oraz sprowadzić poszczególne cechy do porównywalnej postaci (cechy przyjmują wartości od 0 do 1)

- Unitaryzację przeprowadzono na podstawie następujących formuł:

Stymulanty:

$$z_{ij} = \frac{x_{ik} - \min_i\{x_{ik}\}}{\max_i\{x_{ik}\} - \min_i\{x_{ik}\}}, (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k)$$

Destymulanty:

$$z_{ij} = \frac{\max_i\{x_{ik}\} - x_{ik}}{\max_i\{x_{ik}\} - \min_i\{x_{ik}\}}, (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k)$$

gdzie:

$\min_i\{x_{ik}\}$  - minimalna wartość k-tej cechy

$\max_i\{x_{ik}\}$  - maksymalna wartość k-tej cechy

$i$  – oznacza obiekt (w tym przypadku kraj)

3. W trzecim kroku ustalono wagi poszczególnych wskaźników za pomocą metody CRITIC:

$$w_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^K c_j}, j = 1, 2, \dots, K; c_j = s_{j(z)} \sum_{k=1}^K (1 - r_{jk}), j = 1, 2, \dots, K$$

gdzie:

$c_j$  – miernik pojemności informacyjnej j-tej cechy,

$s_{j(z)}$  oznacza odchylenie standardowe obliczone z wartości znormalizowanych j-tej cechy,

$r_{jk}$  – współczynnik korelacji między cechą j-tą i k-tą.

Suma współczynników  $w_j$  wynosi 1. W kolejnym kroku wyznaczone znormalizowane wartości cech prostych  $z_{ij}$  przemnaża się przez odpowiednie współczynniki wagowe  $w_j$  ( $z_{ij}^* = z_{ij} * w_j$ ).

4. W kroku czwartym obliczone zostały odległości euklidesowe poszczególnych jednostek od wzorca i antywzorca rozwoju. Uwzględnianie odległości zarówno od wzorca jak i antywzorca wyróżnia metodę TOPSIS na tle innych metod, np. wskaźnika Hellwiga. Odległości euklidesowe obliczono na podstawie następujących formuł:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^K (z_j^* - z_j^+)^2} \text{ od wzorca rozwoju}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^K (z_j^* - z_j^-)^2} \text{ od antywzorca rozwoju}$$

gdzie:

$$z_j^+ = (\max(z_{i1}^*), \max(z_{i2}^*), \dots, \max(z_{iK}^*)) = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_K^+)$$

$$z_j^- = (\min(z_{i1}^*), \min(z_{i2}^*), \dots, \min(z_{iK}^*)) = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_K^-)$$

5. Ostatnim etapem było wyznaczenie wartości cechy syntetycznej  $q_i$  za pomocą formuły:

$$q_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, (i = 1, 2, \dots, n)$$

Dokonane zostanie grupowanie struktury produkcji energii elektrycznej i ciepłej zgodnie ze wskaźnikiem podobieństwa struktur zaproponowanym przez Kukułę i in. [2010, s. 29]:

$$v = \frac{\sum_{i=1}^k |\alpha_i - \beta_i|}{2}$$

gdzie:

$\alpha_i$ - i-ty wyraz wektora struktury obiektu  $\alpha$

$\beta_i$ - i-ty wyraz wektora struktury obiektu  $\beta$

W pracy obiektami tymi są państwa Unii Europejskiej. Wskaźnik określa tzw. odległość miejską struktur. Obliczony dla wszystkich par krajów pozwala uzyskać macierz odległości, która następnie wykorzystana zostaje do przeprowadzenia analizy skupień metodą Warda, która korzysta przy szacowaniu odległości pomiędzy skupieniami z analizy wariancji. Zmierza ona do minimalizacji sumy kwadratów odchyleń wewnątrz skupień. Na każdym etapie spośród wszystkich możliwych do łączenia par skupień wybiera się tę, która w rezultacie łączenia daje skupienie o minimalnym zróżnicowaniu. Miarą takiego zróżnicowania względem wartości średnich jest wyrażenia ESS (ang. Error Sum of Squares), zwane też błędem sumy kwadratów, które określone jest wzorem [Stanisz 2007b, s. 122]:

$$ESS = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2$$

gdzie:

$x_i$  – wartość zmiennej będącej kryterium segmentacji dla i-tego obiektu,

$k$  – liczba obiektów w skupieniu.

Poziom odcięcia, czyli odległość wiązań przy której nastąpił podział na grupy określona została za pomocą reguły Mojeny [1977], wyrażającej się wzorem:

$$d_{i+1} > \bar{d} + ks_d$$

gdzie:

$d_0, d_1, \dots, d_{n-1}$  – odległości wiązania dla etapu  $n, n-1, \dots, 1$

$\bar{d}$  – średnia odległość wiązania

$s_d$  – odchylenie standardowe odległości wiązań

$k$  – pewna stała, w badaniu określona na poziomie 1,25 za Milligan i Cooper [1985]

Wyniki grupowania przedstawione zostały graficznie za pomocą dendrogramu. Jakość jego dopasowania do macierzy odległości określona została za pomocą współczynnika korelacji kofenetycznej, wskaźnika całościowego dopasowania oraz miary STRESS [Machowska-Szewczyk i Sompolska-Rzechuła 2012, za: Balicki 2009]. Metody te porównują wyjściową macierz odległości  $D$  z macierzą odległości  $C$ , otrzymaną na podstawie dendrogramu (macierzą kofenetyczną). Elementami macierzy  $C$  są odległości odpowiadające poziomom łączenia, na których pary obiektów łączą się w tym samym skupieniu pierwszy raz. Wartość współczynnika korelacji kofenetycznej (cophenetic correlation coefficient) określona jest wzorem:

$$r_{kof.} = \frac{\sum_{r < s} (d_{rs} - \bar{d})(c_{rs} - \bar{c})}{\sqrt{\sum_{r < s} (d_{rs} - \bar{d})^2 \sum_{r < s} (c_{rs} - \bar{c})^2}}$$

gdzie:

$n$  - liczba obiektów,  $r, s \in \{1, \dots, n\}$ ,

$d_{rs}$  - elementy macierzy odległości między obiektami  $D$ ,

$c_{rs}$  - elementy macierzy kofenetycznej  $C$ .

$\bar{d}, \bar{c}$  - średnia wartość z macierzy odległości i macierzy kofonetycznej

Dendrogram dobrze odzwierciedla różnice między obiektami lub ich podobieństwa, jeżeli wartość współczynnika korelacji kofenetycznej jest bliska 1. Wartość współczynnika przeciętnie maleje wraz ze wzrostem liczby obiektów i prawie nie zależy od liczby zmiennych.

Kolejne z wykorzystanych wskaźników oparte są na różnicach odległości w macierzach  $D$  i  $C$ . Dodatnia suma różnic będzie świadczyła o łącznym skróceniu odległości na dendrogramie w stosunku do odległości wyjściowych, i odwrotnie – ujemna suma różnic będzie informowała o rozciągnięciu odległości. Im większa jest bezwzględna wartość tej wielkości tym gorzej, dendrogram oddaje rzeczywiste odległości. Właściwości te wykorzystuje wskaźnik całościowego dopasowania:

$$\delta = \sum_{\substack{r,s \\ r < s}} |d_{rs} - c_{rs}|$$

gdzie:

$n$  - liczba obiektów,  $r, s \in \{1, \dots, n\}$ ,

$d_{rs}$  - elementy macierzy odległości między obiektami D,

$c_{rs}$  - elementy macierzy kofenetycznej C.

Wskaźnikiem komplementarnym wobec powyższego jest wskaźnik STRESS (ang. STandardized Residual Sum of Squares), obliczony zgodnie ze wzorem:

$$STRESS = \sqrt{\frac{\sum_{\substack{r,s \\ r < s}} (d_{rs} - c_{rs})^2}{\sum_{\substack{r,s \\ r < s}} d_{rs}^2}}$$

gdzie:

$n$  - liczba obiektów,  $r, s \in \{1, \dots, n\}$ ,

$d_{rs}$  - elementy macierzy odległości między obiektami D,

$c_{rs}$  - elementy macierzy kofenetycznej C.

Dla oceny jakości wyników grupowania, z bogatego zbioru metod [patrz Migdał-Najman 2011], wybrano metodę wskaźnika sylwetkowego (ang. Silhouette index - SI, Silhouette coefficient, SIL index). Wartość wskaźnika  $S(i)$  można zinterpretować jako wskaźnik jakości otrzymanej struktury grupowej. Wyraża się on wzorem:

$$S(i) = \frac{(b(i) - a(i))}{\max(a(i); b(i))}$$

gdzie:

$a(i)$  – jest średnią odległością obiektu  $i$  od pozostałych obiektów wyróżnionej dla danego podziału klasy P,

$b(i)$  – jest średnią odległością obiektu  $i$  od obiektów z klasy R położonej najbliżej tego obiektu, zgodnie z przyjętą klasyfikacją.

Wartość wskaźnika  $S(i)$  kształtuje się w przedziale  $\langle 0, 1 \rangle$ , a za poziom krytyczny przyjęto wielkość 0,50 [Guth, Czyżewski 2016, za: Gatnar i Walesiak 2004]. Ostatecznym weryfikatorem poprawności grupowania jest zaś test na różnicę średnich udziałów poszczególnych źródeł energii w skupieniach. W związku z małą liczebnością zbiorowości ( $N=28$ ), która może rzutować na brak spełnienia założeń dotyczących rozkładu zmiennej zastosowano nieparametryczny test Kruskala-Wallisa na istotność różnic w średnich dla kilku grup oraz test post-hoc Dunna z poprawką Bonferroniego na porównania wielokrotne. Ten i inne testy statystyczne zastosowane w pracy zestawione zostały w tabeli 6.

**Tabela 6. Testy statystyczne wykorzystane w pracy**

Test	Zastosowanie	Hipoteza zerowa	Rozkład	Interpretacja
Grubbsa	badanie obserwacji odstających	w zbiorze nie występują obserwacje odstające	t-studenta z N-2 stopniami swobody i poziomem istotności $\alpha/(2N)$	$p > \alpha$ oznacza występowanie w zbiorze obserwacji odstających
Shapiro-Wilka	badanie normalności rozkładu	próba pochodzi z populacji o rozkładzie normalnym	test nieparametryczny	$p > \alpha$ oznacza brak podstaw do uznania rozkładu za nieliniowy
Kruskala-Wallisa	badanie różnic pomiędzy średnimi wartościami w skupieniach	średnie wartości parametrów w grupach są różne	test nieparametryczny	$p < \alpha$ oznacza istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami w skupieniach
Dunna z poprawką Bonferroniego	badanie różnic średnich wartości cechy pomiędzy dwoma skupieniami	średnie wartości parametrów w grupach są różne	test nieparametryczny	$p < \alpha$ oznacza istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami w skupieniach

Źródło: opracowanie własne na podstawie Stanisław 2006, 2007

W ostatnim etapie badania podejmują problematykę ewolucji struktury produkcji energii. Na tym etapie wykorzystano metody zaproponowane przez Kukułę i in. [2010, s. 40-55]. Do porównań zmian zachodzących pomiędzy poszczególnymi analizowanymi latami posłużył wskaźnik:

$$v_{t,t-\tau} = \frac{\sum_{i=1}^k |\alpha_{it} - \alpha_{it-\tau}|}{2}$$

Porównuje on struktury z okresów  $t$  oraz  $t - \tau$ , przyjmując wartości z przedziału  $[0,1]$ . Im jest on niższy, tym mniejszym zmianom podlegała dana struktura. Dla zobrazowania zmian w całym analizowanym okresie obliczyć należy wskaźniki dla wszystkich sąsiadujących okresów.

Kolejnym elementem analizy dynamiki struktury jest badanie jej monotoniczności, czyli utrzymywania stałego kierunku ewoluowania poszczególnych składowych struktury. Przyjmując jako  $\alpha_{im}$  określone elementy składowe struktury, monotoniczność określić można za pomocą wzoru:

$$\eta_m = \frac{\sum_{i=1}^k |\alpha_{im} - \alpha_{i0}|}{\sum_{t=1}^m \sum_{i=1}^k |\alpha_{im} - \alpha_{i0}|}$$

Miernik przyjmuje wartości z przedziału  $[0,1]$ , im jest on większy tym bardziej systematyczny jest charakter zmian (jeden z elementów składowych systematycznie rośnie, inny zaś spada).

Obniżanie wartości wskaźnika sygnalizuje, że struktura w coraz większym stopniu ewoluuje chaotycznie (jej składowe raz rosną, raz maleją).

Na podstawie dynamiki struktur dokonać można również periodyzacji zjawisk społeczno-gospodarczych, czyli wyodrębnienia specyficznych podokresów w całym okresie badania rozwoju danego zjawiska. W tym celu należy obliczyć wartość miar zróżnicowania pomiędzy strukturami poszczególnych okresów ( $v_{t,t-\tau}$ ). W następnej kolejności wyznacza się przeciętną wartość zróżnicowań zgodnie ze wzorem:

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n v_{t,t-1}$$

Każda wartość  $v_{t,t-1}$  powyżej  $\bar{v}$  stanowi ponadprzeciętne zróżnicowanie badanej struktury. Charakterystyka taka jest typowa dla okresów przełomowych i na jej podstawie dokonać można periodyzacji badanego okresu.

Dynamika struktury analizowana może być również w ujęciu relatywnym, a zatem w odniesieniu do zmian struktur zachodzących wśród obiektów referencyjnych. Podstawą do tego typu oszacowań jest określenie odległości dwóch struktur za pomocą wzoru:

$$d_i = \frac{\sum_{i=1}^k |\alpha_{it} - \beta_{it}|}{2}, (t = 0, \dots, n)$$

Jeżeli odległość pomiędzy strukturami jest malejąca, a monotoniczność zmian względnie stała, mówić można o zjawisku upodabniania się struktur. Rodzi to także pytanie o tempo tego procesu. Jednym ze sposobów jego pomiaru jest wskaźnik opóźnienia w rozwoju strukturalnym. Pozwala on odpowiedzieć na pytanie w jakim czasie struktura danego obiektu osiągnie stan struktury wzorcowej z ostatniego obserwowanego okresu. Przeciętną prędkość zmian strukturalnych określić można jako:

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^k |\alpha_{it} - \alpha_{i(t-1)}|}{2n}$$

W tej sytuacji czas potrzeby na ujednoczenie struktur wyrazić można wzorem:

$$t^* = n + \frac{d}{\eta v}$$

Należy zauważyć, że czas będzie tym większy im mniejsza będzie monotoniczność ( $\eta$ ) zachodzącej ewolucji struktury. Ponadto, zwróćmy uwagę na fakt, że w podejściu tym przyjmujemy upraszczające założenie o stałości struktury obiektu wzorcowego. W rzeczywistości jednak struktura ta podlega zmianom, co rodzi potrzebę analizy tzw. pogoni struktur. Określenie czasu potrzebnego do osiągnięcia przez struktury zbieżności wymaga już zastosowania metod stochastycznych, polegających na oszacowaniu liniowego trendu zmian strukturalnych, w postaci:

$$d_t = \gamma_0 + \gamma_1 t + \varepsilon_t, (\gamma_0 > 0, \gamma_1 < 0)$$

gdzie,

$d_t$  – stopień zróżnicowania między strukturami w okresie t

$\gamma_0, \gamma_1$  – parametry strukturalne modelu

$\varepsilon_t$  – składnik losowy

Po oszacowaniu modelu otrzymujemy:

$$\hat{d}_t = c_0 + c_1 t, (c_0 > 0, c_1 < 0)$$

gdzie,

$c_0, c_1$  – są estymatorami parametrów modelu

Struktury osiągną zbieżność, gdy  $\hat{d}_t = 0$ . Przy założeniu, że pogoń zakłócają zmiany monotoniczności struktur, które opisać można wzorem:

$$z' = \frac{2}{\eta_{nA} + \eta_{nB}}$$

termin końca pogoni określić można za pomocą wzoru:

$$t^{**} = -\frac{c_0}{c_1} z'$$

lub też bazując na rozważaniach dotyczących zapóźnienia strukturalnego:

$$t^{**} = n + \frac{z' d_n}{v_B - v_A}$$

Pierwsze podejście posiada jednak tę przewagę, że pozwala na oszacowanie jakości predykcji za pomocą wskaźników błędu standardowego czy współczynnika zbieżności. W związku z powyższym jest ono preferowane i zostało wykorzystane w tym opracowaniu. Jednocześnie estymator KMNK stosowany do oszacowań jest metodą na tyle standardową i ugruntowaną w praktyce, że nie wymaga dodatkowych objaśnień.

### 3.2. Analiza porównawcza sektora energetycznego w państwach Unii Europejskiej

W pierwszej kolejności zbiorowość krajów UE przebadana zostanie pod kątem kultury energetycznej. Wartości wskaźników ją opisujących zawarte zostały w tab. 7. i 8. Ze względu na niewielką liczebność próby prawdopodobnym było, że rozkład badanych zmiennych odbiegać będzie od normalnego. Rzeczywiście, jedynie w przypadku dwóch zmiennych (udział OZE w produkcji energii elektrycznej oraz sprawność przetwarzania energii pierwotnej na finalną) test Shapiro-Wilka wykazał, że rozkład uznać można za normalny ( $p > 0,05$ ).



**Tabela 7. Statystyki opisowe dla wskaźników kultury energetycznej krajów UE w 2017 roku**

Wskaźnik	$\bar{x}$	Med.	Min.	Max.	$\sigma$	CV	Skew.	Curt.	Grubbs	Shapiro-Wilk
Intensywność emisji gazów cieplarnianych:										
- w kg na 1 euro PKB	0,114	0,062	0,004	0,561	0,137	1204	2,158	4,845	3,189 (0,005)	0,679 (0,000)
- w tonach na 1 mieszkańca	2,182	1,512	0,402	10,13	1,938	88,8	2,434	9,120	4,028 (0,001)	0,741 (0,000)
- w tonach na 1 TOE energii	1,108	0,769	0,068	4,759	0,989	89,3	1,930	5,370	3,626 (0,002)	0,803 (0,000)
Energochłonność:										
- w TOE na 1000 euro PKB	0,093	0,079	0,036	0,186	0,038	40,7	0,505	-0,59	2,404 (0,026)	0,933 (0,072)
- w TOE na 1 mieszkańca	2,251	1,937	1,052	6,044	0,998	44,3	2,212	6,934	3,732 (0,001)	0,775 (0,000)
Udział OZE w produkcji:										
- energii elektrycznej	0,360	0,296	0,087	0,866	0,234	64,9	0,765	-0,57	2,125 (0,045)	0,886 (0,005)
- energii ciepłej	0,310	0,167	0,017	1,000	0,262	84,6	0,938	0,374	2,577 (0,018)	0,877 (0,009)
Sprawność przetwarzania energii pierwotnej na finalną	0,685	0,684	0,492	0,961	0,102	14,9	0,507	0,821	2,653 (0,016)	0,972 (0,644)
Przetwarzanie energii finalnej w usługi	0,138	0,139	0,081	0,260	0,031	22,6	1,776	7,435	3,830 (0,001)	0,837 (0,001)
Legenda: $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, Med. – mediana, Min. – wartość najmniejsza, Max. – wartość największa, $\sigma$ – odchylenie standardowe w populacji, CV – współczynnik zmienności (w %), Skew. – skośność, Curt. – kurtოza, Grubbs – wynik testu Grubbsa na obserwacje odstające (wartość p w nawiasie), Shapiro-Wilk – wynik testu Shapiro-Wilka na normalność rozkładu (wartość p w nawiasie), TOE – tony ekwiwalentu ropy, PKB – produkt krajowy brutto, OZE – odnawialne źródła energii.										

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1.)

Po części wynikać może to z występujących w zbiorowości obserwacji odstających. Test Grubbsa zidentyfikował je dla większości zmiennych. Przyjmując za wiążące kryterium 3 sigm, stosowane również przy teście Grubbsa (dla  $p < 0,01$ ), za obserwacje odstające dla następujących zmiennych uznać należy:

- intensywność emisji gazów cieplarnianych w kg na 1 euro PKB – Estonia;
- Intensywność emisji gazów cieplarnianych w tonach na 1 mieszkańca – Estonia;
- Intensywność emisji gazów cieplarnianych w tonach na 1 TOE energii – Estonia;
- energochłonność w TOE na 1 mieszkańca – Luksemburg;
- udział OZE w produkcji energii ciepłej – Cypr;
- przetwarzanie energii finalnej w usługi – Malta.

Każdy z powyższych przypadków wytłumaczyć można specyfiką danego kraju. Jeżeli chodzi o emisyjność gospodarki estońskiej, to wynika ona z energetyki opartej o spalanie wysokoemisyjnych łupków bitumicznych. Estonia jest jednym z nielicznych krajów stosujących to paliwo kopalne i wyróżnia się pod tym względem na tle państw UE. Wysoka

energochłonność gospodarki w przeliczeniu na 1 mieszkańca w Luksemburgu wynika z kolei z niewielkiej liczby ludności. Ze względu na to kraj nie realizuje swoistych „efektów skali” wynikających z pewnych stałych źródeł poboru energii energetycznych funkcjonowania gospodarki, rozkładających się na małą liczbę mieszkańców.

**Tabela 8. Wartości wskaźników opisujących kulturę energetyczną krajów UE w 2017 roku**

	GHG/ PKB	GHG/ CAPITA	GHG/ FINAL	FINAL/ PKB	FINAL/ CAPITA	ELECTR ICITY	HEAT	FINAL/ SUPPLY	SERVIC ES
BE	0,034	1,341	0,463	0,074	2,895	0,197	0,082	0,594	0,140
BG	0,512	3,787	2,750	0,186	1,377	0,149	0,017	0,521	0,120
CZ	0,236	4,280	1,854	0,127	2,308	0,124	0,080	0,567	0,130
DK	0,032	1,607	0,662	0,048	2,427	0,703	0,577	0,813	0,143
DE	0,087	3,424	1,384	0,063	2,474	0,341	0,146	0,654	0,157
EE	0,561	10,132	4,759	0,118	2,129	0,139	0,513	0,492	0,167
IE	0,038	2,334	1,043	0,036	2,237	0,294		0,787	0,129
EL	0,194	3,254	2,226	0,087	1,462	0,251		0,672	0,139
ES	0,059	1,474	0,870	0,068	1,694	0,329		0,625	0,141
FR	0,017	0,593	0,281	0,062	2,112	0,174	0,428	0,567	0,166
HR	0,060	0,707	0,430	0,138	1,645	0,611	0,147	0,778	0,118
IT	0,045	1,292	0,688	0,065	1,877	0,358	0,172	0,728	0,161
CY	0,165	3,838	2,126	0,077	1,805	0,087	1,000	0,687	0,152
LV	0,056	0,774	0,388	0,145	1,996	0,725	0,442	0,878	0,157
LT	0,027	0,402	0,217	0,124	1,852	0,792	0,675	0,690	0,121
LU	0,004	0,408	0,068	0,064	6,044	0,866	0,370	0,961	0,126
HU	0,097	1,240	0,678	0,143	1,829	0,106	0,160	0,676	0,121
MT	0,064	1,551	1,475	0,044	1,052	0,104		0,716	0,260
NL	0,070	3,020	1,152	0,061	2,622	0,149	0,143	0,599	0,154
AT	0,022	0,929	0,308	0,072	3,011	0,770	0,467	0,777	0,099
PL	0,334	4,068	2,259	0,148	1,801	0,144	0,044	0,663	0,117
PT	0,094	1,779	1,152	0,081	1,545	0,409		0,681	0,143
RO	0,104	0,996	0,849	0,122	1,173	0,383	0,043	0,692	0,081
SI	0,114	2,379	0,999	0,114	2,382	0,289	0,162	0,720	0,098
SK	0,057	0,882	0,484	0,117	1,821	0,248	0,167	0,576	0,144
FI	0,069	2,818	0,631	0,109	4,468	0,469	0,457	0,734	0,120
SE	0,014	0,674	0,212	0,067	3,172	0,579	0,772	0,646	0,125
UK	0,031	1,109	0,606	0,051	1,831	0,297	0,059	0,695	0,147

**Legenda:** GHG/PKB - intensywność emisji gazów cieplarnianych w kg na 1 euro PKB; GHG/CAPITA - intensywność emisji gazów cieplarnianych w tonach na 1 TOE energii; GHG/FINAL - intensywność emisji gazów cieplarnianych w tonach na 1 TOE energii; FINAL/PKB - energochłonność w TOE na 1000 euro PKB; FINAL/CAPITA - energochłonność w TOE na 1 mieszkańca; ELECTRICITY - udział OZE w produkcji energii elektrycznej; HEAT - udział OZE w produkcji energii cieplnej; FINAL/SUPPLY - sprawność przetwarzania energii pierwotnej na finalną; SERVICES - udział usług w wykorzystaniu energii finalnej; BE - Belgia, BG - Bułgaria, CZ - Czechy, DK - Dania, DE - Niemcy, EE - Estonia, IE - Irlandia, EL - Grecja, ES - Hiszpania, FR - Francja, HR - Chorwacja, IT - Włochy, CY - Cypr, LV - Łotwa, LT - Litwa, LU - Luksemburg, MT - Malta, HU - Węgry, NL - Holandia, AT - Austria, PT - Portugalia, RO - Rumunia, SI - Słowenia, SK - Słowacja, FI - Finlandia, SE - Szwecja, UK - Wielka Brytania

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)

Co ważne, jeżeli pod uwagę weźmiemy energochłonność wyrażoną w przeliczeniu na PKB, wówczas Luksemburg wypada znacznie lepiej. W kontekście wytwarzania energii cieplnej ze źródeł odnawialnych przypadkiem nietypowym jest Cypr. 100% udział OZE wynika z faktu, że energia cieplna ma na Cyprze marginalną rolę (1.287 TOE wobec 430.298 TOE wytwarzanej energii ogółem) i powstaje ona jako „produkt uboczny” wytwarzania energii elektrycznej w biogazowniach. Jeżeli zaś chodzi o wysoki wskaźnik przetwarzania energii finalnej w usługi na Malcie, to uwzględnić należy, że gospodarka tego kraju jest zdominowana przez sektor usług (turystyka, sektor finansowy). Co warte odnotowania wszystkie powyższe kraje należą do najmniejszych w UE; sprzyja to przyjmowaniu przez nie skrajnych cech.

Odnotowane obserwacje odstawały głównie in plus, co przekłada się na prawostronną asymetrię rozkładu wszystkich zmiennych, opisywaną przez dodatni wskaźnik skośności. Oznacza to, że wartość przeciętna jest przesunięta w prawo względem mediany. Nakazuje to również z pewną dozą ostrożności podchodzić do utożsamiania wartości oczekiwanej zbiorowości ze średnią, która może być zawyżona, m.in. z powodu występowania obserwacji odstających. Największą asymetrią charakteryzuje się zmienna intensywność emisji gazów cieplarnianych w tonach na 1 mieszkańca, najmniejszą zaś wskaźnik energochłonności w TOE na 1000 euro PKB.

Wskaźnik kurtozy informuje o skupieniu wartości w danej zbiorowości wokół średniej. Dla omawianych zmiennych był on w zdecydowanej większości silnie dodatni, co oznacza, że rozkład jest silnie skoncentrowany wokół średniej. Tylko w przypadku dwóch zmiennych, udział OZE w produkcji energii elektrycznej oraz energochłonności w TOE na 1000 euro PKB wskaźniki przyjmowały wartość ujemną, co oznacza względne „spłaszczenie” rozkładu.

Jeżeli chodzi o zróżnicowanie w zakresie poszczególnych zmiennych, to opisuje go współczynnik zmienności. Największy stosunek odchylenia standardowego do średniej występuje w przypadku intensywność emisji gazów cieplarnianych w kg na 1 euro PKB, najmniejszy zaś dla sprawności przetwarzania energii pierwotnej na finalną. We wszystkich przypadkach jest on jednak wyższy niż 10%, co oznacza, że żadnej ze zmiennych nie można uznać za quasi stałą. To znaczne zróżnicowanie oddaje istotę polityki energetycznej UE, która za punkt wyjścia przyjmuje silne zróżnicowanie sektora energetycznego i kultury energetycznej pomiędzy krajami członkowskimi UE. Emisyjność gospodarek waha się od 10 ton gazów cieplarnianych na 1 mieszkańca Estonii do 402 kg na Litwie. Energochłonność od 6 TOE energii na 1 mieszkańca w Luksemburgu, do 1 TOE na Malcie. Udział OZE w produkcji energii od 87% w Luksemburgu do 9% na Cyprze.

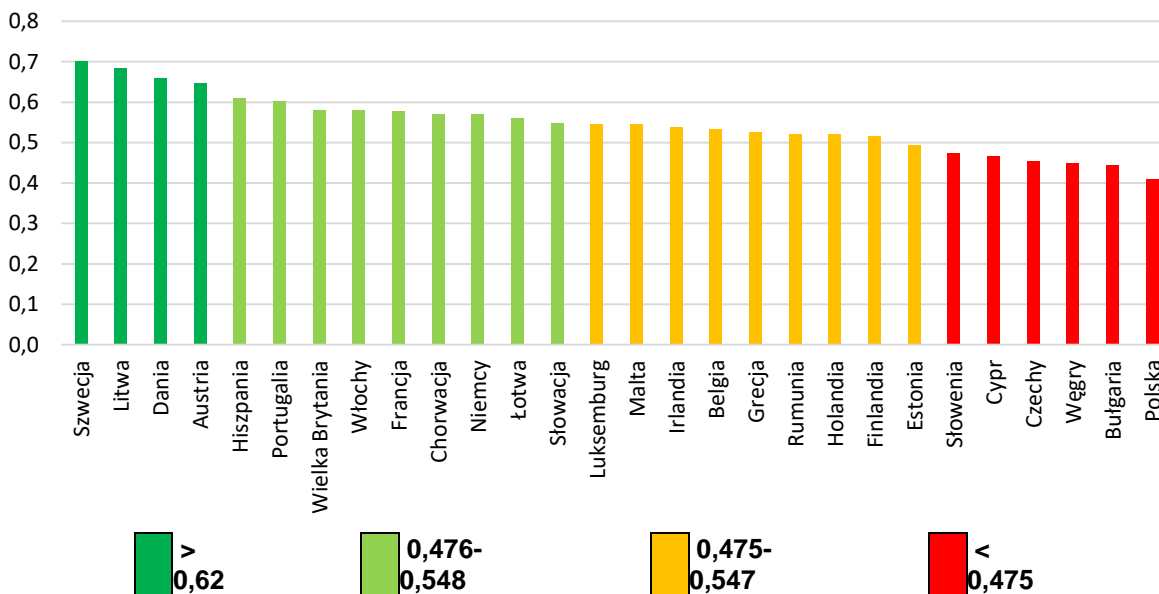
Polska na tle pozostałych analizowanych krajów prezentuje się raczej negatywnie. Emisyjność przewyższa wartość średnią dla wszystkich trzech wskaźników, a względem PKB i produkcji energii jest ponad dwukrotnie wyższa. Wyższa jest również energochłonność, choć jedynie w przeliczeniu na PKB. Uwzględniając liczbę mieszkańców jest o 20% niższa.

Rozbieżność ta związana jest z niską wydajnością pracy w Polsce. Podobną prawidłowość zaobserwować można również w innych państwach Europy środkowo-wschodniej (Węgry, Rumunia, Bułgaria, Słowacja), odwrotną zaś w krajach Europy zachodniej (wspomniany już Luksemburg, a także Irlandia, Holandia). Niestety jest to jedyny wskaźnik, w którym Polska wypada pozytywnie. Udział OZE w produkcji energii elektrycznej i ciepłej należy w Polsce do najniższych w UE, a sprawność przetwarzania energii pierwotnej na finalną jest niższa od przeciętnej. Powyższe spostrzeżenia sugerują nie najwyższą pozycję Polski w ramach syntetycznego wskaźnika kultury energetycznej, szacowanego w kolejnej części rozdziału.

### 3.3. Syntetyczny wskaźnik kultury energetycznej

Dane opisane powyżej posłużyły do przygotowania syntetycznego wskaźnika kultury energetycznej z wykorzystaniem metody TOPSIS-CRITIC. Jedyną modyfikacją danych wejściowych polega na połączeniu zmiennych opisujących udział OZE w generacji energii elektrycznej i ciepłej, ze względu na fakt braku drugiej z tych zmiennych dla niektórych krajów. Nowa zmienna (E+H) powstała poprzez podzielenie sumy energii powstałej z OZE przez całkowitą jej wielkość. Finalnie zatem analiza rozpoczęta została od zbioru 8 wskaźników. Z tego zbioru na podstawie analizy korelacji usunięty został wskaźnik GHG/FINAL cechujący się zbyt silną współliniowością z pozostałymi zmiennymi. Wartość elementu diagonalnego odwróconej macierzy korelacji wyniosła dla tego wskaźnika blisko 75, podczas gdy dopuszczalną wartością graniczną jest 10. Po jego usunięciu i ponownym przeliczeniu żaden ze wskaźników nie cechował się już jednak nadmierną współliniowością. Wartości współczynnika zmienności przedstawione w tabeli 7. nie dają podstaw do usunięcia ze zbioru któregośkolwiek wskaźnika ze względu na quasi stały charakter.

W kolejnym kroku przeprowadzono unitaryzację zerową uznając za stymulanty zmienne: E+H oraz SERVICES. Pozostałe zmienne zostały zakwalifikowane jako destymulanty. Następnie oszacowano wagi poszczególnych wskaźników zgodnie z metodą CRITIC. Prezentują się one następująco: GHG/PKB: 0,129; GHG/CAPITA: 0,111; FINAL/PKB: 0,137; FINAL/CAPITA: 0,137; E+H: 0,211; FINAL/SUPPLY: 0,17; SERVICES: 0,1. Wagi te zostały wykorzystano następnie do określenia wskaźników syntetycznych w procedurze TOPSIS. Wynik zostały przedstawione na rys. nr 7.



**Rys. nr 7. Syntetyczny wskaźnik kultury energetycznej krajów UE w roku 2017 wyznaczony metodą TOPSIS-CRITIC**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1.)

Zgodnie z przewidywaniami, Polska na tle krajów UE wypadła w zakresie kultury energetycznej skrajnie negatywnie, zajmując w rankingu ostatnie miejsce. Wśród krajów o niskich wartościach wskaźnika dominują reprezentanci Europy środkowo-wschodniej, choć nie można powiedzieć, że niska kultura energetyczna jest immanentną cechą krajów z tego regionu. Przeczy temu przykład Litwy, która w rankingu zajęła 2. miejsce, a także wypadających ponadprzeciętnie dobrze Chorwacji, Łotwy i Słowacji. Zbytym uproszczeniem byłoby również powiązanie kultury energetycznej z uwarunkowaniami klimatycznymi. Oznaczałoby to, że w rankingu gorzej powinny wypadać kraje w których ze względu na zimny lub ciepły klimat zapotrzebowanie na energię jest większe. Tymczasem liderem zestawienia jest Szwecja, a na 5. i 6. miejscu plasują się Hiszpania i Portugalia. Wydaje się zatem, że kluczowe dla budowania wysokiej kultury energetycznej kraju jest obranie polityki energetycznej opartej o własne zasoby i uwarunkowania, i jej systematyczne wdrażanie. Potwierdzenie tego stanowi przykład krajów przodujących w rankingu.

Szwecja rozpoczęła swoją transformację energetyczną po kryzysach naftowych w latach 70. XX wieku, które skłoniły rząd do reform, polegających na dywersyfikacji i poprawie niezależności energetycznej. Wyróżnić można trzy cechy charakterystyczne szwedzkiego modelu. Jest nim po pierwsze energooszczędność, czyli zmniejszanie zużycia energii w relacji do PKB. Po drugie, kluczową rolę w szwedzkim modelu odgrywa sieć ciepłownicza, oparta o odnawialne źródła energii. Co szczególnie charakterystyczne, znaczna część energii wytwarzana jest z odpadów – komunalnych, przemysłowych, drzewnych, ale także pomp

ciepła połączonych z systemem oczyszczania ścieków, czy z biogazu. Po trzecie, wskazać można oparcie energetyki na elektrowniach wodnych i atomowych [Haglund 2009].

Litwa, jako jedyny kraj z czołówki posiada komunistyczną przeszłość. Jej konsekwencją było silne uzależnienie od gazu importowanego z Rosji oraz energetyka oparta na energii jądrowej, wytwarzanej według przestarzałych technologii (elektrownia w Ignalinie). Strategia energetyczna kraju zmierzała zatem w głównym stopniu w kierunku dywersyfikacji „mixu” energetycznego i niezależnienia od Rosji. Cele te udało się osiągnąć dzięki współpracy międzynarodowej w ramach UE. W Kłajpedzie i Butyndze powstała infrastruktura pozwalająca na import gazu i ropy drogą morską, po dnie Bałtyku przeprowadzono zaś połączenie, pozwalające na import energii elektrycznej ze Szwecji. Import ten zastąpił w dużej mierze produkcję wyłączoną w 2009 elektrowni atomowej. Jako kraj nie posiadający zasobów naturalnych, Litwa odważyła się również w dużym stopniu postawić na OZE (szczególnie energetykę wiatrową) przez co stała się liderem w tym aspekcie nie tylko w regionie, ale również w całej UE, jeżeli pod uwagę weźmie się stosunek mocy zainstalowanej do zużycia energii. W najbliższej perspektywie kraj planuje uczynić z OZE swoją „inteligentną specjalizację” i eksportować opracowane w kraju technologie [Osica 2018].

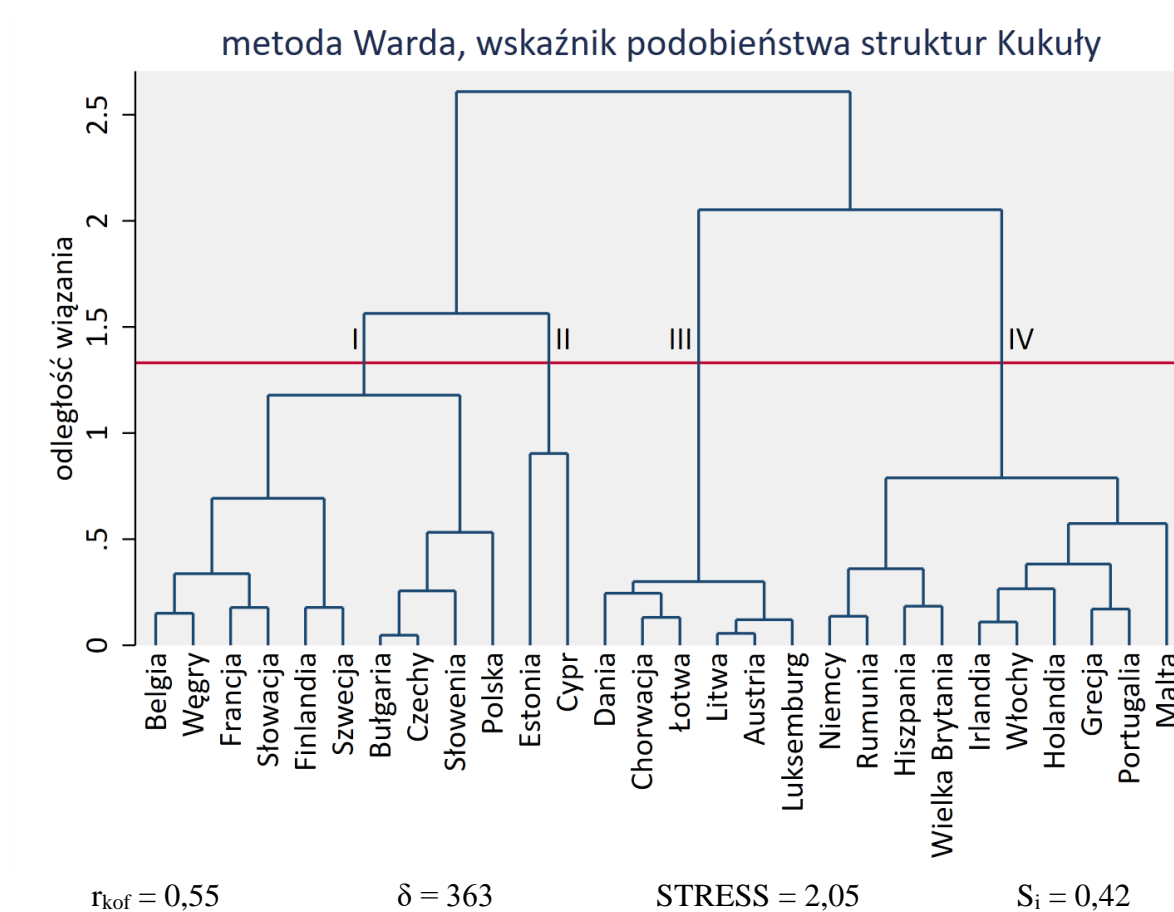
Dania, podobnie jak Litwa nie posiada bogatych zasobów surowcowych. Kraj nie bał się jednak postawić na pionierskie rozwiązania w zakresie energetyki. W pierwszej kolejności przyjęto za priorytet przyjęła efektywność systemu dostarczania energii. Sprzyja temu generacja rozproszona, kogeneracja oraz wielopaliwowość bloków energetycznych. Dodatkowo Dania jest pionierem i liderem wdrażania rozwiązań w zakresie energetyki wiatrowej, szczególnie w lokalizacji morskiej („off shore”) [Malko i Wojciechowski 2011].

Austria, podawana jest za przykład kraju czerpiącego korzyści z liberalizacji rynku energii. Proces ten dokonał się tam najwcześniej spośród krajów UE. Konkurencja rynkowa pozwoliła przede wszystkim na zwiększenie efektywności systemów energetycznych. Ponadto, w „mixie” energetycznym kraju dominująca jest pozycja OZE, a konkretnie energetyki wodnej, do której kraj, ze względu na górskie położenie ma szczególne preferencje. Jednocześnie wśród paliw kopalnych w energetyce i ciepłownictwie największą popularnością cieszy się gaz ziemny, a zatem paliwo relatywnie mniej emisyjne [Kucharska 2017].

#### 3.4. Badanie podobieństwa struktur sektora energetycznego w krajach unijnych

W tej części pracy przeprowadzona zostanie analiza podobieństwa struktury sektora energetycznego w krajach UE, za pośrednictwem metod statystycznej analizy struktury zaproponowanych przez Kukułę i in. [2015]. W ramach sektora energetycznego analizowana będzie ogólna struktura produkcji energii elektrycznej i energii cieplnej, a także struktura wykorzystania odnawialnych źródeł energii w tych subsektorach. Łącznie daje to 4 wymiary

analizy. W pierwszej kolejności rozważona zostanie kwestia podobieństwa ogólnej struktury produkcji energii elektrycznej. Wynik analizy skupień zaprezentowany został na rys. nr 8.

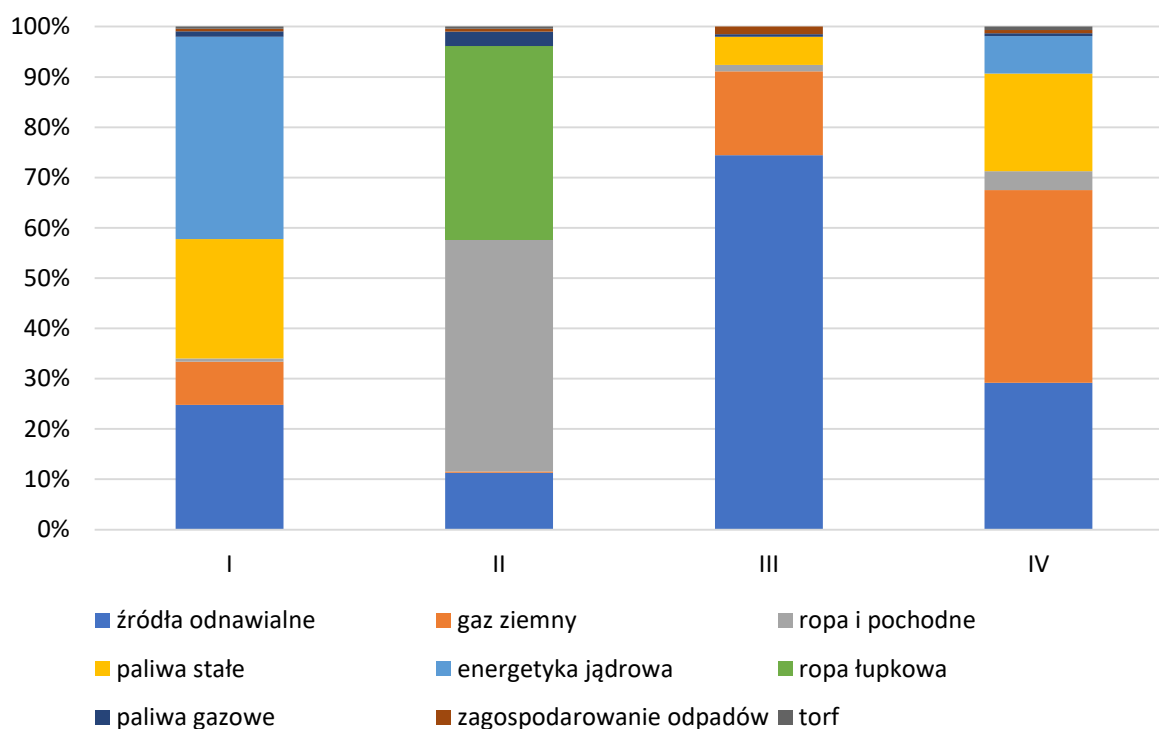


**Rys nr 8. Wyniki grupowania krajów UE wg struktury produkcji energii elektrycznej w 2017 r.**  
*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)*

Grupowanie metodą Warda pozwoliło na wyodrębnienie trzech modeli rozwojowych oraz dwóch obserwacji odstających, które zestawione zostały w ramach jednego ze skupień (II). Kraje o nietypowej charakterystyce to Estonia i Cypr, a ich rozbieżność polega na silnym uzależnieniu sektora energetycznego od odpowiednio łąpków bitumicznych i ropy naftowej. W przypadku Cypru, koncentracja na jednym źródle była największa wśród krajów UE. Jeżeli chodzi o pozostałe skupienia, strukturę ich „mixu” energetycznego ilustruje rys. nr 9. i tab. 9. Skupienie I łączy kraje, które postawiły wyraźnie na energię atomową. Produkcja energii brutto z tego źródła wynosi przeciętnie 40% i istotnie różnicuje ten klaster od pozostałych. Skupienie III jest z kolei najbardziej jednolitym (najbliższa odległość wiązań) i reprezentują go kraje o bardzo wysokim udziale odnawialnych źródeł energii, wynoszącym blisko 75%. Skupienie IV, najbardziej liczne (10 krajów), reprezentowane jest przez kraje, w których dominującą rolę w generacji energii odgrywa gaz ziemny, co różni je istotnie od pozostałych.

Polska, przyporządkowana została do klastra „nuklearnego”, co jest o tyle zaskakujące, że w naszym kraju nie ma ani jednej elektrowni atomowej. Trzeba w tym miejscu nadmienić, że generalnie „miks” energetyczny Polski, oparty w największym stopniu na paliwach stałych (węglu kamiennym i brunatnym) jest w skali UE nietypowy. Wyższy poziom pierwszego wiązania występował jedynie dla Estonii i Cypru oraz Malty, gdzie wynikało to ze znacznej koncentracji na produkcji energii z gazu ziemnego. Polska połączona została z klastrem Bułgarii, Czech i Słowenii, gdzie rola węgla kamiennego była również relatywnie duża (odpowiednio 46%, 48% i 30%), jednak znacznie niższa niż w Polsce.

Jeżeli chodzi o jakość dokonanego grupowania to wskaźnik korelacji kofenetycznej na poziomie 0,55 uznać można za zadowalający, jednakże wskaźnik Silhouette na poziomie poniżej 0,5 wskazuje na przeciętne dopasowanie. Pozostałe wskaźniki mają jedynie wartość porównawczą, więc zestawione zostaną w dalszej części pracy.



**Legenda:** I – Belgia, Węgry, Francja, Słowacja, Finlandia, Szwecja, Bułgaria, Czechy, Słowenia, Polska; II – Estonia, Cypr; III – Dania, Chorwacja, Łotwa, Litwa, Austria, Luksemburg; IV – Niemcy, Rumunia, Hiszpania, Wielka Brytania, Irlandia, Włochy, Holandia, Grecja, Portugalia, Malta

**Rys. nr 9. Struktura produkcji energii elektrycznej w grupach krajów UE w roku 2017**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1.)



**Tabela 9. Istotność różnic w strukturze źródeł energii elektrycznej krajów UE w 2017 roku wg testów Kruskala-Wallisa i Dunna z poprawką Bonferroniego**

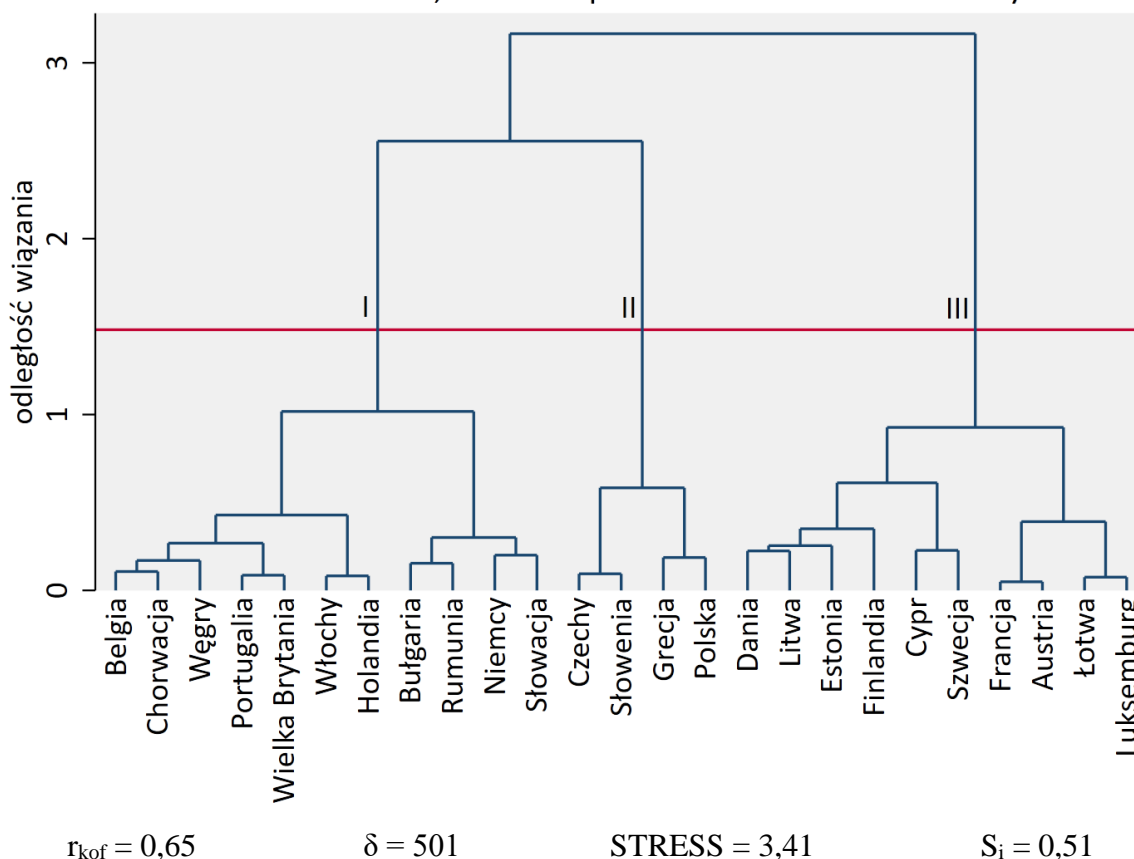
Źródło energii / grupa krajów	I	II	III	IV	Istotne różnice
źródła odnawialne***	25%	11%	74%***	29%	III/I,II,IV
gaz ziemny***	9%	0%	17%	38%***	IV/I,II
ropa i pochodne*	1%	46%	1%	4%*	IV/I
paliwa stałe	24%	0%	6%	19%	
energetyka jądrowa***	40%**	0%	0%	7%	I/II,III,IV
ropa łupkowa***	0%	38%***	0%	0%	II/I,III,IV
paliwa gazowe	1%	3%	1%	1%	
zagospodarowanie odpadów	0%	1%	1%	1%	
torf	0%	0%	0%	1%	

**Legenda:** I – Belgia, Węgry, Francja, Słowacja, Finlandia, Szwecja, Bułgaria, Czechy, Słowenia, Polska; II – Estonia, Cypr; III – Dania, Chorwacja, Łotwa, Litwa, Austria, Luksemburg; IV – Niemcy, Rumunia, Hiszpania, Wielka Brytania, Irlandia, Włochy, Holandia, Grecja, Portugalia, Malta; różnice istotne na poziomie co najmniej: \*\*\* - p=0,01, \*\* - p=0,05, \* - p=0,1

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)

Kolejny badany wymiar struktury sektora energetycznego dotyczy źródeł energii cieplnej. Próba kurczy się tu do 25 krajów, ze względu na fakt, że w Irlandii, Hiszpanii i na Malcie produkcja energii cieplnej nie jest ujmowana w oficjalnych statystykach. Grupowanie w tym obszarze wyodrębniło trzy wyraźne (cechujące się wysoką odległością wiązania) skupienia. Potwierdzają to również wskaźniki jakości dopasowania, wyższe niż w przypadku struktury produkcji energii elektrycznej. Wysoka wartość współczynnika  $\delta$  i STRESS wskazuje, że grupowanie zwiększyło rzeczywiste odległości pomiędzy obiektami.

metoda Warda, wskaźnik podobieństwa struktur Kukuły

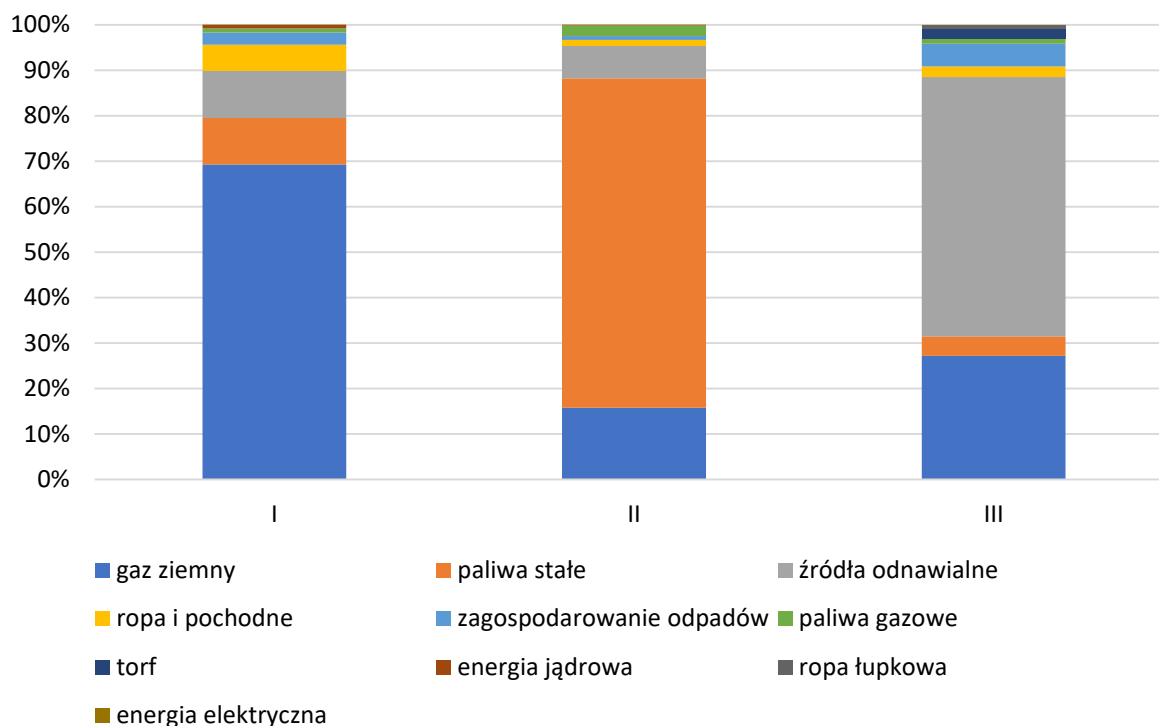


**Rys. nr 10. Wyniki grupowania krajów UE wg struktury produkcji energii cieplnej w 2017 r.**  
*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1.)*

Spośród utworzonych skupień najliczniejsze (11 krajów) było skupienie I. Jak wskazują statystyki zilustrowane na rys. nr 10, jego cechą charakterystyczną jest wyższy udział energii cieplnej generowanej z gazu ziemnego, wynoszący niemal 70%. W skupieniu II znalazły się natomiast jedynie 4 kraje: Czechy, Słowenia, Grecja i Polska, gdzie głównym źródłem energii cieplnej (72%) były paliwa stałe. III ze skupień połączyło kraje, gdzie dominującą rolę (57%) w generacji energii cieplnej odgrywają źródła odnawialne. Wyróżniający udział danego źródła energii w poszczególnych skupieniach potwierdzają testy statystyczne zaprezentowane w tabeli nr 10. W kontekście Polski, interesującym jest, że uplasowała się ona najbliżej Grecji, posiadając podobną strukturę zdominowaną przez węgiel. Jednakże ze względu na warunki klimatyczne, zapotrzebowanie na energię ciepłą w Grecji jest wielokrotnie mniejsze. Jej produkcja wynosi tam 51 tys. TOE, podczas gdy w Polsce 7 mln TOE.

Biorąc pod uwagę przeciętne wartości wskaźnika kultury energetycznej dla poszczególnych skupień sformułować można pewne uogólnienie dotyczące „ścieżki” ewolucji struktury produkcji energii cieplnej. Na pierwszym jej etapie, kiedy główne źródło energii stanowią paliwa stałe znajdują się kraje skupienia II, które jednocześnie cechują się najniższą przeciętną wartością wskaźnika kultury energetycznej (0,47). Etap przejściowy obejmuje

wykorzystanie gazu ziemnego i dotyczy skupienia I o przeciętnych wartościach wskaźnika kultury energetycznej (0,54). Stadium finalne to oparcie produkcji o źródła odnawialne, charakterystyczne dla skupienia III, o najwyższych wartościach wskaźnika (0,59).



**Legenda:** I – Belgia, Chorwacja, Węgry, Portugalia, Wielka Brytania, Włochy, Holandia, Bułgaria, Rumunia, Niemcy, Słowacja; II – Czechy, Słowenia, Grecja, Polska; III – Dania, Litwa, Estonia, Finlandia, Cypr, Szwecja, Francja, Austria, Łotwa, Luksemburg

**Rys. nr 11. Struktura produkcji energii cieplnej w grupach krajów UE w 2017 r.**  
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)

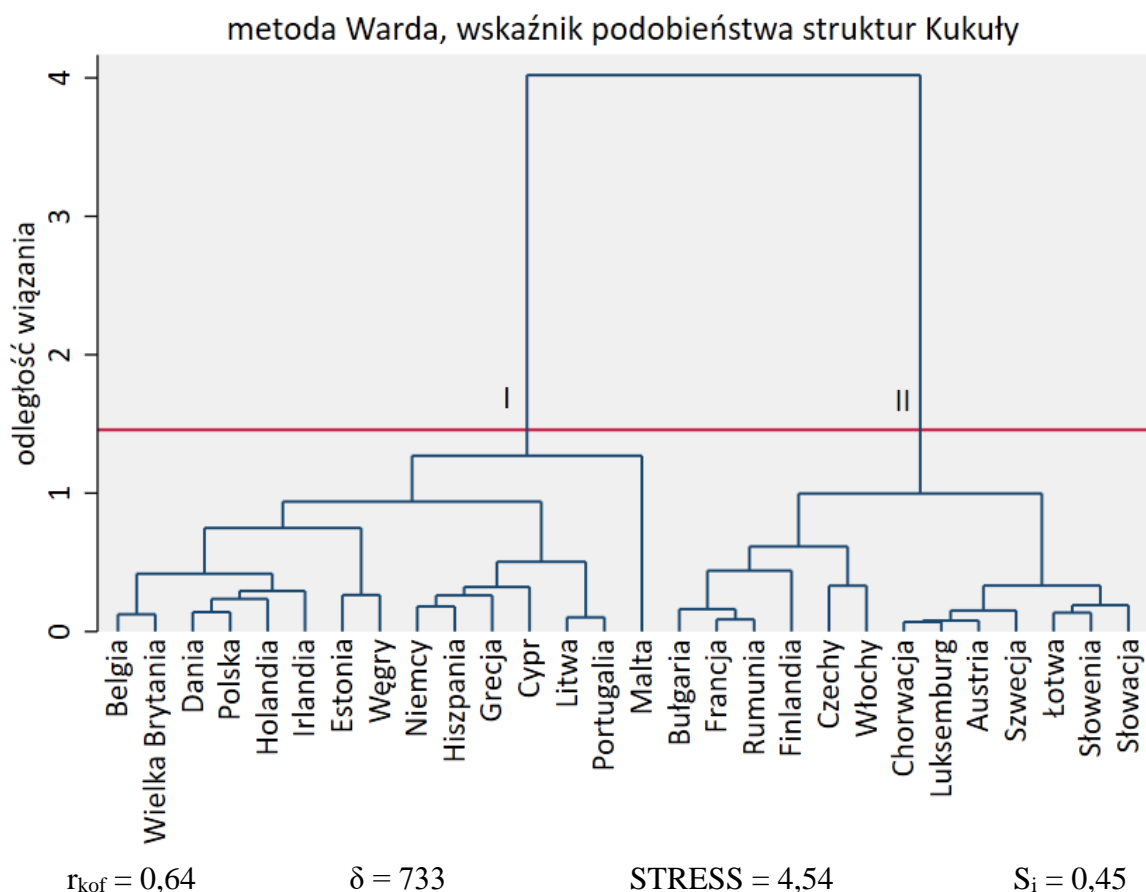
**Tabela 10. Istotność różnic w strukturze źródeł energii cieplnej krajów UE w 2017 roku, wg testów Kruskala-Wallisa i Dunna, z poprawką Bonferroniego**

Źródło energii / grupa krajów	I	II	III	istotność różnic
gaz ziemny***	69%***	16%	27%	I/II,III
paliwa stałe***	10%	72%***	4%	II/I,III
źródła odnawialne***	10%	7%	57%***	III/I,II
ropa i pochodne	6%	1%	2%	
zagospodarowanie odpadów	3%	1%	5%	
paliwa gazowe	1%	2%	1%	
torf**	0%	0%	2%**	III/I
energia jądrowa	1%	0%	0%	
ropa łupkowa	0%	0%	1%	
energia elektryczna*	0,02%	0,00%	0,12%**	III/I

**Legenda:** I – Belgia, Chorwacja, Węgry, Polska, Wielka Brytania, Włochy, Malta, Bułgaria, Rumunia, Niemcy, Słowacja; II – Czechy, Słowenia, Grecja, Austria; III – Dania, Litwa, Estonia, Finlandia, Cypr, Szwecja, Francja, Holandia, Łotwa, Luksemburg; różnice istotne na poziomie co najmniej: \*\*\* - p=0,01, \*\* - p=0,05, \* - p=0,1

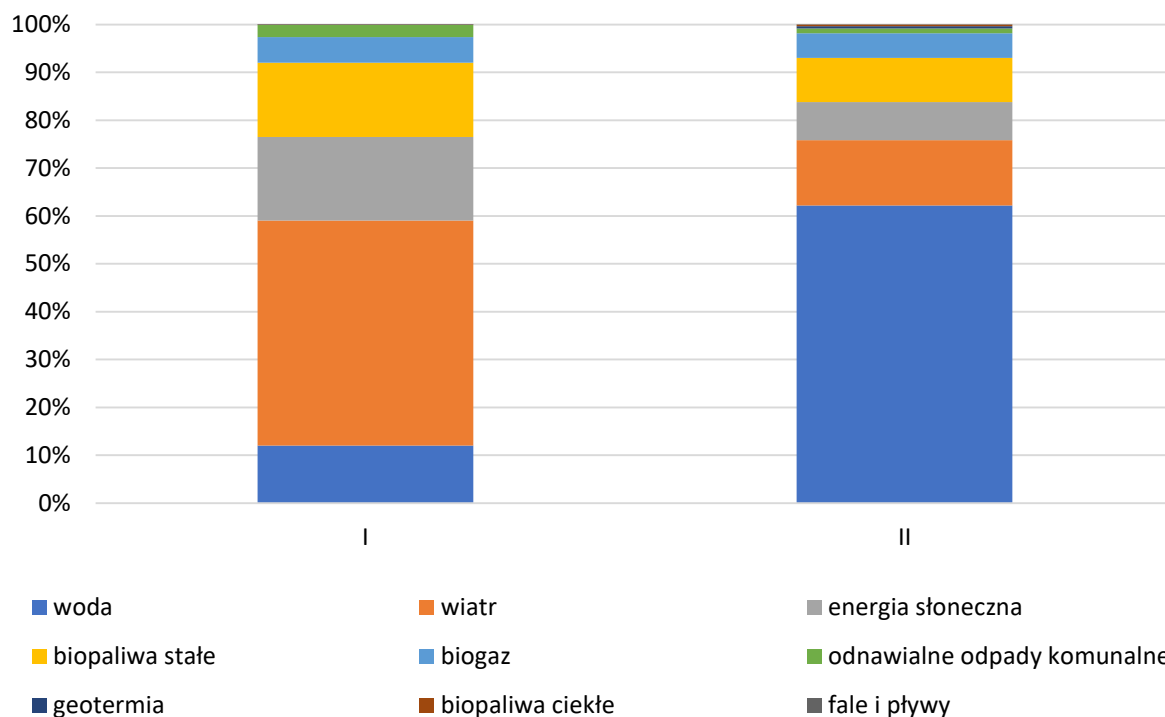
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)

Poza ogólną strukturą produkcji energii, przeanalizowana została również struktura wykorzystania OZE. Jeżeli chodzi o produkcję energii elektrycznej, to wyróżnić można dwie grupy krajów (rys. nr 12) i jednocześnie dwie strategie inwestowania w OZE. Pierwsza z nich, dotycząca skupienia I opiera się na energii wiatrowej (rys. nr 13). Pod tym względem skupienie istotnie różni się od drugiego. Należy odnotować, że strategia ta jest bardziej powszechna w UE, gdyż skupienie to jest nieco bardziej liczne (15 krajów). Należy jednak podkreślić, że jednym z krajów w tej zbiorowości jest Malta, która znacznie odbiega od pozostałych (duża odległość wiązania), gdyż jej sektor OZE jest niemal w całości (94%) oparty na fotowoltaice. Ogólnie w skupieniu tym wskazać można również na wyższy udział energii słonecznej i biopaliw stałych, niemniej różnice w tym zakresie nie są statystycznie istotne (tab. 9). Drugi z wyróżnionych modeli dotyczy 13 krajów i jego podstawę stanowi energetyka wodna, której udział jest jeszcze bardziej dominujący (62%) niż w przypadku energetyki wiatrowej w skupieniu. Jeżeli chodzi o Polskę, to sytuuje się ona w skupieniu I i na tle pozostałych krajów wyróżnia się ponadprzeciętnym znaczeniem energetyki wiatrowej (61%), co upodabnia ją do Danii.



**Rys. nr 12. Struktura produkcji energii elektrycznej z OZE w grupach krajów UE w 2017 r.**  
*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)*

Podobnie jak w przypadku wcześniej dokonanych grupowań wskaźnik korelacji kofenetycznej jest na zadowalającym poziomie, czego nie można powiedzieć o wartości wskaźnika Silhouette, który jest niższy od wartości referencyjnej (0,5). Miara  $\delta$  i STRESS wskazują natomiast na wydłużenie odległości wiązań obiektów w relacji do pierwotnej macierzy odległości, w stosunku jeszcze większym niż przy grupowaniu krajów według struktury produkcji energii cieplnej. Zbieżne jest to z treścią rys. nr 13, na którym wiązanie pomiędzy grupami znajduje się w znacznej odległości.



**Legenda:** I – Dania, Polska, Hiszpania, Litwa, Portugalia, Estonia, Niemcy, Wielka Brytania, Węgry, Malta, Holandia, Irlandia, Belgia, Cypr, Grecja; II – Włochy, Szwecja, Łotwa, Austria, Finlandia, Francja, Chorwacja, Słowenia, Słowacja, Rumunia, Bułgaria, Luksemburg, Czechy

**Rys. nr 13. Struktura produkcji energii elektrycznej z OZE w grupach krajów UE w 2017**

*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)*

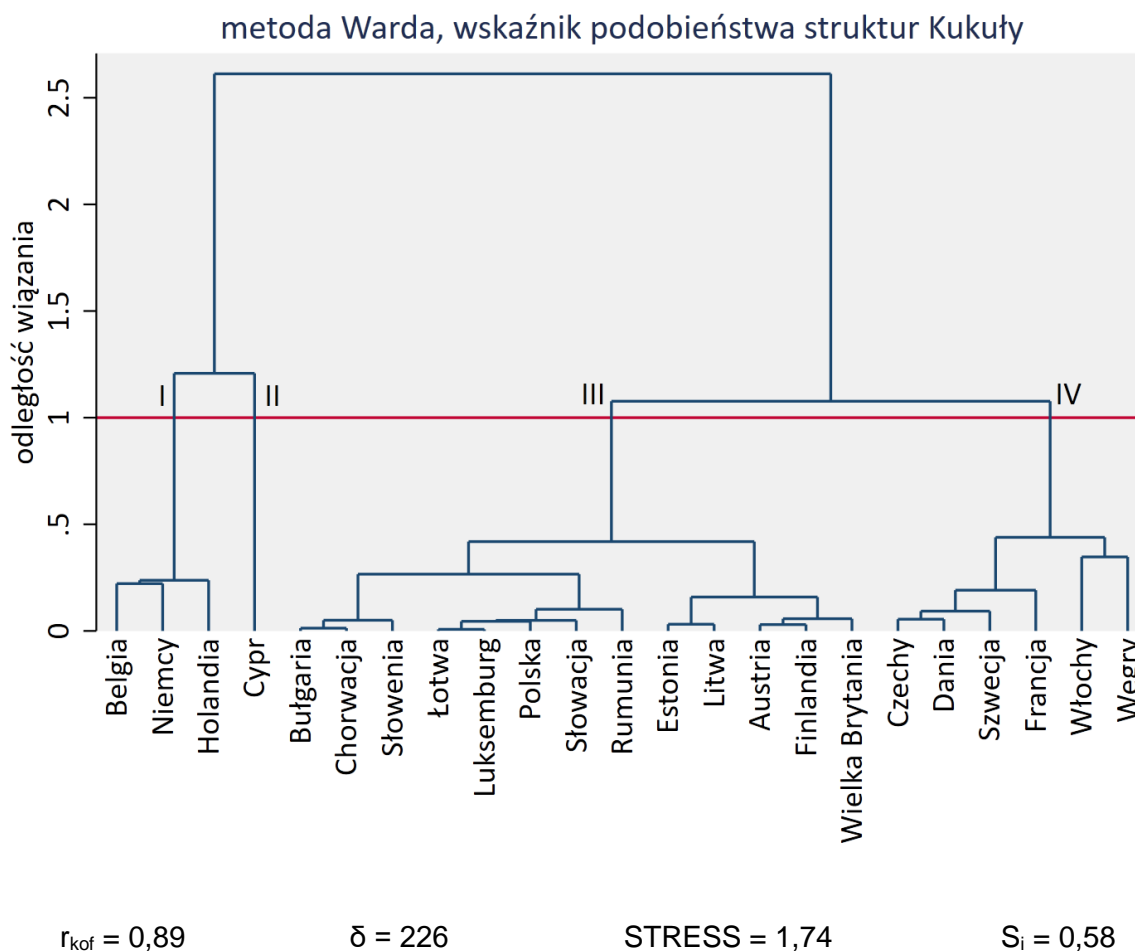
**Tabela 11. Istotność różnic w strukturze odnawialnych źródeł energii elektrycznej krajów UE w 2017 roku, wg testu Kruskala-Wallis**

Źródło energii / grupa krajów	I	II
woda***	12%	62%
wiatr***	47%	14%
energia słoneczna	17%	8%
biopaliwa stałe	16%	9%
biogaz	5%	5%
odnawialne odpady komunalne *	3%	1%
geotermia	0%	0%
biopaliwa ciekłe	0%	0%
fale i pływy	0%	0%

**Legenda:** I – Dania, Polska, Hiszpania, Litwa, Portugalia, Estonia, Niemcy, Wielka Brytania, Węgry, Malta, Holandia, Irlandia, Belgia, Cypr, Grecja; II – Włochy, Szwecja, Łotwa, Austria, Finlandia, Francja, Chorwacja, Słowenia, Słowacja, Rumunia, Bułgaria, Luksemburg, Czechy; różnice istotne na poziomie co najmniej: \*\*\* -  $p=0,01$ , \*\* -  $p=0,05$ , \* -  $p=0,1$

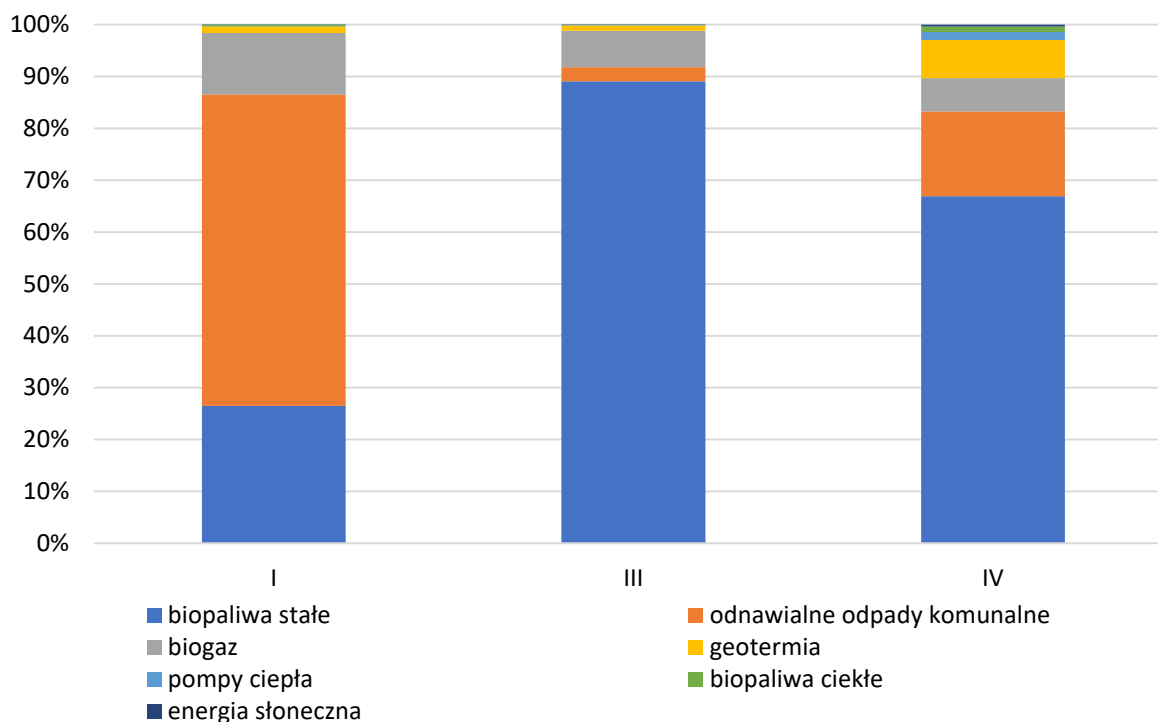
*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)*

Ostatnim z analizowanych wymiarów jest struktura produkcji energii cieplnej z OZE (rys.nr 14). Tutaj również, ze względu na brak informacji o produkcji energii cieplnej z OZE w Irlandii, Grecji, Hiszpanii, na Malcie i w Portugalii, wielkość zbiorowości zmniejszyła się do 23 krajów. Przy wyznaczaniu punktu odcięcia dokonano tu także odstępstwa od dotychczas stosowanej reguły Mojeny. Grupy wyznaczone zostały na poziomie odległości wiązania równej 1, podczas gdy reguła sugerowała 1,09, co oznaczałoby grupowanie, w którym istnieją trzy grupy o liczebności 3, 1 i 19. Miało by ono raczej charakter identyfikacji obserwacji odstających, niż rzeczywistego grupowania.



**Rys. nr 14. Wyniki grupowania krajów UE wg struktury produkcji energii cieplnej z OZE w 2017 r.**  
*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1 )*

Jeżeli chodzi o zidentyfikowane grupy, to po raz kolejny potwierdza się odmienność Cypru, gdzie ekologiczna energia cieplna jest w całości generowana z biogazu. Kolejna niewielka zbiorowość (II) składa się z Belgii, Niemiec i Holandii, a jej odmienność polega na dominującej roli utylizacji odpadów komunalnych w produkcji ciepła z OZE (rys. nr 15). Udział na poziomie 60% jest istotnie różny wobec skupienia III (tab. 12.). Jego cecha charakterystyczna stanowi z kolei wykorzystanie biopaliw stałych, istotnie najwyższe wśród wszystkich grup (89%). Jest ono również najbardziej liczne. To właśnie w skupieniu III, w pobliżu Łotwy, Luksemburga i Słowacji plasuje się Polska, gdzie udział biopaliw stałych kształtuje się na poziomie 90%. Jeżeli chodzi o skupienie IV, to struktura produkcji energii cieplnej z OZE jest w tych krajach bardziej zdywersyfikowana, ale oparta o wspomniane już źródła, choć w mniejszej proporcji. W tej grupie państw dostrzegalna jest również rola geotermii, co wynika jednak z zakwalifikowania do niej Węgier, które są ewenementem pod tym względem, pozyskując 34% odnawialnej energii cieplnej z tego źródła.



**Legenda:** I – Belgia, Niemcy, Holandia; II – Cypr; III – Bułgaria, Chorwacja, Słowenia, Łotwa, Luksemburg, Polska, Słowacja, Rumunia, Estonia, Litwa, Austria, Finlandia, Wielka Brytania; IV – Czechy, Dania, Szwecja, Francja, Włochy, Węgry

**Rys. nr 15. Struktura produkcji energii cieplnej z OZE w grupach krajów UE w roku 2017**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)

**Tabela 12. Istotność różnic w strukturze odnawialnych źródeł energii cieplnej krajów UE w 2017 roku, wg testów Kruskala-Wallis i Dunna z poprawką Bonferroniego**

Źródło energii / grupa krajów	I	III	IV	Istotność różnic
biopaliwa stałe***	27%	89%*	67%	III/I,IV
odnawialne odpady komunalne***	60%***	3%	16%**	I/III, IV/III
biogaz	12%	7%	6%	
geotermia	1%	1%	7%	
pompy ciepła	0%	0%	2%	
biopaliwa ciekłe	0%	0%	1%	
energia słoneczna	0,00%	0,02%	0,39%	

**Legenda:** I – Belgia, Niemcy, Holandia; II – Cypr; III – Bułgaria, Chorwacja, Słowenia, Łotwa, Luksemburg, Polska, Słowacja, Rumunia, Estonia, Litwa, Austria, Finlandia, Wielka Brytania; IV – Czechy, Dania, Szwecja, Francja, Włochy, Węgry; różnice istotne na poziomie co najmniej: \*\*\* - p=0,01, \*\* - p=0,05, \* - p=0,1

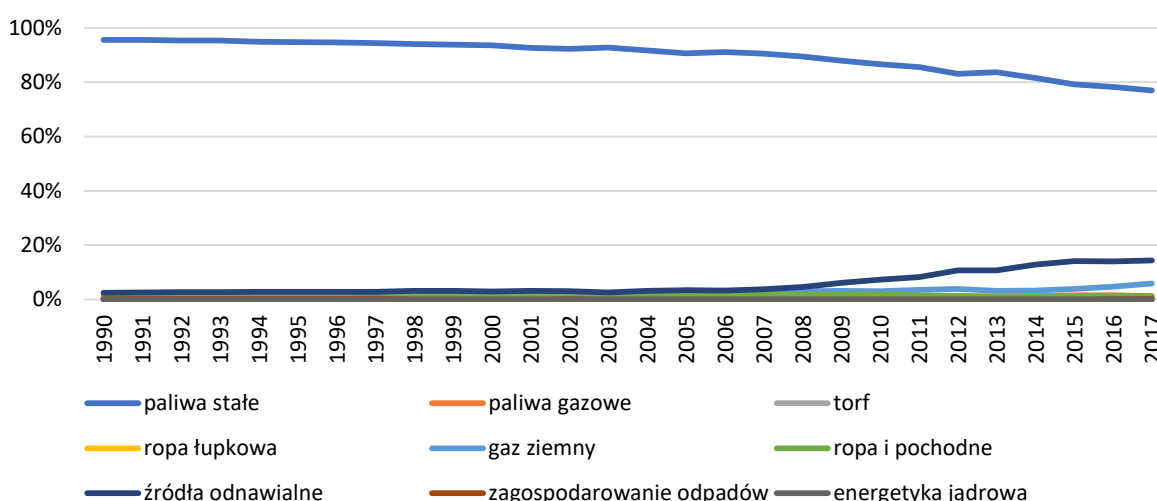
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)



Okazuje się, że to właśnie grupowanie w tym obszarze produkcji energii cieplnej z OZE cechowało się najlepszymi statystykami - wysoką korelacją kofenetyczną i wskaźnikiem Silhouette, a także relatywnie niskimi wartościami  $\delta$  i STRESS. Oznacza to, że właśnie w tym obszarze uzyskanie jednoznacznego grupowania było najprostsze. Najtrudniejsze zaś w przypadku ogólnej struktury produkcji energii, co wiązać można z dużo większą jej dywersyfikacją. Ogólnie też statystyki grupowania produkcji energii cieplnej wypadają lepiej niż energii elektrycznej, co wskazuje na silniej ukształtowane w tym obszarze „modele rozwojowe”.

### 3.5. Analiza dynamiki struktury produkcji energii elektrycznej

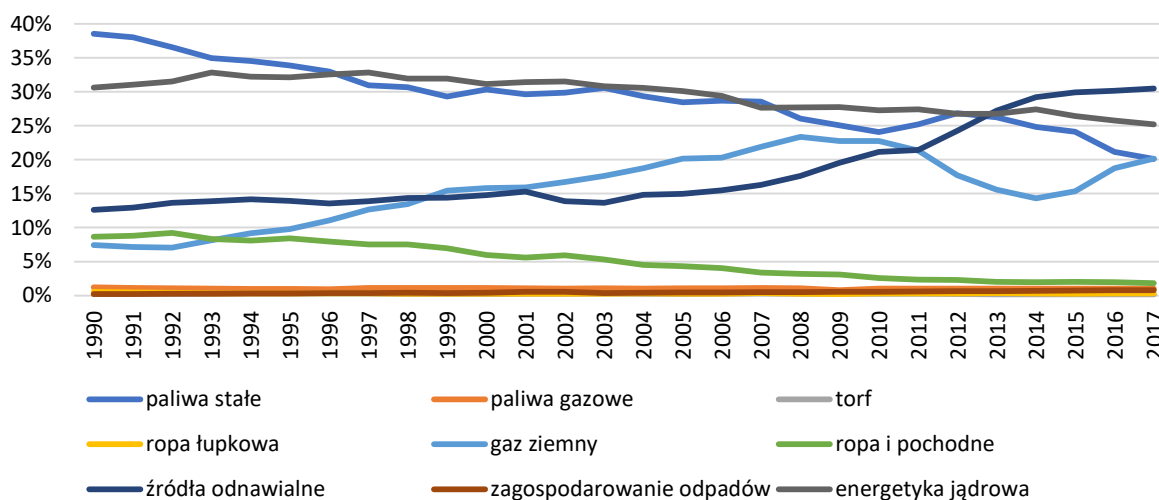
W tej części opracowania zostanie zbadane, jak zmieniała się od roku 1990 struktura produkcji energii w UE oraz jak na tym tle wypada Polska. Rozważona zostanie również kwestia opóźnienia Polski względem przeciętnych wartości dla UE oraz pogoni struktury w Polsce, za przeciętną dla UE. Porównując na przestrzeni lat strukturę produkcji energii elektrycznej w Polsce (rys.nr 16) z przeciętną dla obecnych 28 krajów UE (rys. nr 17), pierwsze, co rzuca się w oczy to dużo większa dywersyfikacja w przypadku UE. Trzeba mieć jednak świadomość, że po części wynika to z faktu, że UE reprezentowana jest jako średnia wielu, często bardzo różnych systemów, co w oczywisty sposób zwiększa dywersyfikację wskaźnika przeciętnego. Patrząc na statystyki dla indywidualnych krajów, to podobny do Polski poziom uzależnienia od paliw stałych w 1990 roku (96%) notowała Dania (91%), nieco mniejszy Czechy (75%), Grecja (72%) i Wielka Brytania (64%).



**Rys nr 16. Struktura produkcji energii elektrycznej w Polsce w latach 1990-2017**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)

Na przestrzeni lat w Polsce wskaźnik ten spadł do 77%, podczas gdy przeciętnie w UE z 39% w 1990 do 20% w 2017. Jeżeli chodzi o alternatywy dla paliw stałych, to w Polsce są nimi głównie źródła odnawialne (wzrost z 2,5% do 14,4%) i gaz ziemny (przyrost z poziomu niemal zerowego do 6%). Jeżeli chodzi o strukturę przeciętną dla UE, zidentyfikować można kilka trendów. Poza wspomnianym odchodzeniem od paliw stałych, w odwrocie była również technologia spalania ropy naftowej (spadek z 8,6% do 1,8%) oraz energetyka jądrowa (spadek z 31% do 25%) źródła te, podobnie jak w Polsce zastępowane były OZE (wzrost z 13% do 30%) oraz gazem ziemnym (wzrost z 7,4% do 20%)

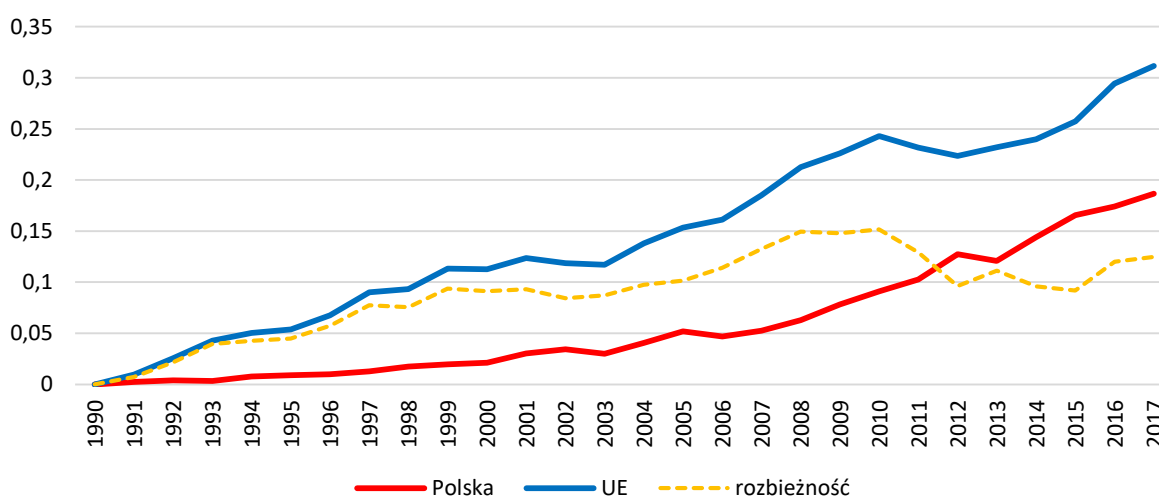


**Rys nr 17. Struktura produkcji energii elektrycznej w 28 krajach UE w latach 1990-2017**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)

Jeżeli chodzi o ogólną dynamikę opisywanych zjawisk, to prześledzić można ją na rys.nr 18. Pierwszy wniosek jaki wysnuć można z jego obserwacji jest taki, że dynamika, mierzona stopniem rozbieżności ze strukturą w roku 1990, była w zasadzie przez cały okres większa przeciętnie dla UE niż w Polsce. Widoczne, jest jak w latach 90-tych struktura UE ewoluowała, podczas gdy w Polsce zmiany były nieznaczne. Dość powiedzieć, że wskaźnik 0,05 Polska osiągnęła dopiero w 2005 roku, podczas gdy UE w 1995 r. Rozbieżności w dynamice narastały najsilniej w okresie 1990-1998, co wskazuje, że transformacja dokonująca się wówczas w Polsce dotyczyła w mniejszym stopniu struktury sektora energetycznego. Zahamowanie narastania rozbieżności nastąpiło na przełomie wieków co wiązać można z ówczesnym okresem spowolnienia gospodarczego, które zahamowało proces transformacji energetycznej w krajach UE. Nowej dynamiki procesom nadał okres po 2004 roku, kiedy to dokonano największego w historii rozszerzenia UE. Płynące do nowych krajów członkowskich fundusze spójności w dużej mierze przeznaczane były na inwestycje w sektorze energetycznym. Wydaje się jednak, że w Polsce środki te w mniejszym stopniu przyczyniły się do transformacji niż w

pozostałych krajach członkowskich, na co wskazuje rosnąca znów rozbieżność w dynamice ewolucji struktur. Osiągnęła ona maksymalny poziom, wynoszący 0,15, w okresie 2008-2010. Dalsze lata naznaczone były kryzysem zadłużenia w strefie Euro, wywołanym kryzysem finansowym. Był to czas ograniczania wydatków publicznych, w tym inwestycji w sektor energetyczny, co spowolniło zmiany strukturalne, a nawet częściowo je cofnęło (spadek wartości wskaźnika w latach 2010-2012). Co ciekawe, efektu tego nie obserwowaliśmy w Polsce, gdzie struktury ewoluowały we wcześniejszym tempie, co przyczyniło się do zmniejszenia rozbieżności w tempie rozwoju w tym okresie. W Polsce efekt spowolnienia wystąpił jedynie w 2013 roku. Ostatnie lata to okres dynamicznej ewolucji struktur zarówno w Polsce jak i w UE, przy czym zaznaczyć trzeba, że procesy te mają znów szerszy zakres w UE niż w Polsce, co skutkowało w latach 2016-2017 pogłębieniem rozbieżności.

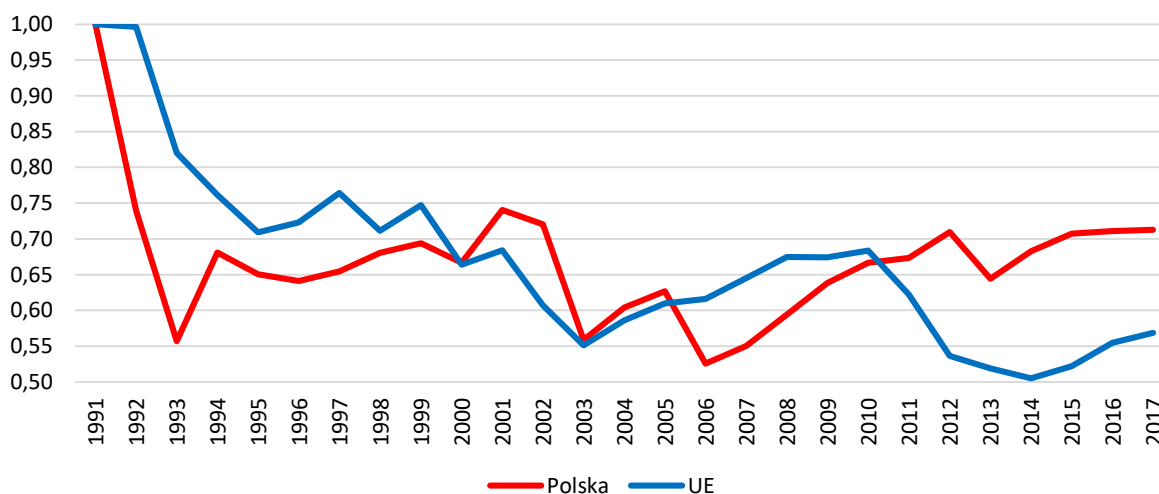


**Rys nr 18. Dynamika struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce i 28 krajach UE w latach 1990-2017, względem roku bazowego 1990**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)

Kolejny rysunek pozwala ocenić monotoniczność zmian zachodzących w strukturze produkcji energii elektrycznej. Im wartość zilustrowanego wskaźnika bliższa jest 1 tym zmiany struktury były bardziej regularne, co należy odczytywać jako sytuację, w której udział poszczególnych jej składników systematycznie malał lub rósł. Jak widać na rys. nr 19. monotoniczność zmian była w danym okresie zróżnicowana, choć utrzymywała się w przedziale 0,55-0,75. Brak pełnej monotoniczności spowodowany jest kilkoma względami. Po pierwsze wiele ze składników analizowanej struktury posiada w niej niewielki udział, stąd nieznaczne ich zmiany lub zmiany innych składników przynoszą relatywnie duże odchylenia, co zaburza monotoniczność. Po drugie, zmiany w strukturze produkcji energii odbywają się skokowo i są wynikiem uruchamiania nowych i zamykania starych bloków energetycznych, mających nierzadko znaczny udział w ogólnej strukturze produkcji. Uruchomiony w danym

roku blok danego typu zwiększa udział danego składnika i zmniejsza udział pozostałych, co zaburza monotoniczność przemian. Po trzecie, szukając uzasadnienia dla zmian w monotoniczności odwołać trzeba się do samych danych. Przykładowo zaobserwować można znaczny spadek monotoniczności w krajach UE w latach 2010-2012 co związane jest z odwróceniem trendu spadkowego w wykorzystaniu paliw stałych w tym okresie, a także odwróceniem trendu wzrostowego w wykorzystaniu gazu ziemnego. Podobny efekt obserwować można w latach 2001-2003 co związane jest z odwróceniem wzrostowego trendu wykorzystania OZE. Dla Polski podobne efekty są trudniejsze do uchwycenia ze względu na niewielką skalę wykorzystania źródeł innych niż paliwa stałe.



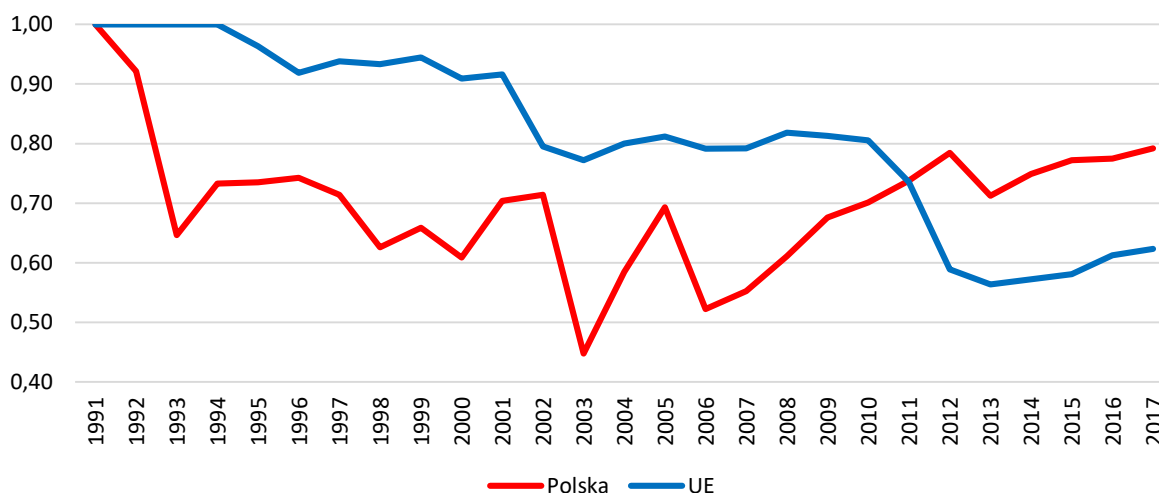
**Rys nr 19. Monotoniczność zmian struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce i 28 krajach UE w latach 1990-2017 wg wskaźnika Kukuły**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Tabela A1.)

W związku z powyższym, dla poprawy przejrzystości analizy jej elementy składowe podzielone zostały na 3 grupy:

- źródła I generacji - najbardziej szkodliwe dla środowiska, a wśród nich: paliwa stałe, paliwa gazowe, torf, ropa łupkowa, ropa i pochodne;
- źródła II generacji - o mniejszej szkodliwości dla środowiska, a wśród nich: gaz ziemny, energetyka jądrowa, zagospodarowanie odpadów;
- źródła III generacji - odnawialne źródła energii.

Monotoniczność tak rozumianej struktury zaprezentowano na rys. nr 20. Agregacja wskaźników struktury pozwoliła na zidentyfikowanie kilku istotnych zależności.

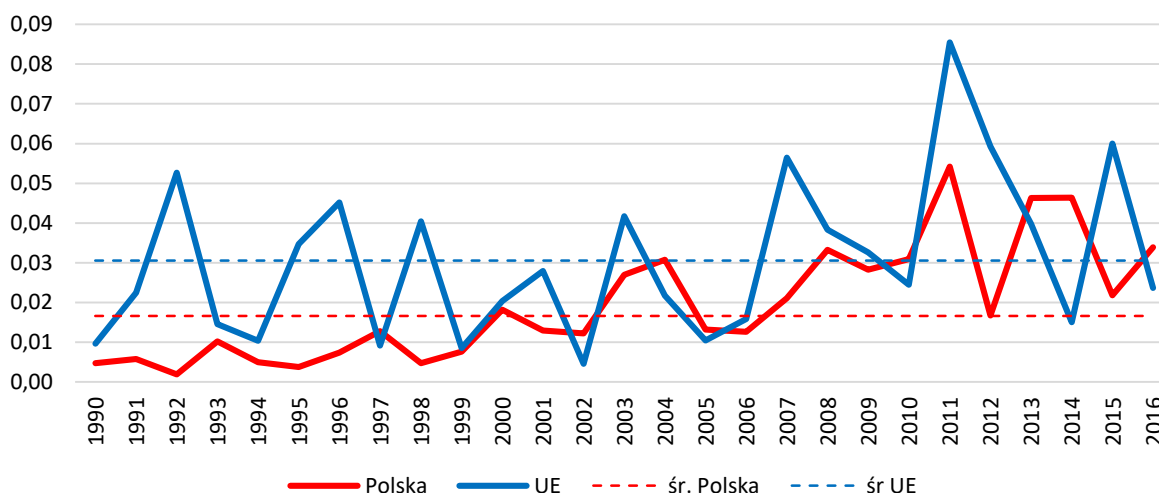


**Rys nr 20. Monotoniczność zmian struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce i 28 krajach UE w latach 1990-2017 wg wskaźnika Kukuły, struktura zagregowana**

*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)*

Po pierwsze, zaobserwować można, że monotoniczność jest większa dla struktury przeciętnej dla UE przez zdecydowaną większość badanego okresu (1991-2011) dopiero po 2011 roku zależność ta odwraca się. Po drugie, wykres monotoniczności dla UE potwierdza tendencje zidentyfikowane na rys. 19. dotyczące spadku monotoniczności w latach 2001-2003 i 2010-2012. Polska znaczący spadek zanotowała w okresie 1991-1993, kiedy spadł udział źródeł II generacji oraz w 2003 roku, gdy doszło do spadku udziału OZE. Po trzecie wykres dotyczący Polski cechuje się większą zmiennością, co związane jest z małym udziałem źródeł II i III generacji, dla których niewielkie odchylenia generują znaczne zmiany monotoniczności.

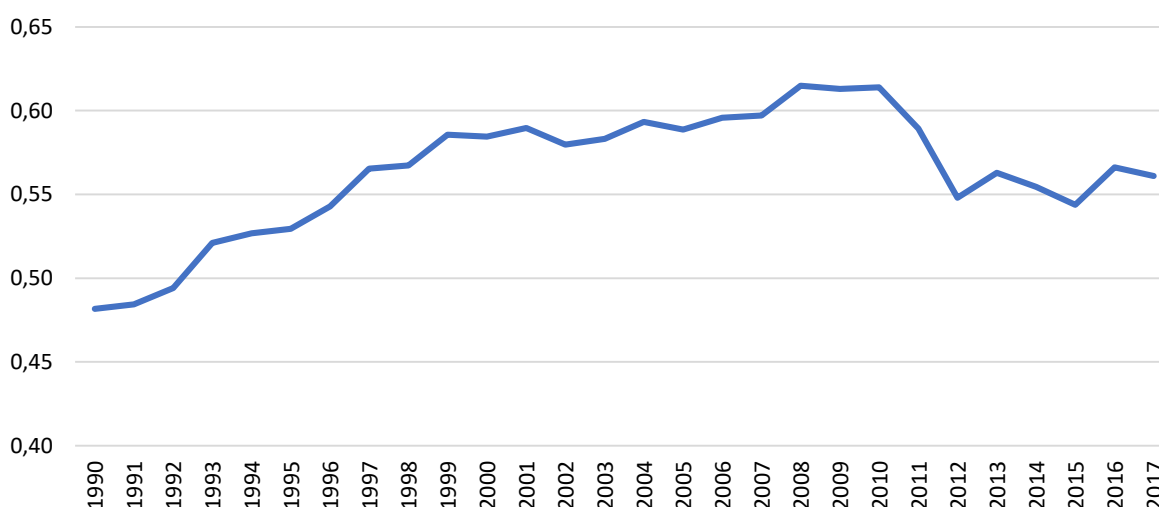
Dla potwierdzenia obserwacji dotyczących periodyzacji zmian strukturalnych opracowany został rys.nr 21 oparty o wartości indeksów łańcuchowych. Wnioskowanie na jego podstawie jest jednak utrudnione, ze względu na dużą zmienność dynamiki struktur pomiędzy okresami. Mimo to pokusić można się o pewne uogólnienia. Po pierwsze potwierdza się, że za przełomowy dla Polski uznać można rok 2003, kiedy dynamika po raz pierwszy przekracza średnią. Po drugie, widoczne są również zawirowania w strukturze UE w roku 2011, kiedy zmiany przyjęły nienaturalnie duże rozmiary. Po trzecie mówić można o pewnej desynchronizacji zmian w Polsce z tymi dokonującymi się przeciętnie w UE. Na 26 analizowanych okresów kierunek zmiany dynamiki był zbieżny tylko w 10.



**Rys nr 21. Zbieżność struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce i przeciętnej dla 28 krajów UE w latach 1990-2017, struktura zagregowana**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)

W końcu należy zadać pytanie na ile zidentyfikowane dotychczas kierunki ewolucji struktury sektora energetycznego w Polsce i w UE dają przesłanki by uznać, że struktura Polska upodabnia się do tej UE. W tym celu należy przeanalizować zmiany wskaźnika zbieżności struktury na przestrzeni lat. Jak sugerują Kukuła i in. [2010, s. 48], aby móc ocenić opóźnienie w rozwoju strukturalnym i spełnione muszą być dwa warunki. Po pierwsze, struktury obiektów muszą podlegać procesowi zbliżania, co obrazuje malejący wskaźnik rozbieżności. Po drugie, struktury obu obiektów ewoluując utrzymywać powinny względnie stały kurs zmian, co opisuje względnie wysoki wskaźnik monotoniczności. Niestety, jak wynika z rys.nr 22 warunki te nie są w przypadku Polski spełnione.



**Rys. nr 22. Zbieżność struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce i przeciętnej dla 28 krajów UE w latach 1990-2017, struktura zagregowana**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EUROSTAT (szczegóły Aneks 1)

Jeżeli wskaźnik monotoniczności na poziomie 0,5-0,8 uznać można za względnie wysoki, to głównym problemem jest oddalanie się Polski od „typowej” dla UE struktury produkcji energii elektrycznej. Stanowi to wynik głównie utrzymującego się wciąż na wysokim poziomie udziału paliw kopalnych, podczas gdy wśród pozostałych krajów UE został on znacząco zredukowany. Wspomniane na początku tego rozdziału kraje, które startowały z podobnie wysokiego poziomu, co Polska osiągnęły znaczne redukcje - Dania z 91% do 20%, Czechy z 75% do 48%, Grecja 72% do 34% i Wielka Brytania z 64% do 7%. W roku 1990 wskaźnik przyjmował dla Polski wartość 0,48, by w kulminacyjnym 2010 roku osiągnąć poziom 0,61. Znamionnym jest również, że zbliżenie, które nastąpiło w okresie 2010-2012 wynikało raczej z pogorszenia struktury w UE (wzrost udziału paliw kopalnych, spadek udziału gazu) niż skokowej poprawy w Polsce. Oczywiście nie należy przyjmować zmian strukturalnych przybliżający polski „mix” energetyczny do przeciętnego dla UE za cel polityki energetycznej kraju. Każde państwo członkowskie musi bowiem odnaleźć swoją własną sposób na sprostanie wyzwaniom stawianym przez kryzys klimatyczny. Niemniej biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonych wcześniej pomiarów kultury energetycznej w krajach UE i ostatniego miejsca Polski w tym rankingu, zbliżenie do struktury produkcji energii typowej dla państw o wyższej kulturze energetycznej bez wątpienia stanowiłoby dla Polski krok we właściwym kierunku.

Na podstawie analiz wykonanych w rozdziale trzecim uzasadnić można następujące konkluzje:

- w obrębie większości wskaźników kultury energetycznej, takich jak intensywność emisji gazów cieplarnianych, energochłonność czy udział OZE zidentyfikowano znaczne zróżnicowanie, wyjątek w tym obszarze stanowi sprawność przetwarzania energii pierwotnej w finalną; wskazano również na kraje odstające, takie jak Estonia, Luksemburg, Cypr i Malta;
- syntetyczny wskaźnik kultury energetycznej obliczony metodą TOPSIS-CRITIC wykazał, że Polska cechuje się najniższym spośród krajów UE poziomem kultury energetycznej, na przeciwległym biegunie znalazły się Szwecja, Litwa, Dania oraz Austria, które skutecznie wykorzystują swoje przewagi komparatywne w sektorze energetycznym;
- grupowanie krajów UE wg struktury miksu energetycznego sytuuje Polskę w pobliżu krajów, takich jak Słowenia, Czechy i Bułgaria (energia elektryczna), a także Czechy, Słowenia i Grecja (energia ciepła), gdzie główną cechą wspólną było oparcie produkcji energii o węgiel kamienny; w zakresie wykorzystania OZE, Polska zajmuje miejsce nieopodal Danii, Holandii i Irlandii (energia elektryczna), a także Łotwy, Luksemburga, Słowacji i Rumunii (energia ciepła), w pierwszym przypadku cechą charakterystyczną jest znaczny udział energii wiatru, w drugim biopaliw stałych;

- w zakresie dynamiki miksu energetycznego w UE-28 po 1990 roku wskazać można trend zastępowania paliw stałych i ropy, w pierwszej kolejności gazem ziemnym, w drugim zaś odnawialnymi źródłami energii, przy nieznacznie malejącym udziale energetyki jądrowej. W Polsce zaś zaobserwować można powolny proces zastępowania paliw stałych źródłami odnawialnymi i gazem ziemnym. O tym, że zmiany te zachodzą wolniej informuje również wskaźnik dynamiki struktury, o pewnym spadku rozbieżności można było mówić tylko w latach 2010-2012. Przez większość badanego okresu również monotoniczność zmian strukturalnych była większa dla krajów UE-28; szybsze i bardziej monotoniczne zmiany w pozostałych krajach UE sprawiły, że w stosunku do roku 1990 rozbieżność strukturalna Polski zwiększyła się, co stanowi przesłankę do odrzucenia pierwszej z hipotez badawczych (H1).



#### Rozdział 4. Stan wiedzy na temat efektywności sektora elektrycznego w krajach UE i jej determinant, w aspekcie rozwoju zrównoważonego

W rozdziale tym przedstawione zostaną wyniki studiów literaturowych poświęconych efektywności sektora energetycznego w krajach UE. Celem ich przeprowadzenia jest określenie stanu wiedzy w badanym obszarze i próba identyfikacja luki badawczej dla tej pracy. W szczególności, przeprowadzony przegląd pozwoli udzielić odpowiedzi na pytania badawcze dotyczące:

- nakładów i efektów stosowanych w analizach sektora energetycznego w kontekście UE;
- czynników oddziałujących na poziom efektywności sektora energetycznego państw unijnych;
- poziomu efektywności polskiego sektora energetycznego na tle innych krajów UE w badaniach pokrewnych.

Dokonany przegląd stanowić będzie punkt wyjścia do badań własnych. Posłuży zidentyfikowaniu najbardziej adekwatnej strategii empirycznej oraz zbioru zmiennych opisujących efekty i nakłady w procesie wytwarzania energii, a także czynników warunkujących ten proces.

Na wstępie rozważań należy jednak dokonać rozróżnienia pomiędzy pokrewnymi terminami opisującymi różne rodzaje badań sektora energetycznego, wykorzystujące metody pomiaru efektywności (tabela 13)

**Tabela 13. Efektywność produkcji energii - nurty badawcze**

<b>Nurt</b>	<b>Charakterystyka</b>
efektywność środowiskowa	optymalizacja w kierunku zwiększania pozytywnych efektów i/lub zmniejszania negatywnych, obejmuje badania prowadzone na poziomie kraju
efektywność ekonomiczna	porównanie efektów ekonomicznych do nakładów ekonomicznych lub środowiskowych, ujęcie jednowymiarowe
efektywność energetyczna	porównanie uzyskiwanych rezultatów ekonomicznych do nakładów energii
odnawialna i zrównoważona energia	obiektem analizy jest sektor OZE, a przedmiotem poziom zrównoważenia produkcji
wydajność energetyczna	głównym celem badań jest analiza porównawcza i poszukiwanie wzorca (ang. benchmarking)
oszczędność energii	analiza konsumpcji energii związanej ze wzrostem gospodarczym oraz rozwojem niektórych sektorów gospodarki
zintegrowana efektywność energetyczna	analiza konsumpcji energii powiązana z celami środowiskowymi

Źródło: *Mardani i in., 2017*

Przedstawione wyniki badań przeglądowych dowodzą, że dokonanie jednoznacznego ich podziału jest zadaniem skomplikowanym. Przedstawione terminy często się przenikają i są traktowane przez autorów synonimicznie, co prowadzi do znacznego „bałaganu” pojęciowego. Dla jego uniknięcia, w tej pracy przyjęta została następująca terminologia:

- określenie efektywność stosowane jest, gdy badania dokonano z wykorzystaniem narzędzi analizy efektywności;
- określenie efektywność ekonomiczna znajduje zastosowanie w przypadku, gdy analizowane są jedynie ekonomiczne aspekty produkcji;
- określenie efektywność środowiskowa stosowane jest w przypadku, gdy analizowane są jedynie środowiskowe aspekty produkcji;
- określenia efektywność i wydajność energetyczna stosowane są, gdy jedną z analizowanych zmiennych jest zużycie energii;
- określenie efektywność ekonomiczno-środowiskowa stosowane jest w przypadku, gdy analiza obejmuje równocześnie ekonomiczne i środowiskowe aspekty produkcji;

#### 4.1. Systematyczny przegląd literatury - opis metody

Punkt wyjścia rozważań zawartych w tym rozdziale stanowią prace Fairuz i in. [2020], Yu i He [2020], Sueyoshi, Yuana i Goto [2016] oraz Mardani i in. [2017, 2018], w których dokonano systematycznego przeglądu literatury dotyczącej aplikacji metody DEA (ang. data envelopment analysis, analiza obwiedni danych) w kontekście energetyki i środowiska. Zgodnie z wiedzą posiadaną przez autora, są to najbardziej aktualne i zbieżne z analizowanym tematem opracowania tego typu<sup>39</sup>.

W tym miejscu należy uzasadnić koncentrację na metodzie DEA i pominięcie w analizie prac wykorzystujących metodę SFA (ang. stochastic frontier analysis, stochastyczna analiza graniczna). Podejście to uzasadnione jest przez makroekonomiczny charakter prowadzonych badań. Metoda SFA wymaga przyjęcia założeń na temat kształtu funkcji produkcji i rozkładu komponentu „nieefektywności”, które determinują wyniki pomiaru efektywności. W podejściu DEA granica możliwości produkcyjnych, czyli funkcja produkcji, określana jest w sposób nieparametryczny, z wykorzystaniem programowania liniowego. Czyni ją to bardziej „elastyczną” - lepiej dopasowaną do rzeczywistych danych, a mniej zależną od teoretycznych, mikroekonomicznych założeń, które są trudne do przełożenia na analizy makroekonomiczne. Ponadto, do zastosowania metody SFA wymagana jest większa próba badawcza, tak by zachowane zostało założenie normalności rozkładu, a oszacowane wskaźniki dopasowania

---

<sup>39</sup> Weryfikacji dokonano poprzez przegląd pozycji literaturowych cytujących omawiane artykuły oraz przegląd bazy Scopus pod hasłem TITLE-ABS-KEY (energy) AND TITLE-ABS-KEY (eco OR env OR sustainab) AND TITLE-ABS-KEY (efficien OR productiv OR performan OR dea OR sfa) AND TITLE-ABS-KEY (review OR biblio OR meta OR literature).

modelu były wiarygodne. W przypadku analizy makroekonomicznej, dodatkowo ograniczonej do państw UE, aplikacja podejścia SFA obarczona byłaby znacznym ryzykiem błędu<sup>40</sup>.

W kolejnym kroku spośród artykułów zidentyfikowanych w 5 wyżej wymienionych pracach przeglądowych wyselekcjonowano zbiór opracowań najbardziej zbieżnych z tematem pracy. W tym celu posłużono się następującym kluczem. Po pierwsze, brano pod uwagę jedynie prace, które dokonywały porównań danych makroekonomicznych, tj. dotyczących krajów. Po drugie, uwzględniono jedynie opracowania, których obszar badawczy obejmował kraje UE. Ograniczyło to znacznie listę prac, ze względu na fakt, że temat efektywności sektora energetycznego jest szczególnie często podnoszony w kontekście Chin i większość artykułów publikowanych w ostatnich latach bazuje na danych dotyczących tego kraju. Po trzecie, zbiór prac ograniczono do opracowań sektorowych. Charakteryzują się one tym, że w modelu DEA jako efekt występuje ilość wyprodukowanej energii, nie zaś produkt krajowy brutto. Podejście sektorowe jest zdecydowanie bliższe tej pracy. Analizuje ono efektywność zaspokajania zapotrzebowania na energię elektryczną, nie zaś ogólną efektywność kraju.

Na pierwszym etapie przeglądu zidentyfikowane zostały 23 artykuły podejmujące analizę państw UE. Jednak zdecydowana większość z nich (17) zaliczała się do badań makroekonomicznych, nie zaś sektorowych. W przypadku 6 zidentyfikowanych prac badających sektor energetyczny przeprowadzono badania literaturowe metodą „kuli śniegowej”<sup>41</sup>, które pozwoliły na identyfikację kolejnych 7 opracowań. Ostateczny zbiór liczy zatem 13 prac. Zostaną one przeanalizowane pod kątem zakresu, metodyki oraz zbieżności uzyskanych wyników.

#### 4.2. Zakres dotychczasowych badań

W tabeli 14. przedstawiono zestawienie zakresu dotychczasowych badań. Jeżeli chodzi o okres objęty analizą, to popularność podejścia statycznego i dynamicznego była porównywalna, z lekką przewagą na korzyść drugiego - odpowiednio 5 i 8 prac. Zauważyć można również, że cytowane prace bazują na danych z 2015 roku, podczas gdy najbardziej aktualne dane z bazy Eurostat dają obecnie możliwość przeprowadzenia analiz aż do roku 2019. Wartością dodaną badań przeprowadzonych w ramach tej rozprawy będzie zatem aktualizacja uzyskiwanych wcześniej wyników. Jeżeli chodzi o zakres przestrzenny badań wyróżnić można dwa podejścia. Pierwsze, mniej popularne polegało na analizie krajów UE w ramach szerszej zbiorowości, np. grupy G20 (3 prace). Drugie, bardziej powszechne dotyczyło ograniczenia próby do krajów UE (10 prac), rozszerzanej często o inne kraje europejskie, takie jak Norwegia czy Szwajcaria. Wielokrotnie próba była również ograniczana, a usuwane były z niej małe kraje członkowskie, najczęściej Cypr i Malta, lub państwa, które stosunkowo

---

<sup>40</sup> Szczegółowe porównanie metod SFA i DEA zawiera np. opracowanie Lampe i Hilgers [2015].

<sup>41</sup> Metoda ta polega na przeglądzie pozycji literaturowych cytujących daną pozycję oraz cytowanych przez nią prac.

niedawno przystąpiły do UE, takie jak Chorwacja, Rumunia czy Bułgaria. Przesłanką usunięcia tych pierwszych jest nietypowa struktura miksu energetycznego, czyniąca z nich obserwacje odstające, dla drugich zaś występowały braki danych dla okresu sprzed akcesji.

**Tabela 14. Zakres badań efektywności sektora energetycznego państw UE**

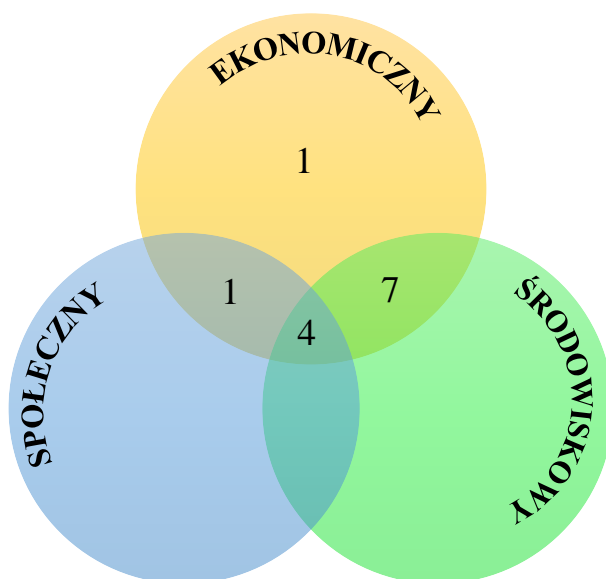
Badanie	Zakres		
	czasowy	przestrzenny	rzeczowy
[Aldea, Ciobanu i Stancu 2012]	2009	27 krajów UE (bez HR)	możliwości zwiększania udziału OZE przy danych uwarunkowaniach ekonomicznych, społecznych i środowiskowych
[Alp i Sözen 2014]	1998-2006	26 krajów UE (bez CY i MT), NO, CH, TR	określenie efektywności produkcji energii w Turcji na tle krajów UE, w aspekcie ekonomicznym i społecznym
[Ewertowska i in. 2015]	2012	24 kraje UE (bez CY i MT, LT, LV i EE), BIH, MK, NO, CH	określenie optymalnego pod względem środowiskowym miksu energetycznego dla nieefektywnych krajów, z uwzględnieniem rachunku ciągnionego <sup>42</sup>
[Gómez-Calvet i in. 2014]	2000-2007	25 krajów UE (bez HR, BG i RO)	porównanie efektywności sektora energetycznego państw UE-15 i UE-10, skorygowanej o niepożądane efekty produkcji energii
[Jaraité i Di Maria 2012]	1996-2007	24 kraje UE (bez HR, CY, MT i LU)	oddziaływanie systemu handlu emisjami w UE na efektywność środowiskową sektora produkcji energii elektrycznej i ciepłej
[Li, Geng i Li 2016]	2005-2014	Kraje G20 (z Europy: FR, DE, IT, NL, ES, SE, UK)	określenie trendów w zrównoważeniu produkcji energii i oddziaływania na nie miksu energetycznego
[Lo Storto i Capano 2014]	2002-2011	31 krajów Europy (spoza UE: NO, TR, CH, MK)	określenie trendów w produktywności ekonomicznej OZE
[Makridou i in. 2015]	2000-2009	23 kraje UE (bez CY, MT, HR i LU)	porównanie efektywności energetycznej sektorów przemysłu i identyfikacja jej determinant
[Papież, Śmiech i Frodyma 2019]	2015	27 krajów UE (bez MT)	porównanie efektywności energetyki wiatrowej i określenie jej determinant
[Sueyoshi i Goto 2013]	1999-2009	10 krajów uprzemysłowionych (z Europy: FR, NL, DE, ES, UK)	określenie dynamiki postępu technicznego i jego związku z miksem energetycznym
[Tenente, Henriques i da Silva 2020]	2010, 2014	28 krajów UE	określenie efektywności sektora energetycznego z uwzględnieniem przepływów międzygałęziowych
[Zhou, Ang i Wang 2012]	2005	126 krajów świata	porównanie efektywności produkcji energii elektrycznej i ciepłej dla krajów OECD i pozostałych, przy różnych kryteriach optymalizacji
[Zurano-Cervelló i in. 2019]	2015	28 krajów UE	określenie optymalnych pod kątem zrównoważenia mikсів energetycznych

Kody krajów: HR - Chorwacja, CY - Cypr, MT - Malta, NO - Norwegia, CH - Szwajcaria, TR - Turcja, LT - Litwa, LV - Łotwa, EE - Estonia, BIH - Bośnia i Hercegow., MKD - Macedonia, BG - Bułgaria, RO - Rumunia, LU - Luksemburg, FR - Francja, DE - Niemcy, IT - Włochy, NL - Niderlandy, ES - Hiszpania, SE - Szwecja, UK - Wlk. Bryt.

*Źródło: opracowanie własne na podstawie podanych w tabeli źródeł*

<sup>42</sup> Rachunek ciągniony (ang. life-cycle assessment, LCA) uwzględnia presję wywieraną na środowisko na wszystkich etapach produkcji, prowadzących do uzyskania dobra finalnego, w przypadku energii elektrycznej będzie to wydobycie kopaliny, ich transport, itp., szczegółowy opis procedur szacowania odnaleźć można w [Guinee 2001]

Jeżeli chodzi o rzeczowy zakres prac, to tu zróżnicowanie było większe. W pierwszej kolejności wyróżnić można dwie prace Lo Storto i Capano [2014] oraz Papież, Śmiech i Frodyma [2019], które skupiają się na analizie subsektora odnawialnych źródeł energii, podczas gdy pozostałe badają całościowo proces produkcji energii elektrycznej w krajach UE. Ponadto wskazać można grupę 4 prac, które podejmują temat dynamiki efektywności [Jaraité i Di Maria 2012; Lo Storto i Capano 2014; Makridou i in. 2015; Sueyoshi i Goto 2013] oraz sześciu, gdzie badane jest oddziaływanie determinant efektywności [Gómez-Calvet i in. 2014; Jaraité i Di Maria 2012; Li, Geng i Li 2016; Makridou i in. 2015; Papież, Śmiech i Frodyma 2019; Zhou, Ang i Wang 2012].



**Rys. nr 23. Wymiary zrównoważonego rozwoju w badaniach efektywności sektora elektroenergetycznego krajów UE**  
*Źródło: opracowanie własne*

Powiązania analiz z teorią zrównoważonego rozwoju podsumowuje rysunek nr 23. Zauważyć można dominację aspektów środowiskowych, przy ograniczonym zasięgu społecznego wymiaru zrównoważonego rozwoju. Ostatecznie tylko w 4 pracach ujęte zostały wszystkie trzy łady wchodzące w zakres w pełni zrównoważonego rozwoju. Wśród prac wyróżniających się na tle zidentyfikowanej zbiorowości wskazać trzeba opracowanie Sueyoshi i Goto [2013], które ma wymiar bardziej metodyczny, a przeprowadzona analiza stanowi jedynie przykład zastosowania nowej metody dekompozycji indeksu Malmquista (szerzej o metodach stosowanych w badaniach w rozdziale 4.3). Z kolei praca Zhou, Ang i Wang [2012] jako jedyna podejmuje analizę nie tylko produkcji energii elektrycznej, ale także ciepłej. Z kolei Makridou i in. [2015] porównują wyniki sektora energetycznego z pozostałymi gałęziami przemysłu. W końcu, Ewertowska i in. [2015] wiąże analizę efektywności z metodą rachunku

ciągnionego, zaś Tenente, Henriques i da Silva [2020] z analizą przepływów międzygałęziowych.

Poszukując luki badawczej dla badań prowadzonych w obrębie tej rozprawy zauważyć można, że brakuje opracowania, w którym dokonano by analizy dynamicznej, uwzględniającej wszystkie trzy wymiary zrównoważenia oraz determinanty efektywności.

#### 4.3. Sposoby operacjonalizacji efektywności sektora energetycznego w ujęciu efekt-nakład

Analizując efektywność jakiegokolwiek jednostki decyzyjnej, kluczowym etapem badań jest identyfikacja zbioru nakładów i efektów. Nie inaczej jest w przypadku badań prowadzonych w ramach tego opracowania. Analizując treść tabeli 15., zawierającej informacje o nakładach i efektach wykorzystywanych w podobnych opracowaniach zidentyfikować można kilka prawidłowości.

**Tabela 15. Nakłady i efekty w badaniach sektora energetycznego państw UE**

Badanie	Nakłady / efekty		
	ekonomiczne	środowiskowe	społeczne
[Aldea, Ciobanu i Stancu 2012]	energochłonność gospodarki	udział OZE w produkcji energii wobec celu na 2020; intensywność emisji gazów cieplarnianych z konsumpcji energii	zależność od importu energii
[Alp i Sözen 2014]	produkcja energii pierwotnej, produkcja energii elektrycznej brutto, konsumpcja energii pierwotnej i finalnej		import netto gazu, energii pierwotnej i ropy
[Ewertowska i in. 2015]	produkcja energii elektrycznej	emisja tlenku siarki, gazów cieplarnianych, azotanów, chemiczne i osadowe zanieczyszczenie wód słodkich i słonych, emisja nieprzyjemnych zapachów, promieniowanie jonizujące, zużycie zasobów ziemi, letni smog, redukcja warstwy ozonowej, zanieczyszczenie antymonem	
[Gómez-Calvet i in. 2014]	produkcja energii elektrycznej i ciepłej, moc zainstalowana, zatrudnienie, zużycie energii pierwotnej	emisja gazów cieplarnianych, promieniowanie radioaktywne z elektrowni atomowych i węglowych	

[Jaraité i Di Maria 2012]	produkcja energii, zużyte paliwo, moc zainstalowana, zatrudnienie	emisja dwutlenku węgla, emisja dwutlenku siarki	
[Li, Geng i Li 2016]	produkcja energii, utworzone miejsca pracy, moc zainstalowana, koszty wytworzenia, wykorzystanie ziemi	koszty związane ze środowiskiem,	koszty zdrowotne, bezpieczeństwo energetyczne
[Lo Storto i Capano 2014]	moc zainstalowana elektrowni wodnych, wiatrowych i słonecznych, produkcja energii z elektrowni wodnych, wiatrowych i słonecznych		
[Makridou i in. 2015]	wartość dodana, zatrudnienie, wartość zasobów kapitału trwałego, zużycie energii brutto	emisja gazów cieplarnianych	
[Papież, Śmiech i Frodyma 2019]	moc zainstalowana, produkcja energii, uniknięte koszty produkcji konwencjonalnej	prędkość wiatru, uniknięta emisja CO <sub>2</sub>	bezpieczeństwo energetyczne
[Sueyoshi i Goto 2013]	moc zainstalowana elektrowni konwencjonalnych, nuklearnych i OZE, produkcja energii	emisja CO <sub>2</sub>	
[Tenente, Henriques i da Silva 2020]	zatrudnienie, zasób kapitału, wartość dodana	emisja gazów cieplarnianych, redukcja warstwy ozonowej, zanieczyszczenie powietrza	
[Zhou, Ang i Wang 2012]	zużycie paliw kopalnych, produkcja energii	emisja CO <sub>2</sub>	
[Zurano-Cervelló i in. 2019]	koszt energii elektrycznej	emisja gazów cieplarnianych, zużycie paliw kopalnych, toksyczność, redukcja warstwy ozonowej, zużycie zasobów wodnych i ziemi	produkcja energii, miejsca pracy

Źródło: opracowanie własne na podstawie podanych w tabeli źródeł

Po pierwsze, zauważyć można, że niektóre zmienne, w zależności od przyjętej perspektywy badawczej mogły mieć charakter nakładów lub efektów. Przykładowo, zmienne określające presję na środowisko naturalne w przypadku części badań [Ewertowska i in. 2015; Jaraité i Di Maria 2012; Li, Geng i Li 2016; Tenente, Henriques i da Silva 2020; Zurano-Cervelló i in. 2019] miały charakter nakładów, zaś w przypadku innych [Gómez-Calvet i in. 2014;

Makridou i in. 2015; Sueyoshi i Goto 2013; Zhou, Ang i Wang 2012] niepożądanych efektów. Traktowanie niechcianych efektów jako nakładów upraszcza badania, pozwalając skorzystać z klasycznych metod estymacji DEA (modele CCR lub BCC, patrz punkt 4.4), jednak wiąże się z koniecznością przyjęcia założenia dotyczącego wolnej rozporządzalności (ang. strong, free disposability) i zniesienia założenia powiązania (ang. null-jointness) pozytywnych i negatywnych efektów produkcji. Pierwsze z założeń oznacza możliwość bezkosztowego i niezależnego zmniejszania poszczególnych efektów. Drugie z założeń oznacza, że możliwa jest produkcja pożądanego efektu (w przypadku tych badań energii elektrycznej) bez generowania efektów negatywnych (w tym przypadku zanieczyszczeń). Jak argumentują Yang i Pollitt [2010], w sytuacji uwzględnienia w analizie odnawialnych źródeł energii, zniesienie tego założenia wydaje się uzasadnione. Dodatkowym uzasadnieniem takiego podejścia jest makroekonomiczna perspektywa badań, w której optymalizacja polega na zmianie miksu energetycznego danego kraju, która może odbywać się właśnie w kierunku OZE [Zurano-Cervelló i in. 2019]. Innym przypadkiem jest traktowanie nakładów jako pozytywne efekty. O ile w przypadku poprzedniego przykładu różnica miała charakter metodyczny, gdyż zarówno nakłady, jak i negatywne efekty są minimalizowane, o tyle w tym przypadku mówimy o zasadniczej zmianie podejścia badawczego, gdyż pozytywne efekty są maksymalizowane. W szczególności problem ten dotyczy zatrudnienia, które traktowane było zarówno jako nakład [Gómez-Calvet i in. 2014; Jaraité i Di Maria 2012; Makridou i in. 2015; Tenente, Henriques i da Silva 2020], jak i efekt [Li, Geng i Li 2016; Zurano-Cervelló i in. 2019]. Umiejscowienie zatrudnienia po stronie efektów związane jest ze społeczną perspektywą badań, która zakłada, że tworzenie miejsc pracy jest zjawiskiem pozytywnym [Galan-Martin i in. 2016].

Po drugie, wskazać można szereg typowych dla opisywanej specyfiki badań nakładów i efektów, rozpatrywanych w kontekście określonych wymiarów zrównoważonego rozwoju, w szczególności:

- nakłady ekonomiczne - moc zainstalowana, jako miernik nakładów kapitału [Gómez-Calvet i in. 2014; Jaraité i Di Maria 2012; Li, Geng i Li 2016; Lo Storto i Capano 2014; Sueyoshi i Goto 2013], zatrudnienie, jako miernik nakładów pracy [Gómez-Calvet i in. 2014; Jaraité i Di Maria 2012; Makridou i in. 2015; Tenente, Henriques i da Silva 2020]
- nakłady środowiskowe - zużycie paliw kopalnych lub energii pierwotnej [Jaraité i Di Maria 2012; Zhou, Ang i Wang 2012; Zurano-Cervelló i in. 2019; Gómez-Calvet i in. 2014]
- negatywne efekty środowiskowe - emisja gazów cieplarnianych, w szczególności CO<sub>2</sub> [Aldea, Ciobanu i Stancu 2012; Ewertowska i in. 2015; Gómez-Calvet i in. 2014; Jaraité i Di Maria 2012; Makridou i in. 2015; Sueyoshi i Goto 2013; Zhou, Ang i Wang 2012], emisja zanieczyszczeń powietrza [Ewertowska i in. 2015; Jaraité i Di Maria 2012; Tenente, Henriques i da Silva 2020];



- pozytywne efekty ekonomiczne - produkcja energii [Ewertowska i in. 2015; Gómez-Calvet i in. 2014; Jaraité i Di Maria 2012; Li, Geng i Li 2016; Lo Storto i Capano 2014; Papież, Śmiech i Frodyma 2019; Sueyoshi i Goto 2013; Zhou, Ang i Wang 2012]; wartość dodana [Makridou i in. 2015; Tenente, Henriques i da Silva 2020];
- pozytywne efekty społeczne - bezpieczeństwo energetyczne, rozumiane jako samowystarczalność i niezależność od importu [Aldea, Ciobanu i Stancu 2012; Alp i Sözen 2014; Li, Geng i Li 2016; Papież, Śmiech i Frodyma 2019].

Zidentyfikowany powyżej zbiór zmiennych stanowić będzie punkt wyjścia do badań prowadzonych w ramach tej pracy. Będzie on rozszerzany w miarę dostępności danych. Jednocześnie zidentyfikować można lukę badawczą w postaci niewielkiej liczby zmiennych odnoszących się do społecznego aspektu produkcji energii elektrycznej.

#### 4.4. Ekonometryczne narzędzia pomiaru efektywności

Kolejnym celem dokonanego przeglądu była identyfikacja stosowanych dotychczas metod pomiaru efektywności. Ich zestawienie zawarte zostało w tabeli 16. Na wstępie tej części rozważań należy jednak poczynić zastrzeżenie, że praca ta nie ma charakteru ekonometrycznego, ani matematycznego, stąd opis poszczególnych metod ograniczony został do opisu ich specyfiki, umożliwiającego ich rozróżnienie oraz wskazanie metody najbardziej adekwatnej do badań prowadzonych w obrębie tej pracy. Dla zainteresowanych szczegółowym opisem metod w notacji matematycznej w tabeli 16. oraz w przypisach zawarte zostały teksty źródłowe, zawierające kompletny opis danej metodyki.

**Tabela 16. Metodyka badań efektywności sektora energetycznego państw UE**

Badanie	Metodyka		
	metoda	opis	źródło
[Aldea, Ciobanu i Stancu 2012]	bootstrap DEA	finalny wynik jest oczyszczony z błędu losowego wynikającego z doboru próby poprzez wielokrotne powtarzanie procedury DEA na losowo dobieganych próbkach z pierwotnej próby	[Simar i Wilson 2007]
[Alp i Sözen 2014]	CCR (CRS) i BCC (VRS) DEA z analizą „luzów”	określa efektywność względem podmiotów znajdujących się na płaskiej (CRS) lub wypukłej (VRS) obwiedni; „luzy” pozwalają określić nieefektywność podmiotów pozornie w pełni efektywnych	[Banker, Charnes i Cooper 1984; Charnes, Cooper i Rhodes 1978]
[Ewertowska i in. 2015]	CCR (CRS) DEA	określa efektywność względem podmiotów znajdujących się na płaskiej obwiedni	[Charnes, Cooper i Rhodes 1978]

[Gómez-Calvet i in. 2014]	kierunkowe funkcje odległości (DDF) i efektywność na bazie „luzów” (SBM)	nakłady i efekty nie są zmieniane równomiernie, tylko zgodnie ze swoimi pierwotnymi wartościami (DDF); nieefektywność podmiotu szacowana na podstawie uśrednionych „luzów” czyli możliwych do zredukowania wielkości nakładów i niepożądanych efektów oraz możliwych do zwiększenia efektów (SBM)	[Chung, Färe i Grosskopf 1997; Tone 2001]
[Jaraité i Di Maria 2012]	efektywność na bazie „luzów” (SBM) i indeks Malmquista (MALM)	nieefektywność podmiotu szacowana na podstawie uśrednionych „luzów” czyli możliwych do zredukowania wielkości nakładów i niepożądanych efektów oraz możliwych do zwiększenia efektów (SBM); pozwala na analizę zmian poziomu efektywności w czasie i wyróżnienie zmian wynikających z postępu technicznego (MALM)	[Zhou i Ang 2008; Färe et al. 1994]
[Li, Geng i Li 2016]	super efektywność (SE-DEA)	metoda pozwalająca wprowadzić rozróżnienie pomiędzy jednostkami w pełni efektywnymi	[Li, Li i Zheng 2014]
[Lo Storto i Capano 2014]	CCR (CRS) DEA i indeks Malmquista (MALM)	określa efektywność względem podmiotów znajdujących się na płaskiej obwiedni (CRS); pozwala na analizę zmian poziomu efektywności w czasie i wyróżnienie zmian wynikających z postępu technicznego (MALM)	[Charnes, Cooper i Rhodes 1978; Färe et al. 1994]
[Makridou i in. 2015]	bootstrap CCR (CRS) i BCC (VRS) DEA, indeks Malmquista (MALM)	określa efektywność względem podmiotów znajdujących się na płaskiej (CRS) lub wypukłej (VRS) obwiedni; pozwala na analizę zmian poziomu efektywności w czasie i wyróżnienie zmian wynikających z postępu technicznego (MALM)	[Banker, Charnes i Cooper 1984; Charnes, Cooper i Rhodes 1978; Färe et al. 1994 Simar i Wilson 2007]
[Papież, Śmiech i Frodyma 2019]	bootstrap BCC (VRS)	określa efektywność względem podmiotów znajdujących się na wypukłej (VRS) obwiedni; finalny wynik jest oczyszczony z błędu losowego wynikającego z doboru próby poprzez wielokrotne powtarzanie procedury DEA na losowo dobieranych próbkach z pierwotnej próby	[Simar i Wilson 2007]
[Sueyoshi i Goto 2013]	dekompozycja indeksu Malmquista	uwzględnienie kwestii zróżnicowania sposobu redukcji negatywnych efektów na ograniczanie produkcji pozytywnych lub zwiększanie nakładów oraz możliwości regresu technologicznego	[Sueyoshi i Goto 2013]
[Tenente, Henriques i da Silva 2020]	kierunkowe funkcje odległości (DDF), super efektywność (SE-DEA)	nakłady i efekty nie są zmieniane równomiernie, tylko zgodnie ze swoimi pierwotnymi wartościami, co umożliwia jednoczesną optymalizację nakładów i efektów (DDF); metoda pozwalająca wprowadzić rozróżnienie pomiędzy jednostkami w pełni efektywnymi (SE-DEA)	[Färe i Grosskopf 2010; Andersen i Petersen 1993]
[Zhou, Ang i Wang 2012]	nieradialne kierunkowe funkcje produkcji (NR-DDF)	pozwała na testowanie różnych proporcji zmian nakładów i efektów	[Färe i Grosskopf 2010; Tone 2001]
[Zurano-Cervelló i in. 2019]	BCC (VRS) DEA	określa efektywność względem podmiotów znajdujących się na wypukłej obwiedni	[Banker, Charnes i Cooper 1984]

Źródło: opracowanie własne na podstawie podanych w tabeli źródeł

W związku z faktem, że większość z przytaczanych prac uwzględnia nie tylko aspekty ekonomiczne, lecz także społeczne i środowiskowe, jednym z głównych wyróżników przyjętych przez badaczy strategii empirycznych jest podejście do niepożądanych efektów produkcji. Systematyka metod podejścia do tego problemu badawczego została zaproponowana przez Halkosa i Petreu [2019], a także Liu i in. [2009]. Wyróżnić można następujące strategie:

- zignorowanie występowania niepożądanych efektów - ograniczenie analizy do kwestii ekonomicznych, podejście takie może jednak prowadzić do uzyskania nieprawidłowych wyników, przykład: [Alp i Sözen 2014];
- potraktowanie niepożądanych efektów tak samo jak nakładów – podejście to wiąże się z przyjęciem założeń wolnej rozporządzalności i braku powiązania (patrz rozdział 4.2), Liu i in. [2009] nazywają to założenie rozszerzoną wolną rozporządzalnością (ang. extended strong disposability), przykłady: [Ewertowska i in. 2015; Jaraité i Di Maria 2012; Li, Geng i Li 2016; Tenente, Henriques i da Silva 2020; Zurano-Cervelló i in. 2019];
- modelowanie niepożądanych efektów w ramach podejścia nieliniowego:
  - ✓ kierunkowe funkcje odległości - modele radialne, multiplikatywne, pozwalają nadać różny priorytet określonym nakładom i efektom, przykłady: [Gómez-Calvet i in. 2014; Tenente, Henriques i da Silva 2020; Zhou, Ang i Wang 2012]
  - ✓ efektywność na bazie „luzów” - modele addatywne, pozwalają na wprowadzenie do modeli zmiennych o ujemnym znaku, umożliwiają jednoczesne maksymalizowanie pozytywnych efektów i minimalizowanie nakładów i negatywnych efektów, wymagają transformacji dla uzyskania wskaźnika efektywności w przedziale  $[0,1]$ , tożsame z modelami DEA Russela, przykłady: [Gómez-Calvet i in. 2014; Jaraité i Di Maria 2012]
  - ✓ naturalna i menadżerska rozporządzalność - uwzględnienie kwestii zróżnicowania sposobu redukcji negatywnych efektów na ograniczanie produkcji pozytywnych lub zwiększanie nakładów oraz możliwości regresu technologicznego, przykłady: [Sueyoshi i Goto 2013];
- transformacja zmiennych:
  - ✓ liczba przeciwna - wymaga zastosowania modelu addatywnego, który pozwala by zmienne w modelu DEA były ujemne;
  - ✓ liczba przeciwna powiększona o stałą - likwiduje ujemność, jednak dobór stałej może wpływać na klasyfikację;
  - ✓ liczba odwrotna - nieliniowa transformacja powoduje trudności obliczeniowe;

Powyższy przegląd pozwala stwierdzić, że w kontekście analizy produkcji energii stosowane były w zasadzie wszystkie popularne strategie empiryczne, poza transformacją

zmiennych, która jednak nie cieszy się zaufaniem badaczy [Liu i Sharp 1999]. Ponadto, w niektórych pracach wprowadzone zostały dodatkowe rozszerzenia klasycznego podejścia DEA, stanowiące odpowiedź na część jego niedostatków:

- oszacowanie indeksu produktywności Malmquista - w przypadku prac bazujących na danych panelowych, dla prawidłowego porównania efektywności pomiędzy latami niezbędne jest obliczenie indeksu produktywności, uwzględniającego ewolucję granicy produktywności w czasie, stosowany indeks Malmquista jest jednak krytykowany ze względu na możliwość porównywania jedynie sąsiednich okresów [O'Donnell 2010]; przykłady: [Jaraité i Di Maria 2012, Lo Storto i Capano 2014, Makridou i in. 2015, Sueyoshi i Goto 2013];
- zastosowanie miary super-efektywności i analiza „luzów” - w klasycznym modelu DEA jednostki leżące na granicy maksymalnych możliwości produkcyjnych są uznawane za w pełni efektywne, w wyniku ich porównania może się jednak okazać, że część z nich osiąga lepsze wyniki od pozostałych, aby wprowadzić rozróżnienie między nimi, jednostki o najwyższych parametrach uznaje się za super-efektywne, a ich parametr efektywności przyjmuje wartość ponad 1 lub identyfikuje się „luzy” jednostek mniej efektywnych; przykłady: [Alp i Sözen 2014; Li, Geng i Li 2016; Tenente, Henriques i da Silva 2020];
- bootstrapping - częstym zarzutem wobec metody DEA jest brak uwzględnienie w analizie błędu losowego, tzn. przyjęcie założenia, że całość odchyleń danej jednostki od granicy możliwości produkcyjnych wynika z nieefektywności, a tym samym pominięcie czynnika losowego; sposobem na uwzględnienie w wynikach estymacji czynnika losowego i oczyszczenie ich z błędu wynikającego z doboru próby jest procedura bootstrappingu; koryguje one same wskaźniki i pozwala uzyskać informację o ich przedziałach ufności; przykłady: [Aldea, Ciobanu i Stancu 2012; Makridou i in. 2015; Papież, Śmiech i Frodyma 2019].

Spośród opisanego powyżej zbioru strategii empirycznych wyłonione zostanie podejście najbardziej adekwatne w planowanych badaniach. Dodatkowo, zidentyfikować można lukę metodyczną w analizowanym obszarze, polegającą na braku aplikacji indeksów produktywności innych niż indeks Malmquista. Zastosowanie bardziej zaawansowanych i lepiej opisujących dynamikę produktywności miar pozwoli poprawić jakość analizy.

#### 4.5. Przegląd determinant efektywności sektora energetycznego w krajach UE

W tej części pracy przeanalizowany zostanie aspekt współzależności efektywności sektora energetycznego z jego cechami charakterystycznymi oraz otoczeniem. Wątek ten poruszony został w sześciu z analizowanych prac. Zestawienie potencjalnych determinant efektywności zawarte zostało w tabeli 17. Wyróżnić można 5 grup uwarunkowań, jakich oddziaływanie

poddane zostało badaniom. Pierwsza z grup dotyczyła poziomu rozwoju gospodarczego, którego miernikiem jest członkostwo w prestiżowych organizacjach międzynarodowych, takich jak UE czy OECD. Wyniki badań Zhou, Ang i Wang [2012] wykazały, że kraje OECD cechują się istotnie wyższą przeciętną efektywnością środowiskową produkcji energii niż kraje spoza ugrupowania. Co ciekawe, różnica w zakresie efektywności ekonomicznej nie była już statystycznie istotna. W podobny sposób, z wykorzystaniem statystycznych testów na istotność średnich zweryfikowana została hipoteza dotycząca różnic w poziomie efektywności środowiskowej pomiędzy nowymi i starymi<sup>43</sup> krajami członkowskimi UE. Badanie potwierdziło różnice, niezależnie od analizowanego okresu (2000-2004 czy 2005-2007), ani stosowanej metody pomiaru.

Zdecydowanie najszerzej zbadaną determinantą są uwarunkowania technologiczne, najczęściej przedstawiane przez pryzmat miks energetyczny danego kraju. Zmienna ta, choć w nieco innej formie znalazła się we wszystkich czterech pracach stosujących metody korelacji i regresji. Uzasadnieniem dla jej uwzględnienia jest fakt, że różne rodzaje elektrowni cechują się zróżnicowaną wydajnością i emisyjnością. Im więcej tych o wyższych parametrach, tym ogólny wynik sektora powinien być lepszy. Ponadto, wskazują oni na pozytywne oddziaływanie wysokiego udziału kogeneracji, której zastosowanie sprawia, że zgodnie z wyliczeniami Międzynarodowej Agencji Energii (IEA), stopień wykorzystania energii pierwotnej wzrasta z 60% do 75-80%. Najbardziej skoncentrowane na tym czynniku jest jednak badanie Li, Geng i Li [2016], gdzie za pomocą korelacji rang Spearmana zbadane zostaje oddziaływanie każdej technologii pozyskiwania energii z osobna. Ostateczny wynik badań okazuje się zaskakujący – wszystkie zmienne wykazują statystycznie istotny związek z efektywnością środowiskową, który w przypadku energetyki atomowej i wodnej jest pozytywny, zaś w przypadku energetyki opartej na paliwach kopalnych, a także energii słonecznej, wiatrowej i geotermalnej negatywny. W badaniu Papież, Śmiech i Frodyma [2019] miks energetyczny warunkował efektywność inwestycji w energetykę wiatrową. Nie jest zatem zaskoczeniem, że wysoki udział energetyki węglowej zwiększał tę efektywność, a udział OZE i energetyki atomowej miał oddziaływanie negatywne. Im bardziej szkodliwe jest zastępowane źródło energii, tym większe przyrosty efektywności z zastąpienia. Z kolei u Makridou i in. [2015] miks energetyczny reprezentowany jest tylko przez jedną zmienną - udział paliw kopalnych, a badane jest oddziaływanie nie tylko na sektor energetyczny, lecz na ogół przemysłu. Okazało się ono być istotnie negatywne. Podobnie jak druga z analizowanych zmiennych - indeks Simpsona, opisujący koncentrację na jednym źródle energii. W ostatnim z omawianych badań [Jaraité i Di Maria 2012] również uwzględniony został jedynie udział paliw kopalnych, w podziale na paliwa stałe, ropę i gaz. Jedynie oddziaływanie tego ostatniego okazało się

---

<sup>43</sup> Za nowe kraje członkowskie uznano państwa przystępujące do Wspólnoty w 2004 roku, czyli Polskę, Węgry, Litwę, Łotwę, Estonię, Czechy, Słowację, Słowenię, Cypr i Maltę

stabilnie istotne i pozytywne, co zgodne jest z intuicją, gdyż paliwo to jest uznawane za najbardziej „zielone” ze wszystkich kopalin.

Jeżeli chodzi o alternatywne mierniki uwarunkowań technologicznych, to Makridou i in. [2015] zaproponowali uwzględnienie technicznego uzbrojenia pracy oraz produktywności kapitału i pracy, bazując na wynikach badań Waltona, Mukharjee i Subhmanya, sugerujących istotną rolę wysokiej jakości pracy w poprawie produktywności przemysłu. Wyniki badania nie potwierdziły jednak tej zależności. Jaraité i Di Maria [2012] jako inne istotne uwarunkowanie technologiczne sugerują z kolei dostępność paliw kopalnych, która w dużym stopniu kształtuje preferencje technologiczne w kraju. Jak wynika z badań Hoffmann i Voigt [2009] łatwość dostępu do zasobów sprzyja ich marnotrawieniu. Tezy tej nie potwierdziły jednak wyniki, które wskazywały na silnie istotne pozytywne oddziaływanie.

**Tabela 17. Determinanty efektywności sektora energetycznego państw UE**

Determinanta	Źródło					
	[Gómez-Calvet i in. 2014]	[Zhou, Ang i Wang 2012]	[Jaraité i Di Maria 2012]	[Li, Geng i Li 2016]	[Makridou i in. 2015]	[Papież, Śmiech i Frodyma 2019]
<b>poziom rozwoju gospodarczego</b>						
staż członkowski w UE członkostwo w OECD	1	1				
<b>uwarunkowania technologiczne</b>						
struktura paliw/źródeł energii			1	1	1	1
relacje zasobowe zasoby paliw kopalnianych			1		0	
<b>uwarunkowania rynkowe</b>						
ceny paliw			X			
ceny energii					1	
koncentracja rynku					1	
udział państwa			1			
<b>uwarunkowania makroekonomiczne</b>						
produkcja przemysłowa			X			
bezpośrednie inwestycje zagraniczne			X			

uwarunkowania polityczne						
cena kwot emisyjnych			1			
wykorzystanie kwot emisyjnych			1			
opodatkowanie energii					1	
instrumenty polityczne						1
Metoda	test Li	test Wilcoxon–Mann–Whitney	bootstrapped pooled truncated regression, fixed effects panel	korelacja Spearmana	hierarchiczny model wielopoziomowy	bootstrapped truncated regression
Źródło	[Li 1996]	x	[Simar i Wilson 2007]	[Puth, Neuhauser i Ruxton 2015]	[Zaccarin i Rivellini 2002]	[Simar i Wilson 2007]
1 – związek istotny statystycznie, 0 – związek nieistotny statystycznie, X – wynik niejednoznaczny						

Źródło: opracowanie własne na podstawie podanych w tabeli źródeł

Kolejny eksplorowany obszar badań stanowiły uwarunkowania rynkowe, w szczególności cenowe. Jaraité i Di Maria [2012] skupili się na cenach paliw, a zatem stronie nakładowej. Argumentują oni, że oddziaływanie następuje przez kanał miks energetyczny, który zależny jest w długim okresie m.in. od cen paliw. Zgodnie z zasadami rachunku ekonomicznego udział paliw tańszych powinien się zwiększać. Oddziaływanie tych uwarunkowań uwzględnione zostało w modelu w formie zmiennych interakcyjnych z udziałami poszczególnych paliw oraz bezpośrednio. Uzyskane wyniki wskazują, zgodnie z przewidywaniami, że wzrost cen węgla oddziałuje pozytywnie na efektywność środowiskową, natomiast wzrost cen ropy i gazu przynosi odwrotny efekt. Makridou i in. [2015] skoncentrowali się na uwarunkowaniach cenowych po stronie efektów, oceniając wpływ cen energii, zgodnie z logiką, że wyższe ceny sprzyjają oszczędności, a zatem bardziej efektywnemu wykorzystaniu. Niespodziewanie, uzyskane wyniki prowadzą do odwrotnych wniosków, co autorzy uzasadniają wpływem wysokich cen energii na spadek popytu, a tym samym zmniejszenie środków na proefektywnościowe inwestycje w sektorze. Innym elementem rozważanym przez tych autorów była koncentracja rynku, rozumiana jako udział największego producenta na rynku energii. Zgodnie z zasadami ekonomii, monopolizacja rynku nie sprzyja poprawie efektywności, a uzyskane wyniki potwierdzają tę teorię. Dodatkowo, Jaraité i Di Maria [2012] uwzględniają strukturę własności w sektorze energetycznym, argumentując, że duży udział publicznych zakładów przełożyć może się na pozytywne efekty skali. Uzyskane wyniki okazały się zgodne z tymi przewidywaniami.

Kolejna grupa zmiennych uwzględniona została jedynie w badaniu Jaraité i Di Maria [2012], a dotyczy makroekonomicznych uwarunkowań produkcji energii. Badacze argumentują, że

inwestycje w technologie sprzyjające efektywności środowiskowej są również indukowane przez koniunkturę gospodarczą. Z drugiej strony dostrzegają zagrożenie zwiększonego popytu na energię wynikającego ze wzrostu, szczególnie jeżeli wzrost ten jest utożsamiany z produkcją przemysłową. W modelu uwzględniono również wielkość bezpośrednich inwestycji zagranicznych, które przyczyniają się do transferu technologii oraz dostarczają niezbędnych do inwestycji zasobów kapitału. Wyniki analiz empirycznych potwierdziły to rozumowanie.

Ostatnia z analizowanych kategorii dotyczy oddziaływania polityki energetycznej i środowiskowej państwa. W pracy Jaraité i Di Maria [2012] zostało ono ujęte przez pryzmat instrumentu kwot emisyjnych. Ich cena zwiększa bezpośrednio koszty produkcji energii z paliw kopalnych i przyczynia się do redukcji tego źródła. Efekt ten mogła osłabiać wysoka alokacja kwot emisyjnych, zmniejszająca motywację do redukcji zanieczyszczeń. Zgodnie z przewidywaniami, wysoka cena emisji towarzyszyła wyższej efektywności środowiskowej, zaś duża alokacja pozwoleń ograniczała efektywność. W pracy Makridou i in. [2015] przeanalizowano z kolei oddziaływanie poziomu opodatkowania energii. Ponownie spodziewać się można, że wyższe podatki ograniczą zużycie energii i przyczynią się do poprawy efektywności środowiskowej. Wyniki badań nie wskazały jednak na istotną statystycznie zależność. Finalnie, przyjrzeć się należy pracy Papież, Śmiech i Frodyma [2019], w której determinanty polityczne zostały potraktowane kompleksowo. Autorzy, korzystając z bazy Międzynarodowej Agencji Energii, wyróżnili trzy kategorie polityk:

- instrumenty ekonomiczne - obejmują działania angażujące stronę rządową w realizację inwestycji, co zmniejsza ryzyko inwestora i generuje nadwyżkę dla producentów energii z OZE (np. granty, ulgi, inwestycje w infrastrukturę, wsparcie konsumentów itp.);
- instrumenty polityczne - obejmują strategiczne planowanie rozwoju energetyki w kraju;
- instrumenty regulacyjne - przepisy nakładające na producentów energii określone standardy, dotyczące np. udziału OZE czy raportowania.

Utworzone zmienne mają charakter jakościowy i odzwierciedlają ilość programów realizowanych w danym kraju, w danej kategorii. Oddziaływanie tak zmierzonej polityki okazało się istotne choć niejednoznaczne, pozytywny impuls ze strony instrumentów ekonomicznych, powiązany był z negatywnym ze strony dwóch pozostałych. Wyniki te autorzy tłumaczą czysto ilościowym sposobem pomiaru oddziaływania polityk.

Przedstawiony powyżej przegląd determinant produktywności środowiskowej pozwolił wyłonić zestaw zmiennych do użycia w tym badaniu. Umożliwił również określić podstawowe strategie empiryczne, które można ująć w trzy główne grupy:

- metody nieparametryczne - testy na istotność różnic średnich oraz korelacja Spearmana;
- metody parametryczne - modele panelowe stosowane w sytuacji, gdy dane dotyczą jednostek obserwowanych przez kilka okresów, pozwalają uwzględnić ich stałą w



czasie specyfikę; modele wielopoziomowe najbardziej adekwatne w sytuacji kiedy posiadamy dane możliwe do zagregowania na kilku poziomach, np. poziom sektora i gospodarki;

- bootstrapping - metoda zaproponowana przez Simara i Wilsona [2007], specjalnie z myślą o wynikach analizy DEA skorygowanych za pomocą narzędzia bootstrappingu, opiera się na obciążonym modelu regresji dostosowanym do sytuacji, kiedy zmienna objaśniana występuje w określonym przedziale, a duża część obserwacji charakteryzuje się jedną z wartości granicznych.

Powyżej przybliżone strategie empiryczne stanowiąc będą punkt wyjścia rozważań w kolejnym rozdziale.

#### 4.6. Efektywność polskiego sektora energetycznego na tle innych krajów UE - meta-analiza

Ostatni element tego rozdziału stanowi zestawienie wyników oszacowań efektywności sektora energetycznego krajów UE, ze szczególnym uwzględnieniem pozycji Polski. W związku z porównywalną dla wszystkich badań próbą i metodą badawczą możliwe jest porównanie uzyskanych wyników i wskazanie na czynniki, które decydowały o ich rozbieżności. W tej części opracowania wykorzystane zostaną oszacowania poziomu efektywności z 9 prac. W przypadku dwóch pozostałych [Zhou, Ang i Wang 2012; Lo Storto i Capano 2014] autorzy nie przedstawili w treści pracy wyników oszacowania. W przypadku dwóch kolejnych [Sueyoshi i Goto 2013; Li, Geng i Li 2016] badane były także kraje spoza Europy, co czyni wyniki nieporównywalnymi. Jeżeli chodzi o pozostałych 9 prac, to można było na podstawie ich treści wyróżnić 62 modele, co wynika z faktu, że w niektórych pracach efektywność analizowana była w kilku okresach lub przy różnej specyfikacji modelu. Po redukcji tej liczby poprzez uśrednienie wyników dla badań wieloletnich próba zmniejszyła się do 20 modeli, obejmujących kraje UE-27 (obecny skład UE bez Chorwacji). Choć w pracach zbadano łącznie efektywność 32 krajów, tylko 27 z nich pojawiało się na tyle często, by mogły być uwzględnione w analizie. Zestaw tak wyselekcjonowanych wyników został poddany badaniu z wykorzystaniem korelacji rang Spearmana (tabela 18.).

**Tabela 18. Korelacja Spearmana pomiędzy wynikami analizy efektywności sektora energetycznego**

Badanie	Ewert15_1	Ewert15_2	Aldea12_1	Aldea12_2	Aldea12_3	Aldea12_4	Alp14_1	Alp14_2	Gomez14_1	Gomez14_2	Jaraite12	Makri15_1	Makri15_2	Papież15_1	Papież15_2	Papież15_3	Papież15_4	Papież15_5	Tenente20	Zurano19	
Ewert15_1	1.00																				
Ewert15_2	0.45	1.00																			
Aldea12_1	0.12	0.12	1.00																		
Aldea12_2	0.13	0.14	0.97	1.00																	
Aldea12_3	0.09	0.08	0.81	0.87	1.00																
Aldea12_4	0.04	0.09	0.77	0.86	0.97	1.00															
Alp14_1	0.32	0.03	0.19	0.16	0.14	0.00	1.00														
Alp14_2	0.44	0.07	0.41	0.44	0.35	0.31	0.37	1.00													
Gomez14_1	0.19	0.38	0.07	0.19	0.21	0.25	0.44	0.38	1.00												
Gomez14_2	0.01	0.47	0.07	0.17	0.19	0.22	0.33	0.26	0.96	1.00											
Jaraite12	0.36	0.19	0.51	0.50	0.49	0.39	0.57	0.53	0.59	0.46	1.00										
Makri15_1	0.00	0.09	0.35	0.38	0.19	0.20	0.18	0.61	0.02	0.02	0.21	1.00									
Makri15_2	0.26	0.45	0.00	0.05	0.08	0.08	0.03	0.18	0.16	0.01	0.17	0.44	1.00								
Papież15_1	0.18	0.07	0.34	0.30	0.13	0.07	0.31	0.26	0.06	0.08	0.36	0.09	0.08	1.00							
Papież15_2	0.14	0.14	0.15	0.09	0.10	0.15	0.30	0.20	0.05	0.02	0.31	0.06	0.02	0.85	1.00						
Papież15_3	0.16	0.12	0.26	0.22	0.03	0.02	0.29	0.16	0.09	0.16	0.32	0.06	0.20	0.95	0.83	1.00					
Papież15_4	0.21	0.18	0.37	0.32	0.17	0.09	0.39	0.27	0.01	0.00	0.40	0.13	0.06	0.93	0.83	0.89	1.00				
Papież15_5	0.04	0.12	0.07	0.01	0.22	0.26	0.25	0.06	0.25	0.31	0.12	0.09	0.05	0.58	0.63	0.71	0.55	1.00			
Tenente20	0.41	0.54	0.27	0.20	0.21	0.20	0.21	0.07	0.47	0.50	0.06	0.07	0.39	0.04	0.04	0.04	0.00	0.32	1.00		
Zurano19	0.35	0.34	0.21	0.19	0.31	0.25	0.25	0.15	0.14	0.21	0.38	0.17	0.28	0.36	0.27	0.24	0.21	0.04	0.41	1.00	

na zielono wyniki istotne statystycznie na poziomie  $\alpha=0.05$ ,  $|R| > 0.322$

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Ewert15 - [Ewertowska i in. 2015]; Aldea12 - [Aldea, Ciobanu i Stancu 2012]; Alp14 - [Alp i Sözen 2014]; Gomez14 - [Gómez-Calvet i in. 2014]; Jaraite12 - [Jaraité i Di Maria 2012]; Makri15 - [Makridou i in. 2015]; Papież15 - [Papież, Śmiech i Frodyma 2019]; Tenente20 - [Tenente, Henriques i da Silva 2020]; Zurano19 - [Zurano-Cervelló i in. 2019]

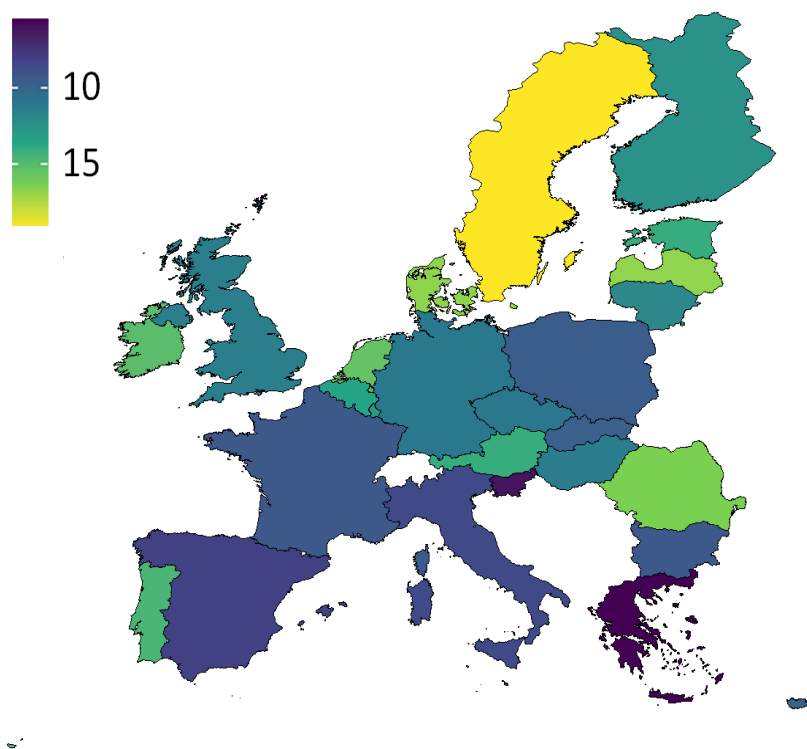
Pierwsza z obserwacji pozwala stwierdzić, że szczególnie silnie powiązane były wyniki modeli szacowanych w ramach jednej pracy. Wynika to w głównej mierze ze wspólnego zbioru danych i okresu badawczego. Dodatkowego wyjaśnienia wymaga silnie ujemna korelacja w modelach w pracy [Gómez-Calvet i in. [2014]. Wynika ona z zastosowanej metody kierunkowych funkcji produkcji, gdzie wyniki oszacowań interpretowane są przeciwnie - podmioty w pełni efektywne posiadają wartość 0, a uzyskany wynik jest de facto miarą

nieefektywności. Porównując wyniki pomiędzy badaniami zidentyfikować można następujące silne związki:

- [Tenente, Henriques i da Silva 2020] oraz [Ewertowska i in. 2015], co może wynikać z podobnego zakresu badań (analiza ekonomiczno-środowiskowa) oraz okresu analizy (lata 2010, 2012, 2014);
- [Tenente, Henriques i da Silva 2020] oraz [Gómez-Calvet i in. 2014], co może być konsekwencją podobnej strategii empirycznej (wynik zorientowany jednocześnie na nakłady i efekty) oraz podobnego zakresu badań (analiza ekonomiczno-środowiskowa);
- [Jaraité i Di Maria 2012], [Alp i Sözen 2014] oraz [Gómez-Calvet i in. 2014], co może stanowić rezultat podobnego okresu analizy (lata 1996-2007);
- [Jaraité i Di Maria 2012] oraz [Aldea, Ciobanu i Stancu 2012], gdzie trudno wskazać na cechy wspólne badań.

Ogólnie powiedzieć można, że stopień powiązania uzyskiwanych wyników jest niewielki. Średnia z wartości bezwzględnych współczynnika Pearsona wynosi 0.266, czyli poniżej progu istotności. Dodatkowo, jeżeli już jakaś cecha powoduje, że modele dają podobne rezultaty, to jest to okres analizy.

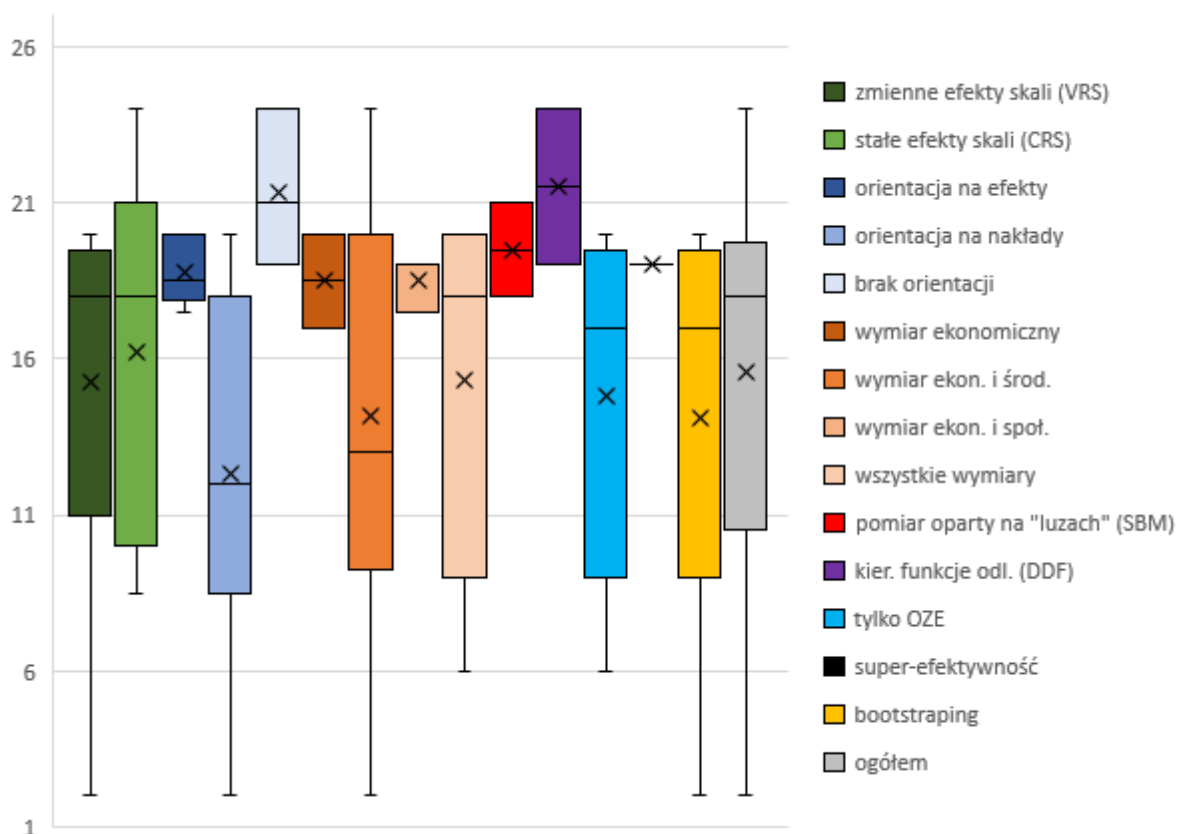
Kolejnym aspektem jest przeanalizowanie pozycji Polski na tle pozostałych krajów UE. Przeciętne miejsce w rankingu efektywności w analizowanych pracach zaprezentowane zostało na rysunku nr 24.



**Rys. nr 24. Efektywność sektora energetycznego w krajach UE - ranking**

*Źródło: opracowanie własne na podstawie [Ewertowska i in. 2015; Aldea, Ciobanu i Stancu 2012; Alp i Sözen 2014; Gómez-Calvet i in. 2014; Jaraité i Di Maria 2012; Makridou i in. 2015; Papież, Śmiech i Frodyma 2019; Tenente, Henriques i da Silva 2020; Zurano-Cervelló i in. 2019]*

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że uwzględnienie czynnika środowiskowego i społecznego oraz zastosowanie metod analizy efektywności relatywnie poprawia pozycję Polski w stosunku do proponowanego wskaźnika kultury energetycznej, bazującego na wskaźnikach struktury. Niemniej poprawa nie jest znaczna, bowiem Polska „awansowała” z ostatniej, na 20 pozycję, wyprzedzając kraje takie jak Grecja, Słowenia, Malta, Hiszpania, Włochy, Bułgaria i Francja. Na czele rankingu znalazły się kraje, takie jak Szwecja i Dania, co wydaje się zgodne z intuicją. Zaskakująca może się natomiast wydawać wysoka pozycja Łotwy i Rumunii. Wyniki dokonanej meta-analizy skonfrontowane zostaną z wynikami analizy empirycznej dokonanej w kolejnym rozdziale.



**Rys. nr 25. Pozycja Polski w rankingu efektywności sektora energetycznego w zależności od budowy modelu**

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Ewertowska i in. 2015; Aldea, Ciobanu i Stancu 2012; Alp i Sözen 2014; Gómez-Calvet i in. 2014; Jaraité i Di Maria 2012; Makridou i in. 2015; Papież, Śmiech i Frodyma 2019; Tenente, Henriques i da Silva 2020; Zurano-Cervelló i in. 2019]

Ostatnim elementem wartym rozpatrzenia jest kwestia wpływu specyfikacji modelu na pozycję Polski w rankingu. Na rysunku nr 25 zaprezentowano przeciętną pozycję Polski w rankingu, w zależności od rodzaju modelu. Ze względu na niewielki zbiór modeli, zastosowanie statystycznych narzędzi typu analiza wariancji czy testy istotności nie jest możliwa. Jednak już sama analiza deskryptywna prowadzi do interesujących wniosków. Przede wszystkim należy zaznaczyć, że wynik uzyskiwany przez Polskę był względnie stabilny, a tym samym odporny

na dobór metody badawczej. Wskazać można kilka wyjątków od tej zasady. Polska wypadła gorzej w modelach, gdzie zastosowano kierunkowe funkcje odległości (DDF) i metodę opartą na „luzach” SBM, a tym samym metody zorientowane jednocześnie na nakłady i efekty. Interesująca jest również zależność wskazująca, że uwzględnienie aspektów środowiskowych poprawiało pozycję Polski w rankingu. Obserwacja ta wymaga jednak empirycznej weryfikacji, która nie jest możliwa na danej próbie.

Syntetyczny przegląd literatury dokonany w rozdziale czwartym ujawnił następujące trendy i luki badawcze:

- większość prac analizowało ekonomiczny wymiar produkcji energii rozszerzony o kwestie środowiskowe, rzadziej zaś społeczne; poruszane były również sprawy dynamiki efektywności oraz jej determinant; zauważyć można brak opracowania, w którym dokonano by analizy dynamicznej, uwzględniającej wszystkie trzy wymiary zrównoważenia oraz determinanty efektywności;
- w pracach występowało znaczne zróżnicowanie w zakresie przyjmowania określonych zmiennych jako nakłady i efekty w procesie wytwarzania energii; niektóre zmienne występowały w obydwu rolach, w zależności od badania; w szczególności dotyczy to negatywnych efektów, często traktowanych jako nakłady. Wskazać można jednak grupę typowych nakładów ekonomicznych (moc zainstalowana, zatrudnienie), środowiskowych (zużycie paliw kopalnych lub energii pierwotnej), negatywnych efektów środowiskowych (emisja gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza), pozytywnych efektów ekonomicznych (produkcja energii i wartość dodana) i społecznych (bezpieczeństwo energetyczne). Pewną lukę badawczą stanowi niewielki zakres stosowania zmiennych opisujących społeczny wymiar produkcji;
- zidentyfikowano liczne strategie empiryczne związane z występowaniem w badaniach negatywnych efektów produkcji, takie jak ich zignorowanie, potraktowanie ich na równi z nakładami, ich modelowanie z wykorzystaniem kierunkowych funkcji produkcji, efektywności na bazie „luzów” oraz naturalnej i menadżerskiej rozporządzalności. Wśród rozszerzeń podejścia DEA wskazać można natomiast oszacowanie indeksu produktywności Malmquista, zastosowanie super-efektywności i analizy luzów oraz bootstrappingu; spośród niedostatków dotychczasowych badań wskazać można brak zastosowania bardziej zaawansowanych indeksów produktywności;
- przegląd pozwolił również na identyfikację grup zmiennych traktowanych jako determinanty produktywności i efektywności, w szczególności poziomu rozwoju gospodarczego, uwarunkowań technologicznych, rynkowych, makroekonomicznych i politycznych, ich oddziaływanie testowane było za pośrednictwem metod parametrycznych, nieparametrycznych i bootstrappingu;

- na podobieństwo wyników uzyskiwanych w ramach wcześniejszych badań największy wpływ miała zbieżność okresu badawczego, zakresu badań oraz strategii empirycznej, jednak ogólny stopień powiązania wyników jest niewielki;
- uśrednione miejsce Polski w rankingu państw UE plasuje ją na 20. pozycji wśród 27. krajów, a wynik ten był względnie stabilny i odporny na różnice w specyfikacji modelu Polska wypadła gorzej w modelach, gdzie zastosowano kierunkowe funkcje odległości (DDF) i metodę opartą na „luzach” SBM, a tym samym metody zorientowane jednocześnie na nakłady i efekty, natomiast uwzględnienie aspektów środowiskowych poprawiało pozycję kraju w rankingu.

## Rozdział 5. Próba kwantyfikacji efektywności produkcji energii w krajach UE w ujęciu ekonomicznym, społecznym i środowiskowym

W poprzednim rozdziale przeprowadzona została diagnoza stanu wiedzy na temat efektywności sektora energetycznego w państwach UE. Pozwoliła ona na zidentyfikowanie luki badawczej, która wypełniona zostanie poprzez wyniki analizy empirycznej przeprowadzonej w tym rozdziale. Bazując na treści poprzedniego rozdziału wskazać można pożądane cechy badania, takie jak:

- analiza w ujęciu dynamicznym (indeks produktywności) uwzględniająca wszystkie trzy wymiary zrównoważenia oraz analizę determinant;
- odniesienie do bardziej aktualnych danych (po 2015 roku);
- szersze uwzględnienie społecznego aspektu wytwarzania energii;
- zastosowanie alternatywnej wobec indeksu Malmquista miary produktywności całkowitej.

Badanie empiryczne w tym rozdziale podzielone zostało na 3 etapy. W pierwszym określona zostanie aktualna efektywność sektora energetycznego Polski na tle pozostałych krajów UE. W drugim zbadana zostanie dynamika tej efektywności, z wykorzystaniem indeksu produktywności całkowitej. W trzecim przetestowane zostaną determinanty efektywności oraz produktywności. Jak zostało już wyjaśnione w poprzednim rozdziale do badań wykorzystana będzie metoda DEA. Przed podjęciem badań z jej wykorzystaniem Cook, Tone i Zhu [2014] sugerują rozważenie następujących kwestii, dotyczących specyfikacji modelu:

- Jaki jest cel analizy?
- Jakie jednostki decyzyjne (ang. DMU) będą analizowane i jakimi nakładami i efektami będą się charakteryzować?
- Jaka liczba DMU jest adekwatna przy proponowanym zbiorze nakładów i efektów?
- Czy model powinien być zorientowany na nakłady, efekty czy niezorientowany?
- Czy w modelu używane będą dane surowe w połączeniu z danymi w formie relacji i czy jest to adekwatne podejście?

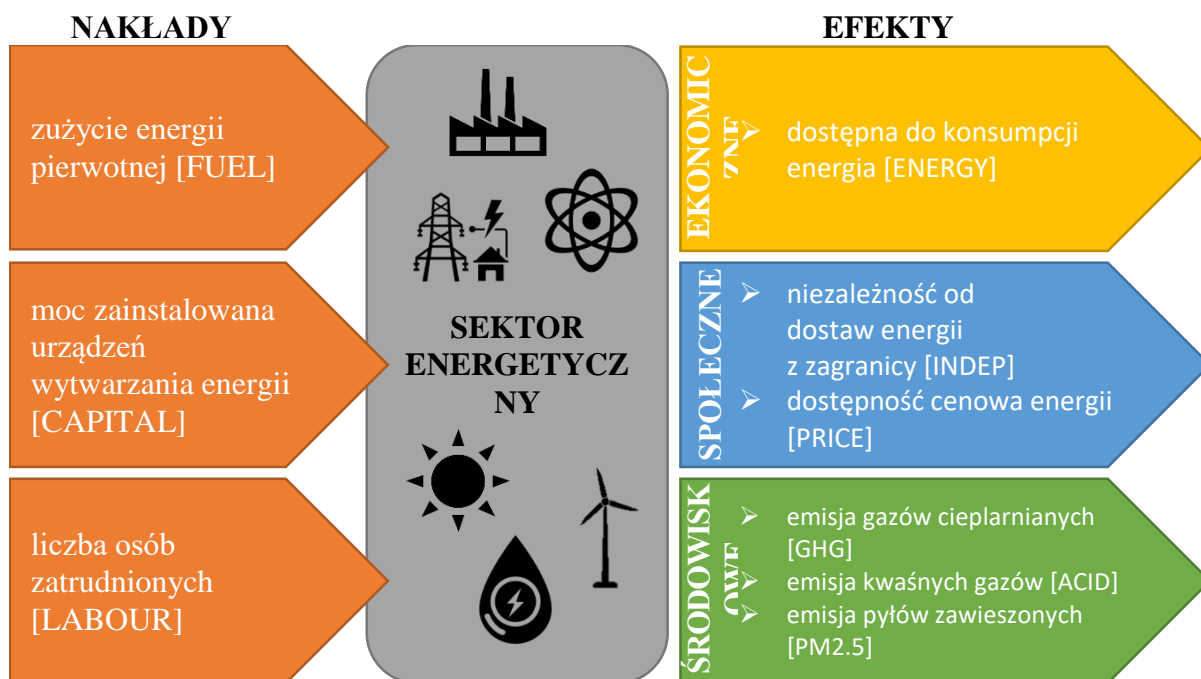
Postępując zgodnie z powyższymi wskazówkami, w pierwszej kolejności należy wyartykułować cel badań. Jest nim określenie efektywności wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej w krajach UE z uwzględnieniem efektów środowiskowych i społecznych tej produkcji. W związku z powyższym analizowanymi jednostkami decyzyjnymi będą krajowe sektory energetyczne. Podejście makroekonomiczne uzasadnione jest ze względu na fakt, że specyfika wytwarzania energii<sup>44</sup> oraz strategiczna pozycja tego sektora sprawiają, że w

---

<sup>44</sup> Wśród czynników decydujących o specyfice wytwarzania energii wymienić można wykorzystanie zasobów naturalnych (grunty, bogactwa naturalne, woda, powietrze), stanowiących w wielu przypadkach dobra publiczne, a

produkcję zaangażowany jest w znacznym stopniu sektor publiczny, a rynek energii jest silnie regulowany. W związku z tym można mówić o pewnym „sterowaniu” sektorem, co daje uzasadnienie dla uznania go za jednostkę decyzyjną i przeprowadzenia badań porównawczych, które pozwalają sformułować rekomendacje dla polityki energetycznej krajów.

W tym kontekście sformułować można zestaw nakładów i efektów opisujących proces przetwarzania energii. Zilustrowany został on na rysunku nr 26, zastosowane dane wraz z ich źródłami opisane zostały szczegółowo w Aneksie. Skrótowe nazwy zmiennych, które pojawiać się będą w dalszej części pracy zostały podane w nawiasach kwadratowych.



**Rys. nr 26. Nakłady i efekty w procesie wytwarzania energii**

*Źródło: opracowanie własne na podstawie przeglądu literatury*

Nadmienić należy, że zastosowane zmienne mają silne umocowanie w dotychczasowej praktyce badawczej. Większość z nich odnaleźć można w tabeli 16, w poprzednim rozdziale. Bardziej szczegółowego omówienia wymaga jedynie zmienna PRICE opisująca dostępność cenową energii elektrycznej. Jej uwzględnienie stanowi odpowiedź na zidentyfikowaną lukę badawczą w obszarze społecznego wymiaru funkcjonowania sektora energetycznego, a także nawiązanie do badań ubóstwa energetycznego [m.in. Chojnacka 2020, Nagaj 2020]. Najczęściej stosowanymi w tym kontekście miarami są udziały wydatków na energię w całkowitych wydatkach gospodarstw domowych [Miazga, Owczarek 2015]. Jednakże z powodu braku danych dostępnych w odpowiednim horyzoncie czasowym, w badaniu

także powstawanie naturalnych monopolii w energetyce, związanych m.in. z wykorzystaniem infrastruktury sieciowej [Gilbert, Kahn, Newbury 1997].



zastosowano miarę alternatywną, opisującą, ile energii elektrycznej dane gospodarstwo domowe jest w stanie nabyć za równowartość przeciętnych rocznych wydatków. W ten sposób sformułowana zmienna stanowi pozytywny efekt produkcji energii (im więcej tym lepiej). Jej wartość zależna jest od cen energii, które z jednej strony są elementem polityki energetycznej kraju, z drugiej zaś wyników produkcyjnych sektora. Im wydajniejsza jest produkcja, tym większe są możliwości poprawy dostępności cenowej energii, bez dotowania jej wytwarzania. Uwzględniając również pozostałe efekty zasygnalizowane na rys 26. powiedzieć można, że sektor energetyczny efektywny w myśl tych badań, to taki który przy minimalnych nakładach jest w stanie maksymalizować produkcję energii przy zachowaniu jej dostępności cenowej i bezpieczeństwa energetycznego, a także minimalizować generowane zanieczyszczenie.

W dalszej kolejności sugeruje się rozważenie liczby DMU względem liczby nakładów i efektów. W przypadku tych badań całkowita liczba DMU jest ograniczona liczbą państw członkowskich UE do 28. Jednocześnie sumaryczna liczba nakładów i efektów to 9. Cook, Tone i Zhu [2014, s. 2] przytaczają zasady mówiące o tym, że liczba DMU powinna być na najmniej dwu- lub trzykrotnie wyższa od sumy nakładów i efektów. Jednocześnie wskazują, że niedotrzymanie tej proporcji prowadzić może do zidentyfikowania dużej liczby podmiotów w pełni efektywnych, konkludując, że w przypadku metody DEA liczebność próby nie jest tak istotna jak chociażby w przypadku analizy regresji. Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania proponowane podejście uznać można za akceptowalne.

Kolejną kwestią wymagającą rozważenia jest orientacja modelu, co związane jest z celem badań oraz zakładanym celem funkcjonowania DMU. Należy przyjąć, czy w danym sektorze kluczowe jest maksymalizowanie efektów czy minimalizowanie nakładów. Założenie to, choć nie wpływa na klasyfikację podmiotu jako efektywny/nieefektywny, zmienia wartość wskaźnika efektywności. Pewnym rozwiązaniem kompromisowym, możliwym do zastosowania wraz z niektórymi odmianami analizy DEA (m.in. podejście bazujące na luzach SBM czy kierunkowe funkcje odległości DDF) jest jednoczesna maksymalizacja efektów i minimalizacja nakładów. Podejście takie wydaje się również najbardziej uzasadnione w przypadku tych badań, gdyż zarówno wśród nakładów, jak i efektów znajdują się wielkości, których zmiana jest pożądana. Choć można by skłaniać się także ku orientacji na efekty, pamiętać należy, że wśród nakładów znajduje się energia pierwotna, przyjmująca często formę paliw kopalnych, których wydobycie jest szkodliwe dla środowiska, a import wiąże się ze zmniejszeniem bezpieczeństwa energetycznego. Stąd preferowane jest dla tej analizy podejście nieorientowane.

Ostatnią z sugerowanych do rozważenia kwestii jest połączenie w jednym modelu danych surowych z przetworzonymi. W szczególności przeliczanie nakładów i efektów na jednostkę innego nakładu lub efektu (np. energia uzyskana ze spalania 1 kg węgla). Podejście takie nie jest jednak stosowane w tym opracowaniu. Jedynie zmienne „społeczne” są w pewnym stopniu

przetworzone, jednak nie zostały przeliczone na jednostki innych nakładów lub efektów. Dalsze problemy, szczególnie w kontekście założenia o stałych lub zmiennych efektach skali mogą powodować zmienne wyrażone procentowo. Jednak problem ten nie dotyczy tego badania.

Przed przystąpieniem do badań należy rozważyć jeszcze kwestię założenia o efektach skali. Choć dla jednostek sektora energetycznego przyjmuje się często występowanie rosnących efektów skali, to zważywszy na makroekonomiczny charakter badań, założenie o stałych efektach skali, czyli przyroście efektów, proporcjonalnym do przyrostu nakładów, wydaje się bardziej uzasadnione. Jak wskazują Coelli i Rao [2005], określanie korzyści skali dla danych zagregowanych na poziomie sektora jest nieuzasadnione. Informacja, że sektor znajduje się w obszarze rosnących lub malejących efektów skali jest z ekonomicznego punktu widzenia bezwartościowa, gdyż sektor nie może swobodnie operować skalą produkcji, szczególnie w obszarze strategicznym takim jak energetyka. Uśredniona w skali roku wielkość produkcji stanowi w głównej mierze odzwierciedlenie zapotrzebowania, nie zaś wynik optymalizacji skali produkcji.

#### 5.1. Metodyka pomiaru efektywności ekonomicznej z uwzględnieniem czynników społecznych i środowiskowych

W tej części pracy opisane zostaną metody wykorzystane przy pomiarze efektywności, produktywności całkowitej i ich determinant. Podstawę wszelkich dalszych rozważań stanowi obliczenie efektywności, które w związku z uwzględnieniem niepożądanych efektów i przyjęciem założenia o ich słabej rozporządzalności nie może zostać wykonane z zastosowaniem klasycznych modeli CCR i BCC. Dodatkowe utrudnienie stanowi fakt, że pożądanym jest model nieorientowany. W końcu Tone [2003] wskazuje, na przewagę modeli nieradialnych, tzn. takich, które dopuszczają inną niż proporcjonalną zmianę nakładów i efektów w celu obliczenia odległości od granicy produktywności (efektywności). W związku z powyższymi postulatami posłużyć można się metodą kierunkowych funkcji odległości (DDF) zaproponowaną przez Chambersa, Chunga i Fare [1998], która ma charakter nieradialny i nieorientowany, a po drobnej modyfikacji uwzględnia również słabo dyspozycyjne, niepożądane efekty.

Przyjmując, że wektor  $x \in \mathbb{R}_+^N$  opisuje nakłady, a  $y \in \mathbb{R}_+^M$  efekty, technologia  $T$  jest opisana przez:

$$T = \{(x, y) \text{ takie, że z } x \text{ można wyprodukować } y\} \quad (1)$$

Powyższa technologia posiada następujące właściwości:

(A1)  $T$  jest domknięte

(A2) nakłady i efekty są silnie rozporządzalne; tzn., jeżeli  $(x, y) \in T$ , a  $(x', -y') \geq (x, -y)$ , to  $(x', -y') \in T$  (założenie to zostanie później uchylone)

(A3) nie ma możliwości produkcji efektów, bez nakładów; tzn., jeżeli  $(x, y) \in T$ , a  $x = 0$ , to  $y = 0$

(A4) możliwe jest zaniechanie produkcji, tzn.  $(0, 0) \in T$

(A5)  $T$  jest wypukła

Odległość od opisanej powyżej granicy możliwości produkcyjnych określona jest za pomocą kierunkowej funkcji produkcji:

$$\vec{D}_T(x, y; g_x, g_y) = \max\{\beta \in \mathfrak{R}: (x - \beta g_x, y + \beta g_y) \in T\},$$

jeżeli  $(x - \beta g_x, y + \beta g_y) \in T$ , dla pewnej  $\beta$ ,

$$\vec{D}_T(x, y; g_x, g_y) = \inf\{\delta \in \mathfrak{R}: y + \delta g_y \in \mathfrak{R}_+^M\}, \text{ w przeciwnym razie.}$$

gdzie  $(g_x, g_y)$  jest niezerowym wektorem w  $\mathfrak{R}_+^N \times \mathfrak{R}_+^M$ . Wektor ten determinuje kierunek, w którym  $\vec{D}_T(\cdot)$  jest zdefiniowana. Ze względu na fakt, że  $\beta g_x$  jest odejmowana od  $x$ , kierunek można zapisać jako  $(-g_x, g_y)$ . Zatem funkcja jest zdefiniowana poprzez jednoczesne ograniczanie nakładów i zwiększanie efektów i interpretowana jest jako miara efektywności, czyli informacja o ile możliwe jest jeszcze ograniczanie nakładów i zwiększanie efektów.

Za pomocą opisanej powyżej notacji przedstawić można szereg innych modeli DEA. W sytuacji, kiedy  $g_y = 0$  mówimy o kierunkowej funkcji dystansu zorientowanej na nakłady. Jeżeli dodatkowo  $g_x = x$  to mówimy o funkcji zorientowanej na nakłady. Wśród pozostałych cech kierunkowej funkcji odległości, przy spełnieniu założeń A1-A5 względem technologii wymienić możemy:

(a)  $\vec{D}_T(x - \alpha g_x, y + \alpha g_y; g_x, g_y) = \vec{D}_T(x, y; g_x, g_y) - \alpha$ ;

(b)  $\vec{D}_T(x, y; g_x, g_y)$  jest półciągła z góry w  $x$  i  $y$  (łącznie);

(c)  $\vec{D}_T(x, y; \lambda g_x, \lambda g_y) = \frac{1}{\lambda} \vec{D}_T(x, y; g_x, g_y), \lambda > 0$ ;

(d)  $y' \geq y \Rightarrow \vec{D}_T(x, y'; \lambda g_x, \lambda g_y) \leq \vec{D}_T(x, y; \lambda g_x, \lambda g_y)$ ;

(e)  $x' \geq x \Rightarrow \vec{D}_T(x', y; \lambda g_x, \lambda g_y) \geq \vec{D}_T(x, y; \lambda g_x, \lambda g_y)$ ;

(f) jeżeli  $T$  jest wypukła,  $\vec{D}_T(x, y; g_x, g_y)$  jest zbieżna w  $(x, y)$

W podejściu tym  $\vec{D}_T(x, y; g_x, g_y)$ , czyli odległość od technologii w zadanym kierunku interpretowana jest jako miara nieefektywności.

Sposób rozszerzenia powyżej opisanego podejścia o słabo rozporządzalne, niepożądane efekty opisują Zhou, Ang i Wang [2012]. W ramach tego podejścia technologia, z uwzględnieniem wektora  $b \in \mathfrak{R}_+^Q$  zawierającego niepożądane efekty, opisana jest jako:

$$T_1 = \{(x, y, b) \text{ takie, że z } x \text{ można wyprodukować } (y, b)\}$$

Wobec  $b$  należy przyjąć założenie o słabej rozporządzalności<sup>45</sup>:

$$(x, y, b) \in T_1 \text{ oraz } 0 \leq \theta \leq 1 \Rightarrow (x, \theta y, \theta b) \in T$$

Ostatecznie technologię reprezentującą stałe efekty skali można zapisać w formie funkcji nieparametrycznej przedziałami liniowej:

$$T_1 = \{(x, y, b): \sum_{i=1}^N z_n x_n \leq x$$

$$\sum_{i=1}^N z_n y_n \geq y$$

$$\sum_{i=1}^N z_n b_n = b$$

$$z_n \geq 0, n = 1, 2, \dots, N\}$$

W dalszej kolejności, kierunkową funkcję odległości uwzględniającą niepożądane efekty zapiszemy jako:

$$\vec{D}(x, y, b; g_x, g_y, g_b) = \sup\{\beta: (x - \beta_x g_x, y + \beta_y g_y, b - \beta_b g_b) \in T\}$$

gdzie  $\beta = (\beta_x, \beta_y, \beta_b)^T \geq 0$  jest wektorem czynników skalujących. Wartości powyżej opisanej funkcji uzyskać można rozwiązując następujący model liniowy typu DEA:

$$\vec{D}(x, y, b; g_x, g_y, g_b) = \max \beta_x + \beta_y + \beta_b$$

$$s. t \sum_{i=1}^N z_n x_n \leq x - \beta_x g_x$$

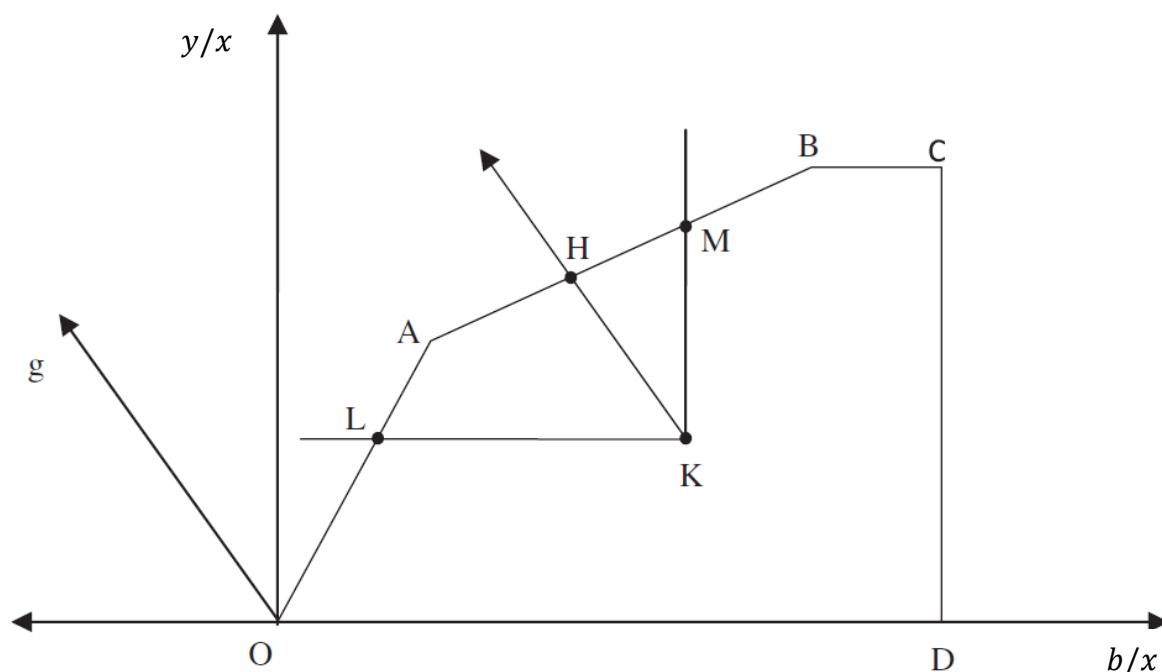
$$\sum_{i=1}^N z_n y_n \geq y + \beta_y g_y$$

$$\sum_{i=1}^N z_n b_n = b - \beta_b g_b$$

$$z_n \geq 0, n = 1, 2, \dots, N, \beta_x, \beta_y, \beta_b \geq 0$$

Model przedstawić można w uproszczonej, graficznej formie (rys. 27). Obszar  $OABCD$  wyznacza przestrzeń możliwości produkcyjnych (zdeflowaną nakładami), zgodną ze zdefiniowaną wcześniej technologią  $T_1$ .

<sup>45</sup> Zhou, Ang i Wang [2012] sugerują również przyjęcie założenia o współzerowości negatywnych i pozytywnych efektów, czyli „jeżeli  $(y, b) \in T$ , a  $b = 0$ , to  $y = 0$ ”, co w przypadku sektora energii oznaczałoby, że nie ma możliwości produkcji energii bez zanieczyszczeń. Jednak jak zauważają Zurano-Cervello i in. [2019] przy analizach sektora energetycznego, w sytuacji, kiedy możliwa jest produkcja energii z OZE założenie to przestaje być realistyczne, przez co zostaje ono w tej pracy pominięte.



**Rys. nr 27. Graficzne przedstawienie nieradialnych i radialnych, kierunkowych funkcji odległości**  
*Źródło: Zhou, Ang i Wang, 2012*

Dla punktu  $K$ , przy założeniu wektora kierunkowego  $g$  i przy użyciu tradycyjnych kierunkowych funkcji odległości, punktem odniesienia będzie punkt  $H$ . W przypadku funkcji nieradialnych, punkt odniesienia znajduje się gdziekolwiek na łamanej  $LAM$ . Punkty skrajne tej łamanej wyznaczone są przez kierunkowe funkcje produkcji zorientowane na redukcję niepożądanych efektów ( $L$ ) lub zwiększanie pożądanych efektów ( $M$ ). W przypadku, kiedy  $\vec{D}(x, y, b; g_x, g_y, g_b) = 0$ , analizowany DMU znajduje się na granicy możliwości produkcyjnych i jest efektywny. Gdy wartość wzrasta oznacza to, że DMU oddalił się od granicy oraz że pojawiła się nieefektywność. Dodatkowo, jak wskazują Färe i Grosskopf [2010], wartości  $\beta_x g_x$ ,  $\beta_y g_y$  oraz  $\beta_b g_b$  interpretować można jako luzy.

W kontekście kierunkowych funkcji odległości duże znaczenie dla uzyskanych wyników ma założenie dotyczące wartości wektora kierunkowego  $g$ . Decyzja ta ma charakter uznaniowy, można jednak przy jej podejmowaniu bazować na wcześniejszych doświadczeniach badaczy. W tym badaniu przyjęto za Chung, Färe i Grosskopf [1997] założenie  $g = (x, y, b)$ . Jak wskazuje Oh [2010, s. 148] podejście to dominuje w badaniach produktywności środowiskowej. Podejście to oznacza, że zamierzonym kierunkiem zmian jest proporcjonalne do pierwotnej wartości zwiększanie pożądanych efektów oraz zmniejszanie nakładów i niepożądanych efektów. Podejście takie ma również uzasadnienie merytoryczne w kontekście niepożądanych nakładów, bowiem w największym stopniu redukowane są te rodzaje zanieczyszczeń, które były największe.

Na kolejnym etapie badań oszacowane kierunkowe funkcje odległości (DDF) posłużą do oszacowania indeksu produktywności typu Malmquista. Podejście stosowane w tej pracy bazuje na metodzie Chung, Färe i Grosskopf [1997], którzy zaproponowali sposób powiązania DDF z analizą produktywności w postaci indeksu Malmquista-Luenbergera. Różnica polega na zastosowaniu nieorientowanych funkcji produkcji w miejsce oryginalnych funkcji zorientowanych na efekty. Indeks zastosowany w tej pracy obliczony został zgodnie ze wzorem:

$$ML_t^{t+1} = \sqrt{\frac{(1 + \bar{D}^t(x^t, y^t, b^t; -x^t, y^t, -b^t))}{(1 + \bar{D}^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; -x^{t+1}, y^{t+1}, -b^{t+1}))}} \times \frac{(1 + \bar{D}^{t+1}(x^t, y^t, b^t; -x^t, y^t, -b^t))}{(1 + \bar{D}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; -x^{t+1}, y^{t+1}, -b^{t+1}))}}$$

Zaletą indeksu Malmquista-Luenbergera jest możliwość jego dekompozycji na zmiany wynikające ze zmiany efektywności, czyli przybliżanie się danego DMU do granicy możliwości produkcyjnych (MLEFFCH) oraz zmiany technologiczne wynikające z przesunięcia granicy możliwości produkcyjnych (MLTECH). Oszacowanie tych wartości możliwe jest z wykorzystaniem następujących wzorów:

$$MLEFFCH_t^{t+1} = \frac{1 + \bar{D}^t(x^t, y^t, b^t; -x^t, y^t, -b^t)}{1 + \bar{D}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; -x^{t+1}, y^{t+1}, -b^{t+1})}$$

$$MLTECH_t^{t+1}$$

$$= \sqrt{\frac{(1 + \bar{D}^{t+1}(x^t, y^t, b^t; -x^t, y^t, -b^t))}{(1 + \bar{D}^t(x^t, y^t, b^t; -x^t, y^t, -b^t))}} \times \frac{(1 + \bar{D}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; -x^{t+1}, y^{t+1}, -b^{t+1}))}{(1 + \bar{D}^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; -x^{t+1}, y^{t+1}, -b^{t+1}))}}$$

$$ML_t^{t+1} = MLEFFCH_t^{t+1} \times MLTECH_t^{t+1}$$

Oszacowanie indeksu wymaga informacji na temat czterech kierunkowych funkcji odległości: dwóch dotyczących bieżących okresów oraz dwóch określających efektywność w danym okresie względem granicy możliwości produkcyjnych z kolejnego okresu oraz efektywności w kolejnym okresie względem bieżącej granicy możliwości produkcyjnych. Obliczenia wykonane zostaną w programie R, z wykorzystaniem pakietu DJL.

Na ostatnim etapie badań zweryfikowane zostanie oddziaływanie determinant efektywności i produktywności z wykorzystaniem regresji panelowej, podobnie jak w opracowaniu Jaraité i Di Maria [2012]. W związku z faktem, że metoda ta jest silnie ugruntowana w badaniach i powszechnie stosowana nie wymaga dodatkowych objaśnień. Szczegółowe informacje na temat regresji panelowej odnaleźć można w opracowaniu Dańskiej-Borusiak [2011] czy Baltagi [2013], zaś procedur jej stosowania w przypadku paneli makroekonomicznych w pracy Staniszewskiego i Czyżewskiego [2019]. Obliczenia wykonane zostaną w programie R, z wykorzystaniem pakietu plm.

## 5.2. Nakłady i efekty produkcji energii w krajach UE

Przed przystąpieniem do analizy zaprezentować należy dane wejściowe stosowane w modelu. W pierwszej kolejności omówione zostaną dane dotyczące nakładów (tab. 19). Szczególnie istotna wydaje się informacja dotycząca zużycie energii pierwotnej (FUEL), którą w dużym stopniu utożsamiać można z nakładami paliw kopalnych. Średniorocznie, w krajach UE nakłady te spadały o 1,6%, jedynie w przypadku kilku krajów (Estonii, Łotwy, Austrii, Portugalii, Szwecji) notując wzrost. Co niepokojące, w Polsce w badanym okresie wartość utrzymywała się na względnie stałym poziomie, podczas gdy kraje, takie jak Litwa czy Malta potrafiły zredukować ten nakład o odpowiednio 10 i 8%. Przeliczenie wartości zmiennej FUEL na 1 GWh energii pozwala określić prosty wskaźnik chłonności energii pierwotnej. W przypadku Polski (2,3) jest on jedynie nieznacznie wyższy od przeciętnego dla UE (2,22), przy czym należy odnotować, że liderzy w tym zakresie osiągają wartości zbliżone do 1,5. Zmienna CAPITAL informuje o mocy zainstalowanych urządzeń wytwarzania energii i choć nie jest najbardziej adekwatnym miernikiem nakładów kapitałowych, to dokonany przegląd badań i baz danych wskazuje, że brak lepszego miernika, dostępnego w analizowanym zakresie czasowymi i przestrzennym. W aspekcie tym Polska wypada na tle UE dobrze, osiągając relatywnie wysoką produkcję energii z relatywnie niskiej mocy zainstalowanej, o czym świadczy niski współczynnik chłonności (0,17). W większości krajów UE następował również przyrost mocy zainstalowanych urządzeń, w Polsce ponadprzeciętnie wysoki. Zestawiając te dane z informacjami o zmianach strukturalnych zachodzących w sektorze, opisanych w rozdziale 3., zauważyć trzeba, że wzrost mocy zainstalowanej związany jest głównie z powstawaniem nowych instalacji OZE, które jednocześnie podnoszą wskaźnik chłonności, ze względu na fakt, że ich moc jest bardzo często nie w pełni wykorzystana (np. ogniwa fotowoltaiczne w nocy czy wiatraki w bezwietrzne dni). Ostatnim z analizowanych nakładów jest zatrudnienie, które w Polsce utrzymywało się na relatywnie wysokim poziomie w stosunku do ilości produkowanej energii, o czym świadczy ponadprzeciętnie wysoki współczynnik chłonności. Niemniej należy odnotować Polska należała do krajów najszybciej redukujących zatrudnienie w analizowanym sektorze. Podkreślić należy jednak, że czysto ekonomiczne rozumienie pracy jako nakładu, kontrastuje z często przyjmowaną społeczną perspektywą, zgodnie z którą miejsca pracy generowane w sektorze są postrzegane pozytywnie.

**Tabela 19. Poziom i dynamika nakładów w sektorze energetycznym krajów UE-28 w latach 2008-2017**

Kraj	FUEL			CAPITAL			LABOUR		
	średnia	śr. tempo zmian	na 1 GWh ENERGY	średnia	śr. tempo zmian	na 1 GWh ENERGY	średnia	śr. tempo zmian	na 1 GWh ENERGY
Belgia	218 202	0,994	2,50	20 180	1,032	0,23	19 319	0,999	0,22
Bułgaria	137 591	0,991	2,74	10 669	1,013	0,21	33 334	0,986	0,66
Czechy	266 673	0,991	2,61	20 586	1,027	0,20	33 549	1,015	0,33
Dania	88 240	0,975	1,48	13 747	1,011	0,23	12 050	0,985	0,20
Niemcy	1 547 121	0,986	2,24	182 158	1,047	0,26	224 819	1,006	0,33
Estonia	39 566	1,016	2,60	2 777	0,994	0,18	5 428	0,977	0,36
Irlandia	54 220	0,993	2,14	8 845	1,043	0,35	9 023	1,004	0,36
Grecja	131 967	0,969	2,67	17 375	1,035	0,36	25 124	1,025	0,52
Hiszpania	588 226	0,991	2,34	102 855	1,012	0,41	44 765	0,986	0,18
Francja	1 566 787	0,994	2,87	127 882	1,014	0,23	181 586	1,055	0,33
Chorwacja	23 095	0,979	1,77	4 368	1,028	0,34	15 868	0,989	1,22
Włochy	663 928	0,985	2,06	114 188	1,016	0,35	87 952	1,015	0,27
Cypr	12 648	0,984	2,85	1 638	1,045	0,37	2 293	0,987	0,52
Łotwa	16 057	1,025	1,46	2 708	1,035	0,25	11 121	0,989	1,02
Litwa	28 463	0,900	1,68	3 981	0,963	0,25	14 304	0,956	0,89
Luksemburg	6 157	0,943	1,60	1 792	1,001	0,49	1 379	1,049	0,39
Węgry	103 734	0,978	2,57	8 895	1,002	0,22	25 424	0,99	0,63
Malta	5 553	0,922	3,40	621	1,024	0,43	10	x	x
Holandia	257 157	0,998	1,84	29 958	1,035	0,22	25 654	1,015	0,18
Austria	117 855	1,007	1,46	23 182	1,021	0,29	28 914	1,002	0,36
<b>Polska</b>	<b>483 990</b>	<b>0,999</b>	<b>2,30</b>	<b>35 899</b>	<b>1,031</b>	<b>0,17</b>	<b>142 875</b>	<b>0,978</b>	<b>0,68</b>
Portugalia	97 351	1,027	1,88	19 097	1,032	0,37	10 084	1,023	0,19
Rumunia	160 018	0,979	2,41	21 919	1,02	0,33	77 865	0,967	1,17
Słowenia	38 079	0,986	2,31	3 325	1,021	0,20	8 583	1,013	0,52
Słowacja	82 684	0,992	2,46	7 890	1,005	0,23	18 745	0,976	0,56
Finlandia	192 134	0,984	1,67	16 093	1,011	0,14	13 569	1,003	0,12
Szwecja	336 391	1,007	1,75	37 549	1,017	0,20	31 476	1,006	0,16
Wlk. Bryt.	826 654	0,967	2,48	94 700	1,023	0,29	14 589	1,002	0,04
średnia	288 948	0,984	2,22	33 388	1,020	0,28	39 989	1,000	0,46
odch. std.	408 328	0,027	0,49	45 461	0,017	0,09	54 477	0,022	0,31
wsp. zmienn.	141%	3%	22%	136%	2%	31%	136%	2%	67%

FUEL – zużycie energii pierwotnej w produkcji energii elektrycznej i ciepłej wyrażone w gigawatogodzinach; CAPITAL – moc zainstalowana urządzeń wytwarzania energii w megawatach; LABOUR – liczba osób zatrudnionych; ENERGY - dostępna do konsumpcji energia w gigawatogodzinach

Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat (szczegóły Aneks 2)

Kolejnym z analizowanych aspektów są ekonomiczne i społeczne efekty działalności sektora energetycznego (tabela 20.). Jeżeli chodzi o produkcję energii (ENERGY) to jej wielkość wynika głównie z zapotrzebowania zgłaszanego przez gospodarke, które to z kolei stanowi wypadkową wielkości gospodarki i jej wzrostu, który wymaga nakładów energii i efektywności energetycznej, której wzrost ogranicza zapotrzebowanie na energię. Stąd



porównywanie wartości bezwzględnych nie ma uzasadnienia. Jeżeli zaś chodzi o dynamikę, to w Polsce jest ona nieco wyższa od przeciętnej dla UE. Warto nadmienić, że w analizowanym okresie wielkość produkcji energii spadła, podczas gdy dane dotyczące PKB wskazują na wzrost (ok 8,5%), co oznacza poprawę efektywności energetycznej.

**Tabela 20. Poziom i dynamika ekonomiczno-społecznych efekty działalności sektora energetycznego w krajach UE-28, w latach 2008-2017**

Kraj	ENERGY		INDEP		PRICE	
	średnia	śr. tempo zmian	średnia	śr. tempo zmian	średnia	śr. tempo zmian
Belgia	86 947	1,004	22,61	1,033	200,74	0,968
Bułgaria	50 296	0,995	60,10	1,027	108,49	0,997
Czechy	102 206	0,999	70,59	0,985	127,13	0,978
Dania	59 324	0,995	100,31	0,966	177,17	0,993
Niemcy	690 294	1,003	38,11	0,991	145,00	0,978
Estonia	15 234	1,013	85,08	1,031	153,30	0,976
Irlandia	25 327	1,005	15,80	1,141	224,34	0,970
Grecja	49 367	0,991	31,82	1,007	236,14	0,907
Hiszpania	251 755	0,986	25,23	1,040	176,60	0,945
Francja	546 300	0,997	51,63	1,004	278,21	0,966
Chorwacja	13 063	0,993	51,10	1,004	147,32	0,961
Włochy	322 575	0,996	20,92	1,033	179,52	0,991
Cypr	4 428	0,998	3,84	1,058	210,80	0,980
Łotwa	11 008	1,032	48,01	1,035	135,94	0,927
Litwa	16 272	0,953	28,76	0,951	141,57	0,993
Luksemburg	3 814	0,954	3,19	1,061	371,01	1,004
Węgry	40 408	0,978	44,02	1,000	96,66	1,019
Malta	1 627	0,974	x	x	196,63	0,977
Holandia	139 422	1,001	64,29	0,965	219,70	1,015
Austria	80 543	1,014	35,63	1,016	229,12	1,001
<b>Polska</b>	<b>210 182</b>	<b>1,007</b>	<b>68,53</b>	<b>0,987</b>	<b>123,79</b>	<b>1,012</b>
Portugalia	52 000	1,031	23,25	1,034	151,28	0,958
Rumunia	66 398	0,993	79,06	1,007	106,18	1,017
Słowenia	16 488	0,999	50,64	1,007	169,84	0,961
Słowacja	33 615	0,995	36,60	1,003	143,21	1,005
Finlandia	115 032	0,993	50,31	1,023	280,83	0,984
Szwecja	191 952	1,011	66,36	1,020	217,79	0,993
Wlk. Bryt.	332 478	0,984	63,37	0,985	279,93	0,987
średnia	126 013	0,996	45,89	1,015	186,72	0,981
odch. std.	165 464	0,017	23,91	0,036	62,51	0,026
wsp. zmienn.	131%	2%	52%	4%	33%	3%

ENERGY - dostępna do konsumpcji energia w gigawatogodzinach; INDEP - niezależność od dostaw energii z zagranicy w %; PRICE - ilość energii możliwa do nabycia przez gospodarstwo domowe za wartość jego przeciętnej konsumpcji

Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat (szczegóły Aneks 2)

W kontekście efektów społecznych w pracy uwzględniono niezależność od dostaw energii z zagranicy (INDEP) oraz dostępność cenową energii (PRICE). W przypadku pierwszej z omawianych zmiennych należy wytłumaczyć wartość przekraczającą 100 w przypadku Danii. Otóż jest ona po prostu eksporterem netto, czyli eksportuje więcej energii niż importuje, co jest zjawiskiem nietypowym w UE. Przeciętnie kraje pokrywają bowiem samodzielnie jedynie ok 46% swojego zapotrzebowania na energię. Polska na tym tle wypada pozytywnie z wartością 68,5%, co związane jest z wykorzystaniem rodzimych paliw kopalnych. Z drugiej jednak strony w badanym okresie niezależność Polski spadała, co było trendem przeciwnym względem ogółu krajów UE, które poprawiały swoją niezależność poprzez wzrost udziałów OZE. W Polsce jednak negatywny efekt ograniczania wykorzystania rodzimych paliw kopalnych był silniejszy. Jeżeli chodzi o zmienną PRICE, to choć cenę energii w Polsce uznać można za relatywnie niską, to w stosunku do przeciętnych wynagrodzeń plasuje ona kraj poniżej średniej UE, choć odnotować należy pozytywny trend w tym aspekcie (średnioroczna poprawa wskaźnika o 1,2%), co wyróżnia Polskę na tle UE.

Ostatnim z analizowanych jest wymiar środowiskowy, uwzględniający zanieczyszczenia generowane przez sektor energetyczny (tab. 21.). W szczególności emisję gazów cieplarnianych (GHG), kwaśnych gazów (ACID) oraz pyłów zawieszonych (PM2.5). W przypadku pierwszej z nich zaobserwować można niską pozycję Polski, która zajmuje 5. miejsce w rankingu najbardziej emisyjnych, za Maltą, Grecją, Estonią i Cyprzem (w przeliczeniu na 1 GWh energii). Choć emisyjność ta zmniejsza się w Polsce, to w tempie niższym od przeciętnego dla UE. Podobnie niekorzystnie wygląda sytuacja, jeżeli oceniać emisyjność przez pryzmat kwaśnych gazów. Również tu wartość dla Polski jest dużo większa (85,74 t na 1 GWh energii) niż przeciętna dla UE (43,63). W rankingu emitentów wartość ta plasuje kraj na 7. miejscu, bowiem do wcześniej zidentyfikowanych w kontekście GHG krajów dołączają Bułgaria i Rumunia. Nieco inaczej sytuacja wygląda w przypadku emisji pyłów zawieszonych. Tutaj polski sektor energetyczny cechuje się emisyjnością poniżej średniej UE i tempem jej ograniczania zbliżonym do średniego. Dane te mogą zastanawiać w kontekście informacji o wysokim zanieczyszczeniu powietrza w Polsce. Trzeba jednak mieć świadomość, że zanieczyszczenie to w warunkach Polski związane jest głównie z niską emisją, pochodzącą z systemów grzewczych w domach jednorodzinnych, nie zaś z sektora energetycznego. Chcąc wskazać kraje pozostające w kontrze do Polski, będące niskim emitentem zanieczyszczeń z sektora energetycznego, wskazać można z pewnością na Danię, a także Belgię, Francję, Austrię czy Szwecję. Kraje Europy Zachodniej, które wiele lat temu rozpoczęły transformację energetyczną w kierunku wytwarzania energii z OZE oraz atomu.

**Tabela 21. Poziom i dynamika środowiskowych efektów działalności sektora energetycznego w krajach UE-28, w latach 2008-2017**

Kraj	GHG			ACID			PM2.5		
	średnia	śr. tempo zmian	t na 1 GWh ENERGY	średnia	śr. tempo zmian	t na 1 GWh ENERGY	średnia	śr. tempo zmian	kg na 1 GWh ENERGY
Belgia	18,3	0,967	205,32	366	0,899	4,20	405	0,874	14,52
Bułgaria	29,3	0,983	580,63	8482	0,780	167,66	469	0,891	17,65
Czechy	51,0	0,980	490,15	4102	0,930	40,06	1 783	0,962	350,82
Dania	16,6	0,910	265,36	430	0,914	7,18	451	0,937	13,52
Niemcy	318,0	0,982	456,92	11024	0,982	15,99	6 161	0,938	22,11
Estonia	13,2	1,004	855,62	1681	0,935	110,29	4 459	0,911	792,67
Irlandia	12,2	0,976	475,81	551	0,851	21,78	444	0,927	38,99
Grecja	45,2	0,953	891,72	6249	0,856	123,54	6 161	0,820	249,93
Hiszpania	74,4	0,967	280,66	5988	0,928	23,70	4 193	0,912	40,65
Francja	39,5	0,987	71,36	2461	0,860	4,52	1 615	0,900	9,57
Chorwacja	3,9	0,939	289,24	428	0,808	32,66	341	1,042	65,67
Włochy	90,5	0,959	272,45	1864	0,882	5,76	654	0,872	63,50
Cypr	3,5	0,979	778,55	641	0,960	144,33	286	0,939	52,98
Łotwa	1,8	0,976	167,80	91	1,026	8,26	1 236	1,154	65,57
Litwa	2,5	0,899	149,43	240	0,965	15,04	215	0,875	87,14
Luksemburg	0,8	0,855	191,96	16	0,970	4,28	18	1,318	0,16
Węgry	14,6	0,952	346,70	756	0,941	18,56	265	0,905	179,43
Malta	1,6	0,893	914,48	237	0,736	139,46	158	0,689	133,79
Holandia	52,2	0,999	374,16	708	0,949	5,09	205	0,956	5,66
Austria	9,0	0,968	109,24	292	0,979	3,64	922	1,012	7,13
<b>Polska</b>	<b>161,8</b>	<b>0,994</b>	<b>765,56</b>	<b>17973</b>	<b>0,928</b>	<b>85,74</b>	<b>8 388</b>	<b>0,928</b>	<b>84,65</b>
Portugalia	15,3	1,010	292,10	1218	0,894	24,20	483	0,920	34,75
Rumunia	30,2	0,939	436,10	7889	0,800	118,61	4 242	0,853	209,81
Słowenia	5,7	0,970	340,17	328	0,889	19,90	304	1,052	17,91
Słowacja	5,9	0,955	172,12	1234	0,852	36,56	394	0,845	161,11
Finlandia	20,5	0,965	170,54	1324	0,941	11,43	561	0,907	13,36
Szwecja	7,7	0,987	40,26	427	0,979	2,24	1 355	0,932	13,35
Wlk. Bryt.	136,7	0,908	395,27	9301	0,859	27,67	4 070	0,906	61,59
średnia	42	0,959	385	3082	0,903	43,65	1 794,061	0,935	100,285
odch. std.	66	0,036	249	4 272	0,067	50,67	2 240,477	0,109	157,295
wsp. zmienn.	157%	4%	65%	139%	7%	116%	125%	12%	157%

GHG – emisja gazów cieplarnianych w tysiącach ton jednostek ekwiwalentnych CO<sub>2</sub>; ACID – emisja kwaśnych gazów w kilotonach jednostek ekwiwalentnych zakwaszenia; PM2.5 - emisja cząstek zawieszonych o rozmiarze mniejszym niż 2,5 µm, w tys. ton

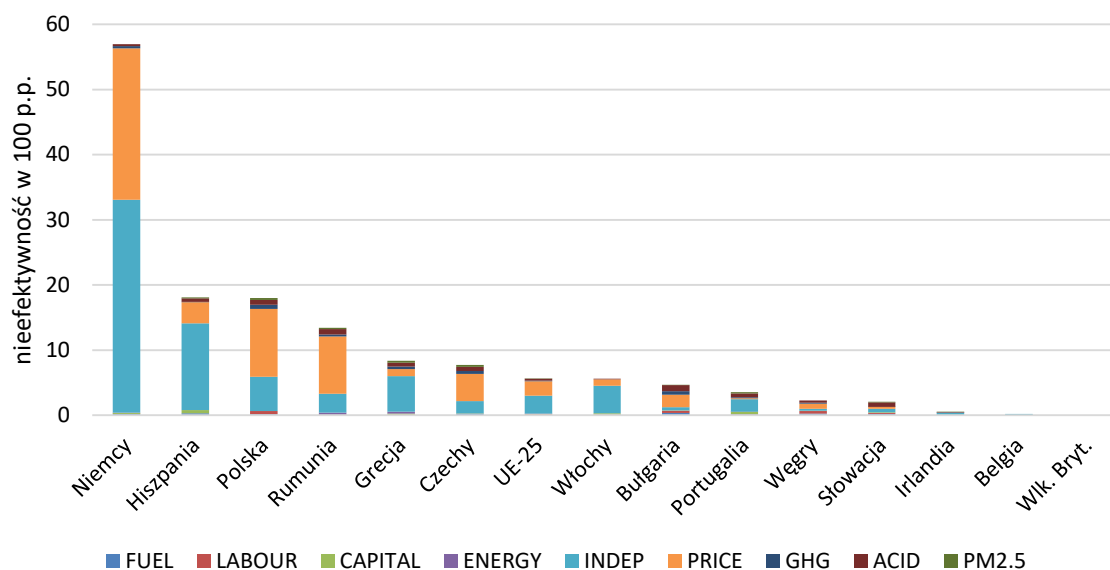
Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat (szczegóły Aneks 2)

Podsumowując usytuowanie polskiego sektora energetycznego na tle UE w kontekście omawianych nakładów i efektów stwierdzić można, że wysoka chłonność zasobów dotyczy szczególnie energii pierwotnej oraz zasobów pracy, nie zaś zainstalowanej mocy. W wymiarze społecznym mówić można o stosunkowo wysokich cenach energii i relatywnie wysokiej niezależności. W wymiarze środowiskowym zaś o wysokiej emisyjności, z wyłączeniem pyłów

zawieszonych. Informację o tym jak zestawienie tych nakładów i wyników uplasuje Polskę w rankingu produktywności całkowitej i efektywności wielowymiarowej przedstawiono w kolejnej części pracy.

### 5.3. Statyczny obraz efektywności wytwarzania energii

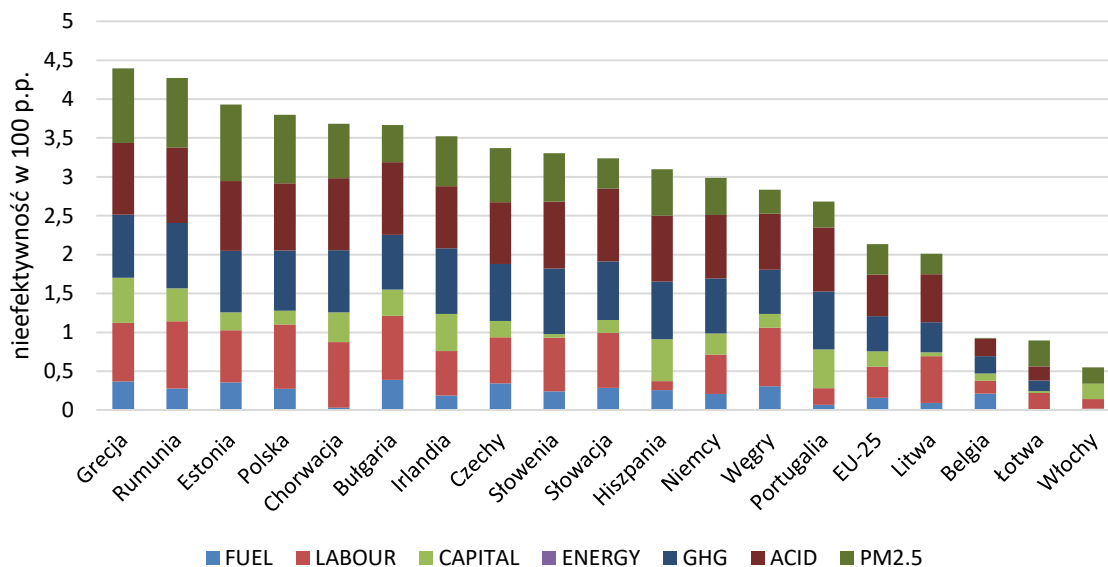
W związku z zastosowaniem kierunkowych funkcji odległości uzyskana miara efektywności jest nienormowana, tj. nie występuje w przedziale (0-1) i jej wynik opisuje raczej stopień nieefektywność. Zatem kraje znajdujące się na granicy możliwości produkcyjnych, cechujące się maksymalną efektywnością, opisuje wartość 0. Z dalszych analiz z powodu braków danych i wartości odstających wyłączone zostały również Malta, Cypr i Luksemburg. Analiza przedstawiona zostanie w ujęciu syntetycznym, a następnie w rozbiciu na wskaźniki cząstkowe, opisujące efektywność ekonomiczną, ekonomiczno-społeczną i ekonomiczno-środowiskową. Podejście takie pozwoli określić jak uwzględnienie poszczególnych efektów w analizie wpływało na pozycję krajów w rankingu. W pierwszej kolejności przeanalizowany zostanie jednak, kluczowy dla badań, ogólny wskaźnik efektywności uwzględniający wszystkie trzy jej wymiary. Jak wskazują wyniki oszacowania, zaprezentowane na rys. nr 28., nieefektywność zidentyfikowano w przypadku 14 krajów. Najwyższą w przypadku Niemiec, natomiast Polska zajęła pozycję 3. od końca. Addatywna metoda oszacowania wskaźnika efektywności pozwala na jego dekompozycję ze względu na źródła nieefektywności. Widać, że niezależnie od kraju dominują wśród nich zmienne społeczne. Należy nadmienić, że może to wynikać z charakterystyki modelu, który poza tymi zmiennymi opiera się na wielkościach wyrażonych w jednostkach fizycznych lub pieniężnych, podczas gdy zmienne społeczne mają charakter relacyjny. Niemniej jednak brak lepszych mierników społecznego oddziaływania dostępnych w podanym przedziale czasowym, stąd należy przyjąć uzyskane wyniki, z zastrzeżeniem, że istotne dla postępu badań w tym obszarze jest skonstruowanie powszechnie akceptowalnych mierników społecznego oddziaływania i opracowanie ich długookresowej bazy danych.



FUEL – zużycie energii pierwotnej w produkcji energii elektrycznej i ciepłej wyrażone w gigawatogodzinach; CAPITAL – moc zainstalowana urządzeń wytwarzania energii w megawatach; LABOUR – liczba osób zatrudnionych; ENERGY - dostępna do konsumpcji energia w gigawatogodzinach; INDEP - niezależność od dostaw energii z zagranicy w %; PRICE - ilość energii możliwa do nabycia przez gospodarstwo domowe za wartość jego przeciętnej konsumpcji; GHG – emisja gazów cieplarnianych w tysiącach ton jednostek ekwiwalentnych CO<sub>2</sub>; ACID – emisja kwaśnych gazów w kilotonach jednostek ekwiwalentnych zakwaszenia; PM2.5 - emisja cząstek zawieszonych o rozmiarze mniejszym niż 2,5 µm, w tys. ton

**Rys. nr 28. Dekompozycja wskaźnika nieefektywności wytwarzania energii w krajach UE, wartość przeciętna dla lat 2008-2017, wymiar ekonomiczny, społeczny i środowiskowy**  
*Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat (szczegóły Aneks 2)*

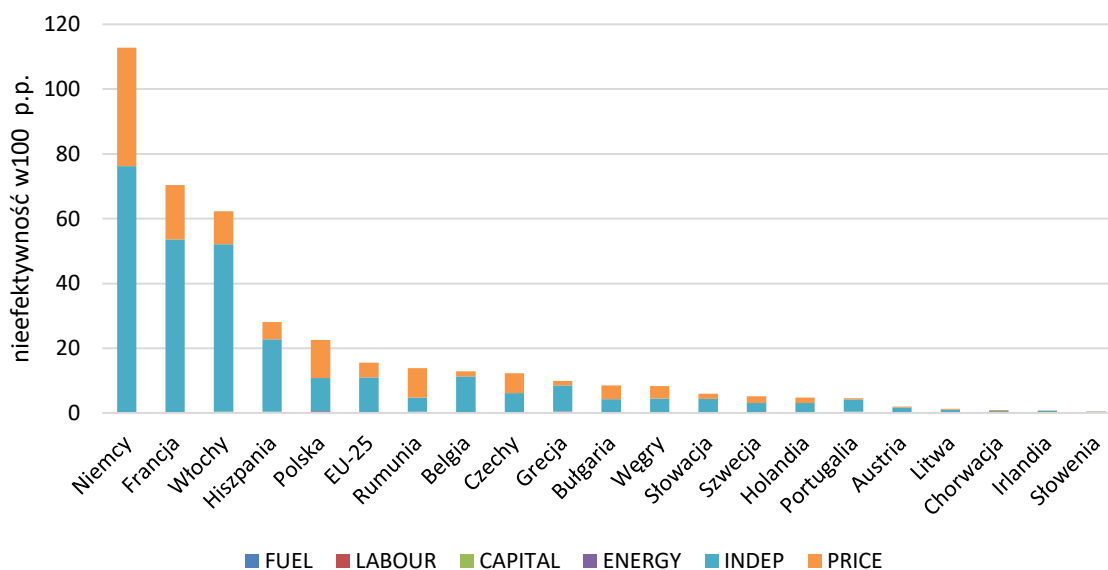
W przypadku Polski nieefektywność wynikała w głównej mierze z niedostępności cenowej energii, w drugiej kolejności zaś z braku niezależności energetycznej. Podobnie sytuacja kształtowała się w Rumunii i Czechach. Odwrotnie w Hiszpanii, Grecji i w Niemczech. Więcej światła na inne źródła nieefektywności rzuci analiza wyników cząstkowych obejmujących nie wszystkie wymiary efektywności. W pierwszej kolejności spojrzeć należy na efektywność ekonomiczną, skorygowaną o negatywne efekty środowiskowe (rys. nr 29).



**Rys. nr 29. Dekompozycja wskaźnika nieefektywności wytwarzania energii w krajach UE, wartość przeciętna dla lat 2008-2017, wymiar ekonomiczny i środowiskowy**

Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat (szczegóły Aneks 2)

Ranking ten ujawnia nieefektywność w przypadku 18 krajów. Zwiększenie ich liczby jest zgodne z przewidywaniami. Do charakterystyki stosowanej metody należy, że im więcej zmiennych wykorzystuje się do opisu procesu produkcji, tym więcej obserwacji określonych zostanie jako w pełni efektywne. Brak uwzględnienia kwestii społecznych zdecydowanie poprawia położenie Niemiec i Hiszpanii, choć wciąż w krajach tych występują nieefektywności, tym razem związane z nadmiarem wykorzystywanych nakładów i generowanych negatywnych efektów środowiskowych. Pogarsza się natomiast perspektywa Estonii, która w pełnym modelu uchodziła za w 100% efektywną, w tym zaś zajmuje 3 miejsce od końca. Rozbieżność tę tłumaczyć można „nadrobieniem” przez Estonię niedostatków w obszarze środowiskowym, wysokim poziomem zrównoważenia społecznego. Potwierdzają to wyniki opisane na rys. 30., gdzie w ramach efektywności ekonomiczno-społecznej, Estonia znalazła się wśród 5 krajów w pełni efektywnych. Jeżeli chodzi o nieefektywność sektora energetycznego w Polsce, to w świetle analizowanego wskaźnika wskazać można na dwa jej główne źródła, mianowicie nieefektywne wykorzystanie zasobów pracy oraz zbyt wysoką emisyjność produkcji w zakresie wszystkich trzech rodzajów zanieczyszczeń. Ogólniej powiedzieć można, że źródła nieefektywności rozkładały się w tym ujęciu względnie równomiernie, ze wskazaniem na emisję gazów kwaśnych.

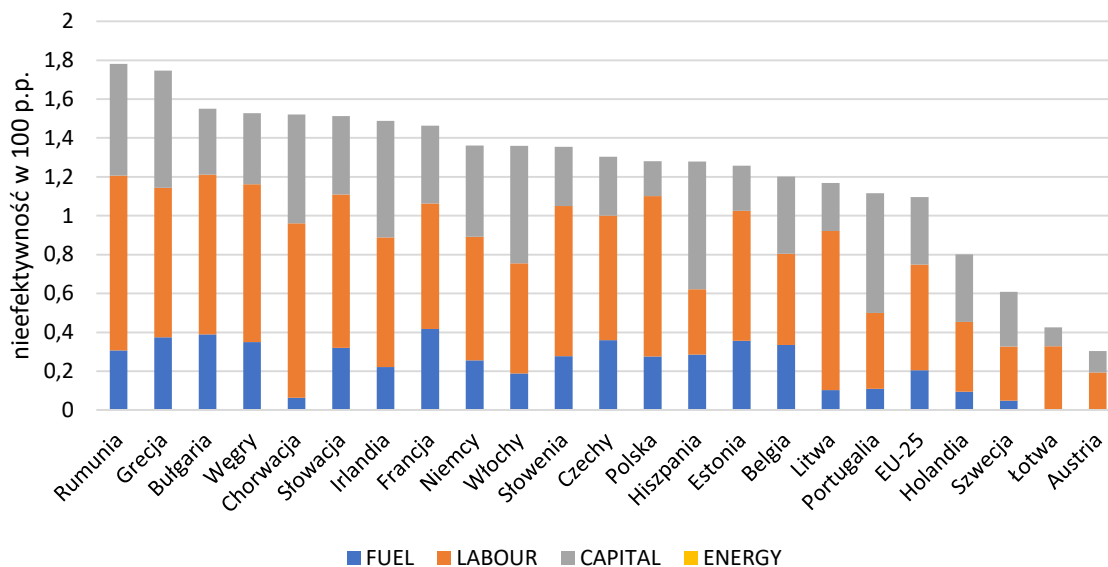


**Rys. nr 30. Dekompozycja wskaźnika nieefektywności wytwarzania energii w krajach UE, wartość przeciętna dla lat 2008-2017, wymiar ekonomiczny i społeczny**

Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat (szczegóły Aneks 2)

Kontynuacja analizy w oparciu o rys. nr 30, opisujący wymiar ekonomiczno-społeczny, pozwala dostrzec, że Polska ponownie znajduje się w czołówce krajów nieefektywnych, tym razem na 5. miejscu. Ponownie również nieefektywność jest wyższa od przeciętnej w UE. W nawiązaniu do wyników indeksu zbiorczego wskazać można brak niezależności energetycznej jako główne źródło nieefektywności.

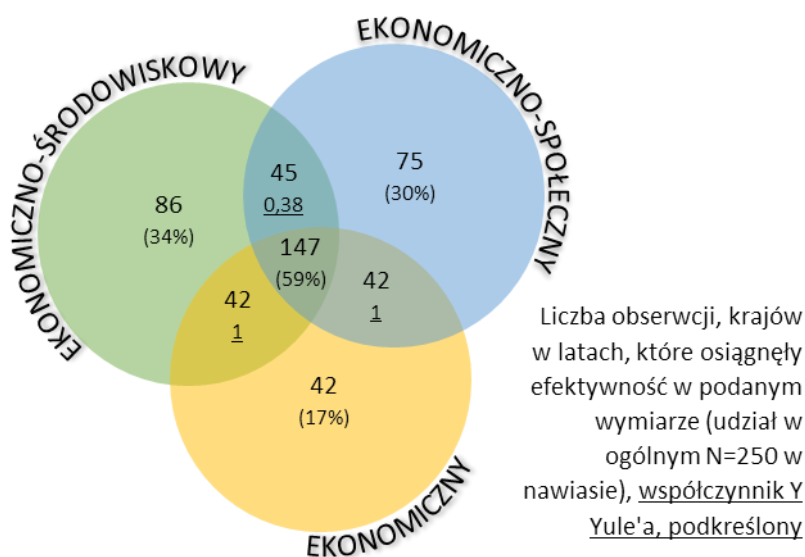
Obrazu tej sytuacji dopełnia rys.nr 31, prezentujący wskaźnik nieefektywności ograniczony do wymiaru ekonomicznego. W tym podejściu tylko 3 kraje - Dania, Wielka Brytania i Finlandia, okazały się w pełni efektywne, zaś nieefektywność wynikała w największym stopniu z nadmiarowych nakładów pracy. Relatywnie lepiej w tym ujęciu wypada Polska, plasując się w środku rankingu krajów UE - na 13 miejscu. Co charakterystyczne dla wszystkich podejść, nieefektywność w żadnym wypadku nie wynikała ze zbyt niskiej, względem obiektów wzorcowych dostępności energii.



FUEL – zużycie energii pierwotnej w produkcji energii elektrycznej i ciepłej wyrażone w gigawatogodzinach; CAPITAL – moc zainstalowana urządzeń wytwarzania energii w megawatach; LABOUR – liczba osób zatrudnionych; ENERGY - dostępna do konsumpcji energia w gigawatogodzinach;

**Rys. nr 31. Dekompozycja wskaźnika nieefektywności wytwarzania energii w krajach UE, wartość przeciętna dla lat 2008-2017, wymiar ekonomiczny**

Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat (szczegóły Aneks 2)



**Rys. nr 32. Współzależności pomiędzy różnymi wymiarami efektywności wytwarzania energii w krajach UE**

Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat (szczegóły Aneks 2)

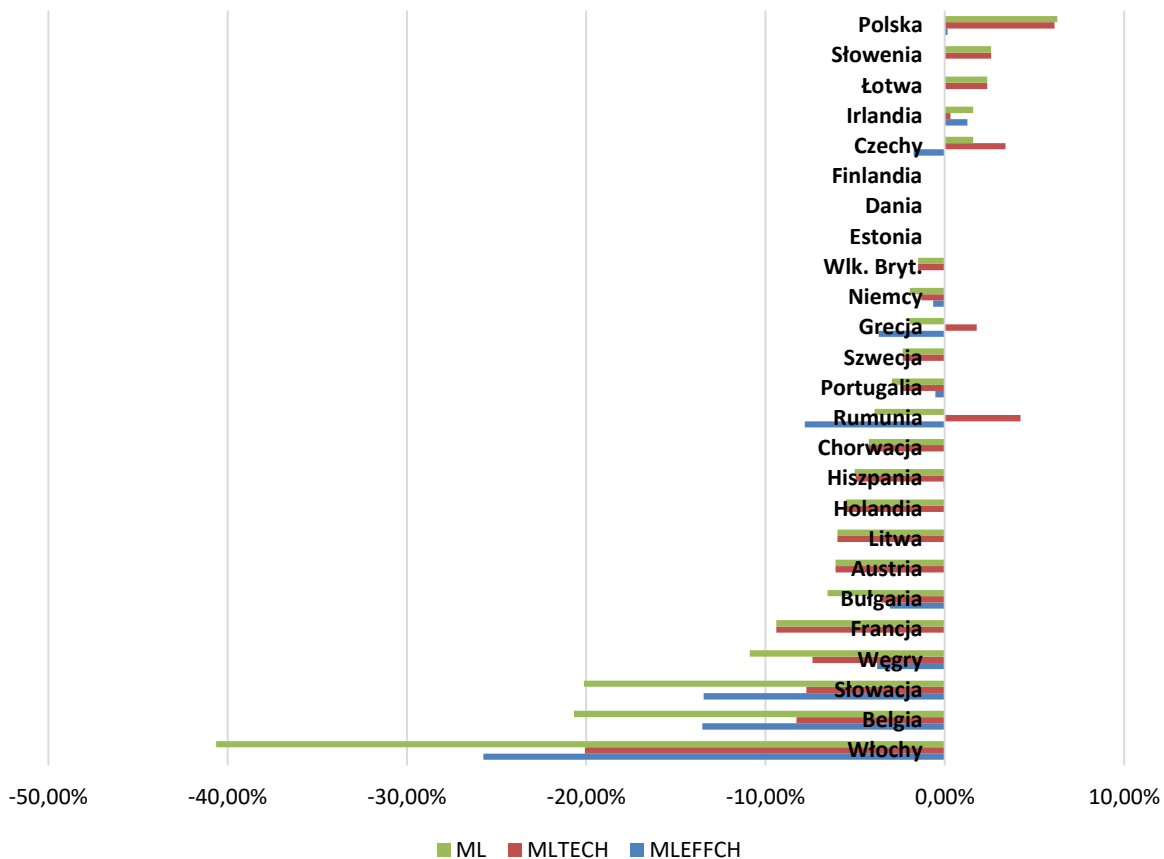
Tę część badań podsumowuje zestawienie wyników analizy efektywności w różnych wymiarach (rys. nr 32). Zauważyć można kilka prawidłowości. Po pierwsze, wszystkie obserwacje (kraje w latach) efektywne ekonomicznie okazały się również efektywne



ekonomicznie-środowiskowo i ekonomiczno-społecznie. Dodanie kolejnych wymiarów analizy korygowało zatem raczej wyniki in plus. Po drugie, zbieżność klasyfikacji pomiędzy wymiarami ekonomiczno-środowiskowymi i ekonomiczno-społecznym była niewielka, na co wskazuje niski wskaźnik Yule'a (0,38). Po trzecie, uwzględnienie wszystkich trzech wymiarów spowodowało określenie jako w pełni efektywne niemal 60% obserwacji. Finalnie, podsumować należałoby również pozycję Polski w rankingach. Mianowicie, wypada ona lepiej niż w oszacowanym w rozdziale 3 wskaźniku kultury energetycznej, jednak tylko nieznacznie, notując awans z ostatniego na 3 od końca miejsce. Polska najlepiej prezentuje się w rankingu uwzględniającym jedynie ekonomiczny aspekt wytwarzania energii, najgorzej zaś we wskaźniku syntetycznym, co stanowi konsekwencję nienajlepszej pozycji we wszystkich analizowanych wymiarach. Jako szczególnie istotny problem, decydujący o małej efektywności wskazać można niską dostępność cenową energii, a w następnej kolejności brak niezależności energetycznej oraz wysoką emisyjność produkcji, niezależnie od rodzaju emisji.

#### 5.4. Produktywność wytwarzania energii - ujęcie dynamiczne

Kolejny etap badań stanowi analiza dynamiki efektywności, czyli oszacowanie indeksu produktywności całkowitej (TFP) oraz jego dekompozycja. Korzystając z indeksu Malmquista-Luenbergera zidentyfikowane zmiany TFP interpretować można jako wypadkową zmian efektywności (MLEFFCH) i postępu technicznego (MLTECH). Uśrednione wielkości tych zmian dla poszczególnych krajów UE w okresie 2008-2017 zaprezentowane są na rys. nr 33. Dostrzec można, że szczególnie pozytywnie w tym kontekście wypada Polska, która poprawiała się średniorocznie o ponad 6%. Zmiany te wynikały jednak głównie z postępu technologicznego (kształtu krzywej maksymalnych możliwości produkcyjnych) nie zaś postępu technicznego, czyli przybliżania się do krajów najbardziej efektywnych. Podobne, choć mniej intensywne zmiany, zachodziły w przypadku Słowenii i Łotwy. Zmiany te sprawiły, że Polska z drugiego najbardziej nieefektywnego kraju w 2008 roku, awansowała na 5. od końca miejsce w 2017 roku. Wskazać można Finlandię, Danię i Estonię, które pozostawały efektywne przez cały badany okres. W przypadku Czech, Grecji i Rumunii obydwa efekty wzajemnie znosiły się. Grecja i Rumunia poprawiły skorzystały z dokonującego się postępu technicznego, jednak pogorszyły jednocześnie swoją efektywność, co finalnie doprowadziło do regresu. Ogólnie powiedzieć można, że większość krajów zanotowała w analizowanym okresie regres, który szczególnie dotkliwy był we Włoszech, Belgii, Słowacji oraz na Węgrzech, ze względu na nakładanie się negatywnych zmian w obydwu komponentach. Uzyskane wyniki uznać można zatem za sygnał ostrzegawczy dla Polityki UE nakierunkowanej na zrównoważony rozwój sektora energetycznego, które nie przynosi zamierzonych rezultatów w obrębie poprawy produktywności całkowitej.



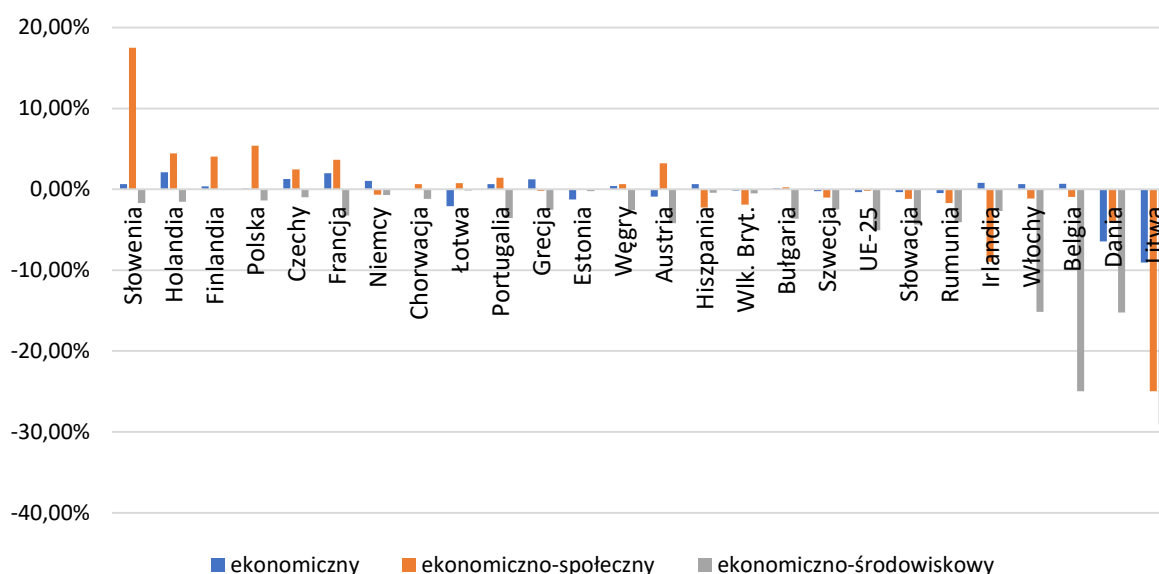
ML – zmodyfikowany indeks Malmquista-Luenbergera; MLTECH – przesunięcie maksymalnych możliwości produkcyjnych, wynikające ze zmian technologicznych; MLEFFCH – postęp wynikający ze zmiany odległości od granicy możliwości produkcyjnych, wynikający z poprawy efektywności technicznej i „doganiania” krajów wiodących

**Rys. nr 33. Dekompozycja dynamiki produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017, średnia geometryczna**

Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat (szczegóły Aneks 2)

Dodatkowe światło na zaobserwowane prawidłowości rzucają wartości indeksu Malmquista-Luenbergera oszacowane dla poszczególnych cząstkowych wymiarów TFP (rys. nr 34.). Największy regres zaobserwowano w UE-25 w wymiarze efektywności ekonomiczno-środowiskowej, co przy stagnacji w obszarze ekonomicznym i ekonomiczno-społecznym, rzutuje na regres we wskaźniku całkowitym. Co szczególnie zaskakujące w żadnym z krajów produktywność ekonomiczno-środowiskowa nie poprawiła się, jedynie w przypadku Finlandii, będącej wzorcem przez cały okres, pozostała niezmieniona. Znaczne pogorszenie nastąpiło natomiast we Włoszech, Belgii, Danii i na Litwie. Polska szczególny postęp zanotowała w obszarze ekonomiczno-społecznym, choć nie tak znaczący jak liderująca pod tym względem Słowenia. Znaczne zmiany w zakresie produktywności ekonomiczno-społecznej i ekonomiczno-środowiskowej kontrastują z niedużymi w obszarze czystej produktywności ekonomicznej. Znaczne pogorszenie zaobserwować można jedynie w Danii i na Litwie. Taką prawidłowość wiązać można z lepiej rozpoznaniem pomiarem nakładów i efektów

ekonomicznych, co przekłada się z kolei na większą stabilność i niezawodność pomiaru zmiennych je opisujących.



**Rys. nr 34. Dynamika produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017 w różnych wymiarach zrównoważonego rozwoju**

*Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat, szczegóły w aneksie*

Podsumowując tę część rozważań stwierdzić można, że Polska wyróżniła się pozytywnie na tle pozostałych krajów UE tempem i kierunkiem zachodzących zmian. Analizując przyczyny tego stanu rzeczy wskazać można wzrost produkcji energii powiązany z ograniczaniem nakładów czynnika pracy i poprawą dostępności cenowej energii, ze względu na wolniejszy wzrost cen energii niż dochodów. Wszelkie wyniki analiz efektywności i produktywności są jednak niekompletne bez rozważenia przyczyn leżących u podstaw zmienności. Zostaną one dokonane w kolejnej części pracy.

### 5.5. Czynniki produktywności wytwarzania energii

W tym punkcie rozprawy przeanalizowany zostanie związek zmian w produktywności ekonomiczno-społeczno-środowiskowej i produktywnościach cząstkowych, mierzonych indeksem Malmquista Luenbergera, ze zmianami w obrębie potencjalnych jej determinant. Schemat analizy podobny jest do tego zastosowanego w punkcie 5.3., tzn. w pierwszej kolejności przeanalizowane zostają wyniki modelu oszacowanego dla produktywności uwzględniającej wszystkie trzy wymiary (tabela 22.), w następnej zaś modele opisujące produktywności częściowe (tabele od 23 do 25.). Różnice w kierunku i sile oddziaływania zmiennych w poszczególnych modelach stanowić będą interesujące uzupełnienie wniosków płynących z modelu podstawowego. Wszelkie porównania dokonywane są na przyrostach, tzn. wartość indeksu produktywności objaśniana jest wielkościami indeksów zmian

poszczególnych zmiennych. W związku z tym współczynniki w modelu interpretować można jako elastyczności, tzn. współczynnik równy 0,23 oznacza, że przy przyspieszeniu zmian w danym zakresie o 100%, produktywność wzrośnie o 23%. Dodatkowo test Breuscha-Pagana wykazał we wszystkich modelach problem z heteroskedastycznością reszt, co powodowało potrzebę zastosowania odpornych błędów standardowych. Ze względu na krótki szereg czasowy poddawany analizie (10 okresów) wyniki nie są obciążone błędami wynikającymi z autokorelacji zmiennych. W przypadku każdego z modeli przebadano trzy konfiguracje - model naiwny (zwykła regresja KMNK), model o efektach stałych i model o efektach losowych. W tabelach prezentowane są oszacowania dla modelu, który wykazywał największą adekwatność, zgodnie z wynikami testów Hausmana oraz LM Breuscha-Pagana. Dodatkowo w przypadku modeli o efektach stałych testowano zasadność uwzględnienia zmiennych 0-1 opisujących lata analizy (test LM Breuscha-Pagana).

**Tabela 22. Modele determinant dynamiki produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017, ujęcie ekonomiczno-społeczno-środowiskowy, model o efektach stałych, odporne błędy standardowe**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
COGEN	-0,45 (0,43)	-0,37 (0,42)	<b>-0,35</b> <b>(0,4)</b>			
FOSSIL	0,28 (0,36)					
RENEW	-0,32** (0,13)	-0,34** (0,16)	<b>-0,32**</b> <b>(0,16)</b>	-0,29* (0,15)	-0,11 (0,2)	
ABUND	-0,4** (0,17)	-0,4** (0,19)	<b>-0,4**</b> <b>(0,19)</b>	-0,4** (0,18)	-0,28* (0,15)	-0,28* (0,16)
CONC	-0,11 (0,12)	-0,1 (0,12)				
CPE	-1,01 (0,73)	-1,12* (0,62)	<b>-1,17*</b> <b>(0,66)</b>	-1,18* (0,66)	-0,93* (0,5)	-0,95* (0,49)
TAX	0,2 (0,12)	0,2* (0,11)	<b>0,2*</b> <b>(0,11)</b>	0,21* (0,11)	0,21* (0,11)	0,2* (0,11)
GDP	-3,24 (2,01)	-3,31* (1,93)	<b>-3,4*</b> <b>(2)</b>	-3,23 (2)		
NMS						
lata	0,028 (0,86)	0,005 (0,94)	<b>0,071</b> <b>(0,79)</b>	0,061 (0,8)	0,51 (0,48)	0,45 (0,5)
R <sup>2</sup>	0,172	0,167	<b>0,165</b>	0,16	0,1	0,1
Skor. R <sup>2</sup>	0,034	0,033	<b>0,036</b>	0,034	-0,03	-0,02
Test F	4,99 (<0,001)	5,52 (<0,001)	<b>6,4</b> <b>(&lt;0,001)</b>	7,37 (<0,001)	5,62 (<0,001)	7,43 (<0,001)
Breusch-Pagan	2302,4 (<0,001)	2081,1 (<0,001)	<b>2063,8</b> <b>(&lt;0,001)</b>	2030 (<0,001)	1756 (<0,001)	1731,1 (<0,001)
Hausman	49,6 (<0,001)	59,87 (<0,001)	<b>52,84</b> <b>(&lt;0,001)</b>	49,65 (<0,001)	28,83 (<0,001)	28,42 (<0,001)

Zmienne: COGEN - udział energii pochodzącej z kogeneracji, FOSSIL - udział paliw kopalnych w produkcji energii, RENEW - udział odnawialnych źródeł w produkcji energii, ABUND - zasoby paliw kopalnych, CONC - koncentracja produkcji, CPE - moc zainstalowana urządzeń wytwarzania energii w przeliczeniu na jednego zatrudnionego, TAX - podatki środowiskowe, GDP – zmiany PKB; wszystkie zmienne wyrażone jako indeks zmian; dla lat wyniki testu Breuscha-Pagana na wprowadzenie do modelu zmiennych 0-1 reprezentujących rok obserwacji;

Legenda: \* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,1$ , \*\* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,05$ , \*\*\* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,01$ ; w nawiasach przy współczynnikach wartości bł. standardowych; w nawiasach przy testach wartość p;

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (szczegóły Aneks 2)

Jeżeli chodzi o model podstawowy (tabela 22) to wykonane testy wskazały, że najbardziej adekwatny będzie estymator o efektach stałych. W modelu tym stałe w czasie, ale nieznanne różnice pomiędzy krajami są reprezentowane przez indywidualne, typowe dla danego kraju wyrazy wolne. W związku z tym wyniki interpretowane są w sytuacji kontroli oddziaływania niemierzalnej specyfiki krajów. Dodatkowo wykonane testy wskazały na brak istotnego oddziaływania okresu badań. Niestety, choć oszacowane modele identyfikowały istotne statystycznie zmienne, to niezbyt dokładnie tłumaczyły zmienność produktywności całkowitej, gdyż jedynie w ok. 17%. Oznacza to, że większość zmienności pozostawała niewytłumaczona, mimo zastosowania możliwie szerokiego wachlarza determinant. W procesie regresji krokowej usuwane były z modelu kolejno zmienne o najmniejszej istotności. W ten sposób z modelu wypadły kolejno udział paliw kopalnych w produkcji energii (FOSSIL), koncentracja produkcji (CONC) oraz udział energii pochodzącej z kogeneracji (COGEN). Na podstawie wielkości skorygowanego  $R^2$  za najlepiej dopasowany uznać można model (3). Uzyskane na jego podstawie oszacowania prowadzą do następujących wniosków. Najbardziej istotne okazało się oddziaływanie dostępności paliw kopalnych (ABUND), które dodatkowo oddziaływało negatywnie. Sytuację tę interpretować można jako empiryczne potwierdzenie występowania „choroby holenderskiej”, kiedy to kraj bogaty w zasoby (w przypadku Holandii był to gaz ziemny), koncentruje się na ich eksploatacji, co spowalnia inwestycje w innych sektorach i w konsekwencji prowadzić może do spadku produktywności. Co ważne, oddziaływanie tej zmiennej było odporne i stabilne – była ona istotna we wszystkich konfiguracjach modelu oraz nie zmieniał się jej znak.

Drugą zmienną istotną na poziomie  $\alpha=0,05$  był udział odnawialnych źródeł w produkcji energii (RENEW), choć należy nadmienić, że przy zmienionej konfiguracji modelu, w szczególności po usunięciu zmiennej opisującej zmiany PKB w kraju (GDP), zmienna ta traciła istotność. Co więcej, niespodziewanie oddziaływanie tej zmiennej na produktywność całkowitą ma charakter negatywny, co stoi w sprzeczności z ugruntowanym przekonaniem o pozytywnym oddziaływaniu inwestycji z OZE. Wynik ten tłumaczyć można poprzez duże, często niewykorzystane moce zainstalowane generowane przez OZE, które oddziałują negatywnie na wymiar ekonomiczny oraz wyższe koszty pozyskania energii, a przez to również wyższe ceny, negatywnie oddziałujące na wymiar społeczny. Straty te najwyraźniej przewyższają korzyści środowiskowe oraz społeczne, wynikające z OZE. Wśród mniej istotnych i stabilnych zmiennych uwzględnionych w modelu wskazać można:

- wysokość podatków środowiskowych (TAX), które oddziałują pozytywnie, co wskazywałoby, że nie są przeliczone na konsumentów, co oddziaływało by negatywnie w sferze społecznej, a raczej mobilizują firmy sektora energetycznego do ekologizacji produkcji;
- relację mocy zainstalowanej na zatrudnionego (CPE), która oddziałuje negatywnie, co wskazywałoby nadmiar mocy zainstalowanej względem liczby pracowników (wcześniej omawiany problem niestabilności produkcji z OZE);

W niektórych konfiguracjach modelu, w tym w omawianej szerzej (3), istotną zmienną okazywał się wzrost gospodarczy (GDP), oddziaływanie to nie było jednak odporne, gdyż wystąpiło tylko w 2 z 6 wersji modelu. Powyżej opisane wyniki zostaną teraz zestawione z wynikami uzyskanymi dla cząstkowych mierników produktywności. W pierwszej kolejności rozważona będzie bazowa dla wszystkich pozostałych produktywność ekonomiczna (tabela 23.).

**Tabela 23. Modele determinant dynamiki produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017, ujęcie ekonomiczne, model o efektach losowych, odporne błędy standardowe**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
stała	0,77*** (0,2)	0,78*** (0,2)	0,73*** (0,2)	0,76*** (0,2)	0,83*** (0,2)	<b>0,87*** (0,2)</b>
COGEN	0,28** (0,12)	0,28** (0,12)	0,28** (0,12)	0,28** (0,12)	0,27** (0,12)	<b>0,28*** (0,11)</b>
FOSSIL	0,04 (0,04)	0,04 (0,04)	0,04 (0,04)	0,04 (0,04)	0,04 (0,04)	
RENEW	-0,1*** (0,03)	-0,11*** (0,02)	-0,11*** (0,03)	-0,11*** (0,03)	-0,11*** (0,03)	<b>-0,12*** (0,03)</b>
ABUND	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)			
CONC	-0,05*** (0,02)	-0,05*** (0,02)	-0,05*** (0,02)	-0,05*** (0,02)	-0,05*** (0,02)	<b>-0,05*** (0,02)</b>
CPE	-0,04 (0,06)	-0,04 (0,06)				
TAX	0,02*** (0,01)	0,02*** (0,01)	0,02*** (0,01)	0,02*** (0,01)	0,02*** (0,01)	<b>0,02*** (0,01)</b>
GDP	0,08 (0,1)	0,07 (0,1)	0,09 (0,1)	0,07 (0,1)		
NMS	-0,003 (0,02)					
R <sup>2</sup>	0,137	0,138	0,137	0,136	0,136	<b>0,133</b>
Skor. R <sup>2</sup>	0,101	0,105	0,109	0,112	0,116	<b>0,117</b>
Test F	34,37 (<0,001)	34,48 (<0,001)	34,41 (<0,001)	34,33 (<0,001)	34,31 (<0,001)	<b>33,87 (&lt;0,001)</b>
Breusch-Pagan	991,68 (<0,001)	991,68 (<0,001)	987,15 (<0,001)	989,75 (<0,001)	969,28 (<0,001)	<b>945,74 (&lt;0,001)</b>
Hausman	1,35 (0,99)	1,35 (0,99)	1,43 (0,98)	1,41 (0,97)	1,35 (0,93)	<b>0,32 (0,99)</b>

Zmienne: COGEN - udział energii pochodzącej z kogeneracji, FOSSIL - udział paliw kopalnych w produkcji energii, RENEW - udział odnawialnych źródeł w produkcji energii, ABUND - zasoby paliw kopalnych, CONC - koncentracja

produkcji, CPE - moc zainstalowana urządzeń wytwarzania energii w przeliczeniu na jednego zatrudnionego, TAX - podatki środowiskowe, GDP – zmiany PKB; wszystkie zmienne wyrażone jako indeks zmian; NMS – kraj przystępujący do UE po 2004 roku (zmienna 0-1); dla lat wyniki testu Breucha-Pagana na wprowadzenie do modelu zmiennych 0-1 reprezentujących rok obserwacji;

Legenda: \* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,1$ , \*\* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,05$ , \*\*\* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,01$ ; w nawiasach przy współczynnikach wartości bł. standardowych; w nawiasach przy testach wartość p;

*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (szczegóły Aneks 2)*

W przypadku tego modelu bardziej adekwatna okazała się konfiguracja z efektami losowymi, co wskazywać może, że społeczne i środowiskowe efekty działalności sektora energetycznego są bardziej „typowe” dla krajów, a ich włączenie powoduje, że zasadne staje się uwzględnienie w modelu dodatkowych zmiennych 0-1 stanowiących stałe dla poszczególnych krajów. W przypadku modelu o efektach losowych niemiernalność specyfika danego kraju ma charakter bardziej stochastyczny – przestaje być stała w czasie. Efekty indywidualne nie są ujęte w modelu jako wyraz wolny, lecz indywidualny dla każdego kraju składnik losowy. W modelu tym można zatem oszacować wyraz wolny, a z drugiej strony wprowadzenie zmiennych 0-1 opisujących poszczególne lata analizy traci sens, gdyż zmienność ta zawarta jest w oszacowanym składniku losowym. Pewnej zmianie ulega również interpretacja współczynników, które w takiej konfiguracji informują o przeciętnym oddziaływaniu determinanty na produktywność ekonomiczną, gdy determinanta zmienia się w czasie i pomiędzy krajami. Oszacowane modele tłumaczą niestety zmienność produktywności ekonomicznej jeszcze słabiej niż wcześniejsze, ze współczynnikiem  $R^2$  na poziomie 13-14%. Z analizy różnych konfiguracji modelu wyłania się jednak zbiór stabilnych i silnie istotnych determinant. Przede wszystkim ujawnia się pozytywne oddziaływanie technologii kogeneracji, choć tylko w aspekcie czysto ekonomicznym. Technologia ta pozwala efektywnie wykorzystać ciepło powstające w procesie wytwarzania energii elektrycznej, a zatem zwiększa efektywność wykorzystania paliwa. Kolejna nowo zidentyfikowana zależność dotyczy negatywnego oddziaływania koncentracji w sektorze, która ogranicza konkurencję i nie sprzyja poprawie efektywności, co zgodne jest z teorią ekonomii. Poza tym potwierdzają się zidentyfikowane wcześniej negatywne oddziaływanie OZE oraz pozytywne opodatkowania.

W przypadku kolejnych dwóch modeli cząstkowych jakość dopasowania spada niestety jeszcze bardziej do poziomu ok. 10%. Znacznie zmniejszają się również wartości Testu F informującego o ogólnej jakości modelu, co nakazuje podchodzić do wyników zaprezentowanych w tabeli 24. i 25. z istotną rezerwą. Pierwszy z tych modeli, odnoszący się do produktywności w ujęciu ekonomiczno-społecznym, potwierdza przede wszystkim negatywne oddziaływanie OZE, prawdopodobnie poprzez kanał cenowy oraz negatywne oddziaływanie dostępności surowców, co stanowi pewne zaskoczenie, zważywszy na fakt, że jednym z uwzględnianych efektów społecznych jest bezpieczeństwo energetyczne, zwiększane także przez zasoby własne paliw kopalnych. Być może efekt ten związany jest ze

zbytnim przywiązaniem do krajowych zasobów, których wykorzystanie jest kosztowne, co winduje ceny energii i pogarsza jej dostępność. Jeszcze bardziej zaskakujące są wyniki uzyskane w modelu produktywności ekonomiczno-środowiskowej (tabela 25.), gdzie najsilniejszą, pozytywną determinantą był wzrost udziału stałych paliw kopalnych w energy mix, zaś wzrost udziału OZE oddziaływał negatywnie, co jest całkowicie sprzeczne z intuicją i teorią. Może to wskazywać, że przy obecnej technologii korzyści środowiskowe zmiany mixu energetycznego wciąż nie rekompensują niższej efektywności ekonomicznej. Odnotować należy również niewielkie, choć istotne, pozytywne oddziaływanie opodatkowania.

**Tabela 24. Modele determinant dynamiki produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017, ujęcie ekonomiczno-społeczne, model o efektach stałych, odporne błędy standardowe**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
COGEN	0,13 (0,2)	0,13 (0,23)					
FOSSIL	-0,01 (0,56)						
RENEW	-0,32** (0,16)	-0,32** (0,14)	<b>-0,33**</b> <b>(0,13)</b>	-0,36** (0,17)	-0,35** (0,17)	-0,28* (0,15)	-0,03 (0,18)
ABUND	-0,64** (0,27)	-0,64** (0,26)	<b>-0,64**</b> <b>(0,27)</b>	-0,66** (0,27)	-0,67** (0,28)	-0,67** (0,29)	-0,51** (0,23)
CONC	-0,24 (0,17)	-0,24 (0,2)	<b>-0,24</b> <b>(0,2)</b>	-0,31 (0,24)	-0,31 (0,24)		
CPE	-0,93 (1,13)	-0,93 (0,94)	<b>-0,92</b> <b>(0,94)</b>				
TAX	0,19 (0,18)	0,19 (0,17)	<b>0,19</b> <b>(0,17)</b>	0,18 (0,16)			
GDP	-4,26 (3,35)	-4,25 (3,22)	<b>-4,31</b> <b>(3,18)</b>	-3,94 (2,84)	-3,94 (2,84)	-4,16 (3,01)	
lata	0,62 (0,76)	0,62 (0,76)	<b>0,62</b> <b>(0,76)</b>	0,55 (0,82)	0,55 (0,82)	0,55 (0,82)	1,35 (0,22)
R <sup>2</sup>	0,108	0,108	<b>0,107</b>	0,099	0,084	0,077	0,037
Skor. R <sup>2</sup>	-0,041	-0,035	<b>-0,03</b>	-0,035	-0,046	-0,05	-0,09
Test F	2,9 (0,004)	3,34 (0,002)	<b>3,9</b> <b>(0,001)</b>	4,3 (0,001)	4,49 (0,002)	5,46 (0,001)	3,84 (0,023)
Breusch-Pagan	2205 (<0,001)	2130 (<0,001)	<b>2126</b> <b>(&lt;0,001)</b>	2153 (<0,001)	2115 (<0,001)	2119 (<0,001)	2119 (<0,001)
Hausman	72,48 (<0,001)	86,6 (<0,001)	<b>500</b> <b>(&lt;0,001)</b>	475 (<0,001)	51 (<0,001)	47,43 (<0,001)	22,63 (<0,001)
stałe/KMNK	1,46 (0,087)	1,47 (0,084)	<b>1,5</b> <b>(0,075)</b>	1,45 (0,093)	1,41 (0,107)	1,41 (0,105)	1,1 (0,34)

Zmienne: COGEN - udział energii pochodzącej z kogeneracji, FOSSIL - udział paliw kopalnych w produkcji energii, RENEW - udział odnawialnych źródeł w produkcji energii, ABUND - zasoby paliw kopalnych, CONC - koncentracja produkcji, CPE - moc zainstalowana urządzeń wytwarzania energii w przeliczeniu na jednego zatrudnionego, TAX - podatki środowiskowe, GDP – zmiany PKB; wszystkie zmienne wyrażone jako indeks zmian; NMS – kraj przystępujący do UE po 2004 roku (zmienna 0-1); dla lat wyniki testu Breucha-Pagana na wprowadzenie do modelu zmiennych 0-1 reprezentujących rok obserwacji;

Legenda: \* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,1$ , \*\* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,05$ , \*\*\* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,01$ ; w nawiasach przy współczynnikach wartości bł. standardowych; w nawiasach przy testach wartość p;

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (szczegóły Aneks 2)



Dokonana analiza, poza dostarczeniem empirycznych przesłanek do weryfikacji stawianych w pracy hipotez, uwidoczniała również szereg problemów natury metodycznej, stanowiących pewne jej niedostatki, trudne jednak do wyeliminowania przy obecnym stanie wiedzy i dostępności danych. Problemy te stanowią jednocześnie obiecujące kierunki przyszłych badań. Wśród nich wskazać można trzy najistotniejsze. Po pierwsze, wspomniany już wcześniej problem z danymi opisującymi społeczny aspekt działań sektora energetycznego. Choć istnieje już dziś szereg miar ubóstwa energetycznego, takich jak udział wydatków na energię czy pytanie o możliwość utrzymania odpowiedniej temperatury zimą, to dane te zbierane są w interwałach 5-letnich, co utrudnia ich ekonometryczną aplikację. Dodatkowo w obrębie nakładów, jakoś badań poprawiłaby dokładna informacja na temat wartości kapitału zaangażowanego w sektorze, a w obrębie efektów środowiskowych uwzględnienie pełnego rachunku ciągnionego.

Po drugie, wskazać można na pewne niedostatki modeli pomiaru efektywności i produktywności. Przede wszystkim w celu wyeliminowania dużej liczby jednostek w pełni efektywnych wskazane byłoby zastosowanie modelu super efektywności, który jest w stanie wprowadzić rozróżnienie pomiędzy takimi obiektami. Dodatkowo wartościowe byłoby wykonanie analizy determinant opartej na metodzie bootstrappingu. Obecnie jest ona dostępna jednak tylko dla statycznych mierników efektywności, nie zaś dla danych panelowych dotyczących produktywności. W końcu istotnie na uzyskane wyniki badań oddziałuje przyjęty wektor kierunkowy  $g$ . W pracy tej, zgodnie z powszechną praktyką, przyjęto, że jest on równy wyjściowym wartościom nakładów i efektów, jest to jednak tylko jeden z możliwych scenariuszy. W związku z tym interesującym zagadnieniem dla przyszłych badań byłoby określenie różnic w pomiarze efektywności i produktywności, w zależności od przyjętych wartości wektora  $g$ .

Po trzecie, w kontekście badań determinant, zaproponowane modele, choć obejmują wszystkie możliwe do pozyskania zmienne, w niewielkim stopniu tłumaczą zmienność produktywności, co wskazuje na potrzebę rozszerzenia katalogu cech sektora energetycznego w ramach badań Eurostat, tak by możliwe było konstruowanie modeli lepiej opisujących analizowany proces. Im szybciej kroki takie zostaną podjęte, tym prędzej powstanie odpowiednio długi szereg czasowy dla zastosowania odpornych metod ekonometrycznych.

**Tabela 25. Modele determinant dynamiki produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017, ujęcie ekonomiczno-środowiskowe, model KMNK, odporne błędy standardowe**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
stała	0,55 (0,51)	<b>0,6*</b> <b>(0,34)</b>	0,6* (0,34)	0,91*** (0,16)	0,73*** (0,16)	0,77*** (0,15)	0,81*** (0,15)
COGEN	0,42 (0,34)	<b>0,41</b> <b>(0,32)</b>	0,4 (0,32)				
FOSSIL	0,27*** (0,10)	<b>0,27***</b> <b>(0,10)</b>	0,29*** (0,09)	0,36*** (0,07)	0,38*** (0,08)	0,38*** (0,08)	0,37*** (0,08)
RENEW	-0,20*** (0,07)	<b>-0,20***</b> <b>(0,08)</b>	-0,19*** (0,07)	-0,22** (0,1)	-0,22** (0,09)	-0,23** (0,09)	-0,23** (0,09)
ABUND	0,03* (0,02)	<b>0,03</b> <b>(0,02)</b>	0,03 (0,02)	0,03 (0,02)	0,03 (0,02)	0,03 (0,02)	
CONC	0,07 (0,05)	<b>0,07</b> <b>(0,05)</b>	0,06 (0,05)	0,04 (0,04)	0,03 (0,04)		
CPE	-0,26 (0,19)	<b>-0,27</b> <b>(0,18)</b>	-0,24 (0,18)	-0,18 (0,2)			
TAX	0,05*** (0,01)	<b>0,05***</b> <b>(0,02)</b>	0,05*** (0,02)	0,04*** (0,01)	0,04*** (0,01)	0,04*** (0,01)	0,04*** (0,01)
GDP	0,04 (0,20)						
NMS	0,04 (0,04)	<b>0,04</b> <b>(0,04)</b>					
R <sup>2</sup>	0,099	<b>0,099</b>	0,092	0,069	0,067	0,066	0,065
Skor. R <sup>2</sup>	0,061	<b>0,065</b>	0,063	0,044	0,046	0,049	0,053
Test F	2,61 (0,007)	<b>2,95</b> <b>(0,004)</b>	3,16 (0,003)	2,7 (0,015)	3,14 (0,009)	3,91 (0,004)	5,16 (0,002)
Breusch-Pagan	180 (<0,001)	<b>173</b> <b>(&lt;0,001)</b>	117 (<0,001)	21,7 (0,001)	13,14 (0,02)	13,14 (0,011)	12,39 (0,006)
losowe/ KMNK	0,843 (0,36)	<b>0,848</b> <b>(0,36)</b>	0,475 (0,49)	0,24 (0,62)	0,29 (0,59)	0,25 (0,61)	0,23 (0,63)
stałe/ KMNK	0,798 (0,73)	<b>0,8</b> <b>(0,73)</b>	0,82 (0,7)	0,89 (0,62)	0,88 (0,63)	0,89 (0,62)	0,9 (0,6)

Zmienne: COGEN - udział energii pochodzącej z kogeneracji, FOSSIL - udział paliw kopalnych w produkcji energii, RENEW - udział odnawialnych źródeł w produkcji energii, ABUND - zasoby paliw kopalnych, CONC - koncentracja produkcji, CPE - moc zainstalowana urządzeń wytwarzania energii w przeliczeniu na jednego zatrudnionego, TAX - podatki środowiskowe, GDP – zmiany PKB; wszystkie zmienne wyrażone jako indeks zmian; NMS – kraj przystępujący do UE po 2004 roku (zmienna 0-1);

Legenda: \* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,1$ , \*\* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,05$ , \*\*\* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,01$ ; w nawiasach przy współczynnikach wartości bł. standardowych; w nawiasach przy testach wartość p;

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (szczegóły Aneks 2)

Porównując wyniki badań uzyskane w ramach poszczególnych modeli (tabela 26.) zauważyć można dwie zmienne, których wpływ ujawniał się we wszystkich lub prawie wszystkich modelach, były nimi udział odnawialnych źródeł energii, który negatywnie oddziaływał na dynamikę produktywności, oraz opodatkowanie, które oddziaływało pozytywnie, przy czym związek udziału OZE był za każdym razem silniejszy.

**Tabela 26. Porównanie oddziaływania determinant przy uwzględnieniu różnych wymiarów produktywności sektora energetycznego**

Wymiary zmienne	ekonomiczno-społeczno-środowiskowy	ekonomiczne	ekonomiczno-społeczne	ekonomiczno-środowiskowe
COGEN		0,28***		
FOSSIL				0,27***
RENEW	-0,32**	-0,12***	-0,33**	-0,20***
ABUND	-0,4**		-0,64**	
CONC		-0,05***		
CPE	-1,17*			
TAX	0,2*	0,02***		0,05***
GDP	-3,4*			
NMS				

Zmienne: COGEN - udział energii pochodzącej z kogeneracji, FOSSIL - udział paliw kopalnych w produkcji energii, RENEW - udział odnawialnych źródeł w produkcji energii, ABUND - zasoby paliw kopalnych, CONC - koncentracja produkcji, CPE - moc zainstalowana urządzeń wytwarzania energii w przeliczeniu na jednego zatrudnionego, TAX - podatki środowiskowe, GDP – zmiany PKB; wszystkie zmienne wyrażone jako indeks zmian; NMS – kraj przystępujący do UE po 2004 roku (zmienna 0-1);  
 Legenda: \* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,1$ , \*\* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,05$ , \*\*\* - zmienna istotna na poziomie  $\alpha=0,01$ ;

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat [szczegółowy opis w aneksie]

Badania empiryczne przeprowadzone w rozdziale piątym prowadzą do następujących konkluzji:

- jeżeli chodzi o pozycję polskiego sektora energetycznego na tle UE w kontekście cząstkowych wskaźników efektywności stwierdzić można, że wysoka chłonność zasobów dotyczy szczególnie energii pierwotnej oraz zasobów pracy, nie zaś zainstalowanej mocy. W wymiarze społecznym mówić można o relatywnie wysokich cenach energii i relatywnie wysokiej niezależności. W wymiarze środowiskowym zaś o wysokiej emisyjności, z wyłączeniem pyłów zawieszonych;
- zidentyfikowana nieefektywność wynikała głównie z wyników osiągniętych w wymiarze społecznym, co jednak może mieć związek ze specyfiką opisujących go zmiennych; rodzi to postulat skonstruowania powszechnie akceptowalnych mierników społecznego oddziaływania i opracowanie ich długookresowej bazy danych;
- wyniki pomiaru efektywności uzyskane w różnych konfiguracjach modelu wskazują, że im więcej wymiarów (a zatem i zmiennych) zostaje ujętych w modelu, tym więcej krajów zostaje uznanych za w pełni efektywne, co jest charakterystyczne dla przyjętej metody badawczej. Zidentyfikowano znaczną zbieżność wyników analizy w wymiarze

ekonomicznym z analizą ekonomiczno-społeczną i ekonomiczno-środowiskową, one same zaś cechowały się jednak znaczną rozbieżnością;

- Polska wypada najlepiej w rankingu uwzględniającym tylko aspekty ekonomiczne, gdzie plasuje się dokładnie w połowie stawki 25 krajów UE - na 13. miejscu, a występująca nieefektywność stanowi konsekwencję głównie zbyt dużych nakładów pracy w sektorze; uwzględnienie efektów społecznych, jak i środowiskowych pogarsza pozycję Polski w rankingu, spada ona na odpowiednio na 23. i 22. miejsce. Pozwala to pozytywnie zweryfikować hipotezę cząstkową dotyczącą negatywnego wpływu na wynik w rankingu uwzględnienia kwestii środowiskowych (H2.1); nie potwierdziły się natomiast przypuszczenia dotyczące pozytywnego oddziaływania uwzględnionych kwestii społecznych (H2.2). W obszarze tym głównym zidentyfikowanym problemem jest niska dostępność cenowa energii, co wynika jednak w głównej mierze z generalnie niskich dochodów w Polsce niż z wysokich cen energii; ostatecznie, w rankingu sumarycznym Polska plasuje się na 23. miejscu; wyniki te pozwalają na pozytywną weryfikację hipotezy badawczej dotyczącej zmienności pozycji Polski w rankingu, w zależności od uwzględnionych efektów produkcji energii (H2);
- w latach 2008-2017 Polska odnotowała największy spośród analizowanych krajów UE postęp w zakresie produktywności całkowitej sektora energetycznego, co wynikało w głównej mierze z ogólnego postępu technicznego, objawiającego się przesunięciem maksymalnych możliwości produkcyjnych, w minimalnym zaś stopniu ze względnej poprawy pozycji Polski względem krajów wiodących. Dobre wyniki w obszarze produktywności korespondują z wynikami analizy dynamiki struktury miksu energetycznego, która była szczególnie duża i pozytywna w latach 2010-2013; szczególnie postęp nastąpił w obszarze ekonomiczno-społecznym; w analizowanym okresie nastąpił w Polsce wzrost produkcji energii powiązany z ograniczaniem nakładów czynnika pracy i poprawą dostępności cenowej energii, ze względu na wolniejszy wzrost cen energii niż dochodów;
- oszacowane modele regresji panelowej tłumaczyły jedynie około 17% zmienności produktywności sektora energetycznego w ujęciu ekonomiczno-społecznym-środowiskowym, pomimo zastosowania maksymalnie szerokiej palety zmiennych objaśniających, co stanowi przesłankę sformułowania postulatu lepszej dostępności danych, szczególnie w aspekcie społecznym i księgowym (wartość nakładów kapitału w sektorze energetycznym);
- wśród istotnych determinant produktywności w ujęciu ekonomiczno-społecznym-środowiskowym wskazać można dostępności paliw kopalnych, co wiązać należy z występowaniem zjawiska „choroby holenderskiej”. Chodzi o udział odnawialnych źródeł energii, których negatywne oddziaływanie może wiązać się ze zwiększeniem poziomu

niewykorzystanej mocy zainstalowanej; wysokość podatków środowiskowych, które mobilizują producentów do ekologizacji produkcji; relację mocy zainstalowanej na zatrudnionego, wskazującą jej nadmiar względem liczby pracowników;

- w modelach uwzględniających produktywność w niepełnym wymiarze, istotne pozostawało jedynie oddziaływanie udziału OZE oraz opodatkowania; w modelu ekonomicznym ujawniło się pozytywne oddziaływanie kogeneracji i negatywne koncentracji sektora. W związku z powyższymi wnioskami należy pozytywnie zweryfikować hipotezy badawcze 3 i 3.1, bowiem wzrost udziału OZE rzeczywiście był istotnie powiązany z produktywnością, a w przypadku produktywności czysto ekonomicznej oddziaływanie miało charakter negatywny, jednakże uwzględnienie kwestii ekologicznych nie odwróciło jednak znaku oddziaływania, co stanowi przesłankę do odrzucenia hipotezy 3.2.

## **Rozdział 6. Perspektywa biznesowa rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem zakładów geotermalnych**

Jak już wielokrotnie podkreślano, w poprzednich częściach rozprawy, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE) staje się istotne, szczególnie w kontekście realizacji idei zrównoważonego rozwoju oraz przyjętych przez Polskę zobowiązań międzynarodowych w tej kwestii. W koncepcji zrównoważonego rozwoju przyjmuje się potrzebę ochrony środowiska przyrodniczego, zachowania kondycji ekonomicznej gospodarki a także zaspokojenie potrzeb przyszłych pokoleń. Konstytutywne zasady zrównoważonego rozwoju, szczególnie przyjazność wobec środowiska, jak podkreśla się w literaturze przedmiotu, są tożsame z celami strategicznymi energetyki, które nakładają m.in. minimalizację uciążliwości stosowanych technologii dla środowiska, przy zachowaniu bezpieczeństwa energetycznego [Malko, 2007, s. 163-164].

Fuzja idei zrównoważonego rozwoju z wymaganiami stawianymi polityce energetycznej skutkuje pojawieniem się kategorii - zrównoważony rozwój energetyczny, zakładający efektywne gospodarowanie zasobami energetycznymi. Jak tego dokonać w warunkach zmniejszenia się konwencjonalnych, nieodnawialnych zasobów paliw energetycznych - węgla kamiennego, brunatnego, ropy naftowej, gazu ziemnego - wzrostu cen tych surowców mogących generować w przyszłości kryzysy gospodarcze czy konflikty o podłożu politycznym.

Jak zatem funkcjonuje w istniejących realiach techniczno-technologicznych i środowiskowo-zasobowych polska energetyka i w jakich kierunkach, zapewniających bezpieczeństwo dostaw energii powinna zmierzać? Ważną podstawę do podjętych na ten temat rozważań stanowią badania zamieszczone w poprzednich rozdziałach, które pozwoliły m.in. określić, w porównaniu z innymi krajami unijnymi poziom kultury energetycznej w Polsce, czy podobieństwa oraz zmiany w zakresie struktur źródeł energii elektrycznej.

Koncentrując się na rzeczywistości i kierunkach rozwoju sektora energetycznego w naszym kraju, na tle syntetycznej prezentacji możliwych wydolności konwencjonalnych źródeł energii w świetle prognozowanego wzrostu jej zużycia, zaprezentowana zostanie zgodnie z tytułem rozdziału perspektywiczna, biznesowa optyka na rozwój OZE w Polsce. Zawarta w niej będzie m.in. ocena pozyskiwania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, głównie zaś niedocenianej w naszym kraju - geotermii. Stąd w oparciu o case study z zakresu OZE szczególna uwaga skoncentrowana będzie na modelach biznesowych zakładów geotermalnych.

### **6.1. Wydolność i możliwości rozwoju konwencjonalnych źródeł energii**

Na Szczycie Klimatycznym w pokrytych smogiem Katowicach w 2018 roku, z udziałem tysięcy uczestników z całego świata, potwierdzenie w wygłoszonych referatach, znajdowały publikowane już wcześniej w Polsce materiały statystyczne wskazujące na okresy

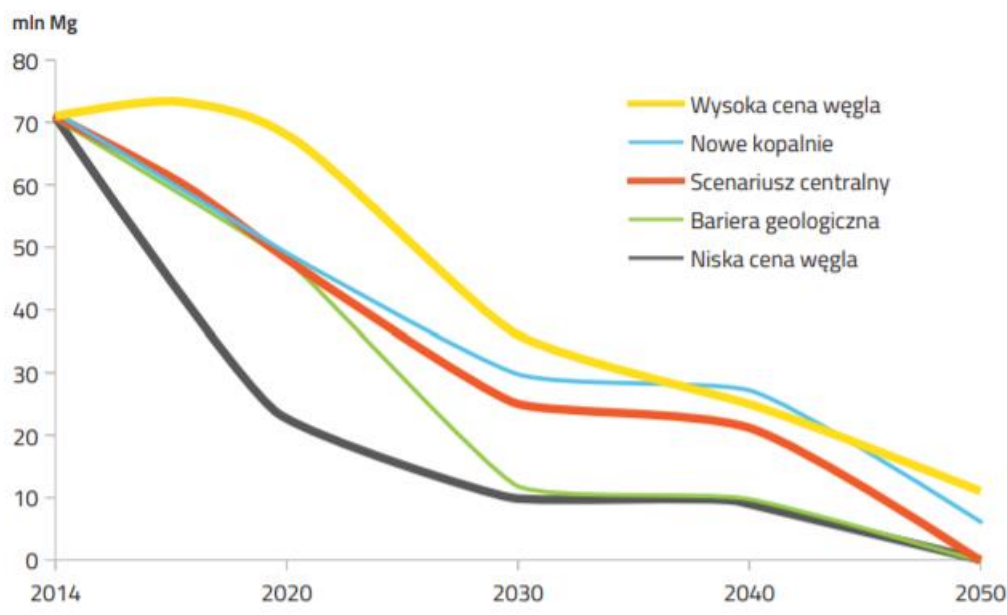
wyczerpywania się podstawowych paliw konwencjonalnych - nieodnawialnych źródeł energii. Trudno wyobrazić sobie, że światowe złoża węgla kamiennego wyczerpią się za niecałe 130 lat, węgla brunatnego za 160 lat, ropy naftowej za około 30 lat, zaś gaz ziemny wykorzystywany będzie w oparciu o dane raportu World Energy Council - tylko przez 50 lat [szerzej zob. Igliński, Buczkowski, Cichosz, Piechota, 2010, s.9]. Choć możliwe, że pojawią się nowe, dotychczas niezidentyfikowane konwencjonalne źródła wytwarzania energii. Jak już rozważano w rozdziale 1 porażające są prognozy odniesione do tzw. „wystarczalności” priorytetowych źródeł energii w Polsce, czyli okresu, w którym wykorzystane zostaną wszystkie udokumentowane dotychczas konwencjonalne zasoby - łącznie około 45 lat, w tym węgiel kamienny w granicach 60 lat, brunatny 20 lat, ropa naftowa podobnie, zaś gaz ziemny około 15 lat. A to jest okres życia naszych dzieci, wnuków, nawet nie prawnuków [Czternasty, Zabłocki, 2018, s.495].

Wielu polityków zaangażowanych w realizację wyróżnianego w ekonomii tzw. politycznego cyklu koniunkturalnego szczególnie uaktywnianego przed wyborami w celu zdobycia kilkudziesięciu tysięcy głosów górników i ich rodzin, podobnie jak zainteresowane materialnie lobby górnicze - eksponują rozwój krajowych, konwencjonalnych źródeł energii. Traktują je jako generator wzrostu poczucia bezpieczeństwa energetycznego wnioskując, iż węgiel kamienny, wespół z brunatnym a także gazem i ropą naftową, stanowią podstawowe surowce energetyczne w Polsce. Końcowy fragment takiego wnioskowania potraktować można, w kontekście zawartych w poprzednich rozdziałach badaniach i uzyskanych wynikach, jako znacząco „przesadzony”.

Jak wyżej zauważono, udokumentowane w Polsce zasoby węgla kamiennego, pozwalają na zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego tylko w kilku następnych dekadach. Mające miejsce dość częste katastrofy w dotychczas działających kopalniach, wybuchy gazów, śmierć górników, to m.in. efekty teraźniejszego stanu tych podmiotów, z których każdy liczy około 40 lat [Czternasty, Zabłocki, 2018, s.495]. Poprawę w tym zakresie wiązać przede wszystkim należałoby z budową nowych kopalni. Odrzucając takie podejście podkreślić należy, iż realizacja takich przedsięwzięć trwa 12-15 lat, zaś kapitałochłonność jest bardzo wysoka; powstanie nowego poziomu to 7-10 lat, zaś szybu od 3 do 5 lat. Bez istotnych inwestycji - w opiniach niektórych polityków oraz autorów tekstów publikowanych w literaturze przedmiotu - bez powstania nowych poziomów eksploatacyjnych, czy wydłużania bądź budowy nowych szybów, nie będzie możliwe zatrzymanie upadku wydobycia węgla kamiennego w polskich kopalniach [Przybyłka, 2014, s.351]. Zauważyć przy tym należy, iż w polskim górnictwie mają miejsce wysokie straty w eksploatowanych już złożach wynoszące 60%, zamiast zakładanych w projektach 30%. Stanowi to głównie rezultat powszechnego stosowania ścianowego systemu eksploatacji, który można potraktować jako „...podstawową sprzeczność polskiego górnictwa, to jest ochrony zasobów...”. W rezultacie efektywność wydobycia liczona w Mg na

1 pracownika na rok w najstarszych kopalniach głębinowych USA jest blisko cztery razy wyższa (2000 Mg/os.), niż średnio w kopalniach polskich (650 Mg/os.) [Wilczyński, 2015, s.29].

Znaczące wydaje się w tym miejscu rozważań prognostyczne spojrzenie na kształtowanie produkcji węgla kamiennego w Polsce do 2050 roku przy przyjęciu pięciu możliwych wariantów. Poważne załamanie podaży tego surowca energetycznego powinno, według prognoz nastąpić już po 2020 roku, nawet przy realizacji zakładanej „wysokiej ceny węgla”. Z kolei uwzględniając skrajny przypadek „niskiej ceny” przewidywany spadek poziomu wydobycia węgla ma mieć miejsce od 2020 roku. Jak wynika z informacji zamieszczonych na rysunku nr 35, we wszystkich założonych wariantach - tj. wysoka cena węgla, nowe kopalnie, scenariusz centralny, bariera geologiczna, niska cena węgla - będzie miało miejsce wygaszanie wydobycia węgla kamiennego.



**Rys. nr 35. Prognoza pozyskania węgla kamiennego w Polsce - wynik analizy ekonomicznej**  
Źródło: Bukowski, Maśnicki, Śniegocki, Trzeciakowski 2015, s. 8

Powołując się na raport Warszawskiego Instytutu Studiów Ekonomicznych, opracowany przez autorów zamieszczonej wyżej prognozy, zatytułowany „Polski węgiel: quo vadis? Perspektywy rozwoju węgla kamiennego w Polsce” [2015, s.7] wyeksponować należy szereg nieprzychylnych dla sektora węgla kamiennego twierdzeń, z których wynika m.in., iż:

- kluczowym problemem polskiego górnictwa jest niska produktywność wydobycia (o czym już wyżej wspomiano), generująca wysokie jednostkowe koszty pracy;
- nawet realizacja udanych działań restrukturyzacyjnych nie spowoduje funkcjonowania górnictwa w dotychczasowym kształcie w następnych latach;



- zdawać należy sobie sprawę, iż górnictwo węgla kamiennego w Polsce stało się branżą schyłkową i nie wywiera perspektywicznego wpływu na wzrost gospodarczy kraju w ostatnim okresie;
- uwzględnienie schyłkowego charakteru polskiego górnictwa powinno z coraz większym natężeniem być postrzegane przez politykę energetyczną i przemysłową w Polsce.

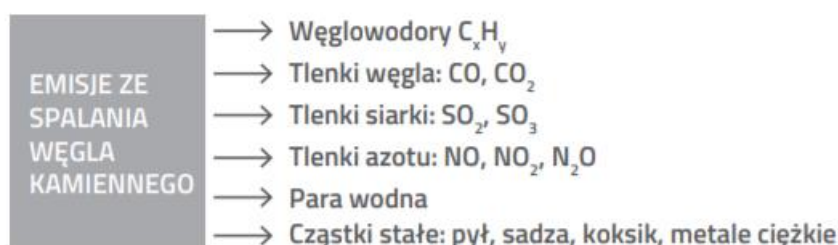
W kontekście powyższych uwag, zawierających racjonalne argumenty, a także wielokrotnego eksponowania w rozprawie kwestii zastosowania norm środowiskowych przez instytucje unijne, optyka dotycząca neutralizacji dominującego udziału węgla kamiennego i brunatnego, budzi w kręgach bliskich władzy niechęć czy wręcz opór. Ma to miejsce pomimo krytycznych ocen organizacji międzynarodowych, w tym UE i ONZ, a także organizacji pozarządowych, wskazujących na pilną potrzebę znaczącej zmiany w zakresie realizacji polityki energetycznej chociażby ze względu na negatywne oddziaływanie na szeroko rozumiane środowisko - przyrodnicze, a także ludzkie zdrowie.

Polskie realia, jak podkreśla się często w pracach badawczych, głównie o charakterze popularno-naukowym poświęconych energetyce węglowej, wiążą się ze spalaniem dużej ilości węgla do celów grzewczych, głównie niskokalorycznego a zarazem najtańszego miału, przede wszystkim w piecach domowych. Nie stosowane są przy tym jakiegokolwiek filtry i inne urządzenia mające na celu redukcję powstających zanieczyszczeń. Pozorna jest przy tym w wielu przypadkach kontrola służb lokalnych pozbawionych konkretnych narzędzi jej dokonywania, np. dronów określających dokładne miejsce emisji szkodliwych gazów. Wymiernym efektem ich występowania jest nie tylko jesienno-zimowy smog i strach przed otwieraniem w tym okresie okien, lecz także ukazane już wyżej choroby układu oddechowego m.in. nowotwory płuc, wchłanianie rakotwórczych metali ciężkich, zaburzenia układu naczyniowo-sercowego [szerzej zob. Strupczewska, Radovic, 2006].

Uwagi powyższe prowokują do wniosku, iż koszty zewnętrzne zdrowotne odniesione do społeczeństwa i inne, stanowiące wynik emisji zanieczyszczeń itp. związane ze stosowaniem paliw konwencjonalnych, nieodnawialnych są relatywnie wysokie w sensie ekonomicznym i społecznym. Sądzić należy, iż uwagi te stanowią wierzchołek „góry lodowej” czy raczej „węglowej” odnośnie do otrzymywanego wsparcia przez górnictwo węgla kamiennego i brunatnego. Zarazem zaprzeczają głoszonemu przez niektórych polityków, lobbystów węgla czy jego „zwolenników” wnioskowaniu na temat bardzo wysokich kosztów uruchamiania czy eksploatacji OZE. Kwestie te zostaną uwzględnione w kolejnym punkcie rozprawy. Kontekstem do ich prezentacji jest m.in. opracowanie M. Bukowskiego i A. Śniegockiego zatytułowane „Ukryty rachunek za węgiel. Analiza wsparcia gospodarczego dla energetyki węglowej oraz górnictwa w Polsce” [2014, s.8-9]. Wskazano w nim m.in. możliwe formy wsparcia rządowego dla sektora górnictwa, które obejmują:

- restrukturyzację górnictwa węgla kamiennego bazującą na dotacjach (nie zawsze uwzględnionych w statystykach) i umorzeniach zobowiązań wobec państwa m.in. z tytułu opłat środowiskowych, składek ZUS, czy rekultywacji terenów pogórnicznych;
- dotacje do rent i emerytur górniczych generowane przez niepełne pokrywanie odprowadzanych przez sektor składek powstających zobowiązań, co stawia górników na uprzywilejowanej sytuacji;
- dotowanie produkcji węgla, co obniża koszt surowca pozyskiwanego przez spółki energetyczne oraz „psuje” rynek węgla w skali europejskiej;
- dotacje modernizacyjne skierowane na ograniczenie szkodliwych emisji z elektrowni konwencjonalnych;
- bezpłatne przydziały uprawnień do emisji w omówionym już wcześniej, systemie EU-ETS będące dla elektrowni dotacją, której wysokość ograniczona jest jedynie możliwością przerzucenia przez producentów dodatkowych kosztów na odbiorców końcowych;
- wsparcie dla współspalania węgla kamiennego z OZE szczególnie zaś z biomasą, jako przyszłościowej technologii wytwarzania energii, która ze względu na wysokie koszty nie wydaje się konkurencyjna [szerzej zob. Kudelko, 2018].

O skutkach użytkowania węgla kamiennego dla społeczeństwa (generowane przez produkty powstałe w wyniku jego spalania), wspomniano w rozprawie już wielokrotnie. W syntetycznym ujęciu przedstawić można je w następującym zestawieniu:



**Rys. nr 36. Produkty spalania węgla kamiennego**

Źródło: Lorenz 2005

W mniejszym zakresie rozpoznane w rozprawie zostały rezultaty wydobycia i użytkowania węgla kamiennego dla środowiska naturalnego, zarówno w bezpośrednim otoczeniu kopalń, jak i na większych obszarach. W syntetycznym a zarazem wielowymiarowym ujęciu dotyczą one [szerzej zob. M. Wilczyński, 2015, s. 45-48]:

- szkód i odpadów górniczych, szczególnie generowanych przez sposób likwidacji wyrobisk. Ze względu na wysokie koszty tzw. podsadzanie, polegające na wypełnieniu wyrobisk wodą z piaskiem lub popiołem z elektrowni jest stosowane sporadycznie. Najczęściej przyjętym rozwiązaniem w tym względzie jest tzw. metoda na zawał, której

- rezultatem są powstające na powierzchni terenu deformacje, mające często ciągły charakter odzwierciedlony w rozległych nieckach osiadań, zapadlisk, szczelin, progów;
- deformacji ciągłych, które obejmują w rzeczywistości całą powierzchnię terenów górniczych. Zdaniem specjalistów jej osiadanie kształtuje się na poziomie od 0,5 do ponad 1 metra rocznie, czasem przyjmuje mniejsze wartości. Wieloletnia eksploatacja generuje na terenach wydobywania węgla rozległe obniżenia. Ich wyraz stanowią m.in. zmiany stosunków wodnych podtopienia, zabagnienia oraz wykształcanie się zalewisk<sup>46</sup>;
  - deformacji nieciągłych, które na danym obszarze są trudne do prognozowania, zarazem szczególnie szkodliwe i niebezpieczne ze względu na gwałtowność występowania w formie wstrząsów i tąpnięć. Konsekwencje ich pojawienia się stanowią uszkodzenia budynków mieszkalnych i obiektów przemysłowych a także dróg<sup>47</sup>;
  - negatywnych efektów wypompowywania wód kopalnianych, których przejawy stanowią mogą tzw. leje depresji polegające na obniżeniu poziomu wód podziemnych rodzące w konsekwencji zanik źródeł na powierzchni m.in. wysuszenie studni gospodarskich zmniejszanie ujęć komunalnych. Zrzuty wód kopalnianych do powierzchniowych z pewnością wpłyną na zmiany jakości jednych i drugich oraz spowodują zakłócenia w bilansie wodnym danego obszaru;
  - zwałowisk odpadów wydobywczych i przeróbczych, których występowanie w negatywny sposób oddziałuje na środowisko przyrodnicze m.in. poprzez samozapłony odpadów na hałdach, odcieki wód ze zwałowisk do wód podziemnych oraz powierzchniowych, wietrzenie i utlenianie perytów wpływające na zakwaszenie środowiska oraz stymulowanie „migracji” metali ciężkich.

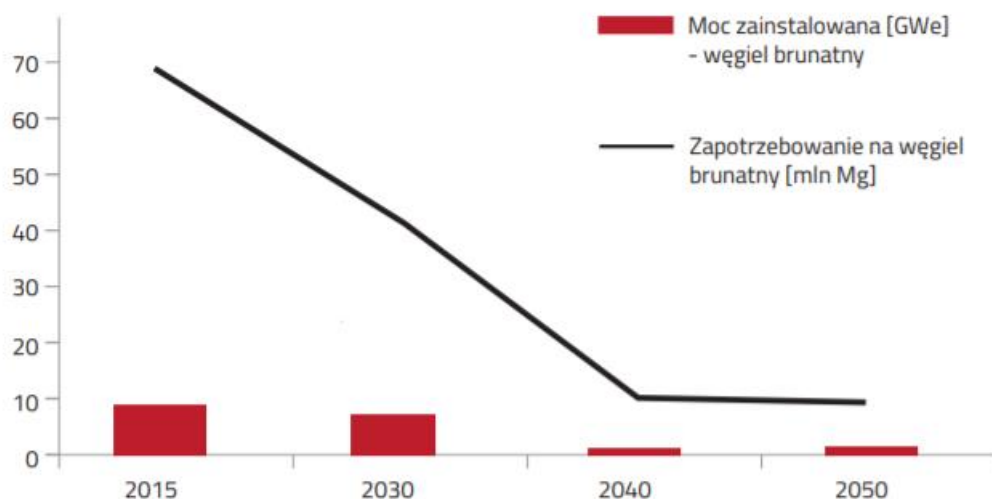
Jak z powyższego syntetycznego ujęcia wynika, wydobywanie i eksploatację węgla kamiennego łączyć należy, wbrew głośzonym przez wielu postrzegających głównie doraźne korzyści o podłożu materialnym czy politycznym, z szeregiem niekorzystnych rezultatów dla środowiska naturalnego zarówno w bezpośrednim sąsiedztwie kopalń, jak i na obszarach od nich oddalonych.

Drugim, istotnym konwencjonalnym źródłem wytwarzania energii elektrycznej w Polsce jest węgiel brunatny. Częstkowe prognozy, jak wskazuje w cytowanej już pracy M. Wilczyński, mające na celu zastosowanie do opracowania Polityki Energetycznej Polski do 2050 roku, przewidują dość istotny regres mocy zainstalowanej w elektrowniach opalanych węglem brunatnym z 8.350 MW w 2015 r., do 1.372 MW w 2050 r.

---

<sup>46</sup> Przykładem w tym względzie mogą być rezultaty badań dokonanych w pobliżu Knuruwa w których wskazano, iż przeobrażenia całkowite w tym rejonie objęły 66,24km<sup>2</sup>, zaś obniżenie terenu wyniosło do 18m powodując zmiany hydrologiczne i powstanie zalewisk [Wojciechowski, 2007].

<sup>47</sup> Na przykład autostrada A4 kilkakrotnie była uszkodzana poprzecznymi pęknięciami;



**Rys. nr 37. Prognoza zapotrzebowania energetyki na węgiel brunatny**

Źródło: Wilczyński 2015, s.68

Takie szacunki budzą szereg zastrzeżeń, szczególnie w kontekście wyczerpywania się zasobów w większości funkcjonujących obecnie kopalni do 2040 roku. Wyjątek dotyczy tylko dwóch z nich: Turów i Szczerców, w których możliwe roczne wydobycie szacuje się na 20-30 mln Mg. Pojawia się zatem alternatywa: albo szybciej Polska zrezygnuje z wykorzystania węgla brunatnego do celów energetycznych lub też zdecyduje się na budowę nowych kopalni odkrywkowych. Biorąc pod uwagę analizę geologiczną, ekonomiczną, środowiskową oraz społeczną wskazującą na możliwości korzystania zaledwie z 5 złóż mogących służyć do lokalizacji nowych odkrywek, a także uwzględniając całkowite koszty budowy i funkcjonowania elektrowni bazujących na węglu brunatnym pochodzących z ich zasobów, wątpliwa staje się rentowność takich przedsięwzięć [szerzej zob. Wilczyński, 2015, s.63].

Z kolei w Polityce Energetycznej Polski do 2030 roku zamieszczonej w 2009 r. w Uchwale Rady Ministrów znaleźć można stwierdzenie, iż „...ze względu na stopniowe wyczerpywanie się zasobów węgla brunatnego w obecnie eksploatowanych złożach, planowane jest w horyzoncie do 2030 r. przygotowanie i rozpoczęcie eksploatacji nowych złóż”. Czy rzeczywiście gospodarka potrzebuje powstania gigantycznych kompleksów górniczo-energetycznych; chodzi o wytypowany obszar: Gubin-Brody oraz Legnica? Ich budowa wydaje się nierealistyczna, w świetle przyjętych przez Radę UE w październiku 2014 r., omówionych już wyżej celów polityki energetyczno-klimatycznej do 2030 roku, zakładających m.in. 40% redukcję emisji gazów cieplarnianych. Ponadto bardzo niski, jak podkreśla się, jest poziom akceptacji społecznej dla inwestycji o tym charakterze. Wyrazem tego są liczne i zorganizowane protesty np. odniesione do uruchomienia odkrywki „Tomisławice” zagrażającej jezioru Gopło poprzez jego skażenie silnie żaźelaznionymi wodami pochodzącymi z tejże odkrywki [Mazurek, 2009].

Rosnący opór społeczności lokalnych i nie tylko, przeciwko uruchomieniu nowych kopalni węgla brunatnego generowany jest przede wszystkim przez wyobrażalne rezultaty środowiskowe<sup>48</sup>. Działania „antywęglowe” społeczności lokalnych, obawiających się różnorodnych skutków budowy odkrywek, nie znajdują zrozumienia na szczeblu centralnym czego wyrazem są zapisy zamieszczone w projekcie Polityki Energetycznej Polski do 2050 roku przyjętej w sierpniu 2015r. w Uchwale Rady Ministrów. Wskazują one, iż „...z punktu widzenia wysokiego poziomu bezpieczeństwa energetycznego kraju, rząd uznaje za celowe zapewnienie warunków umożliwiających eksploatację złóż węgla brunatnego m.in. w złożach w okolicy Legnicy i Gubina”.

Powyżej odniesiono się do zamierzonych przedsięwzięć w zakresie budowy nowych kompleksów górnictwo-energetycznych bazujących na złożach węgla brunatnego. Tymczasem węgiel ten jest wydobywany i stosowany w naszym kraju od ponad 60 lat; obecnie w 3 obszarach: Centralnym (Bełchatów), Wielkopolskim (Pątnów, Adamów, Konin) oraz Dolnośląskim (Turów). Spoglądając w ujęciu syntetycznym na skutki jego wydobycia i spalania dla środowiska oraz społeczeństwa, szczególnie wyeksponować należy następujące fakty:

- wywołuje nieodwracalne zmiany w całym ekosystemie m.in. poprzez zdjęcie i przemieszczenie nakładu oraz wypompowywanie wody, w wyniku czego występuje lej depresyjny, powodujący przesuszenie gleby oraz obniżenie poziomu wód podziemnych [Wachowiak, Galiniak, Janczyk, Martyniak, 2011], a także deformacje mogące wpływać na uszkodzenia budowli, obiektów infrastrukturalnych czy pojawienie się osuwisk, skarp odkrywki oraz wstrząsy sejsmiczne np. w okolicach Bełchatowa;
- znacząca jest partycypacja elektrowni opalanych węglem brunatnym w emisjach gazów cieplarnianych, przy czym największe z nich traktowane są jako bardzo uciążliwe w skali kontynentu. Efektem spalania węgla brunatnego jest głównie dwutlenek węgla. W literaturze spotkać można wnioskowanie, iż największe jego źródło w Europie stanowi elektrownia Bełchatów. Zauważyć przy tym należy, że spalanie węgla brunatnego znajduje swoje odzwierciedlenie, podobnie jak to ujęto wyżej w odniesieniu do węgla kamiennego w wyzwaniu znaczących ilości gazów toksycznych m.in. dwutlenku siarki, tlenków azotu, szkodliwych dla środowiska i ludzi pyłów oraz rtęci i jej związków.

Z przedstawionych wyżej rozważań wyłania się obraz polskiego systemu elektroenergetycznego funkcjonującego na monokulturze węglowej, popieranej przez stronę

---

<sup>48</sup> Cytowany już Wilczyński [2015, s.87] podkreśla, iż na przykład...,udostępnienie złoża Legnica wymagać będzie likwidacji szeregu cieków wodnych oraz przełożenia koryt rzek Kaczawy i Czarnej Wody;(…) W granicach inwestycji zagrożonych jest ok. 10 tys. ha lasów (z czego większość ulegnie zniszczeniu). W zasięgu oddziaływania tego złoża znajduje się szereg rezerwatów, obszarów chronionego krajobrazu, a także sieci Natura 2000. Likwidacji może ulec 20 wsi, kilka dalszych zostanie zlikwidowanych częściowo (szacuje się, że trzeba będzie zburzyć ok. 14000 budynków mieszkalnych i ponad 2000 gospodarstw. Łącznie przesiedlenia objąć mogą 20 tys. ludzi. Przekształceniu ulegnie infrastruktura techniczna (w tym linie kolejowe i drogi krajowe) Spadnie atrakcyjność turystyczna obszaru”.

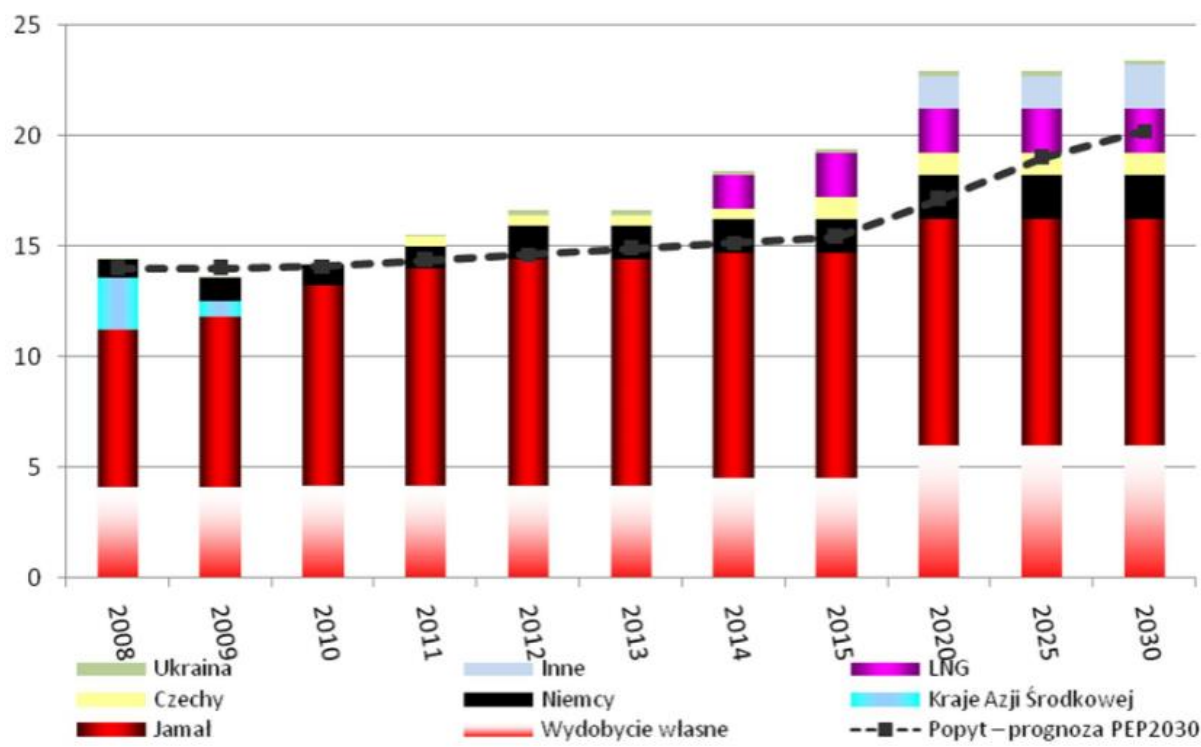
rządową odpowiadającą za zrealizowaną politykę energetyczną. Zaprezentowane wyżej negatywne oddziaływanie energii pochodzącej z węgla - na środowisko naturalne czy jakość i długość życia społeczeństwa itp. - wespół z bardzo wysokimi nakładami finansowymi, uwidaczniającymi się m.in. w tzw. kosztach zewnętrznych, generują potrzebę modernizacji sektora energii elektrycznej. W jakich kierunkach? Sądzić należy, iż na rzecz gazu ziemnego, przede wszystkim zaś odnawialnych źródeł energii.

Wspomniany wyżej gaz ziemny stanowi kolejne nieodnawialne źródło energii, rodzaj paliwa kopalnego, który zbiera się w skorupie ziemskiej występując samodzielnie lub w towarzystwie złóż ropy naftowej oraz węgla kamiennego. Nie wdając się w szczegółową charakterystykę fizyko-chemiczną zauważyć należy, iż jego głównym, stanowiącym ponad 90% składnikiem jest metan, zaś resztę stanowią niewielkie ilości etanu, propanu oraz butanu. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, iż gaz ziemny jest znacznie mniej szkodliwy dla środowiska naturalnego i ludzi; jego emisja zanieczyszczeń jest mniejsza a około 60% w odniesieniu do węgla kamiennego i brunatnego. Bardzo istotnej redukcji przy jego stosowaniu ulega powstanie innych substancji - m.in. rtęci, siarki, dwutlenku azoty.

Zauważyć przy tym należy, iż według International Energy Agency na obecnym poziomie wydobywania światowe zasoby gazu są nadal znaczne i pozwalają realizować potencjalne wzrosty zapotrzebowania na to paliwo do 2030 r. i w okresie późniejszym - szacunkowo do 2050 [World Energy Outlook].

Odniesienie do światowych zasobów generowane jest przez fakt, iż w Polsce występują złoża omawianego surowca, jednak jego wydobycie tylko w niewielkim stopniu pokrywa zapotrzebowanie krajowe - poniżej 20%. W naszym kraju gaz ziemny pozyskiwany jest głównie na Podkarpaciu, Zapadlisku podkarpackim (wysokometanowy), w Wielkopolsce oraz Lubuskim. Oprócz metod tradycyjnych występują w Polsce, jak zauważa się w literaturze, możliwości otrzymywania omawianego surowca również w sposób niekonwencjonalny, chodzi o metan odzyskiwany ze złóż węgla, łupków oraz gaz pochodzący z izolowanych porów skalnych.

Niedostateczne zaspokajanie potrzeb dotyczących zapotrzebowania na gaz ziemny zmusza Polskę do pokrywania niedoborów popytowych poprzez import. W kontekście tym ciekawa poznawczo wydaje się ilustracja prognozy popytu na gaz ziemny w Polsce zamieszczona w „Polityce energetycznej Polski do 2030r.” (Popyt - prognoza PEP2030) oraz planowana struktura podaży do 2030 roku.



**Rys. nr 38. Prognoza zapotrzebowania i struktura dostaw gazu ziemnego do Polski w perspektywie 2030 roku**

Źródło: Radecki, Wójcik 2009, s.37

Z powyższej prognozy wyłania się obraz różnych źródeł pokrycia potrzeb Polski na gaz ziemny. Jak widać na rysunku nr 38, w 2010 r. realizacja zapotrzebowania na ten surowiec mogła być spełniona tylko przez dostawy z Rosji w ilości zgodnej z podpisanymi umowami. Obserwowane na rysunku nr 38 w kolejnych latach pogłębiające się zróżnicowanie dostawców gazu ziemnego wpływa z pewnością na bezpieczeństwo energetyczne kraju. Szczególnie w warunkach zakłóceń w dostawach z danego obszaru<sup>49</sup>.

Niektóre kraje unijne mają wprost wzorcowo opracowane źródła dostaw gazu - przez gazociągi w formie gazu skroplonego LNG (Hiszpania, Francja, Włochy). W Polsce już od lat 90-tych XX wieku przedmiot rozważań stanowiło wiele projektów odniesionych do dywersyfikacji dostaw gazu ziemnego. Najważniejszy z nich dotyczył budowy gazoportu LNG w Świnoujściu, który stanowi pierwszy tego typu projekt inwestycyjny realizowany w Europie Środkowo-Wschodniej. Po uruchomieniu w 2015 roku umożliwił on odbiór gazu na poziomie 5 mld m<sup>3</sup>, następnie możliwości te wzrosły do 7,5 mld m<sup>3</sup> [Biały, Janusz, Łoś, Szurlej, 2016, s.93]. Dostawy LNG pochodzą głównie z krajów arabskich oraz USA<sup>50</sup>. Zauważyć należy, iż

<sup>49</sup> Wspomnieć przede wszystkim należy o wpływie kryzysu gazowego rosyjsko-ukraińskiego z początku 2009 r. na spadek dostarczanego surowca do Polski. Wynegocjowane dostawy dodatkowe rekompensujące braki zostały przeznaczone głównie do zatłoczenia (uzupełnienia) do podziemnych magazynów gazu.

<sup>50</sup> Np. w 2009r. została zawarta długoterminowa (20 letnia) umowa na sprzedaż i dostawy skroplonego gazu ziemnego z Kataru, będącego największym na świecie producentem LNG. Zgodnie z umową QatarGas będzie dostawcą 1 mln ton skroplonego gazu ziemnego rocznie.

uruchomienie gazoportu w Świnoujściu stworzyło nowe możliwości odnośnie do źródeł pozyskiwania gazu poprzez włączenie krajowego rynku omawianego surowca do międzynarodowego rynku gazu skroplonego.

Na podkreślenie zasługuje fakt, iż w istniejących realiach niedostatecznej produkcji gazu oraz niepewności jego dostaw z importu, istotne znaczenie w całej infrastrukturze dotyczącej gazownictwa przypisać należy podziemnym magazynom gazu (PMG). Zatloczony do podziemnych magazynów gaz (m.in. w Husowie, Mogilnie, Strachocinie czy Wierzchowicach) zostaje wykorzystywany w okresach niedoboru.

## 6.2. Zalety i wady energetyki odnawialnej<sup>51</sup>

Jak już wielokrotnie podkreślano inwestycje w infrastrukturę energetyczną w państwach członkowskich UE wiążą się ze szczególnymi wyzwaniami odnośnie do krajowego, regionalnego oraz międzynarodowego rynku energii. Chodzi przede wszystkim o bezpieczeństwo i niezawodność dostaw połączone z przystępnymi dla konsumenta cenami energii. Wymaga to, jak wykazano w poprzednim punkcie na przykładzie Polski, zastępowania paliw kopalnianych przez bardziej zrównoważone - pod względem ekonomicznym, środowiskowym i społecznym - źródła odnawialne.

Optyka na krajowe zasoby energetyczne w Polsce poparta wcześniej poczynionymi uwagami, generuje wnioskowanie, iż:

- dalsze preferowanie przez Polskę paliw kopalnianych w energetyce a zwłaszcza węgla prowadzi do rosnącej surowcowej zależności importowej;
- w Polsce ma miejsce niewłaściwe wykorzystanie dużych i zróżnicowanych odnawialnych źródeł energetycznych. W szczególności zaś „...marnowany jest olbrzymi potencjał ekonomiczny tych odnawialnych zasobów, na których bazują już rozwinięte i najbardziej efektywne technologie energetyki słonecznej i wiatrowej oraz geotermalnej” [Wiśniewski, 2015, s. 54].

Szeroka prezentacja poszczególnych źródeł odnawialnych zamieszczona została już w rozdziale 1 rozprawy. Posiadają one szereg zalet a także charakteryzują się określonymi wadami. Syntetyczne ich ujęcie zamieszczone zostało w tabeli 27.

---

<sup>51</sup> We fragmentach punktów 6.2, 6.3 oraz 6.5 wykorzystano wcześniejsze publikacje autora



**Tabela 27. Zalety i wady energii odnawialnej**

<b>Energia geotermalna</b>	
<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-stały poziom pozyskiwanej energii</li> <li>-niezależność od warunków atmosferycznych</li> <li>-brak ingerencji w krajobraz</li> <li>-możliwość produkcji energii elektrycznej i ciepłej w skojarzeniu</li> <li>-zasoby energii geotermalnej są znaczne, Polska w tym zakresie posiada ogromny potencjał</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-wysoki koszt budowy instalacji - źródło o mocy 1 MW<sup>52</sup> kosztuje około 7 mln PLN</li> <li>-pojawiające się problemy podczas eksploatacji urządzeń (korozja elementów)</li> <li>-możliwe problemy z zatłaczaniem wykorzystanej wody termalnej</li> </ul>
<b>Energia wody - elektrownie wodne</b>	
<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-bardzo czyste źródło energii</li> <li>-możliwość szybkiego zatrzymania i uruchamiania elektrowni</li> <li>-rzadko występują problemy podczas eksploatacji</li> <li>-sztucznie przygotowane zbiorniki wodne zmniejszają ryzyko powodziowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-działalność elektrowni uwarunkowana jest pogodą - zależność od opadów deszczu</li> <li>-budowa elektrowni wodnej bardzo często wiąże się z koniecznością przesiedlenia ludzi oraz nieodwracalnymi zniszczeniami flory i fauny na danym obszarze</li> </ul>
<b>Energia wiatrowa</b>	
<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-bardzo czyste źródło energii</li> <li>-w ostatnich latach budowa elektrowni wiatrowych była bardzo silnie wspierana zarówno lokalnymi, jak i unijnymi dotacjami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-bardzo wysokie koszty budowy i utrzymania</li> <li>-ingerencja w krajobraz naturalny</li> <li>-turbiny produkujące prąd emitują wysoki poziom hałasu</li> <li>-działalność elektrowni uwarunkowana pogodą - zależność od wiatru</li> <li>-funkcjonowanie wiatraków bardzo często zakłóca odbiór fal radiowych i telewizyjnych</li> </ul>
<b>Energia słoneczna</b>	
<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-bardzo czyste źródło energii</li> <li>-ogniwa absorbujące promieniowanie słoneczne są stosunkowo niezawodne oraz nie wymagają kosztownych napraw bieżących</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ogniwa fotowoltaiczne wyprodukowane są z pierwiastków toksycznych - kadm, arsen, selen, tellur</li> <li>-instalacje fotowoltaiczne zajmują rozległe obszary</li> </ul>
<b>Energia fal morskich</b>	
<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-bardzo czyste źródło energii</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ogromne koszty budowy elektrowni morskich</li> <li>-budowa elektrowni wiąże się z koniecznością zajęcia dużych obszarów wybrzeża morskiego</li> </ul>
<b>Energia pływów morskich</b>	
<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-bardzo czyste źródło energii</li> <li>-niezawodne źródło energii - woda morska podnosi się i opada regularnie dwa razy w ciągu doby</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-wysoki koszt budowy instalacji</li> <li>-może negatywnie wpływać na środowisko naturalne oraz pobliskich mieszkańców</li> <li>-budowa elektrowni wiąże się ze znacznym ograniczeniem ruchu statków w jej rejonie</li> </ul>
<b>Energia biomasy, biogazu oraz biopaliw</b>	
<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-bardzo czyste źródło energii</li> <li>-uprawa roślin energetycznych stanowi dodatkowe lukratywne źródło dochodu w sektorze rolnym</li> <li>-bardzo często jako substrat wykorzystywane są odpady zwierzęce lub roślinne - nie występuje konieczność drogiej ich utylizacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-wysoki koszt budowy instalacji - 1 MW w przypadku biogazowni rolniczej kosztuje około 15 mln PLN</li> <li>-problemy logistyczne - bardzo często substrat musi być dowożony na teren wskazanej elektrowni</li> <li>-wahania cen substratu - aktualnie ceny za substrat są bardzo zawyżone - występuje niedobór roślin energetycznych co znacząco wpływa na koszty ich zakupu a w konsekwencji obniża efektywność ekonomiczną działania układów biogazowych i biomasowych</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne na podstawie Smuda 2011

<sup>52</sup> 1 MW - jednostka mocy elektrycznej i mechanicznej równa milionowi watów

Na podkreślenie, wśród zalet wyszczególnionych wyżej rodzajów energii zasługuje fakt, iż stanowią bardzo czyste jej źródło pozbawione negatywnego wpływu na środowisko zarówno naturalne, jak i na zdrowie miejscowej ludności. Ponadto jak zauważono olbrzymi potencjał energetyczny tkwi w Polsce przede wszystkim w energii słonecznej, wiatrowej, geotermalnej a także w biomasie, biogazie i biopaliwach.

Nie wdając się w szczegółowe omawianie wad poszczególnych źródeł energii odnawialnej, gdyż były one poruszane już wcześniej, skoncentrować należy się na wysokim koszcie budowy instalacji. Czy jest on rzeczywiście wysoki, choć w realiach gospodarczych ciągle obniża się? Należy zdać sobie sprawę, na przykładzie bloku Jaworzno III, iż pozyskanie mocy 1 MW wynosiło 6,6 mln zł, bez uwzględnienia infrastruktury towarzyszącej [red. Sznell, 2016, s.13], czyli było zbliżone do kosztu budowy instalacji o tej samej mocy wykorzystujących wody termalne, czy energię wiatrową. Opłacalność ekonomiczna wykorzystywania OZE jest możliwa do osiągnięcia tylko w przypadku otrzymania dodatkowego systemu wsparcia w postaci m.in. preferencyjnych kredytów, dotacji, systemów certyfikatów a także zaangażowania samorządów czy powstania, sprawdzonych w innych krajach (np. w Niemczech) spółdzielczych form wspólnego gospodarowania energią odnawialną oraz klastrów energetycznych [Błażejewska, Gostomczyk, 2018, s.25-28].

Drugą poważną wadą energii zielonej jest jej duże uzależnienie od warunków pogodowych - wiatru, wody oraz słońca. Może to nie gwarantować stałych dostaw energii i potrzebę wspierania przez pewien okres przez elektrownię tradycyjne. Realizacja inwestycji w odnawialne źródła energii spotyka się także, o czym wspomniano, z negatywnym odbiorem przez osoby mieszkające w bezpośrednim sąsiedztwie. Wyraz tego stanowią protesty społeczne z którymi borykać muszą się inwestorzy i władze lokalne<sup>53</sup>.

Można zauważyć, iż wśród omawianych wyżej różnych OZE, w kontekście ich zalet i wad energia geotermalna jawić się może jako najbardziej perspektywiczna. Świadczy o tym nie tylko wzrastająca jej pozycja wśród innych źródeł OZE na świecie i Europie, generowana przez stałe udoskonalanie istniejących już zakładów i ciągły rozwój nowych technologii m.in. w zakresie pomp ciepła, systemów binarnych itp. {szerzej zob. Stachel, Sołtysik. 2017, s.68 i nast.}. Na podstawie doświadczeń wielu krajów wnioskować należy, iż korzystanie z energii geotermalnej:

- generuje najbardziej znaczące, w porównaniu z innymi OZE, efekty ekologiczne;
- łączy się z komfortem użytkowania kształtowanego przez nowoczesną infrastrukturę i będąc lokalnym źródłem energii jest konkurencyjne cenowo i odporne na ich zmiany na rynkach światowych;

---

<sup>53</sup> Przykładem jest blokowana w 2020 roku inwestycja w energię wiatrową w powiecie konińskim, czy w biogazownię przez mieszkańców powiatu nowotomyskiego.

- w przeciwieństwie do innych OZE jest dostępna bez ograniczeń przez cały rok, bez względu na warunki klimatyczne i sytuację pogodową;
- charakteryzuje się najwyższymi wśród odnawialnych źródeł energii wskaźnikami wykorzystania mocy i czasu pracy w ciągu roku (70-80%); w konsekwencji powinna znacząco oddziaływać na bazowe zapotrzebowane na moc i energię, a nie tylko stanowić źródło szczytowe;
- pozwala na tworzenie zrównoważonych strategii energetycznych, m.in. poprzez redukcję uzależnienia od importowanych paliw i podnosząc w konsekwencji bezpieczeństwo energetyczne kraju.

W literaturze przedmiotu podkreśla się, iż „...energia geotermalna powinna stanowić jedno z wiodących źródeł energii w XXI wieku, zaspokajając w istotnym udziale zapotrzebowanie na czystą ekologicznie i lokalnie dostępną energię w wielu krajach i regionach, która przyczyni się do zrównoważonego rozwoju gospodarczego i poprawy poziomu życia społeczeństw” [Kępińska 2015, s.12]. Uwagi ta znaczące są dla Polski, której 2/3 obszaru zawiera potencjalne możliwości zagospodarowania geotermalnego.

### 6.3. Perspektywy rozwoju energetyki geotermalnej w Polsce

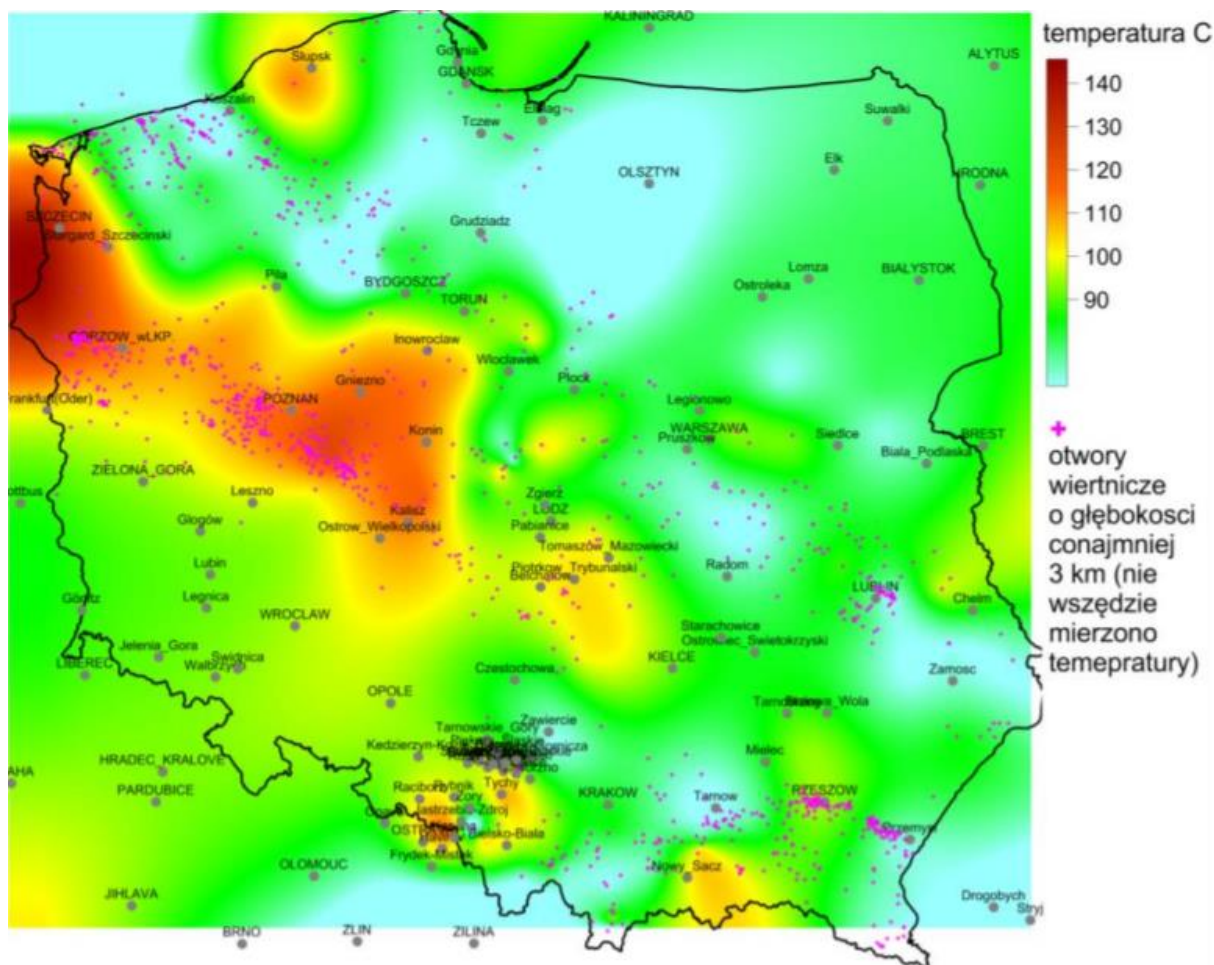
Polskę, podobnie jak wiele innych krajów, charakteryzuje posiadanie warunków umożliwiających wykorzystanie energii geotermalnej do różnych celów grzewczych i chłodniczych w rolnictwie, balneologii czy rekreacji. Nasz kraj należy do państw europejskich, posiadających największe zasoby termalne; około 80% powierzchni. Wyróżnić można 9 okręgów geotermalnych, które w dokładniejszy sposób charakteryzuje tabela 28.

**Tabela 28. Okręgi geotermalne w Polsce i ich ogólna charakterystyka**

Nazwa okręgu	Formacja geologiczna	Obszar /km <sup>2</sup> /	Objętość wód geotermalnych /km <sup>3</sup> /	Energia cieplna /t.p.u./km <sup>2</sup>
grudziądzko-warszawski	kreda, jura, trias	70 000	3100	168 000
szczecińsko-lódzki	kreda, jura, trias	67 000	2854	246 000
sudecko-świętokrzyski	perm, trias	39 000	155	26 000
pomorski	perm, karbon, dewon, lias, trias	12 000	21	13 000
lubelski	karbon, dewon	12 000	30	16 000
przybałtycki	kambr, perm, mezozoik	15 000	38	16 000
Podlaski	kambr, perm, mezozoik	7 000	17	16 000
Przedkarpacki	trias, jura, kreda, trzeciorzęd	16 000	362	97 000
Karpacki	trias, jura, kreda, trzeciorzęd	13 000	100	55 000

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Geotermia – źródło energii przyjaznej środowisku*, WFOŚiGW, 1999

Prawie  $\frac{2}{3}$  terenu Polski uznawane jest za perspektywiczne pod względem możliwości technologicznych zagospodarowania geotermalnego, a około 40% powierzchni kraju ma korzystne warunki dla budowy ekonomicznych instalacji, czyli takich, w których cena energii będzie niższa od ceny energii konwencjonalnej. Jak wynika z rysunku nr 39., najlepsze warunki, czyli najcieplejsze wody geotermalne znaleźć można w pasie od Szczecina po Poznań, ich temperatura wynosi około 100°C. Z kolei najzimniejsze z nich występują w okolicach Olsztyna i Zamościa.



**Rys. nr 39. Rozkład temperatury na głębokości 3 km**

*Źródło: Szewczyk 2010, s.11*

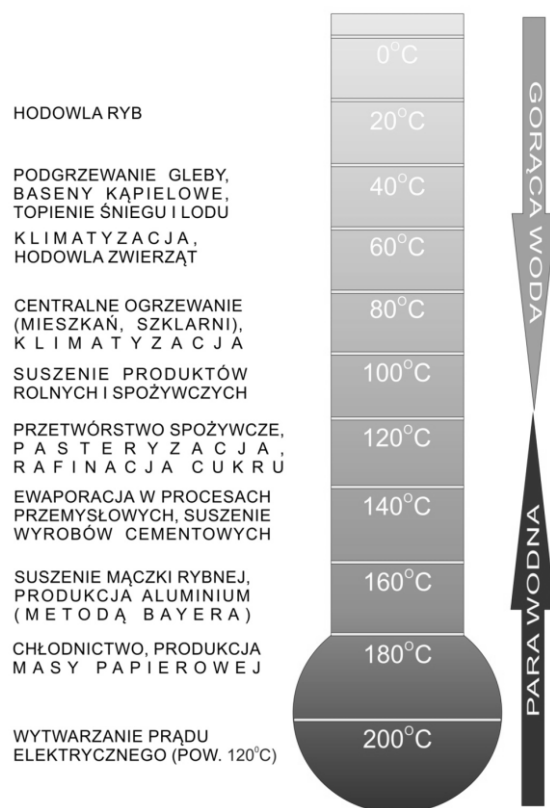
Energia geotermalna stanowi osobiwą formę energii odnawialnej występującej w postaci ciepła. Powstaje w głębi ziemi jako efekt rozpadu pierwiastków promieniotwórczych, poza tym część ciepła geotermalnego może odzwierciedlać tzw. ciepło resztkowe i pochodzić z jądra planety [Czternasty, Zabłocki, 2015, s.22]. Jak wskazuje W. Lewandowski [2016, s.9], ciepło przemieszcza się ze środka ziemi, ku warstwom charakteryzującym się znacznie niższymi temperaturami. Zatem energię geotermalną określić można jako ciepło pochodzące z głębi ziemi w postaci gorącej wody (co najmniej 20°C) lub pary wodnej. Tak rozumiana energia geotermalna, w przypadku Europy, jest bezpośrednio wykorzystywana w 37 krajach. Do wiodących, jak już podkreślono należą: Turcja, Islandia, Niemcy, Francja, Węgry i Włochy. W gronie krajów europejskich, jak wyżej zauważono, stosujących energię geotermalną, znajduje się również Polska. Jednak jej zastosowanie ma, jak dotychczas, ograniczony wymiar [Kępińska, 2016, s.9]. Wody geotermalne posiadają średnią temperaturę nieprzekraczającą 100°C. Jest to przede wszystkim efektem tzw. stopnia geotermicznego, który

w naszym kraju waha się od 10 do 130 m. Na przeważającym obszarze wynosi on 35-70 m; oznacza to, iż temperatura wody wzrasta o 1°C na każde 35-70 m. Według szacunków, całkowita objętość wód geotermalnych w Polsce wynosi około  $6,7 \times 10^3 \text{ km}^3$ , zaś zasoby ciepłe z nich pochodzące oszacowane zostały na około 4 mld ton paliwa umownego. Stopień zmineralizowania wód nie generuje trudności w praktycznym ich wykorzystaniu, gdyż oscyluje na poziomie 1-300 g/dm<sup>3</sup>. Za ich wykorzystaniem przemawiają również kryteria opłacalności wydobycia - średnia głębokość występowania źródła wynosząca około 2 km, temperatura większa od 65°C oraz relatywnie niskie zasolenie wody (mniejsze od 30 g/dm<sup>3</sup>) [Szewczyk, 2010, s.11].

Podkreślić należy, iż wody zawarte w poziomach wodonośnych, występujących na głębokościach 100-4.000 m, mogą być gospodarczo wykorzystane jako źródło ciepła na całym obszarze Polski; jest to technologicznie możliwe. Gdzie zatem może być stosowana energia geotermalna i co tamuje możliwości jej szerszego wykorzystania w Polsce, wśród odnawialnych źródeł energii, szczególnie w ciepłownictwie sieciowym, będącym m.in. przedmiotem rozważań w praktycznej części opracowania?

Energia geotermalna, od wielu wieków, znajduje praktyczne zastosowania; współczesnym wyrazem tego są: kąpieliska, baseny z wodą geotermalną, ogrzewanie budynków mieszkalnych, szklarni, stawów hodowlanych, suszenie płodów rolnych, wykorzystywanie w procesach produkcyjnych. Szersze informacje na temat zastosowania energii geotermalnej zamieszczono na poniższym rysunku. Do przedstawionych w tabeli zastosowań ciepła geotermalnego dodać można szereg innych, pojedynczych przypadków, będących wyrazem możliwości stosowania geotermii w Polsce, na przykład:

- realizowane na skalę póltechniczną suszenie drewna w obiektach IGSMiE PAN na Podhalu;
- podgrzewanie murawy boiska piłkarskiego i ścieżek spacerowych w Uniejowie;
- pozyskiwanie z wód geotermalnych pierwiastków, związków chemicznych o dużym znaczeniu balneoterapeutycznym czy też kosmetycznym.



**Rys. nr 40. Podstawowe sposoby wykorzystania energii geotermalnej**

Źródło: Bujakowski 2000, „Czasopismo techniczne” TKT OKTT

Informacje liczbowe na temat wykorzystania energii geotermalnej w Polsce, w 2015 roku zawarto w poniższej tabeli.

**Tabela 29. Bezpośrednie wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce (2015)**

Sposób wykorzystania	Zainstalowana moc cieplna geotermalna (MWe)	Sprzedaż / zużycie ciepła geotermalnego [TJ]
Ciepłownictwo sieciowe	76,2	708,87
Lecznictwo i rekreacja	26	260
Inne (suszenie drewna, podgrzewanie boiska...)	1,2	5,6
Hodowla ryb	0,6	10
<b>SUMA</b>	<b>104</b>	<b>984,47</b>
Pompy ciepła	>500	>2500
<b>RAZEM</b>	<b>604</b>	<b>3484,47</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Kępińska 2016, Zeszyt 1, s.22

W porównaniu z wieloma krajami, wykorzystanie zasobów geotermalnych realizowane jest w Polsce na niewielką skalę. Rodzi to pytanie, dlaczego pomimo sprzyjających geologicznie warunków, wykorzystanie wód geotermalnych pozostaje na tak niskim poziomie?

Poszukiwanie odpowiedzi skoncentrowane zostanie na najważniejszym sposobie wykorzystania wód termalnych w kraju - ciepłownictwie sieciowym. Informacje na ten temat zamieszczone zostały w poniższej tabeli.

**Tabela 30. Ważniejsze przyczyny ograniczające wykorzystanie wód termalnych**

Rodzaje przyczyn	Charakterystyka przyczyn
polityczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• relatywnie małe zainteresowanie organów rządowych rozwojem ciepłownictwa geotermalnego w kontekście potencjalnego zagrożenia bezpieczeństwa zewnętrznych dostaw energii,</li> <li>• brak długofalowego programu rozwoju geotermii (jako elementu strategii OZE), przyznanie jej istotniejszego znaczenia w decyzjach dotyczących polityki energetycznej i odnawialnych źródeł energii.</li> </ul>
technologiczne i inwestycyjne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• projektowanie niektórych ciepłowni na podstawie wadliwych danych, przeszacowanie oceny potrzeb odbiorców, skutkujące negatywnie w uzyskiwanych parametrach ekonomicznych zakładów, a w konsekwencji negatywny wpływ na cenę energii,</li> <li>• niedostatecznie wykształcone bodźce do realizacji nowych inwestycji na ciepłownictwo; prace inwestycyjne w przypadku ciepłownictwa ukierunkowane są na rozbudowę istniejących instalacji, zaś większe projekty zorientowane są na rekreację.</li> </ul>
prawne i ekonomiczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pomimo wprowadzania lepszych warunków prawnych i administracyjnych zapisami Ustawy z 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2015 r. poz. 196) - skrócenia procedur, eliminacja niektórych opłat i podatków, uproszczenie udzielania koncesji; brakuje rozwiązań generujących spójny system służący rozwojowi geotermii;</li> <li>• niewystępowanie funduszu ubezpieczenia ryzyka geologicznego, który mógłby sprzyjać rozwojowi inwestycji geotermalnych;</li> <li>• zbyt wysokie ceny wierceń, które stanowią podstawową część kosztów inwestycyjnych;</li> <li>• z finansowego punktu widzenia często mniejsza efektywność energetyki geotermalnej w porównaniu z konwencjonalnymi źródłami jej wytwarzania.</li> </ul>
mentalnościowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• relatywnie wciąż niskie zainteresowanie władz i samorządów lokalnych w miastach znajdujących się na obszarach bogatych w zasoby geotermalne; posiadających sieci grzewcze, w których mogłaby być zastosowana energia geotermalna;</li> <li>• niedostateczna wiedza lokalnej społeczności i decydentów na temat wszystkich możliwych korzyści (ekonomicznych, ekologicznych, zmiany wizerunku miasta, gminy, wzrostu lokalnego bezpieczeństwa w zapotrzebowaniu na energię cieplną itp.) z wykorzystania geotermii w ciepłownictwie.</li> </ul>

*Źródło: opracowanie własne na podstawie Kępińska 2016, s. 29-32*

W oparciu o realia odniesione do źródeł energetyki w państwach unijnych wnioskować należy, iż wskazane wyżej w tabeli 30 przyczyny ograniczające możliwości stosowania geotermii w ciepłownictwie i innych sposobach wykorzystania ulegną pozytywnym zmianom ukierunkowanym na stały jej rozwój. Wskazują na to m.in. następujące fakty:



- mający miejsce dynamiczny wzrost energetyki geotermalnej w Europie rozpatrywany nie tylko w kontekście „wchodzenia” w niszę rynkową, ale jako coraz istotniejsze źródło tzw. miks OZE; szczególnie w ciepłownictwie ukierunkowanym na nisko- czy też zeroemisyjną energetykę;
- coraz częstsze pojawienie się, wspierających rozwój geotermii w krajach członkowskich oficjalnych dokumentów Unii Europejskiej oraz podobnych aktów na szczeblach krajowych<sup>54</sup>;
- dokonujące się przemiany dotyczące zarówno form, jak i przekształceń w funkcjonowaniu rynku energii geotermalnej, które znajdują coraz szerszą akceptację społeczną - przyszłych odbiorców i decydentów. Chodzi m.in. o możliwości tworzenia spółdzielni energetycznych, rozwój formy zakupu energii w oparciu o zbiorowe umowy czy włączanie geotermii do konwencjonalnych a także hybrydowych systemów grzewczych. Ta ostatnia kwestia zostanie szeroko zinterpretowana w następnych częściach rozdziału [szerzej zob. Kęmpieńska 2018, s.9].

#### 6.4. Zastosowana metoda badawcza

W niniejszym punkcie opisana zostanie metoda studium przypadku, jaką autor przyjął do zdefiniowania problemów w zakresie rozwoju geotermii oraz perspektyw związanych z wdrażaniem innowacyjnych rozwiązań z zakresu OZE. W odczuciu autora właśnie metoda studium przypadku (ang. case study) najlepiej zobrazuje problematykę omawianą w dalszej części rozdziału.

Według Matejuna [2010, s.88], za studium przypadku uważać należy: „... szczegółowy opis rzeczywistego obiektu, zjawiska czy procesu, przeprowadzony w celu określenia przyczyn, przebiegu i uwarunkowań, interakcji z innymi obiektami lub zjawiskami oraz rezultatów występowania danego procesu lub funkcjonowania pewnego obiektu w określonych warunkach i kontekście”. Z kolei inny autor, Grzegorzyc [2016, s.9-10], za studium przypadku uważa „... wszechstronny opis badanego zjawiska, dotyczącego jakiegokolwiek dyscypliny naukowej”.

Metoda studium przypadku przez wielu autorów uznawana jest za jedną z najlepszych w rozwiązywaniu badania problemu naukowego. Dzięki niej bardzo szybko można określić dany problem - dokonać jego diagnozy. Według Wójcika [2013, s.17], studium przypadku cechują następujące przymioty, tj. badanie ma charakter zobiiektyzowany, racjonalny, zorganizowany, systematyczny i uporządkowany. Oprócz opisanych wcześniej zalet studium przypadku należy

---

<sup>54</sup> Wskazać m.in. można na dokument wydany w 2018 r. przez Europejską Platformę Technologii i Innowacji w Zakresie Głębokiej Geotermii w którym m.in. uwypuklono rolę geotermii w dekarbonizacji energetyki oraz pobudzania wzrostu efektywności energetycznej itp. [www.egec.org]. Sformułowanych zostało także szereg istotnych problemów badawczych związanych z determinantami rozwoju energii geotermalnej.

jeszcze wskazać, iż dokonując badania danego problemu przy użyciu właśnie tej metody możemy liczyć, że otrzymane dane będą bardzo dokładne, wskażą głęboki obraz problemu, wyjaśnią źródła i uwarunkowania danego zjawiska, a także pozwolą na głęboką interakcję badacza i obiektu badanego [Apanowicz, 2003, s.81]. Użycie tej metody staje się użyteczne w przypadku zarówno stanowiska pozytywistycznego, krytycznego lub konstruktywnego [Banaszyk, 2008, s.38-39]. Z drugiej strony wielu badaczy wskazuje na szereg wad studium przypadku, mając tutaj na myśli przede wszystkim: małą reprezentatywność wyników, intuicyjność i subiektywność sądów, dużą czasochłonność oraz wysokie koszty przeprowadzenia [Lachiewicz, Matejun, 2010, s. 89-90].

Mimo wskazanych wad, przeważająca większość autorów uważa, że jedynie za pomocą case study jesteśmy w stanie rozwiązać wiele problemów, których nie można jednoznacznie zbadać pod względem ilościowym (są one niemierzalne). Studium przypadku to badanie jakościowe cechujące się: bezpośrednim udziałem badacza, jako głównego narzędzia pozyskiwania danych i ich analizie, ale to także badanie z przewagą słownego opisu zjawiska, jego kontekstu, uczestników, prezentacji graficznej i dominacji tej formy graficznej nad liczbami [Patton, 2002, s. 5]. Studium to empiryczne wnioskowanie, które dotyczy się aktualnego zjawiska, zwłaszcza gdy granica między przypadkiem a jego kontekstem nie może zostać jasno określona [Yin, 2009, s. 8]. Autorka, rekomenduje użycia studium przypadku „w celu znalezienia odpowiedzi na pytania mające charakter odkrywczy, a więc dotyczące tego, „jak i dlaczego dane zjawisko występuje” [ibidem, s 8].

W bardzo przejrzysty sposób porównania metod badawczych dokonał Wójcik [2013, s.17]. Zestawił on pięć metod w ujęciu tabelarycznym, wskazując zasadnicze pytania, na które odpowiedź powinna dać wybrana przez badacza metoda.

**Tabela 31. Porównanie metod badawczych**

Metoda	Pytania badawcze	Czy zdarzenia/zachowania są kontrolowane?	Stopień zainteresowania współczesnymi zdarzeniami
Eksperyment	Jak, dlaczego?	Tak	Tak
Kwestionariusz	Kto, co, gdzie, ile?	Nie	Tak
Analiza archiwalna	Kto, co, gdzie, ile?	Nie	Tak/nie
Historia	Jak, dlaczego?	Nie	Nie
<b>Studium przypadku</b>	Kto, co, jak, gdzie, dlaczego?	Nie	Tak

Źródło: Wójcik 2013

Jak można zauważyć, właśnie studium przypadku pomaga rozwiązać problem badawczy w wielu płaszczyznach. Wskazuje kto lub co jest odpowiedzialne za dane zjawisko, pozwala doszukać się odpowiedzi, gdzie zjawisko występuje oraz co najważniejsze jako ostatni z

etapów badania umożliwia jasno odpowiedzieć, dlaczego dane zjawisko zachodzi lub też nie zachodzi. Oczywiście z drugiej strony krytycy mogą wskazać, iż w trakcie realizacji studium przypadku badacz nie ma żadnego wpływu na otaczającą go rzeczywistość, jest całkiem uzależniony od informacji dostarczonych, jednak nie powinno to negować studium jako badania całości problematyki badawczej. Co ważne w studium przypadku zawsze badana jest teraźniejszość, stan aktualny i na jego podstawie wyciągane są wnioski, a potem kierunkowe wskazówki jak dany problem powinien zostać rozwiązany. Studium przypadku pozwala znaleźć odpowiedź na to, czego nie mogą przekazać nam metody ilościowe. W procesie realizacji studium wykorzystywane jest najwięcej technik badawczych, narzędzi pozyskiwania i analizy danych. Sama analiza danych nie ma metodologicznych ograniczeń. Można równolegle zastosować metodę jakościową i ilościową [Chiucchi, 2009, s.73-75].

Podczas prowadzenia badania metodą studium przypadku należy dotrzymywać zasady triangulacji, tj. pozyskiwanie danych z kilku źródeł. Według [Glaser, Barney, 2001, s.145]: „...wszystko może stanowić dane - nie tylko to co, zostanie powiedziane w trakcie wywiadu, jak zostanie to powiedziane i w jakich okolicznościach, ale również dokumenty, które dotyczą problemu, artykuły prasowe, wyniki obserwacji, nagrania audio i wideo”. Trzymając się zasady triangulacji można posługiwać się następującymi metodami i technikami badawczymi [Apanowicz, 2003, s.97-109, Kostera, 2003, s. 101-156]:

- obserwacja (badacz uczestniczy bezpośrednio lub nie uczestniczy);
- wywiad (standaryzowany, niestandaryzowany);
- badanie dokumentów;
- badania ankietowe.

Jedynie korzystane z kilku metod badania jednocześnie pozwala zachować wysoką rzetelność i późniejszą trafność wnioskowania [Stańczyk, 2011, s. 79].

W literaturze zarówno polskiej, jak i zagranicznej znaleźć można wiele metodologii podziału studiów przypadku. Baxter i Jack [2008, s.547-549] dokonali następującego podziału:

- studium o charakterze objaśniającym;
- studium o charakterze badawczym;
- studium o charakterze opisowym;
- studium tzw. wielokrotne (wykonane kilkakrotnie dla danego przypadku);
- studium wewnętrzne;
- studium instrumentalne czy zbiorcze.

Podział przedstawiony wyżej wskazuje, iż studium przypadku prowadzone może być w wieloraki sposób. Może przyjąć charakter wyłącznie objaśniający, mający na celu ogólne wyjaśnienie tematu. Z drugiej strony realizację studium można poprowadzić głębiej, bardziej analitycznie, nadać mu charakter badawczy. Bardzo często studium z założenia ma być

metodą opisową, która dane zjawisko wyjaśnia w sposób deskryptywny. Taki sposób prowadzenia badania pozwala dotrzeć z przekazem do szerszej liczby odbiorców. Studium może być także wykonywane na jednym przykładzie lub na kilku. W przypadku pojedynczego badania ma one cel poznawczy - ma pokazać tworzenie się nowego zjawiska [Karami, Rowley, Analoui, 2006, s.50]. Samo studium przypadku ze względu na metodologię jego prowadzenia można także podzielić na wewnętrzne jak i zewnętrzne. Należy zaznaczyć, że bardzo trudno jest jednoznacznie określić, które z wymienionych cech - wewnętrzny czy zewnętrzny charakter ma studium. Badając np. firmę, jej charakter wewnętrzny, nie jest się w stanie dokonać pełnego studium bez zbadania makrootoczenia (czynników zewnętrznych). Zatem należy wyraźnie podkreślić, iż rzetelnie wykonane studium przypadku musi obejmować zarówno aspekty wewnętrzne, jak i zewnętrzne danego przedmiotu czy zjawiska [Walsham, \*1995, s. 75].

Inną metodologię podziału studium przypadku stosuje Grzegorzczuk [2011, s.11], stawiając tezę, że należy je podzielić według stawianego celu jaki ich przeprowadzenie ma wygenerować. I tak według wspomnianego autora studium może mieć charakter:

- teoriiotwórczy - umożliwienie rozwoju istniejącej teorii oraz wyjaśnienie zjawisk dotąd nie znanych. Cel ten osiąga się najczęściej, gdy dana wiedza znajduje się w bardzo wczesnej fazie rozwoju;
- testujący - badane są warunki, w których dana teoria się potwierdza, ale także może ulec falsyfikacji;
- praktyczny - a co za tym idzie cel szkoleniowy, badawczy, propagujący rozwój; służy to poznaniu zjawiska, pozwala na ocenę i podejmowanie najkorzystniejszych decyzji.

W literaturze odnaleźć można wiele interesujących badań z tego zakresu. Przykładem bardzo dobrego case study z zakresu OZE może być badanie przyczyn niewybudowania siłowni wiatrowych w województwie wielkopolskim w miejscowości Krzywiń [Kalbraczyk E., Kalbraczyk R., 2018, s. 81-90]. Celem niniejszego studium przypadku była identyfikacja powodów, dla której inwestycja w budowę elektrowni wiatrowej wzbudziła niespotykany opór lokalnej społeczności. Mimo początkowo pozytywnego nastawienia mieszkańców gminy do lokalizacji w ich rejonie siłowni wiatrowej z dnia na dzień entuzjazm przerodził się w niespotykany opór - niemalże wrogie bojownicze nastawienie. Na nic zdały się liczne spotkania Inwestora ze społecznością lokalną, przeprowadzone badania, które wykazały, iż lokalizacja wiatraków nie wywiera negatywnego wpływu na ludność jak i na otaczający krajobraz. Sytuację dodatkowo skomplikowała nowa ustawa w sprawie OZE tj. Ustawa o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych z dnia 20 maja 2016 r. Po raz pierwszy jasno sformułowano, iż siłownie wiatrowe można lokalizować wyłącznie z zachowaniem 10-krotnej odległości siłowni wiatrowej od najbliższej zabudowy mieszkalnej. Dawniej ten próg wynosił 450 m, dziś w praktyce oznacza to, iż wiatrak (ze względu na jego rozpiętość skrzydeł) zlokalizowany musi

być w odległości od 1,5 do 2,3 km [Schnell, 2016]. Inwestycja mimo poczynionych dużych nakładów początkowych, nie została zrealizowana.

Z kolei Batyk [2012, s.27-36] wykonała studium przypadku, zakładające zbadanie wpływu lokalizacji siłowni wiatrowych na terenie Warmii i Mazur. Badanie miało na celu wskazać, iż jedynie spójna polityka w zakresie budowy elektrowni wiatrowych oraz poszanowanie środowiska naturalnego może przynieść pożądany efekt zarówno ekonomiczny, ekologiczny oraz społeczny. „Obecnie panuje moda na wytwarzanie w świadomości społeczeństwa ekologicznego wizerunków regionów” [Batyk, 2012, s. 28]. Należy jednak zaznaczyć, iż także w rejonach pięknych pod względem krajobrazowym zaistnieć muszą zakłady produkcyjne, miejsca pracy czy chociażby nowoczesne inwestycje w OZE, które autorka tutaj opisywała. Mimo konieczności lokalizacji siłowni wiatrowych na Warmii i Mazurach (region ten posiada najuboższą infrastrukturę elektroenergetyczną w Polsce) inwestorzy napotykają szereg problemów z uzyskaniem pozwoleń na budowę elektrowni w oparciu na OZE. Autorka jasno wskazuje, iż „przeszkodą w rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce nie jest brak potencjału, lecz bariery w realizacji projektów budowy turbin oraz opóźnienia podłączenia wiatraków do sieci przesyłu energii elektrycznej”. Za dalsze przyczyny opóźnienia realizacji projektów uznano brak jednolitego systemu wsparcia dla inwestycji oraz brak usystematyzowanego mechanizmu sprzedaży energii. Przeprowadzone case study wykazało pewną rozbieżność pomiędzy oczekiwaniami władz lokalnych i społeczności. Te pierwsze lobbują na rzecz inwestycji w farmy wiatrowe, ze względu na przychody podatkowe, zaś społeczność mimo początkowego zainteresowania i pozytywnego odbioru, stała się groźnym oponentem w procesie inwestycyjnym.

Efektywność i zasadność budowy małej elektrowni wodnej w swoim opracowaniu badali Nowodzińska i Nowodziński [2013, s. 423-433]. Case study dla tego przypadku prezentuje inwestycję w elektrownię wodną, której funkcjonowanie jest efektywne. Przynosi zyski bieżące, ale także wzrost wartości przedsiębiorstwa w czasie. Oceniana inwestycja w swoim założeniu musiała być bardziej opłacalna niż lokowanie środków na np. lokacie bankowej. Do oceny stopy zwrotu wykorzystano szeroko znaną metodę NPV, która wskazała nadwyżkę inwestycyjną w porównaniu do zwykłej lokaty bankowej. Wyniki analizy wskaźnikowej pokazały, iż budowa 5 MW elektrowni wodnej oprócz zysku bieżącego, zagwarantowanego kapitału na bieżące naprawy i rozwój, generuje wzrost wartości firmy. Z drugiej strony, ta ekologiczna inwestycja nie ingeruje w środowisko. Jej lokalizacja nie przeszkadza w żaden sposób samorozwojowi środowiska naturalnego. Reasumując w studium przypadku oceniono sytuację pod kątem makro i mikroekonomicznym. Pozwoliło to jednoznacznie wskazać, iż inwestycja w elektrownię wodną o mocy 5 MW na tym obszarze jest opłacalna ekonomicznie, jak i w żaden negatywny sposób nie wpływa na naturę.

Od kilku lat w Polsce bardzo szybko rozwija się rynek farm fotowoltaicznych. Studium przypadku z zakresu wymagań jakie generuje projektowanie farm wiatrowych przeprowadził Sołtysiak [2019, s.222-230]. Na wstępie swojego badania wskazuje, iż szybki rozwój rynku wymaga nowoczesnego podejścia już na etapie projektowania i uzgadniania pozwoleń i innych dokumentacji [Lee, Noh, Choi, Sung Rha, 2017]. Sama faza produktowa staje się aktualnie mniej ważna, ze względu na szybką dostępność towaru oraz wysoką konkurencję w sektorze dostawców ogniw fotowoltaicznych. Na etapie projektowania oraz uzyskiwania pozwoleń inwestor musi już posiadać projekt odpowiadający jego potrzebom. W zakresie uzgodnień wymagane są wszelkie pozwolenia formalno-prawne oraz - co najważniejsze - pozytywny wynik aukcji w zakresie sprzedaży energii elektrycznej. Jedynie pewność sprzedaży prądu po z góry ustalonych cenach pozwala bezpiecznie podejść do przyszłego procesu inwestycji w farmę fotowoltaiczną. Procesy przed uruchomieniem farmy autor uznaje za bardzo skomplikowane i pracochłonne, stąd rekomenduje ich delegowanie tzw. „centrom zarządzania farmami odnawialnych źródeł energii”. Ich rola polega na poprowadzeniu całego procesu inwestycyjnego w imieniu inwestora. Dalsza część badania wskazuje, iż do końca 2020 roku, nie osiągnięty zostanie cel 15% udziału energii z OZE w zużyciu energii ogółem. Za jedyną szansę, która pozwoli zbliżyć się do deklarowanej przez polskie władze wartości, jest dynamiczny rozwój farm fotowoltaicznych.

W polskiej literaturze brak jest studium przypadku budowy zakładów geotermalnych. Owszem, doszukać się można kilku traktujących o energii odnawialnej, jednakże jak dotychczas nie zbadano dokładnie zasad i reguł funkcjonowania geotermii. Nie sprawdzono ich rentowności, nie oceniano efektów ekologicznych, społecznych. W kolejnej części pracy autor podejmie próbę przybliżenia specyfiki działania zakładów geotermalnych. Analizie poddane zostaną te ulokowane w Stargardzie, Mszczonowie oraz Poddębicach. To na ich podstawie wysunięte zostaną wnioski na temat zasad funkcjonowania geotermii w systemach ogrzewania miasta czy energii geotermalnej jako źródła dostawy ciepłej wody termalnej dla celów rekreacji oraz lecznictwa. Obok 3 zakładów geotermalnych przy pomocy studium badane będą inne inwestycje z zakresu OZE, tj. biogazownia oraz miejski system ciepłownictwa. System ten zlokalizowany jest w Pile, gdzie od kilku lat bardzo sprawnie współgrają ze sobą piece węglowe i wysokosprawna kogeneracja (łączna produkcja prądu i ciepła). Aktualnie system ten jest nadal rozbudowywany o kolejnym zestaw agregatów kogeneracyjnych. W ocenie autora, przeprowadzone badania wskażą, iż nie tylko pryzmat ekonomiczny przesądza o konieczności inwestycji w OZE. Bardzo często obok zysków pieniężnych warto zdecydować się na budowę np. geotermii ze względów ekologicznych, społecznych czy marketingowych. W przypadku tych ostatnich zysk pieniężny pojawić może się w odległej perspektywie czasu jako pochodna głównego celu, który stawiano sobie podczas realizacji pierwotnego zadania.

## 6.5. Modele biznesowe zakładów geotermalnych

Model biznesowy staje się nieodzowną częścią prowadzenia przedsiębiorstwa. Aktualnie, praktycznie w każdej z liczących przedsiębiorstw jest mowa o wybranym i wdrażanym modelu biznesowym [Osterwalder, Pigneur, Tucci, 2012, s.6]. W sprawozdaniach największych firm świata (lista Fortune 500) w 1/3 ich sprawozdań mowa jest o posiadanym modelu biznesowym [Shafer, Smith, Linder, 2005, s.200]. W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele prób zdefiniowania modelu biznesu. Zasadniczo wyróżnić można 3 grupy. Pierwsza z nich to próba definiowania modelu biznesowego jako łańcucha wartości. Druga grupa to określanie modelu poprzez zasoby przedsiębiorstwa (organizacji). Z kolei trzecia, najnowsza, to „model biznesu interpretowany jako design lub architektura biznesu z procesem tworzenia wartości jako kluczowym elementem” [Rudny, 2013, s. 102].

Definicję modelu biznesu przy użyciu modelu wartości przedstawia Teece [2010, s.173]. W opinii badacza model określa strukturę dochodów, kosztów oraz potencjalny zysk dla przedsiębiorstwa. Wskazuje także ścieżkę tworzenia wartości dodanej dla klientów oraz pokazuje w jaki sposób otrzymać płatności od pozyskanych klientów - zyski przedsiębiorstwa. W takim ujęciu teoretycznym wskazana jest struktura organizacyjna firmy jak i finansowy aspekt jej działania. Inni z kolei, jak Smith, Binns, Tushman [2010, s. 450] uznają za model biznesu konfigurację, przy użyciu której firma dokonuje wyborów strategicznych mających na celu stworzyć wartość, w późniejszym etapie wykorzystać strukturę organizacyjną i zatrzymać stworzoną wartość dodatnią. Analizując dalej literaturę przedmiotu definicja zaproponowana przez Amit i Zott [2001, s.511] wskazuje model biznesu jako „substancję, strukturę oraz system nadzoru transakcji zaprojektowany w celu kreowania wartości poprzez eksploatację szans biznesowych”. Substancja w tym przypadku to produkt bądź informacja będąca przedmiotem wymiany; struktura to przedmioty biorące udział w procesie wymiany oraz sposób ich powiązania. Struktura wskazuje także jasno w jakiej kolejności winny być zawierane transakcje, przy jednoczesnej charakterystyce mechanizmów wymiany. Nadzór, ostatnia część definicji, to natomiast opis sposobu przepływu informacji, zasobów i produktów. Autorzy zauważają także, iż model biznesowy to „specyficzna matryca / szablon wskazująca, w jaki sposób przedsiębiorstwo prowadzi swoją działalność oraz dostarcza wartość interesariuszom, a także jak wiąże rynki produktów i czynników wytwórczych” [Rudny, 2013, s. 102]. Model w opinii autorów to także swoiste pole doświadczalne, jest to miejsce i czas na testowanie dalszych kroków strategicznych a w konsekwencji wdrożenie względnie długotrwałej strategii rozwoju przedsiębiorstwa. Rudny [Ibidem, s. 102] stwierdza, że „model biznesu zorientowany jest na tworzenie wartości dla klienta, zaś strategia - na tworzenie wartości dla akcjonariusza”. Jak widać generować może to częste problemy w pogodzeniu tych dwóch aspektów - wartość dla klienta, a wartość dla akcjonariusza.

Tworząc model biznesowy należy zastanowić się na jego podstawowymi wartościami jakie przyniesie firmie oraz klientom i akcjonariuszom. Według Chesbrough i Rosenbloom [2002, s. 529-555] model winien spełniać następujące funkcje:

- kreować wartość dla odbiorców poprzez określone produkty/usługi;
- określać docelowy segment rynku;
- wskazywać mechanizm generowania przychodów (pokazuje potencjalnych odbiorców oraz przyczynę, dla której wybiorą produkt firmy);
- definiować łańcuch wartości tj. wskazać zasoby które pozwolą stworzyć ofertę akceptowalną i pożądaną przez klientów;
- określać mechanizmy otrzymywania płatności;
- określać koszt zrealizowania oferty oraz poziom zysku;
- określać pozycję firmy w sieci wartości;
- formułować założenia strategii konkurencyjności tak, aby utrzymać przewagę konkurencyjną nad rywalami.

W polskiej literaturze można także doszukać się prób zdefiniowania najważniejszych cech modelu wartości. Drzewiecki [2013, s. 67] za najistotniejsze cechy modelu biznesowego uważa:

- oferowanie nabywcy unikatowej wartości;
- koncentrowanie się na innowacjach - warunek konieczny generowania wartości dodatniej i zysków;
- tymczasowość, zmienność, okresowość, podatność na procesy starzenia, i wynikająca z tego możliwość redefiniowania modelu bądź nawet jego destrukcji;
- spójność, dopasowanie składowych - muszą one być dopasowane, ale także muszą się uzupełniać;
- trudność imitacji;
- systemowy charakter koncepcji całego modelu.

Z kolei Demil oraz Lecocq [2010, s. 227-246] w swoich opracowaniach akcentują na zasobowe podejście w tworzeniu modelu biznesowego. Według nich model firmy tworzą trzy składowe:

- zasoby i kompetencje;
- struktura organizacyjna;
- propozycja wartości - oferta produktu / usługi kierowana do klientów.

Opisane wyżej składowe determinują według autorów „marżę” - którą należy określić jako potencjalny zysk przedsiębiorstwa.

W 2008 roku, badacze Prahalad, Krishnan [2008, s. 38-47] zaproponowali nowy model biznesu tzw. koncepcję Nowej Ery Innowacji. Model biznesu według tej koncepcji składa się z



trzech składowych tj.: architektura społeczna, architektura techniczna oraz procesy biznesowe. Dwie pierwsze z nich stanowią o zasobach, ostatnia wskazuje czynności jakie należy wykonać do osiągnięcia założonego efektu. Model ten sprawdza się w przypadku energetyki odnawialnej. Pomaga jasno sprecyzować kto jest inwestorem, jakie są potrzeby inwestycyjne. Dalej definiuje potrzebne zasoby materialne, kapitałowe, techniczne. Umożliwia wskazywać szybkość i zakres czynności, które pozwolą wygenerować zakładany zysk czy to w ujęciu pieniężnym czy społecznym. W artykule naukowym Brzóška, Krannich [2016, s. 14-18] dokonana została próba oceny działania trzech inwestycji w odnawialne źródła energii przy pomocy modelu Nowej Ery Innowacji. Autorzy posiadając szereg danych ocenili model funkcjonowania: mikroinstalacji fotowoltaicznej, biogazowni rolniczej oraz pasywnego biurowca. Dla każdego z przypadku zestawili w ujęciu tabelarycznym elementy modelu z uwzględnieniem trzech składowych - architektury zewnętrznej, społecznej oraz procesów biznesowych. Każdy z projektów / modeli inwestycji w OZE okazał się opłacalny, generował zysk ekonomiczny. W przypadku instalacji fotowoltaicznej dla domu rodzinnego ilość zmiennych w modelu była mniejsza, dla budowy ogromnego biurowca wzrastała adekwatnie do stopnia złożoności projektu. Cechą wspólną wszystkich modeli było wdrażanie innowacji, która tworzyła korzyść, bezpośrednią ekonomiczną czy pośrednią społeczną. Najwięcej korzyści społecznych generowała biogazownia, gdyż zagospodarowaniu ulegały odpady oraz zasoby zielone. W zamian za to powstawała produkcja ciepła i prądu elektrycznego, które to trafiają do mieszkańców pobliskiej gminy. W przypadku biurowca największe korzyści generował on swoim „akcjonariuszom” - inwestorom. Budynek pasywny, to mniejsze zużycie energii cieplnej i elektrycznej, co tożsame jest z oszczędnościami w eksploatacji. Cechą wspólną wszystkich modeli biznesowych jest jednak problem z ich rentownością. Inwestowanie w tego typu przedsięwzięcia opłaca się tylko i wyłącznie wtedy, gdy są one współfinansowane ze środków pomocowych (krajowych czy unijnych).

W niniejszej pracy należy jasno sprecyzować, iż opisywane będą przedsiębiorstwa posiadające model biznesowy. Warto jest podkreślić, iż często dochodzi jednak tutaj do konfliktu na płaszczyźnie zysk dla akcjonariuszy, a wartość dodana dla odbiorcy końcowego. W przypadku podmiotów takich jak Zakłady Geotermalne w Poddębicach czy Mszczonowie, celem nadrzędnym staje się tworzenie wartości dla klienta (mieszkańca, turysty itp.). Z drugiej strony należy dbać także o aspekt finansowy firm - gdyż jedynie generowany zysk pozwoli odtwarzać zasoby i ponownie tworzyć korzyści społeczne. Na przeciwnym biegunie podejścia w tworzeniu modelu biznesowego należy uplasować Biogazownię w Piaszcznie oraz Geotermię w Stargardzie. Są to firmy prywatne, gdzie nadrzędnym celem jest generowanie zysku dla ich właścicieli. Z drugiej natomiast strony zyski pociągają za sobą także automatycznie korzyści społeczne (czystsze powietrze, zwiększenie zatrudnienia itp.) Ostatnim z analizowanych zakładów w niniejszej pracy jest Miejska Energetyka Ciepła w Pile.

Kapitałowo należąca do spółki prawa handlowego - ENEA S.A oraz miasta Piła. Jest to doskonały przykład jak można pogodzić generowanie zysku dla akcjonariuszy z korzyściami dla społeczności lokalnej. Budowa w Pile już drugiej elektrociepłowni kogeneracyjnej to zysk w ujęciu finansowym dla ENEA S.A, ale także korzyści ekologiczne dla mieszkańców Piły.

#### 6.5.1. Model przemysłowy (Stargard)

Geotermia w Stargardzie powstała w latach 90-tych XX wieku. Było to wspólne przedsięwzięcie władz lokalnych, Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska oraz inwestorów z Danii. Prawnie firma funkcjonowała od 1999 roku. Pierwsze uruchomienie zakładu nastąpiło w 2005 roku. Całość ciepła trafiała do odbiorcy końcowego - Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej w Stargardzie. Już w 2009 roku pojawiły się pierwsze problemy natury techniczno- eksploatacyjnej - zatłaczanie słonej wody do wnętrza ziemi. Chodziło tutaj o tzw. zapychanie się otworu zatłaczającego. Wydobywana woda z ujęć w Stargardzie cechuje się dużym zasoleniem, więc tylko jej nieznaczna część może być zrzucona do pobliskiej rzeki, pozostała część schłodzonej wody musi z powrotem trafić w głąb ziemi. W 2010 roku otwór uległ całkowitemu zapchaniu. Zakład zatrzymano. Przez okres dwu lat znajdował się w rękach syndyka, który dopiero w 2012 odsprzedał go firmie G-TERM ENERGY. Zakup przyczynił się do ponownego uruchomienia zakładu oraz poczynienia szeregu inwestycji, które opisane zostaną w dalszej części rozważań.

Początkowo Zakład posiadał jeden otwór wydobywczy - GT2 (ułożenie skośne<sup>55</sup>) oraz otwór zatłaczający GT1 (ułożenie pionowe). Temperatura wody na wydobywaniu oscyluje w okolicach 83°C, zaś na zatłaczaniu po jej schłodzeniu w przedziale 40-65°C. Zakres temperatur pozostał taki sam do dnia dzisiejszego. Aktualnie po rozbudowie, dzięki wsparciu środkami unijnymi, zakład liczy 7 otworów geotermalnych. Trzy z nich są otworami skośnymi wydobywczymi, pozostałe 4 prostopadłe to otwory do zatłaczania solanki w głąb ziemi.

Co należy podkreślić Geotermia Stargard to przykład zakładu stricte produkcyjnego. Wydobywana ciepła woda termalna kierowana jest tylko do potrzeb ogrzewania miasta. Istnieje tylko jeden odbiorca ciepła - PEC Stargard. Jest to sytuacja zgoła odmienna niż w przypadku pozostałych opisywanych (Poddębice, Mszczonów), gdzie zakłady geotermalne zajmują się obsługą i utrzymaniem sieci ciepłowniczej. Sprzedają ciepło odbiorcom końcowym i zabiegają o ich podłączenie. W Stargardzie całość tych zadań spoczywa na PEC Stargard.

---

<sup>55</sup> Otwory skośne wykonywane są w dwóch technologiach. Dla przykładu otwór GT4 w Stargardzie jest otworem typu J. Wykonano go w odległości ok. 1 km od otworu zatłaczającego w warstwach wodonośnych, w takim celu, aby woda powrotna nie schładzała wody wydobywanej. Otwór ten posiada jednak dwa zasadnicze minusy – trudności w eksploatacji (częstsze czyszczenie) oraz wysoka cena za jego wykonanie. Drugi z typów otworów skośnych typ S (np. w GT6 w Stargardzie), podobnie jak poprzedni pozwala uniknąć schładzania wody wydobywczey. Ponadto jest wymagany, gdy istnieje konieczność pionowego ustawienia filtra. Otwór ten jest skomplikowany, trudny w procesie zafiltrowania. Wskazane typy otworów J i S są droższe od podstawowych pionowych, jednak do ich zalet należy przede wszystkim fakt, iż mogą być zlokalizowane bardzo blisko siebie. Zmniejsza się koszt zakupu działki, nie istnieje potrzeba budowy dużej ilości rurociągów.

Jest on niejako buforem pomiędzy geotermią a klientem końcowym. Klient finalny nie otrzymuje informacji czy ciepło jest stricte ze źródła geotermalnego, czy zostało wyprodukowane przy użyciu pieców węglowych w PEC Stargard. Jedynym okresem, kiedy Geotermia w pełni zaspokaja potrzeby cieplne miasta jest lato. Wtedy kotły PEC Stargard mogą zostać wyłączone, jednak pozostają one w rezerwie.

Aktualnie około 75% mieszkańców Stargardu korzysta z ciepła sieciowego<sup>56</sup>. Jest ono dostarczane za pomocą ciepłowni węglowej oraz geotermalnej. W użytkowaniu pozostały także mniejsze lokalne kotły gazowe. Łączna moc cieplna kotłów węglowych wynosi 116,3 MW, długość sieci ciepłowniczej to 65 km. Na tym odcinku znajduje się ponad 300 wymienników ciepła. Sieć ciepłownicza jest na bieżąco modernizowana, co roku przyłączają się do niej nowi odbiorcy. Średnio rocznie PEC Stargard sprzedaje około 650 tys. GJ ciepła, z czego 30% pochodzi z geotermii. Po modernizacji ilość dostarczanego ciepła z wód termalnych znacząco wzrośnie. Docelowo dostawy ciepła z geotermii mają pokryć ponad 50% ogólnego zapotrzebowania na ciepło całego systemu. Od tego momentu w mieście Stargard będzie miał miejsce „efektywny system ciepłowniczy”<sup>57</sup>. Co należy uwypuklić PEC Stargard zobligowany jest do zakupu ciepła z geotermii, jednak z takim zastrzeżeniem, iż nie może być ono droższe od tego wytwarzanego we własnym zakresie ze źródeł posiadanych przez PEC. Oprócz tego samo istnienie geotermii wpisuje się w długoletnią strategię PEC Stargard, gdzie firma zobligowała się do zakupu ciepła geotermalnego<sup>58</sup>. Strategia swoimi ramami obejmuje lata 2010-2027.

W tabeli 32 zestawiono sprzedaż ciepła PEC Stargard oraz zakładu geotermalnego. W roku 2015, dostawy ciepła z geotermii stanowiły 33% ciepła znajdującego się w systemie grzewczym miasta Stargard. W roku 2016, odnotowano spadek udziału ciepła geotermalnego w sprzedaży ciepła ogółem. Powodem były problemy natury technicznej w zakładzie geotermalnym - mniejsze dostawy spowodowane awariami. W 2016 roku rozpoczęto odwiert drugiego otworu zatłaczającego. Efekt zwiększonego wydobycia spowodowany posiadaniem większych zdolności zatłaczania zaobserwować można w 2018 roku. Po raz pierwszy w zakładzie geotermalnym skumulowana roczna produkcja przekroczyła 200 tys. GJ. Stanowiło to 34,1% całego wolumenu ciepła sieciowego w Stargardzie. W 2019 produkcja ciepła nieznacznie spadła, ale za taką sytuację odpowiada odpowiednio - łagodniejsza zima oraz

---

<sup>56</sup> Dane z PEC Stargard, stan na listopad 2020

<sup>57</sup> Efektywny system ciepłowniczy – to taki w którym do produkcji ciepła lub chłodu wykorzystuje się co najmniej w 50 proc. energii ze źródeł odnawialnych lub w 50 proc. ciepło odpadowe lub w 75 proc. ciepło pochodzące z kogeneracji lub w 50 proc. ma miejsce połączenie ww. energii i ciepła. Definicja efektywnego systemu ciepłowniczego zawarta jest w Dyrektywie o efektywności energetycznej (2012/27/UE) z dn. 25.10.2012 i musiała zostać transponowana do polskiego porządku prawnego poprzez odpowiednie zapisy w Ustawie o efektywności energetycznej (Dz.U. z z 20 maja 2016 r. poz. 831)

<sup>58</sup> Strategia rozwoju PEC Stargard w latach 2010-2027, udostępniona przez władze PEC Stargard

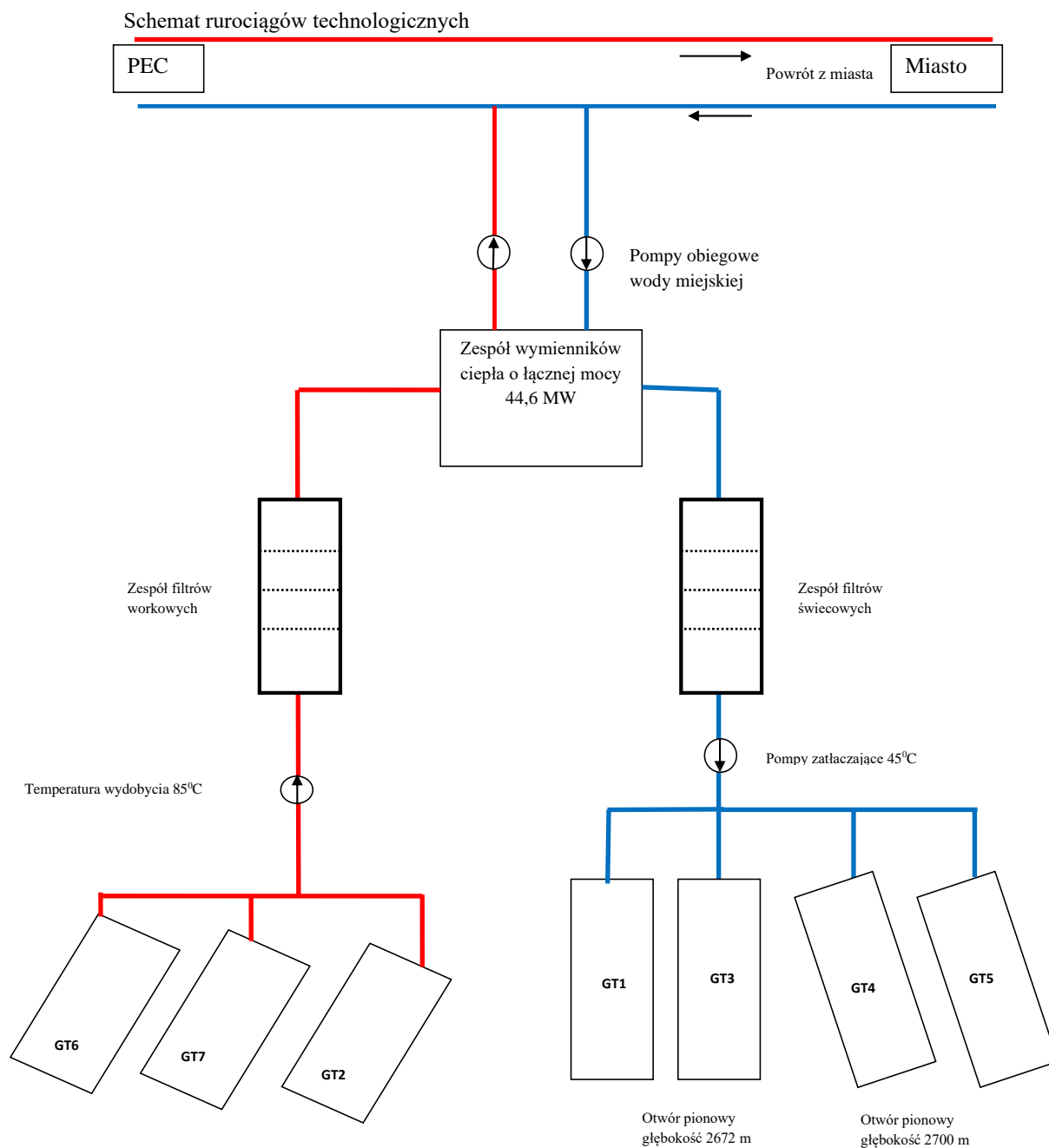
częściowe wyłączenie zakładu geotermalnego podczas prowadzenia bieżącej inwestycji opisanej w dalszym fragmencie rozprawy.

**Tabela 32. PEC Stargard - wolumen sprzedaży ciepła w tys. GJ za lata 2015-2019**

<b>Wyszczególnienie</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
Sprzedaż ciepła w w tys. GJ	559.394	605.275	601.905	599.731	581.909
Sprzedaż ciepła z zakładu geotermalnego	184.600	164.029	162.514	204.508	197.267
Udział ciepła geotermalnego w sprzedaży ogółem	33%	27,1%	27%	34,1%	33,9%

*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z PEC Stargard oraz G-TERM ENERGY 2020*

Jak wcześniej sygnalizowano od 2012 roku na terenie zakładu w trybie ciągłym przeprowadzane są modernizacje. Pozwala to na sprawną bieżącą eksploatację. W 2017 roku złożono dodatkowo wniosek o dofinansowanie rozbudowy firmy tj. rozbudowę ciepłowni geotermalnej, jak i odwiert kolejnych otworów (wydobywczych jak i zatłaczających). Realizacja przedsięwzięcia zmierza obecnie ku końcowi. Planowany termin jej realizacji to 2021 rok. Schemat działania Zakładu po ukończeniu realizacji prowadzonej inwestycji przedstawia rysunek nr 41.



**Rys. nr 41. Schemat działania Zakład Geotermalnego w Stargardzie**

*Źródło: rysunek własny autora*

Kolorem czerwonym zaznaczono przepływ gorącej solanki, zaś niebieskim solankę, która trafia z powrotem do otworów zatłaczających. Idea działania zakładu opiera się na 7 otworach. W trzech z nich na głębokości około 300 m pod ziemią osadzone są pompy głębinowe, z których pompowana jest solanka. Średni jej przepływ wynosi 190 m<sup>3</sup>/h. Następnie gorąca solanka trafia na wymienniki ciepła, poprzez które ciepło oddawane jest do obiegu wody sieciowej w PEC Stargard. Po wstępnym podgrzaniu wody przez zakład geotermalny, woda ta trafia do obiegu kotłowni w PEC Stargard, w zależności od potrzeb jest ona podgrzewana

do odpowiednich parametrów. W systemie ciepłowniczym w Stargardzie zastosowanie znalazło unikatowe, a jednocześnie najbardziej efektywne rozwiązanie w zakresie włączenia w miejski system grzewczy. Charakteryzuje się ono następującymi rozwiązaniami:

- instalacja podłączona jest tylko na powrocie z miasta, pobierając z rurociągu odpowiednią ilość wody sieciowej o temperaturze 40-50°C. Należy przy tym zauważyć, że latem kotły PEC są wyłączone, więc cały przepływ powrotny przechodzi przez geotermię,
- woda sieciowa trafia na wymiennik ciepła a następnie po podgrzaniu do temperatury 65-83°C kierowana jest ponownie do tego samego rurociągu powrotnego wody sieciowej,
- podgrzana woda z instalacji geotermalnej trafia do PEC-u, który nadaje jej wymagane parametry sieciowe. Trzeba przy tym jeszcze raz podkreślić, że aktualne przepisy dotyczące wykorzystania OZE nakładają na PEC obowiązek zakupu każdej ilości ciepła wyprodukowanego przez geotermię. Nie istnieje tutaj problem nadwyżki bądź braków w zakresie ciepła pochodzącego z ciepłych wód termalnych. [Czternasty, Zabłocki, 2018].

Obok istniejących wcześniej otworów GT-1 i GT-3 (oba zatłaczające) i jednego wydobywczego GT-2, rozbudowa polega na wywierceniu dwóch otworów wydobywczych GT-6 oraz GT-7 oraz dwóch zatłaczających GT-4 oraz GT-5. Wszystkie otwory wiercone są skośnie. Inwestycja obok odwiertów przewiduje wykorzystanie nowoczesnych pomp o podwyższonych parametrach, w ten sposób wyeliminowane zostanie ryzyko mieszania się wody wydobywczej i zatłaczającej. Opracowany projekt modernizacji ciepłowni w Stargardzie wynika z dogłębnej diagnozy potrzeb PEC Stargard. Dodatkowe otwory umożliwią zwiększenie produkcji o ponad 220 tys. GJ rocznie, przy obecnej wynoszącej około 200 tys. Całkowite zapotrzebowanie miasta oszacowano na około 600-650 tys. GJ/rok. Suma produkcji bieżącej i tej przewidywanej po uruchomieniu wzrośnie do ponad 420 tys. GJ ciepła pochodzącego z ciepłych wód termalnych. Po zakończeniu rozbudowy, instalacja w Stargardzie będzie największą w Polsce.

Rozbudowa to nie tylko efekty w postaci zwiększonej produkcji. Należy wspomnieć także o innych, takich jak:

- redukcja szkodliwych zanieczyszczeń (szczegółowy efekt ekologiczny przedstawiony zostanie w dalszej części rozprawy);
- zwiększenie atrakcyjności turystycznej regionu – czystsze powietrze, powinno przyciągać okolicznych mieszkańców, Polaków oraz turystów z Niemiec, którzy będą chcieli spędzić wolny czas w Stargardzie;
- wzrost dochodów z podatków - w ujęciu bezpośrednim jak i pośrednim;

- zmniejszenie wydatków gminy na ochronę środowiska - PEC Stargard znacznie obniży emisję szkodliwych gazów do atmosfery, a co za tym idzie powietrze będzie czystsze, przyjaźniejsze dla mieszkańców. Spadnie odsetek zachorowań na choroby płuc itp., implikuje to niższe wydatki na służbę zdrowia.

Reasumując dotychczas w zakładzie geotermalnym w Stargardzie dokonano następujących inwestycji:

- jego ponowne uruchomienie - koszt około 4 mln PLN (2011-2012 rok);
- rekonstrukcja otworu GT-1 - ze względu na jego zapychanie należało wykonać prace czyszczące - koszt około 1 mln PLN;
- rozbudowa geotermii o otwór GT-3 - w kwocie około 16 mln (2016 rok);
- inwestycja w trakcie końcowej realizacji - projekt pod nazwą „Wykonanie odwiertów geotermalnych w Stargardzie” - koszt około 72 mln PLN, przy wsparciu środków unijnych w kwocie 40 mln PLN.<sup>59</sup>

Dokładne koszty prowadzonych prac budowlanych związanych z realizacją ostatniego z otworów przedstawiono w tabeli 33.

**Tabela 33. Całkowite koszty kwalifikowane i niekwalifikowane projektu/przed uwzględnieniem wymogów określonych w artykule 61 Rozporządzenia (UE) nr 1303/2013**

L.p.	Wyszczególnienie	Całkowite koszty projektu /A/	Koszty niekwalifikowane /B/	Koszty kwalifikowane /C/= A - B/	Wartość % całkowitych kosztów kwal.
1.	Wynagrodzenie za opracowanie planów i projektów	0	0	0	0
2.	Zakup gruntów	0	0	0	0
3.	Roboty budowlane	68 000 000	0	68 000 000	94,31
4.	Urządzenia techniczne i maszyny lub sprzęt	4 100 000		4 100 000	5,69
5.	Nieprzewidziane wydatki <sup>60</sup>	0	0	0	0
6.	Dostosowanie cen <sup>61</sup>	0	0	0	0
7.	Informacja i promocja	0	0	0	0
8.	Nadzór budowlany	0	0	0	0
9.	Pomoc techniczna	0	0	0	0
10.	VAT <sup>62</sup>	16 583 000	16 583 000	0	0
11.	SUMA	88 683 000	16 583 000	72 100 000	100

Źródło: Czternasty, Zabłocki 2018

<sup>59</sup> Informacje pochodzą z wniosku o dofinansowanie firmy G-TERM Sp. z o.o. - „Wykonanie odwiertów geotermalnych w Stargardzie”, 2017

<sup>60</sup> Nieprzewidziane wydatki nie powinny przekraczać 20% całkowitych kosztów.

<sup>61</sup> W stosownych przypadkach można wykorzystać dostosowanie cen w celu pokrycia przewidywanej inflacji, jeżeli wartość kosztów kwalifikowanych wyrażona jest w cenach stałych.

<sup>62</sup> VAT podlegający zwrotowi jest środkiem niekwalifikowanym.

Sumaryczna wartość projektu oszacowana została na ponad 88,6 mln PLN brutto, przy zaznaczeniu, iż podatek VAT nie jest kosztem kwalifikowanym projektu. Zatem po jego odjęciu wartość netto inwestycji wynosi 72,1 mln PLN, z czego 40 mln pochodzi z dotacji Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Finansowanie inwestycji ze środków unijnych to także obowiązek propagowania rozwiązań edukacyjnych - w tym przypadku szerzenie informacji o pozytywnym wpływie odnawialnych źródeł energii na Stargard i jego otoczenie. Odbywać się to będzie za pomocą lokalnych kampanii reklamowych, wywiadów w prasie, telewizji. W przypadku samej inwestycji będzie ona oznakowana tablicami, wskazującymi wysokość dofinansowania, beneficjenta oraz instytucję, która przyznała dotację.

Podsumowując rozwój Geotermii w Stargardzie był możliwy wyłącznie po jej zakupie przez inwestora prywatnego. Pierwsze lata jej działania doprowadziły do upadku zakładu. Brak środków na bieżące inwestycje, niskiej jakości umiejętności techniczne personelu przyczyniły się do całkowitej technicznej degradacji otworów geotermalnych. Ich ponowne uruchomienie wymagało kapitału zewnętrznego. W kolejnych latach, systematycznie prowadzone inwestycje, przy wsparciu środków unijnych pozwoliły w Stargardzie zbudować największą geotermię w kraju.

### **Pozytywne efekty rozbudowy Geotermii**

Podjęte przedsięwzięcie dotyczące rozbudowy geotermii będzie, jak już podkreślono pozytywnie oddziaływało głównie w skali tzw. mikro (Stargard i okolice), w związku ze zmniejszeniem uzyskiwania energii z paliw kopalnych, a co za tym idzie ograniczeniem emisji szkodliwych gazów do atmosfery. Podkreślić należy, iż miasto leży na obszarze tzw. Prowincji Niżu Polskiego, która zajmuje powierzchnię 222.000 km<sup>2</sup> i zawiera siedem regionów geotermalnych, w których temperatury złożowe wynoszą od 30 do 130°C, a ich głębokość 1-3 km. Zasoby geotermalne zostały oszacowane na ponad 6 225 km<sup>3</sup> wód zawierających energię cieplną równoważną 32.458 mln toe. Natomiast zasoby geotermalne Stargardu pozwalają na pokrycie ponad 80% zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową<sup>63</sup>.

Jeszcze raz zauważyć należy, iż inwestycja realizowana będzie na gruntach własnych spółki. Charakter inwestycji oraz wiercenie i instalacja pod ziemią powoduje, że na etapie eksploatacji nie wystąpi żadna emisja lub hałas związany z użytkowaniem instalacji; podobnie w trakcie samej rozbudowy instalacji technologicznej. Jednym słowem, realizacja inwestycji jest korzystna dla środowiska, a zastosowane rozwiązanie techniczno-technologiczne - zdaniem władz spółki - najlepsze przy proponowanej lokalizacji i obowiązujących przepisach w zakresie ekologii.<sup>64</sup>

---

<sup>63</sup> Zamieszczane informacje pochodzą z wniosku o dofinansowanie Projektu „Wykonanie odwiertów geotermalnych w Stargardzie”

<sup>64</sup> Informacje uzyskane od dr. W. Zabłockiego, dyrektora Zakładu podczas bezpośredniej rozmowy na temat realizacji rozbudowy Geotermii, Stargard 2019



Zamieszczone w tabeli 33 informacje pozwalają zwrócić uwagę na następującą, bardzo ważną w kontekście emisji zanieczyszczeń w Stargardzie, prawidłowość zachodzącą w badanych latach, im większa partycypacja ciepła pochodzącego z wnętrza ziemi tym mniejszy udział dwutlenku węgla oraz siarki w powietrzu. Na przykład wzrost zakupu ciepła geotermalnego w 2018 roku z 27% (2017r.) do ponad 34% spowodował zmniejszenie emisji dwutlenku węgla o 4.243 ton, a dwutlenku siarki o ponad 40 ton.

Oddanie do eksploatacji nowej instalacji geotermalnej o zwiększonej mocy układu do blisko 30 MW wydłuży samoistny okres działania ciepłowni w ciągu cyklu grzewczego. W konsekwencji ponad 50% ciepła do celów grzewczych pochodzić będzie z wód geotermalnych. Koreluje to istotnie z długoletnimi planami rozwojowymi PEC Stargard, a zarazem jest spełnieniem oczekiwań mieszkańców o czystym powietrzu. Szacować bowiem należy, iż emisja szkodliwych gazów, po uruchomieniu nowej inwestycji, czyli rozbudowie Geotermii zredukowana zostanie w zakresie:

- dwutlenku węgla o około - 9.460 ton
- dwutlenku siarki o około - 4.000 ton
- tlenu azotu o około - 1.600 ton
- pyłów o około - 700 ton
- benzo/a/pirenu o około - 4-5 kg.

**Tabela 34. Sprzedaż ciepła przez PEC Stargard oraz emisja zanieczyszczeń w latach 2015-2019**

Wyszczególnienie	2015	2016	2017	2018	2019
Sprzedaż ciepła w tys. GJ	559.394	605.275	601.905	599.731	581.909
Zakup ciepła z geotermii	33%	27,1%	27%	34,1%	33,9%
<b>REDUKCJA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA w ton/rok</b>					
Dwutlenek węgla	46.005	53.997	51.540	47.297	45.891
Dwutlenek siarki	171,9	20,3	23,9	19,8	19,2
Tlenek azotu	89,1	79,7	95,2	39,4	38,3
Pyły	4,9	3,1	3,4	3,5	3,4
Benzo/a/piren	0,0009	0,0025	0,0024	0,0019	0,0018

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów PEC Stargard, stan na listopad 2020

Rozbudowa geotermii, jak wspomniano już wcześniej wpisuje się w długoletnią strategię PEC Stargard oraz strategię miasta - „czyste niezawodne i bezpieczne ciepło - to troska o naszego Odbiorcę i środowisko naturalne”. W tym celu miasto stara się wykorzystać ekologiczne źródła ciepła licząc zarazem, że po uruchomieniu projektowanej geotermii pojawi się szereg pozytywnych efektów:

- rozbudowa systemu ciepłowniczego w rejonach miasta, gdzie dotychczas budynki zasilane są w ciepło ze źródeł indywidualnych (kotłownie węglowe czy gazowe), w tym również ogrzewanych za pomocą pieców kaflowych,
- przyłączenie do miejskiej sieci ciepłowniczej budynków w ramach programu rewitalizacji miasta,
- kontynuowanie przedsięwzięcia polegającego na likwidacji indywidualnych systemów grzewczych w zakresie ciepłej wody użytkowej - piecyków gazowych - w okresie letnim dostawcą ciepłej wody będzie geotermia. Efektem tego będzie zmniejszenie emisji zanieczyszczeń w rejonie osiedli mieszkaniowych oraz różnego rodzaju niedogodności związanych z eksploatacją gazowych podgrzewaczy wody<sup>65</sup>.

Ciekawa poznawczo wydaje się już wcześniej sygnalizowana analiza kosztów i korzyści (COST-BENEFIT-ANALYSIS - CBA) stanowiąca schemat analityczny pozwalający ustalić, czy lub w jakim zakresie projekt zasługuje ze społecznego a także ekonomicznego punktu widzenia na realizację. Odnośnie do prezentowanego Projektu, poszerzającego możliwości generowania ciepła przez PEC Stargard poprzez rozbudowę dualnego systemu ogrzewania wykorzystać można tabelę zamieszczoną we wniosku o dofinansowanie opisywanego Projektu. Informacje na ten temat zamieszczono poniżej.

Bez wątplenia, jak już starano się wykazać, dualny system ogrzewania miasta przynosi pozytywne skutki społeczne i ekologiczne. Czystość powietrza w mieście, po oddaniu inwestycji, będzie się rokrocznie polepszała. Wpłynie to jak ukazano w tabeli xxx na polepszenie standardu życia mieszkańców. Już obecnie na 1.000 mieszkańców Stargardu przypada mniej zgonów od wartości średniej dla województwa zachodniopomorskiego oraz mniej od uśrednionego wskaźnika dla kraju, w tym zgonów spowodowanych chorobami układu oddechowego (Stargard - 4,2%, średnia krajowa - 5,4%<sup>66</sup>). Planowane przedsięwzięcie w kontekście oczekiwań mieszkańców generować także powinno zmniejszenie wydatków na energię ciepłą; o czym informują dane zamieszczone w tabeli.

---

<sup>65</sup> Szerzej zob. Strategia rozwoju PEC Stargard w latach 2010-2027

<sup>66</sup> Polska w liczbach, [www.polskawliczbach.pl](http://www.polskawliczbach.pl), pobrano 28 luty 2019

**Tabela 35. Wartość korzyści społecznych dla Stargardu wynikających z realizacji projektu**

<b>Wyszczególnienie korzyści</b>	<b>Zdyskontowana wartość całkowita w PLN</b>	<b>% całkowitych korzyści</b>
Uniknięte koszty leczenia nowotworów	93 794 558,04	30,40
Uniknięte koszty leczenia chorób płuc	61 492 494,60	19,93
Zwiększenie atrakcyjności inwestycyjnej	20 000 000,00	6,48
Zwiększenie atrakcyjności turystycznej - gastronomia, rozrywka, hotelarstwo	20 007 042,52	6,49
Podniesienie standardu życia mieszkańców	65 330 180,64	21,18
Wzrost konkurencyjności i atrakcyjności lokalnych przedsiębiorstw	32 400 000,00	10,50
Zmniejszenie wydatków mieszkańców na ciepło	4 791 600,00	1,56
Uniknięcie opłaty z tytułu CO <sub>2</sub>	10 681 200,00	3,46

Źródło: opracowanie własne w oparciu o wnioski o dofinansowanie złożony przez G-TERM ENERGY

Prowadzona przez władze miasta oraz PEC Stargard szeroko zakrojona akcja promująca przyłączania do rozbudowanej sieci ciepłowniczej winna znaleźć, jak należy sądzić, swoje odzwierciedlenie w podniesieniu atrakcyjności inwestycyjnej miasta. Nie wszyscy potencjalni inwestorzy chcą realizować swoją działalność wśród dymiących kominów kotłowni czy własnych systemów ciepłowniczych; tym bardziej, że w mieście wyraźną przewagę posiada przemysł lekki, uważany powszechnie za mniej zanieczyszczający środowisko. Korzystający z dualnego systemu ogrzewania lokalni przedsiębiorcy mogą zatem generować tzw. efekt konkurencyjności i atrakcyjności. Ich wyroby mogą się okazać bardziej pożądane w grupie ekologicznie świadomych konsumentów.

W tabeli 35. na 6,5% ocenione zostały korzyści z rozbudowy geotermii dotyczące atrakcyjności turystycznej miasta. Sądzić można, iż kwota ta jest zaniżona. Uwaga ta znajduje odzwierciedlenie w kilku argumentach. Przede wszystkim łączyć należy ją z faktem, iż ruch turystyczny ma miejsce głównie w okresie letnim, a wówczas nie pracuje ciepłownia węglowa oraz mniejsze gazowe; ogrzewanie miasta bazuje wyłącznie na wodach termalnych, co znacząco, jak już wyżej zaznaczono, podnosi komfort życia mieszkańców oraz turystów odczuwających „czystość” powietrza. Dostrzec należy także dużą liczbę zabytków na terenie Starego Miasta w Stargardzie mających, ze względu na wysoką rangę artystyczną i niewiele zmieniony styl architektoniczny, wielką wartość. Zdynamizowanie ruchu turystycznego połączyć można z hasłami ekologicznymi nawiązującymi do istotnej redukcji emisji

szkodliwych gazów do atmosfery w związku z szerokim wykorzystaniem wód termalnych do ogrzewania miasta. Rozwojowi turystyki, w warunkach czystego powietrza, nie skażonego smogiem, sprzyjać także będzie przyrodnicze otoczenie miasta, wytyczone 3 piesze szlaki turystyczne oraz kilka szlaków rowerowych.

## 6.5.2. Model przemysłowo-społeczny (Poddębice i Mszczonów)

### 6.5.2.1. Geotermia w Poddębicach

Jest to przykład zakładu geotermalnego, gdzie ciepłe wody wykorzystywane są nie tylko do celów grzewczych, ale także do rekreacji i lecznictwa (w lokalnym szpitalu otwarto oddział, który stosuje wody termalne do celów balneologii). Aktualnie woda termalna z Poddębic wykorzystywana jest do produkcji kosmetyków linii DERMEDIC. Ciepła woda z Poddębic posiada właściwości lecznicze (polepsza przemianę materii, pomaga uzupełnić niedobory minerałów). Skosztować ją można w pobliskim kościele ewangelickim.

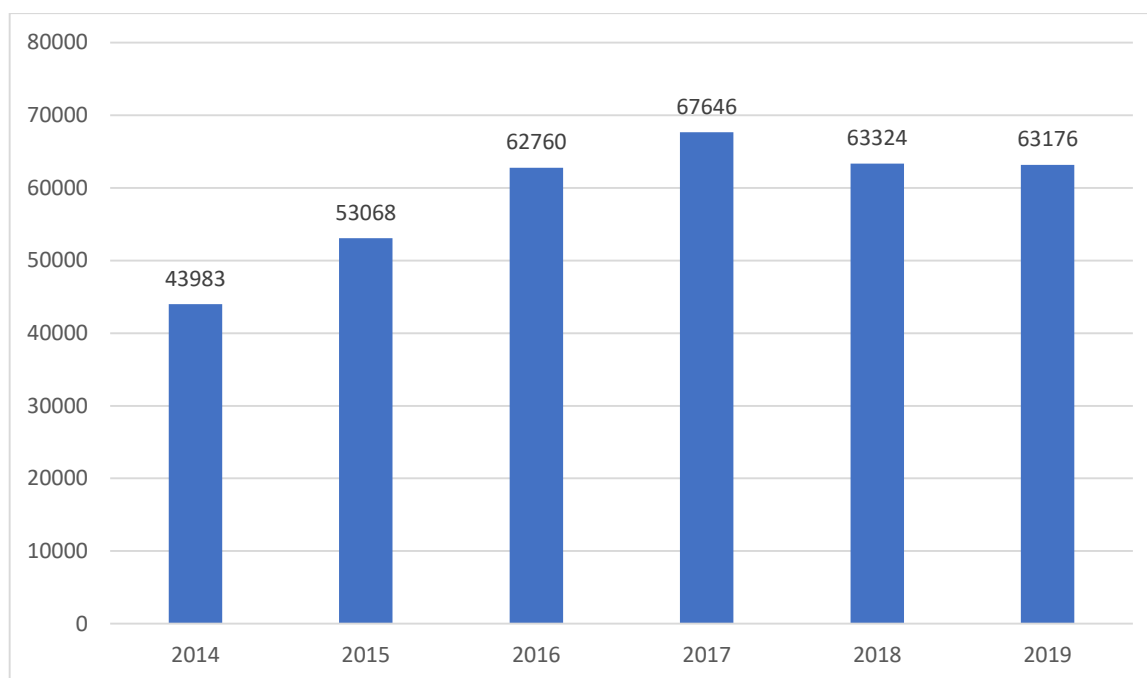
Spółka Geotermia Poddębice powołana została w 2000 roku, natomiast prace badawcze mające na celu wywiercenie otworu trwały w okresie 2009-2010. Otwór GT-2 ma głębokość 2101 m. Średnia temperatura przy wyjściu oscyluje w okolicy 70°C. Samowypływ wody wynosi około 120-140 m<sup>3</sup>/h. Całość zakładu opiera się na jednym otworze wydobywczym. Prawidłową eksploatację zapewnia wydobycie wody na poziomie 250 m<sup>3</sup>/h (jest to łączna kombinacja samowypływu wspartego pompą głębinową). Woda z ujęcia jest słodka, zatem możliwe staje się jej odprowadzenie (po wcześniejszym wykorzystaniu do celów grzewczych, rekreacyjnych i innych) do rzeki Narew. Poddębickie wody termalne należą do łatwych w eksploatacji - nie ma konieczności ich ponownego zatłaczania, jak to ma miejsce w Stargardzie. Tam występują wody słone, które w większości schłodzone trafiają ponownie do wnętrza ziemi poprzez otwory zatłaczające. Z wieloletnich obserwacji wynika, iż racjonalna eksploatacja tego złoża w Poddębicach powinna odbywać się w sposób płynny, bez gwałtownych zmian wydajności. Za problematyczną uznać można jednak sytuację, w której awarie obejmujące agregaty pompowe nie są ubezpieczane. Żadne z towarzystw ubezpieczeniowych nie chce bowiem podjąć ryzyka związanego z awarią, a co za tym idzie z brakiem możliwości podania ciepła odbiorcom włączonym do ciepłej sieci geotermalnej.

W gminie około 65% mieszkańców odbiera ciepło z zasobów Geotermii (dane za rok 2019). Podłączone są wszystkie budynki użyteczności publicznej (szkoły, urzędy, szpital), bloki oraz domy jednorodzinne. Co roku liczba nowych obiektów przyłączonych do sieci zwiększa się. W 2018 roku do sieci wpięto:

- domy szeregowe o łącznej mocy zamówionej 0,072MW;
- budynek wielorodzinny o łącznej mocy zamówionej 0,015 MW;
- budynek hali sportowej przy szkole podstawowej o łącznej mocy zamówionej 0,1 MW

Siec swoim zasięgiem obejmuje 80% powierzchni miasta Poddębice.

Cały system miejski to około 10 MW mocy cieplnej - 7 MW z wód termalnych oraz 3 MW z kotłów szczytowych - jednego biomasowego oraz dwóch gazowych [Pająk, 2017, s.34-35]. Realne zapotrzebowanie na moc oscyluje na poziomie 5,5 MW. Zestawienie sprzedaży ciepła przedstawiono na rysunku nr 42.



**Rys. nr 42. Produkcja energii cieplnej w GJ<sup>67</sup> w latach 2014-2019**

*Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji uzyskanych od Zarządu Geotermii Poddębice*

Poddając analizę roczną produkcję ciepła widać tendencję wzrostową. W 2014 roku wynosiła ona prawie 44 tys. GJ, a już rok później o 10 tys. więcej. Największe dostawy ciepła do odbiorców końcowych odnotowano w 2017 roku (dość mroźna zima, nowe przyłączenia). Ostatnie dwa lata 2018-2019 to produkcja na poziomie 63 tys. GJ. Jej nieznaczny spadek w porównaniu do roku 2017 spowodowały dwa czynniki: łagodna zima oraz postępująca termomodernizacja budynków (prywatnych jak i publicznych).

Cena ciepła ze źródeł geotermalnych jest porównywalna z ceną ciepła pozyskiwanego z gazu ziemnego. W ostatnich latach np. mieszkańcy bloków wielorodzinnych otrzymywali duże zwroty z tytułu zaliczek pobranych na ciepło (brak mroźnych zim, postępująca termomodernizacja budynków). Co jakiś czas do Spółki spływają prośby o przygotowanie planu sieci przyłączenia. Co ważne od momentu podłączenia danego obiektu do sieci, żaden z nich nie zrezygnował z dostaw ciepła. W najbliższych planach Spółka zakłada budowę układu kogeneracji. Pozwoli to na produkcję ciepła w skojarzeniu z energią elektryczną. Ta

<sup>67</sup> GJ - 10<sup>9</sup> J, tj. 1J - jest jednostką pracy, energii oraz ciepła w układzie SI.

druga wykorzystana zostanie na potrzeby własne, jej nadmiar trafi po cenie rynkowej do sieci energetycznej. Budowa układu powinna wpłynąć na obniżkę ceny ciepła - co z pewnością zostanie pozytywnie odebrane przez odbiorców.

## Rekreacja

Kompleks basenowy podlega aktualnie remontowi. Inwestycja warta jest około 77 mln złotych. Środki pochodzące na jej realizację pochodzą z budżetu UE, budżetu województwa oraz zasobów własnych Zakładu. Planowane otwarcie miało odbyć się w sierpniu 2020 roku. Jednak panująca pandemia przesunęła ten termin. Nowe, zrewitalizowane terminy to:

- 2.300 m<sup>2</sup> lustra basenów wodnych
- zjeżdżalnie
- sale relaksu
- sale masażu
- sauny
- sala integracji osób niepełnosprawnych (będą się tutaj odbywać zajęcia ruchowe, zajęcia edukacyjne)

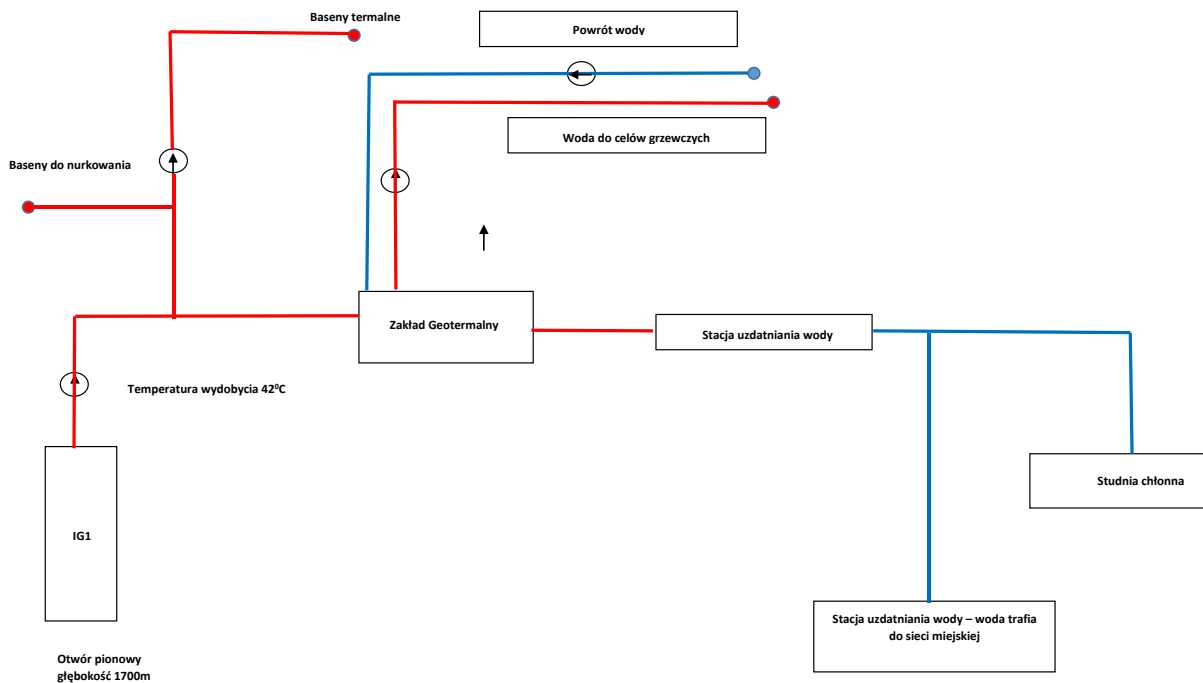


**Rys. nr 43. Wizualizacja Term Poddębice**

Źródło: [www.poddebice.pl](http://www.poddebice.pl),



**Rys. nr 44. Aktualne postępy na placu budowy Term Poddebice**  
 Źródło: [www.poddebice.naszemiasto.pl](http://www.poddebice.naszemiasto.pl), stan na czerwiec 2020r.



**Rys. nr 45. Schemat działania Zakładu Geotermalnego w Poddebicach**  
 Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych od Zarządu Geotermia Poddebice, 2020

## Kosmetyki w oparciu o wody geotermalne z Poddębic<sup>68</sup>

Woda z ujęcia geotermalnego w Poddębicach jest bardzo czysta, nadaje się do produkcji dermo kosmetyków. Jest ona niskozmierzalowana o charakterze wodorowęglonowo-sodowo-krzemionkowo-wapniowym. Właściwości te nabrała w okresie ponad 27 tys. lat przenikania przez skały położone poniżej 2000 metrów pod powierzchnią ziemi.

Woda z Poddębic ma znakomity potencjał terapeutyczny dla skóry (regeneruje ją, opóźnia proces starzenia, poprawia jej koloryt, leczy trądzik). Marką stworzoną w oparciu o tę wodę termalną z Poddębic jest DERMEDIC. Prowadzone badania i testy wskazują, iż jego stosowanie pomaga pielęgnować skórę, ale przede wszystkim pozwala leczyć jej schorzenia. Badania prowadzone są w jednostkach zewnętrznych, jak i we własnym zakresie w Instytucie Badawczo-Rozwojowym BIOGEND. Kosmetyki uzyskały także patenty. Proces ich produkcji odbywa się z zachowaniem zasad GMP.

Pierwsze dane dotyczące efektu ekologicznego zebrano już w lutym 2014 roku. Należy jednak zaznaczyć, iż w roku 2013 następował rozruch zakładu geotermalnego oraz z dostaw ciepła korzystali tylko odbiorcy najbliższej zlokalizowani. Sumaryczna sprzedaż ciepła wynosiła około 19 tys. GJ - ponad 3 krotnie mniej niż ma to miejsce obecnie. Należy podkreślić, iż od 2014 roku zaczęto rozbudowywać sieć ciepłowniczą, aby włączać nowych odbiorców. Odstawiono w rezerwę kotłownie gazowe i biomasowe. Od tego czasu zaczęły one pełnić rolę tzw. kotłowni szczytowo-rezerwowych. Uruchamiane są one wyłącznie w okresach srogich zim lub w momencie awarii Zakładu Geotermalnego. Poniżej w ujęciu tabelarycznym zestawiono efekt ekologiczny z roku 2013 wraz ze średnim efektem uzyskanym w pozostałych latach w ujęciu rocznym. Przeciętne roczne dostawy ciepła w latach 2014-2019 wyniosły prawie 59 tys. GJ. Do obliczeń przyjęto, iż średnio roczne dostawy ciepła wzrosły 3 krotnie w analizowanym okresie.

**Tabela 36. Redukcja szkodliwych gazów do atmosfery po uruchomieniu Geotermii Poddębice**

	Zanieczyszczenia	Redukcja emisji gazów w tonach/rok 2013 (dane bazowe)	Redukcja emisji gazów w tonach/rok (śr. za lata 2014-2019)	Efekt skumulowany 2014-2019
1.	pył	4,2	12,6	75,6
2.	SO <sub>2</sub>	4,5	13,5	81
3.	NO <sub>x</sub>	2,5	7,5	45
4.	CO	29,8	89,4	536,4
5.	CO <sub>2</sub>	3.319	9.957	59.742
6.	sadza	0,2	0,6	3,6
7.	benzeno-a-piren	0,007	0.021	0,126

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji uzyskanych od Zarządu Geotermii Poddębice

<sup>68</sup> Informacje w oparciu o dane z strony internetowej [www.dermedic.pl](http://www.dermedic.pl), stan na 4 listopada 2020 r.



W tabeli 36 wskazano rodzaje zanieczyszczeń jakie emitowane są przez tradycyjne źródła ogrzewania jak: węgiel, olej opałowy czy gaz. Po uruchomieniu ciepłowni geotermalnej w Poddębicach osiągnięto znaczący efekt ekologiczny. Już na samym początku udało się zredukować emisję dwutlenku węgla o 3.319 ton. W późniejszych latach redukcja ta sięgała niemalże 10 tys. ton rocznie. Średnioroczna redukcja tlenku węgla to około 90 ton, szkodliwych pyłów 12,6 tony, związków azotu czy siarki, odpowiednio o 4,5 i 2,5 tony. Są to ogromne ilości, które corocznie nie trafiają do atmosfery. W podsumowaniu podkreślić, należy, iż w latach 2014-2019 nie wyemitowanych zostało aż 60,5 tys. ton szkodliwych substancji.

Czystsze powietrze, to nie tylko aspekt zdrowotny dla mieszkańców Poddębic i okolic. Obok tego to także spadek ceny ciepła, poprzez wpięcia nowych odbiorców końcowych bowiem koszty stałe jej w cenie rozkładane są na większą liczbę odbiorców.

#### 6.5.2.2. Wykorzystanie geotermii w Mszczonowie

Mszczonów to miejscowość położona w województwie mazowieckim, w odległości około 50 km od Warszawy, 100 km od Łodzi. Pierwsze prace związane z wykonaniem otworu IG-1 wykonano już w latach 1976-1977, w ramach realizacji badań geologicznych w synklinorium warszawskim. Otwór miał charakter wyłącznie badawczy. Jego celem badawczym było poszukiwanie wód termalnych, jak i złóż ropy i gazu. Celu jednak nie osiągnięto i badania zamknięto [Bujakowski 2017, s.5]. W latach 90-tych powrócono do idei rekonstrukcji otworu i powołania spółki geotermalnej. Początkowo pod nazwą Geotermia Żyrardowska, od 1994 roku - Geotermia Mazowiecka<sup>69</sup>. W roku 1996 roku pozyskano dofinansowanie na rekonstrukcję otworu geotermalnego. Celem prac było „przywrócenie otworu do stanu technicznego, gwarantującego bezpieczną i stabilną eksploatację wód geotermalnych z piaszczystych utworów kredy dolnej” [Bujakowski 2017, s.5].

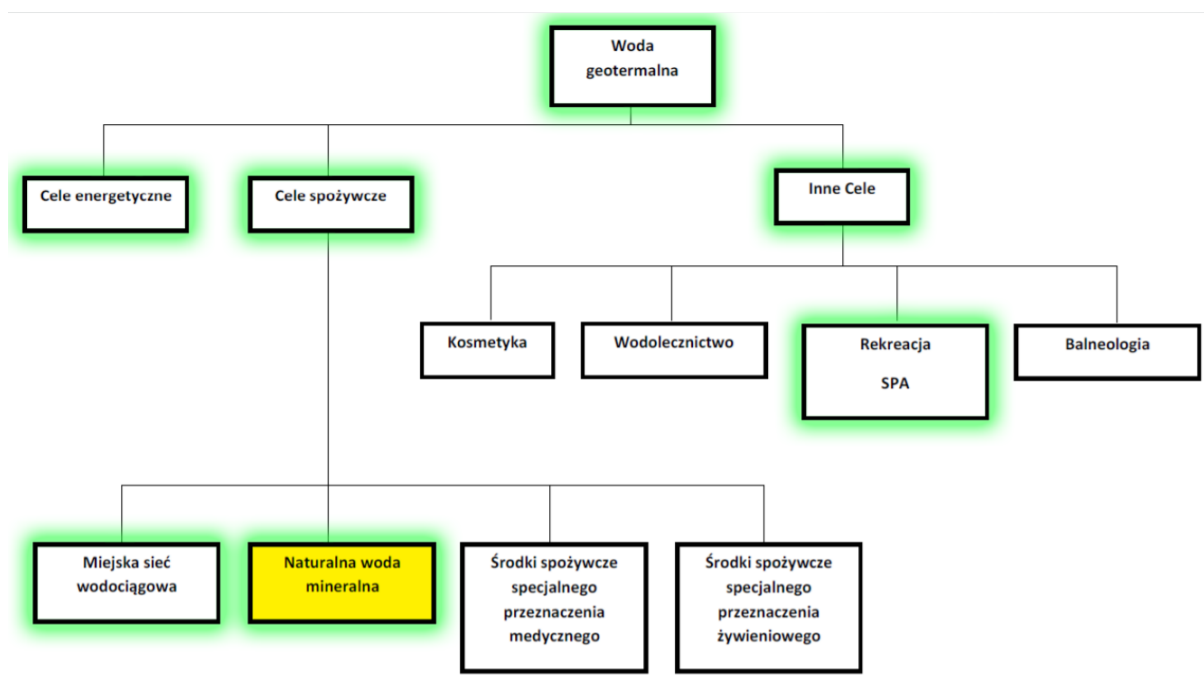
Najważniejsze parametry wody geotermalnej pozyskiwanej z otworu w Mszczonowie są następujące:

- otwór IG 1 - głębokość 1600-1700m
- temperatura wody na wyjściu - około 42°C
- średnia mineralizacja - 0,5-0,6 g/dm<sup>3</sup>.

Woda z otworu zagospodarowana jest na trzy sposoby tj. cele ciepłownicze (ogrzewanie), rekreacyjne (baseny, termy, sauny itp.) oraz po odpowiednim uzdatnieniu do celów pitnych (ewenement na skalę europejską). Poniżej na rysunku zaznaczono kolorem zielonym bieżące wykorzystanie wód termalnych w Mszczonowie, ale także ujęto możliwości innego ich wykorzystania w przyszłości.

---

<sup>69</sup> Geotermia Mazowiecka S.A. – skupia w sobie kilka podmiotów tj. Zakład Geotermalny w Mszczonowie, Ciepłownia Chodaków w Sochaczewie, Kociołnia w Błoniu, Kociołnia w Ożarowie Mazowieckim, Kociołnia w Sochaczewie oraz Kociołnia w Żyrardowie.



**Rys. nr 46. Możliwości wykorzystania wód termalnych w Mszczonowie**

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji uzyskanych od Zarządu Geotermii Mazowieckiej 2020

20 letni okres działania zakładu w Mszczonowie pozwala jednoznacznie stwierdzić, iż inwestycja w rekonstrukcję otworu opłaciła się. Dziś gmina Mszczonów dzięki geotermii należy do jednej z najczystszych w Polsce. Budowa zakładu przyniosła gminie konkretne skutki ekologiczne oraz gospodarczo-społeczne [Bujakowski 2017, s.6].

Mszczonowski zakład powstał jako trzeci w Polsce, jego wybudowanie wraz z rekonstrukcją otworu kosztowało około 10 mln złotych. Sfinansowane zostało to ze środków lokalnych jak i krajowych. Ciepłownia geotermalna zastąpiła trzy miejskie ciepłownie węglowe, które rokrocznie emitowały do atmosfery 15 ton związków azotu, 60 ton związków siarki i niemal 10 tys. ton dwutlenku węgla oraz 145 ton pyłów. Zastosowanie ogrzewania za pomocą wód termalnych przy wsparciu piecami gazowymi pozwoliło zredukować emisję pyłów do zera, zniknęły również związki siarki. Do powietrza trafia także 4 krotnie mniej dwutlenku węgla, a sama roczna emisja tlenków azotu wynosi zaledwie 1 tonę. Ilość wydobywanej ciepłej wody pozwala skutecznie ogrzać miasto i jego okolice do momentu, gdy temperatura nie spadnie poniżej 5°C.

### Schemat działania

Całkowita moc zainstalowana w Zakładzie wynosi około 7,5 MW, w tym około 2,7 MW pochodzi z absorpcyjnej pompy ciepła. Sumaryczna produkcja ciepła oscyluje w okolicach 55 tys. GJ/rok. Pozwala ona dostarczyć ciepłą wodę grzewczą do około 40% mieszkańców. Co raz jeszcze należy podkreślić - Geotermia Mszczonów - posiada wodę zdatną picia - jest to



okolicach 7,1 MW. Zastosowane rozwiązania pozwoliły uzyskać następujące parametry techniczne instalacji [Bujakowski 2017, s.74]:

- całkowita moc grzejna - 2,7 MW
- temperatura wody na wyjściu - ok. 40°C
- temperatura wody na powrocie - ok. 14°C
- minimalny godzinowy przepływ wody - ok. 8m<sup>3</sup>/h
- maksymalny przepływ - około 45m<sup>3</sup>/h<sup>72</sup>.

Przedsiębiorstwo zasila 66 odbiorców, w tym: obiekty Spółdzielni Mieszkaniowej, budynki użyteczności publicznej, szkoły, przedszkola, hala sportowa, basen. Energia cieplna produkowana przez Zakład Geotermalny pokrywa w niemal 25% całkowite zapotrzebowanie gminy Mszczonów. Pozostałe 75% wszystkich budynków w gminie korzysta z indywidualnych źródeł ciepła, w których podstawowymi paliwami są: węgiel i inne paliwa stałe (drewno, biomasa) oraz paliwo gazowe.<sup>73</sup>

Szczegółowe zestawienie zapotrzebowania na ciepło zebrano w ujęciu tabelarycznym poniżej.

**Tabela 37. Roczna sprzedaż ciepła Zakładu Geotermalnego w Mszczonowie (2015-2019)**

	Sprzedaż ciepła [GJ]	Cena ciepła [zł/GJ]
2015	37 517	66,34
2016	38 866	62,67
2017	40 668	59,84
2018	40 622	61,57
2019	39 695	70,35

*Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji uzyskanych od Zarządu Geotermii Mazowieckiej 2020*

Jak widać, sprzedaż ciepła oscyluje na stałym poziomie, z wyjątkiem roku 2015, w którym to zanotowano spadek. Niższa sprzedaż jednostek ciepła to efekt łagodnej zimy (wysokie średnie dobowe temperatury). W pozostałych latach sprzedaż oscyluje na poziomie około 40 tys. GJ/rok. Co jeszcze warto podkreślić, spadek ilości zapotrzebowania na ciepło może postępować w przyszłości. Za taką sytuację, przy braku zwiększenia nowej liczby odbiorców, odpowiada szybko postępująca na terenie gminy termomodernizacja budynków. Ocieplenie

<sup>72</sup> Maksymalny godzinowy przepływ ustalony jest na podstawie wydajności źródła gorącej wody. Natomiast minimalny wynika z parametrów technicznych pompy wydobywczej. Pompa ma określony zakres swobodnego działania, poniżej którego nie może pracować. Mniejszy przepływ niż minimalny prowadzić będzie do jej uszkodzenia.

<sup>73</sup> Dane pochodzą z przeprowadzonego wywiadu z prezesem Geotermii Mazowieckiej panem Markiem Balcerem.

ścian styropianem, nowoczesne okna trzyszybowe, zastosowanie energooszczędnych grzejników itp. przekłada się na zmniejszone potrzeby w zakresie dostaw ciepła.

Zakład Geotermalny w Mszczonowie nadal się rozwija, planuje nowe inwestycje, które pozwolą mu na zwiększenie produkcji ciepła. Te zostanie dostarczone nowym odbiorcom. Wieloletni program rozwoju zakłada przyłączenia mniejszych obiektów jak domy, zakłady. Jak dotychczas skupiano się głównie na obiektach użyteczności publicznej. Jednak, aby zrealizować to wszystkie cele potrzebne jest spójne działanie władz lokalnych oraz państwowych. Te drugie muszą kreować szereg zachęt inwestycyjnych dla potencjalnych odbiorców, aby ci chcieli przechodzić z ogrzewania np. węglowego na bezemisyjne ciepło pochodzące ze źródeł geotermalnych.

Kompleks basenów uruchomiono w 2008 roku. Budowa wsparta została środkami unijnymi w wysokości 70%, pozostałe 30% pochodziło ze środków własnych gminy Mszczonów. W skład term wchodzi dwa całoroczne baseny wypełnione wodą termalną o temperaturze 30-34°C. Zażywanie kąpeli powoduje ulgę w schorzeniach reumatycznych oraz pozytywnie wpływa na układ kostny. Wśród innych zalet korzystania z mszczonowskich wód termalnych wymienia się między innymi: poprawę samopoczucia, obniżenie poziomu stresu czy stabilizację pracy układu nerwowego. Co należy podkreślić wody trafiające do basenów nie są filtrowane ani wzbogacane, przez co woda w basenach jest mętna oraz nabiera brązowo-zielonego odcienia (podwyższony poziom żelaza). Poza opisanymi wyżej basenami o właściwościach leczniczych w obiekcie znaleźć można:

- basen zewnętrzny z wodą o temperaturze 28-30°C;
- basen sportowy z wodą o temperaturze 26-28°C;
- grotę solną;
- place zabaw;
- sauny, jacuzzi - łącznie tworzące tzw. strefę relaksu.

Z ujęcia otworu IG-1 dla potrzeb Term corocznie dostarczane jest około 100 tys. m<sup>3</sup> wody.

### **Ewenement w skali świata - wykorzystanie jako woda**

Jak opisywano wyżej oprócz wykorzystania źródeł geotermalnych do celów ciepłowniczych i rekreacyjnych mszczonowskie wody trafiają do kranów. Są wodami w pełni nadającymi się do konsumpcji, jedynie jeden zakład na świecie w Niemczech w podobny sposób zagospodarowuje wody termalne.

Sam proces przesyłu wody do rurociągów rozpoczyna się od jej wyjścia z pomp ciepła. Gorąca woda trafia na ochładzacz wentylatorowe zlokalizowane w pobliżu stacji uzdatniania wody pitnej. Poprzez szereg filtrów dokonuje się mieszania wody termalnej z wodą z czwartorzędową i podaje do miejskiej sieci wodociągowej. W syntetycznym ujęciu - schłodzona woda termalna trafia z geotermii do stacji, gdzie jest uzdatniana, a na końcu

poprzez rurociągi do odbiorców końcowych. Średnio rocznie dostarczane jest około 40 tys. m<sup>3</sup> wody pitnej.

Oceniając pozytywne efekty działania Zakładu w Mszczonowie należy skoncentrować się na dwóch aspektach: gospodarczo-społecznym oraz ekologicznym.

W interpretacji pierwszego z nich na podkreślenie zasługuje fakt, iż nakład na odtworzenie istniejącego otworu stanowił około 30-40% kosztu budowy odwiercenia nowego [Bujakowski 2017, s.83]. Budowa zakładu geotermalnego, późniejsza inwestycja w Termy pozwoliła miastu pozyskać środki unijne na rozwój samych inwestycji, jak i infrastruktury współtowarzyszącej tj. drogi, chodniki, zagospodarowanie. Na przestrzeni lat zmodernizowano system ciepłowniczy (nowe rurociągi, przebudowa kotłowni). Wokół samych Term oprócz atrakcji wodnych powstało lodowisko oraz bardzo dobrze rozwinięte zaplecze sportowe. W ślad za tym budowa ciepłowni, jak i term przyczyniła się do rozwoju lokalnego biznesu (podwykonawcy np. firmy sprzątające czy cateringowe itp.). Miasto Mszczonów zaczęło przyciągać także inwestorów zewnętrznych, a co za tym idzie powstały nowe miejsca pracy oraz zwiększyła się liczba nowo budowanych mieszkań (końcowi klienci Zakładu Geotermalnego).

Do najważniejszych inwestycji, które powstały dzięki staraniom władz lokalnych oraz faktu, iż gmina postrzegana jest jako proekologiczna zaliczyć można:

- DEEPSPOT - powstający na terenie Mszczonowa najgłębszy basen świata. Dedykowany nurkom. Głębokość końcowa to aż 45,20 m. Panuje tutaj idealna temperatura (32-34°C);
- zespół hal i magazynów MONDI - lider w produkcji papieru oraz opakowań papierowych. Główna siedziba spółki mieści się w Świeciu, natomiast w Mszczonowie, ze względu na dobre położenie komunikacyjne zlokalizowano magazyny firmy;
- zespół hal i magazynów PANATTONI - światowy lider w zakresie magazynowania;
- Park Wodny Suntago - największy w Polsce i Europie park wodnej rozrywki. Zlokalizowany około 50 km od Warszawy, na terenie gminy Mszczonów. Otwarcie nastąpiło w lutym 2020 roku. Teren całej inwestycji obejmuje około 400ha. Na dzień dzisiejszy działa etap pierwszy parku tj. część wodna - ok. 20 ha. Do użytku oddawany jest także etap drugi - domki bungalow dla odwiedzających. W przyszłości planuje się wybudować 4-gwiazdkowy hotel na około 240 pokoi.

Dzięki informacjom dostępnym na oficjalnej stronie<sup>74</sup> gminy Mszczonów dowiedzieć się można, że na jej terenie siedzibę mają następujące firmy o znaczeniu lokalnym jak i globalnym:

- DAMCO - firma z branży logistycznej, powiązana z światowym liderem w obsłudze logistyki kontenerowej - MAERSK;

---

<sup>74</sup> [www.gci.mszczonow.pl](http://www.gci.mszczonow.pl) – dostęp 7 listopad 2020

- Boehringer Ingelheim - grupa to jeden z 20 najważniejszych firm farmaceutycznych na świecie. Zatrudnia około 50 tys. ludzi. Centrala firmy znajduje się w Niemczech. W Mszczonowie zlokalizowane są magazyny;
- DSM NUTRITIONAL PRODUCTS Sp. z o.o. - holenderski gigant z branży spożywczej, zatrudnia ponad 20 tys. osób. Na terenie Mszczonowa posiada hale i magazyny;
- JERONIMO MARTINS (Biedronka) - ulokowane tutaj jest jedno z centr logistycznych;
- KNAUF INDUSTRIES POLSKA Sp. z o.o. - producent materiałów budowlanych, w Mszczonowie zlokalizowana jest polska centrala firmy oraz zakład produkcyjny;
- MONDI GROUP Sp. z o.o. - w ostatnim czasie spółka zlokalizowała tutaj swoje centrum logistyczne;
- MOSTVA - centrum logistyczne wyspecjalizowane w logistyce pojazdów osobowych. Na terenie Mszczonowa posiada plac składowy dla 13 tys. pojazdów. Drugi oddział firmy mieści się w Bytomiu.

Jednym z ważnym aspektem społeczno-gospodarczym budowy zakładu termalnego jest pozyskanie miasta partnerskiego - Erding. Miasto to przedstawiono już wcześniej, działa w nim taka sama geotermia jak w Mszczonowie. Oprócz współpracy na płaszczyźnie czysto technicznej między miastami od lat silnie rozwija się jej wymiar kulturalny i społeczny (wymiana młodzieży, partnerstwo kulturalne czy kontakty rodzinne). Budowa Geotermii pozwoliła wpisać Mszczonów na listę sieci miast Bruntland, która to skupia lokalne społeczności dbające o ekologię oraz jej propagowanie.

Za jedną z najważniejszych przesłanek budowy Zakładu Geotermalnego uznawać należy wspomniany efekt ekologiczny - redukcję szkodliwych gazów do atmosfery. Według obliczeń [Bujakowski i in., 2004] zakładano osiągnąć w ciągu kilku lat po otwarciu Zakładu:

- redukcję dwutlenku siarki  $SO_2$  o 99% - z poziomu 59 t/rok do zaledwie 22kg;
- redukcję tlenków azotów  $NO_x$  o 83,3% - z poziomu 14,8 t/rok do 2,5 t/rok;
- redukcję tlenku węgla  $CO$  o 98,5% - z poziomu 2,3t/rok do 351 kg/rok;
- redukcję benzo(a)piren z 15 kg do zero kg;
- redukcję dwutlenku węgla  $CO_2$  o 76,5% - z poziomu 9743 t/rok do 2287 t/rok;
- redukcję sadzy i pyłów o 99,9% - z poziomu 14,5 tys. kg/r do praktycznie zera.

Na podstawie badań prowadzonych na bieżąco widać, że emisja w mieście i okolicach nadal spada. Zwiększa się zapotrzebowanie na „czyste ciepło” z geotermii. Szczególnie w okresie letnim w ostatnim czasie notuje się zwiększone zapotrzebowanie na jego dostawy. Gdyby nie przejście na ogrzewanie wodami termalnymi Mszczonów byłby, jak wiele polskich miast rejonem zanieczyszczonym. W tabeli nr 38 poniżej [Bujakowski 2017, s.88] zebrano bardzo ciekawe dane obrazujące wielkości emisji w przypadku dostawy ciepła ze źródeł termalnych oraz wariantów równoważnych zakładających wykorzystanie gazu czy węgla. Co

należy zauważyć, geotermia to źródło czyste, jedynie w niektórych parametrach dostawy ciepła z gazu mogą emitować zbliżoną ilość szkodliwych substancji do atmosfery. Samo wykorzystanie węgla, to wielokrotnie wyższa emisja każdego z gazów oraz pyłów.

**Tabela 38. Oszacowana lokalna emisja do atmosfery wybranych zanieczyszczeń, pochodząca z geotermii oraz wariantów równoważnych zakładających wykorzystanie gazu ziemnego lub węgla kamiennego (emisja równoważna) w tonach/rok**

Zanieczyszczenie	Ciepłownia geotermalna	Równoważna emisja pochodząca z gazu ziemnego	Równoważna emisja pochodząca z węgla	Emisja zaniechana w odniesieniu do gazu ziemnego	Emisja zaniechana w odniesieniu do węgla
SO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub>	0,078	0,126	23,92	0,048	23,842
NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub>	1,712	2,762	2,492	1,050	0,780
CO	0,235	0,379	112,125	0,144	111,890
CO <sub>2</sub>	1956	3156	4983	1,2	3027
Pył całkowity, zawieszony (TSP)	0,0005	0,0008	3,738	0,0003	3,737
B(a)P	0	0	0,0349	0	0,0349

*Źródło: Bujakowski 2017, s. 88*

W powyższej tabeli dokonano szacunku efektu ekologicznego na podstawie danych dotyczących sprzedaży ciepła w latach 2002-2016. Założono także, stałą liczbę odbiorców oraz nie zmieniano parametrów sieci przesyłowej. Tabela 37 zestawia średnioroczny spadek emisji szkodliwych gazów do atmosfery. Jest on znaczący, szczególnie w przypadku węgla. Jest to zarazem w miarę tani, ale najbardziej szkodliwy dla atmosfery nośnik energii cieplnej. Dzięki ciepłowni geotermalnej w Mszczonowie rok rocznie do atmosfery wydobywa się o 3.000 ton mniej dwutlenku węgla, 111 ton tlenu węgla itp. Co ważne przy pracy zakładu geotermalnego konieczne jest jego wsparcie piecami gazowymi, stąd też w tabeli w drugiej kolumnie pojawiają się emitowane szkodliwe substancje. Woda termalna w Mszczonowie ma około 40°C, jest to zbyt niska temperatura, aby mogła trafić bezpośrednio do odbiorców końcowych ciepła. Minimalna temperatura wody sieciowej (wykorzystywanej do ogrzewania) oscyluje w okolicach 70°C. Woda geotermalna w Mszczonowie jest podgrzewana na wymiennikach piecami gazowymi (stąd emisja gazów) i dopiero później trafia do sieci ciepłowniczej.



## 6.6. Inne, wybrane modele biznesowe w energetyce proekologicznej

### 6.6.1. Biogazownia rolnicza w Piaszczyne

Kolejnym z przykładów, który zostanie poddany analizie w niniejszym rozdziale jest biogazownia rolnicza w miejscowości Piaszczyzna w województwie pomorskim, niedaleko Miastka.<sup>75</sup> Za najważniejszą przyczynę powstania projektu należy uznać rosnące ceny energii elektrycznej oraz możliwość synergicznego połączenia trzech aspektów funkcjonowania biogazowni tj. gorzelnicy, biogazowni oraz maszynowni wyposażonej w agregaty kogeneracyjne. Co ważne, w tym przypadku zagospodarowaniu ulegają odpady rolnicze, a produktem końcowym staje się alkohol etylowy, nawozy organiczne oraz energia elektryczna zużywana na potrzeby własne, jak i sprzedawana do sieci. Ponadto zakład ten pozytywnie wpływa na otaczające środowisko tj. redukuje produkcję szkodliwych tlenków, przyczynia się także do zwiększenia bezpieczeństwa lokalnego rynku energetycznego poprzez tzw. energetykę rozproszoną - małe źródła wytwórcze ulokowane blisko społeczności lokalnych.

Wracając do produktu finalnego zakładu, alkoholu, jest on wykorzystywany jako biokomponent do paliw<sup>76</sup>. Powstające natomiast w zakładzie nawozy organiczno-mineralne są przyjaznym środowisku sposobem na użyczenie pól uprawnych, przy jednoczesnym zapewnieniu racjonalnej gospodarki wszystkimi zasobami w zakładzie. Prąd i ciepło wywarzane są natomiast w skojarzeniu - wysokosprawną kogeneracją. Energia cieplna zużywana jest do procesów technologicznych w gorzelnicy oraz do innowacyjnego systemu oczyszczania odcieku w lagunach z hodowlą alg<sup>77</sup>. Pozwala to na zagospodarowanie masy pofermentacyjnej z biogazowni oraz na zagospodarowanie dwutlenku węgla odpadowego z gorzelnicy, a także ze spalania w agregatach kogeneracyjnych. Energia elektryczna wykorzystywana jest na potrzeby własne, a jej nadmiar sprzedaje się do sieci.

Sam projekt zakładu został opatentowany w Urzędzie Patentowym RP pod numerem 385950<sup>78</sup>. Składowe projektu to przede wszystkim: gorzelnia rolnicza, biogazownia i agregaty kogeneracyjne napędzane biogazem, wytwórnia nawozów oraz laguny ziemne z hodowlą glonów. Wszystkie z tych technologii z osobna są już znane na świecie, jednak ich synergiczne połączenie stanowi innowację. Całość została tak zaprojektowana, aby uzyskać maksymalną redukcję energo- i materiałochłonności. Wywar gorzelniczny jest substratem dla biogazowni,

---

<sup>75</sup> Informacje na temat funkcjonowania biogazowni pochodzą bezpośrednio od firmy Expert-Sitr z Koszalina. Pracownicy tej spółki opracowali schemat działania biogazowni w Miastku oraz aktywnie uczestniczyli przy jej rozruchu.

<sup>76</sup> Po wstąpieniu do Unii Europejskiej, zobowiązano się zwiększać udział biokomponentów w paliwach. Jest to zgodne z omówioną wcześniej strategią 3x20 do 2020 roku. Szczegóły zawarto w Ustawie z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych. W 2019 roku doczekała się ona nowelizacji.

<sup>77</sup> Algi – inaczej glony. W przypadku zakładu wykorzystywane są do celów produkcyjnych – proces oczyszczania odcieku po fermentacji. Drugim zastosowaniem alg, jest tutaj ich wykorzystanie jako masy do nawozów, które wytwarzane są w kolejnym etapie działania zakładu.

<sup>78</sup> Opracowanie schematu działania instalacji zakładu wykonała firma Ekspert Sitr Sp. z o.o. W oparciu o własne doświadczenia przy wsparciu poddostawców zewnętrznych stworzono innowacyjny system działania zakładu, który w momencie projektowania postanowiono zgłosić i opatentować.

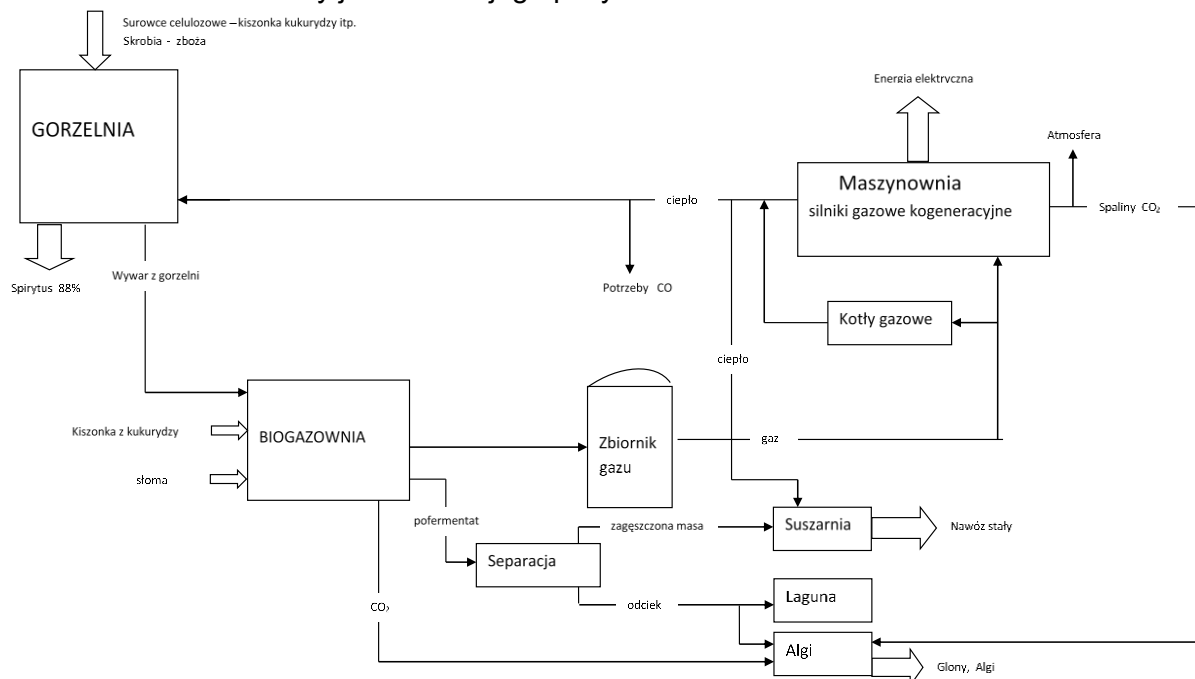
masa pofermentacyjna z biogazowni wykorzystywana jest do produkcji nawozów. Same laguny z glonami są sposobem na zagospodarowanie dwutlenku węgla oraz oczyszczenie odcieku z masy pofermentacyjnej. Dzięki zastosowaniu hydrolizy technicznej w procesie produkcji możliwym wsadem jest kiszonka z kukurydzy, słoma itp. Oba substraty są to odpady podczas gospodarki polowej, zatem wpływa to korzystnie na zyskowność całego przedsięwzięcia.

Poniżej w syntetycznym ujęciu przedstawione zostaną główne elementy systemu biogazowni i ich efekty zastosowania. Obejmują one:

- zbiorniki fermentacyjne o pojemności 9.000 m<sup>3</sup> pozwalające na średnią produkcję biogazu w ciągu doby na poziomie ok. 21.700 dm<sup>3</sup>;
- zainstalowane dwa agregaty kogeneracyjne, z których rzeczywista moc elektryczna kształtuje się na poziomie 2.000 kW, zaś rzeczywista moc cieplna pochodzącą z kogeneracji wynosi 2.165 kW.

W dalszych rozważaniach opisane zostanie dokładniejsze funkcjonowanie zakładu tj. opis technologii gorzelnian, technologii biogazowni, sposób działania lagun, proces wytwarzania nawozów oraz przebieg procesu technologii hydrolizy termicznej.

W analizowanym przypadku gorzelnia rolnicza przystosowana jest do przetwarzania surowców celulozowych, jak i skrobiowych. Do tych pierwszych zaliczamy kiszonkę z kukurydzy i słomę, skrobiowe to zboża. W przypadku zastosowania zbóż można osiągnąć większą wydajność produkcji etanolu, tj. wymagany jest mniejszy masowy wkład surowca dla pełnej wydajności instalacji. Stosując kiszonkę czy słomę masa substratu musi być większa. Wybór substratu uzależniony jest od cen jego pozyskania.



**Rys. nr 48. Schemat ideowy zespołu gorzelnia - biogazownia w Piaszynie**

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji uzyskanych od Zarządu biogazowni 2020



**Rys. nr 49. Biogazownia rolnicza w Piaseczynie**

Źródło: [www.gamawind.pl](http://www.gamawind.pl), grudzień 2020

Podczas działania gorzelnicy powstaje szereg odpadów produkcyjnych:

- wywar gorzelniczny, staje się on substratem do produkcji biogazu;
- ścieki: proces technologiczny jest rozwiązaniem bezściekowym. Wody do chłodzenia są użyte w obiegu zamkniętym. Wody z mycia urządzeń przeznaczone są do sporządzania zacierów;
- dwutlenek węgla, który powstaje w trakcie fermentacji i w procesie propagacji drożdży. Na każdy  $\text{dm}^3$  alkoholu powstaje około 0,765 kg  $\text{CO}_2$ .

Całość procesu produkcji jest opomiarowana i w jak największym stopniu zautomatyzowana. Najważniejsze wyposażenie to: pulpity kontrolne, aparatura pomiarowa, pompy, czujniki, regulatory oraz aparatura alarmowa. Obok tego występują także indywidualne przyrządy, tj. przetworniki sensoryczne, zawory, zawory pneumatyczne wspierane elektroniką, wskaźniki temperatury, pH czy manometry.

W prezentowanej gorzelnicy rolniczej do najważniejszych procesów technologicznych zaliczyć można:

- rozdrabnianie - wstępne niszczenie dostarczonego surowca;
- macerację – nawodnienie / uwodnienie - dostarczony wcześniej surowiec mieszany jest z gorącym wywarem;

- hydrolizę termiczną - dalsze niszczenie surowca, proces trwający około 30 minut w temperaturze minimum 180°C i ciśnieniu 10 bar (źródłem energii do wytworzenia pary są spaliny z agregatu kogeneracyjnego);
- upłynnianie i scukrzanie - w etapie tym otrzymuje się zacier zdolny do samodzielnej fermentacji. Przebiega to przy wykorzystaniu hydrolizy enzymatycznej. Enzymy rozrywają połączenia glukozy makrocząsteczek cukrów złożonych, w wyniku czego uzyskuje się zdolne do fermentacji cząsteczki. Upłynniony zacier przesyłany jest do kadzi zacierowej. W kadzi dodaje się enzym upłynniający. Przez cały czas zacier jest intensywnie mieszany. Proces ten trwa około 20 minut. Dalej zacier przepompowywany jest cyrkulacyjnie na wymiennik ciepła. W wymienniku tym schładzany jest wodą do temperatury około 60-70°C, a po uzyskaniu żądanej temperatury rozpoczyna się proces scukrzania. Używa się do niego specjalnych enzymów. Proces ten odbywa się przy pH równym 5,5. Korektę ewentualnych odchyżeń pH dokonuje się wodą amoniakową. Po scukrzeniu zacier ochładza się do temperatury około 30°C. Dalej trafia on do odpowiedniej komory fermentacyjnej.
- fermentację - pozwala ona na otrzymanie odfermentowanego alkoholu o zawartości powyżej 8%. Sam proces składa się z dwóch etapów tj. hodowli drożdży, które pozwalają otrzymać z cukru alkohol oraz fermentacji, która trwa około 72-80 godzin - w tym czasie proces scukrzania i fermentacji ulega całkowitemu zakończeniu.

Opisywana biogazownia przetwarza substrat składający się z następujących składników: wywar gorzelniany oraz substrat uzupełniający: kiszonka z kukurydzy lub słoma. W biogazowni zachodzi fermentacja mezofilna w warunkach beztlenowych z odzyskiem biogazu, który jest przetwarzany na energię elektryczną i ciepłą. Nadmiar biogazu transportowany jest do zbiornika zapasowego jako paliwo do kotłowni parowej. Resztki powstałe podczas procesu zostają odwodnione poprzez proces separacji. Część płynna jest natomiast wykorzystywana do rozcieńczenia jako substrat wejściowy, resztki zaś trafiają do laguny glonowej. Separat - masa pofermentacyjna trafia na suszarnię bębnową w celu odwodnienia tak, aby jej wykorzystanie było możliwe jako składnik nawozów organicznych. Celem nadrzędnym jest osiągnięcie mocy elektrycznej na poziomie 2 MWe.

Do podstawowych elementów biogazowni zaliczyć można:

- urządzenie odbiorcze kiszonki z kukurydzy;
- wejściowy zbiornik homogenizacyjny;
- 2 zbiorniki fermentacyjne;
- zbiornik gazu;
- maszynownię (tzw. serce biogazowni - znajdują się tutaj 2 agregaty kogeneracyjne);
- budynek eksploatacyjny;

- centrum energetyczne;
- zbiorniki akumulacyjne do masy pofermentacyjnej;
- maszynownię odwadniania.

Proces produkcji biogazu należy do złożonych, podczas jego trwania od momentu wejścia substratu zachodzi wiele etapów, połączonych ze sobą.

Poniżej pokrótce scharakteryzowany zostanie tylko sam proces fermentacji, który pozwala przybliżyć powstawanie biogazu. Produkcja biogazu rozpoczyna się od napełnienia zbiorników substratami stałymi (kiszonka) i płynnymi. Podczas ciągłych przemian biochemicznych i utrzymaniu stałej temperatury wytwarza się biogaz. Po napełnieniu komory (bez udziału światła i powietrza) w temperaturze 40°C uaktywniają się różnego rodzaju mikroorganizmy produkujące biogaz. W instalacji stosowana jest jednostopniowa ciągła fermentacja mezofilna. Trafiająca do komory świeża dawka substratu jest automatycznie mieszana i podgrzewana. Biogaz powstaje w tzw. beztlenowej fermentacji, w możliwie stałej temperaturze i wilgotnym środowisku. Należy zaznaczyć, iż proces ten jest bardzo czuły na światło. Komora fermentacyjna jest ciągle mieszana (nie zatrzymuje się nigdy mieszadeł - za wyjątkiem prac serwisowych), czas retencji wynosi około 33 dni<sup>79</sup>. Dla utrzymania stałej temperatury komora jest cyklicznie podgrzewana, w przeciwnym razie spadek temperatury znacznie opóźnia proces rozkładu. Sam biogaz to mieszanina metanu i dwutlenku węgla. Czysty metan, jak również mieszanina CH<sub>4</sub> i CO<sub>2</sub> są lżejsze od powietrza i bez biogazowni unoszą się do atmosfery. Sam metan można jednak wykorzystać jako paliwo do silników np.. wysokoprężnych jak iskra do zapłonu, w przypadku silników o zapłonie iskrowym, które tutaj napędzają generatory prądu zmieniające energię mechaniczną w elektryczną. Ciepło które powstaje podczas chłodzenia pracujących tutaj silników w pierwszej kolejności służy ogrzewaniu komory fermentacyjnej. Ilość masy w zbiorniku jest stała, kontrolowana za pomocą czujników. Substrat dostarcza pompa napełniająca a za jego opróżnienie odpowiada pompa opróżniająca. Ciecz pofermentacyjna trafia do zbiornika magazynowego. W takim rozwiązaniu eliminuje się praktycznie możliwość wycieku do gruntu. Powstały w procesie fermentacji biogaz musi zostać osuszony i oczyszczony zanim zostanie podany do silników. Takie działania służą ochronie silnika przed korozją.

Kolejnym elementem składowym zakładu jest system lagun w których hoduje się glony. Ich hodowla odbywa się w zbiornikach o łącznej pojemności 4.800 m<sup>3</sup>. Zbiorniki są szczelne, zabiegają wydostaniu się resztek po procesie fermentacji na zewnątrz instalacji. Uprawa roślin

---

<sup>79</sup> Czas retencji – jest to czas przetrzymywania substratów w komorze fermentacyjnej. Jest on uzależniony od panującej temperatury oraz typu substratu. Rozkład wsadu może trwać od 12 do 36 dni. Im wyższa temperatura panująca w komorze, czas ulega skróceniu. Dla przykładu w temperaturze około 55°C trwać on może około 14 dni. W opisywanej technologii substratem jest kiszonka (substrat celulozowy) potrzebuje ona dłuższego czasu całkowitego rozkładu. Najszybciej rozkładają się substraty pochodzenia zwierzęcego np. gnojowica świńska rozkłada się całkowicie już po dwóch tygodniach.

glonowych jest sposobem na zagospodarowanie dwutlenku węgla i oczyszczenia odcieku powstającego podczas fermentacji z biogazowni. Co jeszcze należy podkreślić, sumaryczna masa roślin glonowych przyrasta bardzo szybko i stanowi ona (ponownie) substrat wsadowy do biogazowni. Technologia zakładu została zaprojektowana tak, by maksymalizować wykorzystanie wszystkich odpadów w procesie produkcji.

Jak wspomniano wcześniej, w zakładzie wykorzystywane są wszystkie powstałe podczas produkcji składniki odpadowe. I tak z masy pofermentacyjnej i glonowej wytwarza się nawozy organiczne. Elementami linii produkcyjnej nawozów są tutaj: stacja separacji masy pofermentacyjnej i masy glonowej oraz suszenia frakcji stałej. Po mechanicznym odwodnieniu mas pofermentacyjnych i glonowych, frakcję stałą składowuje się na pryzmach. Dalej jest ona suszona w suszarkach bębnowych, które wykorzystują do tego procesu spaliny powstające ze spalania biogazu. Proces ten odbywa się ciągle (za wyjątkiem serwisowania). Wsad jest automatycznie dozowany do suszarni. Tam jest suszony i za pomocą cyklonu wyciągany na zewnątrz. Tak uzyskany surowiec mieszany jest ze związkami wapna i magnezu. Powstała w ten sposób mieszanka jest gotowa do spakowania lub złożenia na pryzmę. W niej zachodzi dalsza fermentacja beztlenowa i wytwarzana jest odpowiednia temperatura pozwalająca stworzyć właściwe środowisko dla dalszej higienizacji i mineralizacji masy organicznej. Nawóz, efekt końcowy tego procesu zawiera około 40-50% masy suchej, jest bardzo zasobny w wapń i magnez oraz azot i fosfor. Nie budzi on zastrzeżeń sanitarnych, jest w pełni odpowiedni do rolniczego wykorzystania podczas upraw. Znakomicie sprawdza się dla gleb lekkich, które są z reguły kwaśne i ubogie w magnez, a także tych o uregulowanym odczynie.

Hydroliza ma na celu zniszczyć struktury stałe przed bezpośrednim poddaniem substratu procesowi fermentacji. Aby był on w pełni wydajny przeróbki termo-fizyczne przeprowadza się w temperaturze od 150 do 180°C, przy ciśnieniu roboczym 5 do 10 bar. Czas trwania procesu do 30 minut. Połączenie wysokiego ciśnienia i temperatury wraz z wodą komórkową doprowadza do wrzenia w warunkach hiperkrytycznych. W trakcie samoistnego rozprężania do warunków normalnych woda komórkowa gwałtownie paruje, co prowadzi do rozerwania struktur komórkowych. Wytworzona w ten sposób siła rozrywa każdą strukturę włóknistą - nie mechanicznie, lecz poprzez jej wewnętrzne rozerwanie aż do wymiarów cząsteczkowych. Efektem tej reakcji staje się zhydrolizowany i zhomogenizowany płynny osad, niezależnie jakiego substratu wsadowego użyto. Osad trafia do zbiorników fermentacyjnych, gdzie dalej podlega procesom obróbki. Końcowo wytwarzany jest biogaz.

### 6.6.2. Kogeneracja (Piła)<sup>80</sup>

Kolejnym z opisywanych przykładów inwestycji w nowoczesną energetykę jest budowa elektrowni kogeneracyjnej w Pile - KR-Zachód. Wcześniej, zrealizowana została podobna elektrownia w innej części miasta. Obie inwestycje zostały wsparte funduszami europejskimi. Zasadniczym celem działania Miejskiej Energetyki Ciepłej w Pile jest dostawa i wytwarzanie ciepła systemowego odbiorcom tj. zarządzanie, utrzymanie, eksploatacja oraz rozwój źródeł ciepła i sieci ciepłowniczej. Ponadto wraz z budową pierwszej elektrociepłowni kogeneracyjnej KR-Koszyce - zakład produkuje energię elektryczną na potrzeby własne oraz handluje nią. MEC Piła Sp. z o.o. realizujący zadania w zakresie przesyłania i dystrybucji ciepła zarządza systemem ciepłowniczym o łącznej długości 86,68 km, w tym sieć tradycyjna (w technologii kanałowej) to około 18,22 km, sieć napowietrzna ok. 3,07 km, a także preizolowana ok. 65,11 km. Ilość węzłów ciepłych łącznie wynosiła 704 szt. w tym węzły grupowe 70 szt. oraz indywidualne 634 szt.

Roczne zapotrzebowanie miasta na ciepło szacuje się na około 440-450 MW, w tym:

- 226 MW na potrzeby mieszkalnictwa;
- 41 MW na potrzeby użyteczności publicznej;
- 175 MW na potrzeby usług komercyjnych i przemysłu.

Największą grupę odbiorców ciepła w mieście stanowi zabudowa mieszkaniowa (ok. 51%), następnie usługi komercyjne i przemysł oraz obiekty użyteczności publicznej. Ciepło w ok. 25% pochodzi z miejskiego systemu ciepłowniczego. Do ogrzewania najczęściej wykorzystuje się gaz ziemny i węgiel, natomiast w mniejszym stopniu: olej opałowy, energię elektryczną, OZE itp. Budownictwo mieszkaniowe w mieście zaopatrywane jest w ciepło głównie przy wykorzystaniu paliw stałych (42 %).

Oprócz sieci ciepłowniczej oraz kotłowni osiedlowej Staszyce zainwentaryzowano 64 istniejące lokalne źródła ciepła, których powierzchnia ogrzewana wynosi powyżej 500 m<sup>2</sup>, w tym: 34 źródła na gaz ziemny, 10 źródeł na paliwa stałe, 8 źródeł na olej opałowy, 8 źródeł wykorzystujących OZE, 4 źródła na gaz płynny.

Kotłownie te wytwarzają ciepło dla potrzeb własnych obiektów przemysłowych i usługowych oraz obiektów użyteczności publicznej. Paliwem wykorzystywanym w wyżej opisanych kotłowniach jest głównie gaz ziemny (53 %) oraz w mniejszym zakresie: paliwo stałe (węgiel 16 %), olej opałowy, OZE i gaz płynny. W Pile funkcjonują również indywidualne źródła ciepła wykorzystujące jako paliwo do ogrzewania głównie węgiel, drewno lub gaz. Główni odbiorcy ciepła z MEC Piła to:

- spółdzielnie mieszkaniowe - 36 MW (216 tys. GJ);
- wspólnoty mieszkaniowe - 23 MW (154 tys. GJ);

---

<sup>80</sup> W oparciu o wywiad bezpośredni w Prezesem Zarządu MEC Piła, Dyrektorem ds. Technicznych oraz pracownikami działu ds. inwestycji MEC Piła.

- jednostki budżetowe - 25 MW (126 tys. GJ);
- handel, usługi, przemysł - 26 MW (114 tys. GJ);
- klienci indywidualni - 7 MW (23 tys. GJ);
- pozostali - 1 MW (3 tys. GJ).

Jak wskazywano wcześniej, dzięki zbudowanej już elektrociepłowni KR-Koszyce, spółka wytwarza także prąd. Zużywa go na potrzeby własne, jak i odsprzedaje do sieci. Roczna produkcja wynosi około 71,5 tys. MWh. Zużycie energii na potrzeby własne oscyluje w granicach 5 tys. MWh. Pozostała część około 66-67 tys. MWh jest sprzedawana do sieci zewnętrznej.

Potrzeba inwestycji w nowe źródło ciepła podyktowana jest, oprócz aspektów środowiskowych, o których mowa będzie w późniejszym fragmencie pracy, wzrostem zapotrzebowania na ciepło w perspektywie kilku najbliższych lat. W ujęciu tabelarycznym zestawiono bieżące i planowane zapotrzebowanie na ciepło.

**Tabela 39. Planowane zapotrzebowanie na ciepło oraz moc zamówiona do roku 2039**

Rok	2019 <sup>81</sup>	2022	2025	2030	2039
Sprzedaż ciepła w tys. GJ	631	657	673	684	684
Moc zamówiona	118	122	125	127	127

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z MEC Piła 2020

Należy zauważyć, iż według prognoz MEC zapotrzebowanie na ciepło będzie w ciągu kilku najbliższych lat wzrastać. Na dzień dzisiejszy sprzedaż ciepła wynosiła ponad 630 tys. GJ, ale już za dwa lata powinna zbliżyć się do 670 tys. Z drugiej strony należy też zauważyć pewien punkt graniczny - sprzedaż na poziomie 685 tys. GJ rocznie. Zarząd MEC szacuje, iż jego przekroczenie będzie raczej niemożliwe - ze względu na brak perspektyw przyłączeniowych.

Opisywany projekt realizowany będzie na terenie tzw. kotłowni KR-Zachód. Miejscem lokalizacji jest miasto Piła. Zakłada on realizację nowego układu kogeneracyjnego na paliwo gazowe. Moc cieplna wynosić będzie około 8,3 MWt, zaś elektryczna 8,7 MWe. Instalacja ma być wsparciem dla systemu ciepłowniczego głównie w okresie sezonu grzewczego. W okresie letnim do celów ogrzewania ciepłej wody wystarcza praca tylko elektrociepłowni kogeneracyjnej KR-Koszyce. Projekt przewiduje realizację następujących rzeczowych zadań inwestycyjnych:

- wykonanie obiektów Kogeneracji KR-Zachód w Pile;
- dostawę i montaż urządzeń elektrociepłowni gazowej;

<sup>81</sup> Faktyczne zużycie ciepła w roku 2019 oraz moc zamówiona.



- instalację kolektorów słonecznych o powierzchni 296 m<sup>2</sup> na dachu budynku elektrociepłowni;
- przebudowę pompowni KR-Zachód w celu poprawy efektywności dystrybucji ciepła z kogeneracji.

Całkowity budżet projektu oszacowano na około 48,6 mln PLN brutto.

Zakładając chęć realizacji projektu wskazano zasadnicze bezpośrednie cele jego realizacji:

- oszczędność energii pierwotnej w porównaniu z wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepła w układach rozdzielonych;
- wzrost efektywności systemu ciepłowniczego na terenie miasta Piła (po realizacji Projektu wskaźnik efektywności systemu wyniesie 51,4%<sup>82</sup>);
- zmniejszenie ilości gazów cieplarnianych i pyłów emitowanych do atmosfery w procesie dostaw ciepła i energii elektrycznej;
- produkcję energii elektrycznej na potrzeby własne przez MEC Piła;
- zmniejszenie ilości surowca energetycznego (węgla) w porównaniu z wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepła w układach rozdzielonych;
- ograniczenie niekorzystnego wpływu na środowisko produkcji ciepła i energii elektrycznej w rozdzielaniu, w szczególności na stan powietrza atmosferycznego na obszarze miasta.

W procesie decyzyjnym pod uwagę brano także inny wariant techniczny - budowę węglowego źródła kogeneracyjnego. Jednak bardzo szybko okazało się, że to jest to rozwiązanie droższe, ale przede wszystkim mniej ekologiczne. Jedynie budowa drugiej elektrociepłowni kogeneracyjnej oraz wspólne działanie KR-Zachód i KR-Koszyce pozwala zbudować w Pile efektywny system ciepłowniczy. Analizie poddano także potencjalny efekt zmniejszenia emisji szkodliwego gazu - CO<sub>2</sub>. Budując ciepłownię w oparciu o gaz ziemny, zredukować można jego ilość o 38 tys. ton. Dla rozwiązania węglowego jedynie o 11 tys.

Wybór wariantu z kogeneracją to oprócz tańszego kosztu budowy - około 40 mln PLN, gdzie węglowe rozwiązanie kosztowałoby ponad 50 mln PLN, szereg następujących korzyści:

- poprawę stanu środowiska naturalnego poprzez zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery (redukcja emisji szkodliwych substancji dzięki eliminacji pracy źródeł spalających miał węglowy i zastąpienie ich źródłem zasilanym gazem ziemnym, który generuje znacznie mniejsze zanieczyszczenia);
- obniżenie produkcji ze źródeł węglowych o około 50%, co spowoduje 2-krotne zmniejszenie zużycia węgla, skutkiem czego nastąpi zmniejszenie powierzchni składowania i zapylenia (emisja niezorganizowana);

---

<sup>82</sup> Efektywny system ciepłowniczy o został zinterpretowany już wyżej przy projekcie Geotermii w Stargardzie.

- podniesienie standardu życia mieszkańców poprzez dostęp do podstawowej infrastruktury technicznej wysokiej jakości;
- zwiększenie atrakcyjności inwestycyjnej obszaru objętego zakresem Projektu oraz przyspieszenie jego rozwoju gospodarczego;
- umocnienie wizerunku miasta Piły jako atrakcyjnego miejsca zamieszkania;
- zwiększenie potencjału turystycznego miasta i regionu poprzez przeciwdziałanie zjawiskom degradacji środowiska naturalnego;
- wzmocnienie ogólnego oddziaływania miasta jako ośrodka wzrostu;
- poprawę efektywności funkcjonowania Spółki;
- uzyskanie statusu „efektywnego systemu ciepłowniczego”;
- dostarczenie korzyści zdrowotnych wśród mieszkańców regionu związanych ze zmniejszeniem emisji szkodliwych substancji;
- zredukowanie kosztów opieki medycznej ponoszonych bezpośrednio przez osoby chorujące z powodu zanieczyszczenia (niższe wydatki na służbę zdrowia, większa produktywność pracowników - niższa absencja w pracy, niższa umieralność);
- zmniejszenie negatywnego oddziaływania zanieczyszczeń powietrza na stan budynków.

Jak widać, wachlarz potencjalnych korzyści jest bardzo szeroki. Należy jednak jednoznacznie podkreślić, iż korzyści społeczne w tym projekcie biorą górę nad korzyściami ekonomicznymi. Bardzo trudno jest skwantyfikować niektóre z nich. Np. korzyści zdrowotne - przez wielu autorów uważane za najważniejsze - traktowane są jako niepoliczalne, gdyż nic nie jest w stanie zastąpić utraty ludzkiego zdrowia. Dalej, wzrost atrakcyjności regionu, poprzez jego promocję jako czystego, ekologicznego trudno skwantyfikować, gdyż na tę chwilę nie ma wskaźników, które pozwalają jednoznacznie zmierzyć wpływ inwestycji na przyszłą atrakcyjność miasta Piła. Z drugiej strony inwestycja w kogenerację to także trudne do wyliczenia koszty. Do nich zaliczymy:

- wyłączenie z użytkowania części działki należącej do MEC Piła;
- utrudnienia w komunikacji na terenie działki (szczególnie podczas realizacji zadania);
- hałas w trakcie realizacji inwestycji;
- podczas prowadzenia prac montażowych, wykorzystany zostanie sprzęt budowlany napędzany olejem napędowym, co spowoduje chwilowe zwiększenie emisji szkodliwych gazów.

Reasumując, rozpoczęcie inwestycji było możliwe tylko dzięki wsparciu funduszy unijnych. W przeciwnym razie Spółka nie rozpatrywała jego realizacji. Mimo posiadanych dużych zapasów kapitałowych oraz przynależności do grupy ENEA, nie skłaniało to władz firmy to inwestowania w kogenerację. Ponownie potwierdza się teza, stawiana wielokrotnie na łamach

tej rozprawy, iż inwestycje w OZE są konieczne, ale często nie są opłacalne ze względu ekonomicznego. Ich realizacja jest możliwa wyłącznie przy wsparciu bezzwrotnego finansowania zewnętrznego. W innym wypadku projekty nie są realizowane bądź ich skala jest znacznie mniejsza.

Przegląd modeli biznesowych inwestycji w sektorze energetycznym dokonany w tym rozdziale prowadzi do następujących konkluzji:

- brak w Polsce pozytywnych perspektyw dla rozwoju wydobycia węgla i budowania na tym surowcu strategii rozwoju sektora energetycznego, co wynika nie tylko z rosnącą międzynarodową presją na ekologizację i coraz większego społecznego poparcia dla koncepcji zrównoważonego rozwoju, lecz także z wewnętrznej niewydolności przemysłu górniczego w Polsce oraz wyczerpujących się zasobów surowcowych; dodatkowo wskazać można szereg negatywnych konsekwencji wydobycia i stosowania węgla kamiennego i brunatnego, także na gruncie geologicznym i zdrowotnym;
- jako prostą alternatywę dla węgla i swoiste „paliwo przejściowe” rozpatrzyć należy gaz ziemny, który emituje mniej zanieczyszczeń oraz gazów cieplarnianych; jednakże wykorzystanie tego surowca wiąże się z ograniczeniem bezpieczeństwa energetycznego ze względu na potrzebę zaspokojenia popytu importem, poprawę tego bezpieczeństwa zapewnia jednak dywersyfikacja źródeł dostaw oraz rozbudowa systemu magazynowania;
- poza zaletami odnawialnych źródeł energii wskazać można szereg ich wad, związanych m. in. z wysokimi kosztami, niestabilnością dostaw, koniecznością ingerencji w krajobraz, kosztami utylizacji odpadów; część wad np. niestabilność dostaw można jednak niwelować poprzez dywersyfikację źródeł OZE;
- spośród omawianych źródeł energetyka geotermalna wykazuje szczególnie korzystny stosunek zalet do wad; dodatkowo Polska posiada znaczny potencjał geotermalny, którego brak wykorzystania wynika w głównej mierze z przyczyn subiektywnych;
- na podstawie przeprowadzonej analizy piśmiennictwa uzasadnić można użyteczność metody studium przypadku w analizie przedsięwzięć realizowanych w sektorze energetycznym, dodatkowo zidentyfikowaną lukę badawczą w obszarze studium przypadku budowy zakładów geotermalnych;
- wśród analizowanych przedsiębiorstw zidentyfikowano dwa modele biznesowe: przemysłowy, gdzie inwestycja w OZE niesie zyski głównie dla inwestora (geotermia w Poddębicach oraz biogazownia w Piaszcznie) oraz przemysłowo-społeczny, gdzie korzyści z inwestycji mają także charakter ogólnospołeczny i wiążą się z ekonomiczną kategorią korzystnych efektów zewnętrznych, takich jak czystsze środowisko,

zwiększenie zatrudnienia czy promocja regionu (geotermie w Poddębicach i Mszczonowie oraz kogeneracja w Pile);

- cechą wspólną wszystkich omawianych modeli biznesowych jest jednak problem z ich rentownością; choć generują one korzyści, również ekonomiczne w postaci zysków, nie są one w stanie pokryć pierwotnych nakładów inwestycyjnych; inwestowanie w tego typu przedsięwzięcia opłaca się tylko gdy są one współfinansowane ze środków pomocowych;
- pośród nieoczywistych korzyści wynikających z analizowanych inwestycji w OZE wskazać można produkcję kosmetyków (geotermia Poddębice) i wody pitnej (geotermia Mszczonów), rekreację i rozwój turystyki (geotermia Poddębice i Mszczonów), przyciągnięcie inwestorów poprzez pozytywny, ekologiczny wizerunek gminy (Mszczonów), wykorzystanie odpadów z wcześniejszych etapów produkcji (biogazownia Piaszczyzna), ekologizacja spalania węgla (kogeneracja w Pile oraz geotermia w Stargardzie).

## Podsumowanie

Przedmiot zainteresowania prezentowanej rozprawy stanowił sektor energetyczny Polski. Dokonano umiejscowienia energetyki w koncepcji zrównoważonego rozwoju gospodarczego, a także w prawodawstwie i planach strategicznych Unii Europejskiej. Sektor energetyczny Polski został przedstawiony na tle innych krajów członkowskich. Analiza objęła lata 1990-2017. Określony został poziom kultury energetycznej kraju oraz efektywność wytwarzania energii w ujęciu ekonomicznym, rozszerzona o aspekty społeczne i środowiskowe. Zbadana została również dynamika miksu energetycznego Polski na tle zmian zachodzących w Unii Europejskiej oraz dynamika produktywności całkowitej sektora energetycznego, z uwzględnieniem oddziaływania potencjalnych uwarunkowań. W wymiarze mikroekonomicznym, w pracy przeanalizowano modele biznesowe funkcjonujących w Polsce instalacji odnawialnych źródeł energii, szczególną uwagę poświęcając, niedocenionej i słabo zbadanej w krajowym kontekście, energetyce geotermalnej. Głównym celem pracy była ocena stanu i zmian sektora energetycznego w Polsce i jej determinant, na tle innych krajów UE w latach 2007-2017, rozszerzona o identyfikację perspektyw inwestycji w odnawialne źródła energii w Polsce. Realizacji celu głównego służyło sześć celów szczegółowych.

Pierwszym z zamierzeń badawczych było umiejscowienie badań w teorii ekonomii, w szczególności w kontekście ekonomii zrównoważonego rozwoju, środowiska i zasobów naturalnych. Stwierdzić można, że od sformułowania w latach 70-tych pierwszych haseł zrównoważonego rozwoju, do czasów współczesnych koncepcja ta rozwinęła się, zyskując wiele wymiarów oraz definicji, a także na dobre umocowana została w realizowanych współcześnie strategiach rozwojowych świata (m.in. Agenda 21), Europy (m.in. Europa 2020) i Polski (m.in. Polska 2025). Przegląd definicji zrównoważonego rozwoju wskazał najistotniejsze cechy tej koncepcji, takie jak: złożoność i ciągła ewolucja; ukierunkowanie na jakość życia przyszłych pokoleń; analizowanie w kategoriach procesu, a nie stanu; uwzględnienie aspektów ekonomicznych, społecznych i środowiskowych oraz ich częściowa konkurencyjność. Przegląd odnawialnych źródeł energii pozwolił na zidentyfikowanie technologii takich jak pozyskanie energii z siły wiatru, promieniowania słonecznego (konwersja fotowoltaiczna, fotochemiczna, fototermiczna, termoliza wody), wody, źródeł geotermalnych, biomasy, biogazu, biopaliw oraz prądów morskich, pływów i falowania. W końcu, stwierdzić można, że odnawialne źródła energii wpisują się w koncepcję zrównoważonego rozwoju ze względu na pozytywne oddziaływanie ekonomiczne (bezpieczeństwo energetyczne) społeczne (nowe miejsca pracy, wzrost atrakcyjności terenów peryferyjnych) i środowiskowe (zmniejszenie emisji). Wskazać można również na potrzebę rozwoju sektora odnawialnych źródeł energii, czy szerzej wdrażania koncepcji zrównoważonego rozwoju, powiązanego z działaniami edukacyjnymi, bowiem jedną z głównych barier upowszechniania tych podejść jest niewiedza i brak społecznej akceptacji.

Kolejny cel badawczy stanowiła identyfikacja otoczenia prawnego sektora energetycznego. W pierwszej kolejności wskazać można trzy główne kierunki interwencji legislacyjnej UE w sektorze energetycznym: 1) przeciwdziałanie zmianom klimatycznym i poprawa stanu środowiska; 2) tworzenie wewnętrznego rynku energii; 3) bezpieczeństwo dostaw i podnoszenie efektywności energetycznej. W obszarze przeciwdziałania zmianom klimatycznym i poprawy stanu środowiska, podkreślić należy rozszerzanie zakresu działań i regulacji, jako narzędzi redukcji emisji gazów cieplarnianych; wskazać także można na system handlu emisjami oraz geologiczne składowanie węgla; jednocześnie zauważyć trzeba, że nie wszystkie kraje świata są równie silnie jak UE zaangażowane w działania na rzecz ochrony klimatu, co rodzi obawy o ich powodzenie. W obszarze tworzenia wewnętrznego rynku energii należy stwierdzić, że cel ten przyświeca Wspólnotom Europejskim w zasadzie od początku ich istnienia i wzmocniony jest kolejnymi kryzysami, a jego realizacja następuje poprzez postępującą liberalizację rynków energii, zaś w ostatnich latach koncepcję Unii Energetycznej. Jednymi z jej głównych założeń są zapewnienie bezpieczeństwa dostaw i podnoszenie efektywności energetycznej Unii Energetycznej. Cele te osiągnąć mają być m.in. poprzez badania naukowe poprawiające innowacyjność i konkurencyjność sektora energetycznego w UE, choć zauważyć można w tym obszarze występowanie „efektu wypychania”.

Trzeci cel szczegółowy dotyczył ustalenia stanu i dynamiki struktury wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej w Polsce i innych krajach UE oraz ich oceny przez pryzmat kultury energetycznej krajów. W obrębie większości wskaźników kultury energetycznej, takich jak intensywność emisji gazów cieplarnianych, energochłonność czy udział OZE zidentyfikowano znaczne zróżnicowanie, wyjątek w tym obszarze stanowiła sprawność przetwarzania energii pierwotnej w finalną. Wskazano również na kraje odstające, takie jak Estonia, Luksemburg, Cypr i Malta. Syntetyczny wskaźnik kultury energetycznej obliczony metodą TOPSIS-CRITIC wykazał, że Polska cechuje się najniższym spośród krajów UE poziomem tej kultury. Na przeciwległym biegunie znalazły się Szwecja, Litwa, Dania oraz Austria, które skutecznie wykorzystują swoje przewagi komparatywne w sektorze energetycznym. Grupowanie krajów UE według struktury miksu energetycznego sytuuje Polskę w pobliżu krajów takich jak Słowenia, Czechy i Bułgaria (energia elektryczna), a także Czechy, Słowenia i Grecja (energia ciepła), gdzie główną cechą wspólną było oparcie produkcji energii o węgiel kamienny. W zakresie wykorzystania OZE, Polska mieści się w pobliżu Danii, Holandii i Irlandii (energia elektryczna), a także Łotwy, Luksemburga, Słowacji i Rumunii (energia ciepła); w pierwszym przypadku cechą charakterystyczną jest znaczny udział energii wiatru, w drugim biopaliw stałych. W zakresie dynamiki miksu energetycznego w UE-28 po 1990 roku wskazać można trend zastępowania paliw stałych i ropy, w pierwszej kolejności gazem ziemnym, w drugim zaś odnawialnymi źródłami energii, przy nieznacznie malejącym udziale energetyki jądrowej, w Polsce zaś obserwować można powolny proces zastępowania paliw stałych źródłami

odnawialnymi i gazem ziemnym. O tym, że zmiany zachodzą w Polsce wolniej informuje również wskaźnik dynamiki struktury. O pewnym spadku rozbieżności można było mówić tylko w latach 2010-2012, przez większość badanego okresu również monotoniczność zmian strukturalnych była większa dla krajów UE-28.

Czwarty z celów badawczych dotyczył określenia stanu wiedzy na temat efektywności i produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE, ze szczególnym uwzględnieniem Polski, w kontekście nakładów, efektów oraz determinant tego procesu. Na podstawie systematycznego przeglądu literatury, dokonanego metodą kuli śniegowej zidentyfikowano zbiór 13 prac, które poddane zostały szczegółowej analizie. W większości z nich badano ekonomiczny wymiar produkcji energii rozszerzony o kwestie środowiskowe, rzadziej zaś społeczne. Poruszana była również kwestia dynamiki efektywności oraz jej uwarunkowań. Zidentyfikowano lukę badawczą w postaci braku opracowań, w których dokonano by analizy dynamicznej, uwzględniającej wszystkie trzy wymiary zrównoważenia oraz determinanty efektywności. W pracach występowało znaczne zróżnicowanie w zakresie przyjmowania określonych zmiennych jako nakłady i efekty w procesie wytwarzania energii. Niektóre zmienne występowały w obydwu rolach, w zależności od badania; w szczególności dotyczy to negatywnych efektów, często traktowanych jako nakłady. Wskazać można jednak grupę typowych nakładów ekonomicznych (moc zainstalowana, zatrudnienie), środowiskowych (zużycie paliw kopalnych lub energii pierwotnej), negatywnych efektów środowiskowych (emisja gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza), pozytywnych efektów ekonomicznych (produkcja energii i wartość dodana) i społecznych (bezpieczeństwo energetyczne). Pewną lukę badawczą stanowi niewielki zakres stosowania zmiennych opisujących społeczny wymiar produkcji. Zidentyfikowano także liczne strategie empiryczne związane z występowaniem w badaniach negatywnych efektów produkcji, takie jak ich zignorowanie, potraktowanie ich na równi z nakładami, ich modelowanie z wykorzystaniem kierunkowych funkcji produkcji, efektywności na bazie „luzów” oraz naturalnej i menadżerskiej rozporządzalności. Wśród rozszerzeń podejścia DEA wskazać można natomiast oszacowanie indeksu produktywności Malmquista, zastosowanie super-efektywności i analizy luzów oraz bootstrappingu. Do niedostatków dotychczasowych badań zaliczyć można brak zastosowania bardziej zaawansowanych indeksów produktywności. Przegląd pozwolił również na identyfikację grup zmiennych traktowanych jako determinanty produktywności i efektywności, w szczególności poziomu rozwoju gospodarczego, uwarunkowań technologicznych, rynkowych, makroekonomicznych i politycznych. Ich oddziaływanie testowane było za pośrednictwem metod parametrycznych, nieparametrycznych i bootstrappingu. Na podobieństwo wyników uzyskiwanych w ramach wcześniejszych badań największy wpływ miała zbieżność okresu badawczego, ich zakresu oraz strategii empirycznej, jednak ogólny stopień powiązania wyników uznać można za niewielki. Uśrednione miejsce Polski w rankingu

państw UE plasuje ją na 20. pozycji wśród 27. krajów, a wynik ten był względnie stabilny i odporny na różnice w specyfikacji modelu. Polska wypadła gorzej w modelach gdzie zastosowano kierunkowe funkcje odległości (DDF) i metodę opartą na „luzach” SBM, a tym samym metody zorientowane jednocześnie na nakłady i efekty, natomiast uwzględnienie aspektów środowiskowych poprawiało pozycję Polski w rankingu.

Celem kolejnego z zadań badawczych było określenie efektywności sektora energetycznego Polski i krajów UE w wymiarze ekonomicznym, środowiskowym i społecznym, produktywności całkowitej oraz determinant jej zmian. Jeżeli chodzi o pozycję polskiego sektora energetycznego na tle UE w kontekście cząstkowych wskaźników efektywności stwierdzić można, że wysoka chłonność zasobów dotyczy szczególnie energii pierwotnej oraz zasobów pracy, nie zaś zainstalowanej mocy. W wymiarze społecznym mówić można o relatywnie wysokich cenach energii i relatywnie dużej niezależności. W wymiarze środowiskowym zaś o wysokiej emisyjności, z wyłączeniem pyłów zawieszonych. Zidentyfikowana w krajach UE nieefektywność sektora energetycznego wynikała głównie z wyników osiąganych w wymiarze społecznym, co jednak może mieć związek ze specyfiką opisujących go zmiennych. Rodzi to postulat skonstruowania powszechnie akceptowalnych mierników społecznego oddziaływania i opracowanie ich długookresowej bazy danych. Wyniki pomiaru efektywności uzyskane w różnych konfiguracjach modelu wskazują, że im więcej wymiarów (a zatem i zmiennych) zostaje ujętych w modelu, tym więcej krajów zostaje uznanych za w pełni efektywne, co jest charakterystyczne dla przyjętej metody badawczej. Ponadto, zidentyfikowano znaczną zbieżność wyników analizy w wymiarze ekonomicznym z analizą ekonomiczno-społeczną i ekonomiczno-środowiskową, one same zaś cechowały się jednak znaczną rozbieżnością. Polska wypada najlepiej w rankingu uwzględniającym tylko aspekty ekonomiczne, gdzie plasuje się dokładnie w połowie stawki 25 krajów UE – na 13. miejscu, a występująca nieefektywność stanowi konsekwencję głównie zbyt dużych nakładów pracy w sektorze; uwzględnienie efektów społecznych, jak i środowiskowych pogarsza pozycję Polski w rankingu, spada ona odpowiednio na 23. i 22. miejsce. W latach 2008-2017 Polska odnotowała największy spośród analizowanych krajów UE postęp w zakresie produktywności całkowitej sektora energetycznego, co wynikało w głównej mierze z ogólnego postępu technicznego, objawiającego się przesunięciem maksymalnych możliwości produkcyjnych, w minimalnym zaś stopniu ze względnej poprawy pozycji Polski względem krajów wiodących. Dobre wyniki w obszarze produktywności korespondują z wynikami analizy dynamiki struktury miksu energetycznego, która była szczególnie duża i pozytywna w latach 2010-2013. Istotny postęp nastąpił w obszarze ekonomiczno-społecznym. W analizowanym okresie miał miejsce w Polsce wzrost produkcji energii powiązany z ograniczaniem nakładów czynnika pracy i poprawą dostępności cenowej energii, ze względu na wolniejszy wzrost cen energii niż dochodów. Oszacowane modele regresji panelowej tłumaczyły jedynie około 17% zmienności



produktywności sektora energetycznego w ujęciu ekonomiczno-społeczno-środowiskowym, pomimo zastosowania maksymalnie szerokiej palety zmiennych objaśniających, co stanowi przesłankę sformułowania postulatu lepszej dostępności danych, szczególnie w aspekcie społecznym i księgowym (wartość nakładów kapitału w sektorze energetycznym). Wśród istotnych determinant produktywności w ujęciu ekonomiczno-społeczno-środowiskowym wskazać można na dostępność paliw kopalnych, co wiązać należy z występowaniem zjawiska „choroby holenderskiej”. Chodzi o udział odnawialnych źródeł energii, których negatywne oddziaływanie może wiązać się ze zwiększeniem poziomu niewykorzystanej mocy zainstalowanej, a także wysokość podatków środowiskowych, które mobilizują producentów do ekologizacji produkcji. W końcu istotność relacji mocy zainstalowanej na zatrudnionego, wskazuje jej nadmiar względem liczby pracowników sektora. W modelach uwzględniających produktywność w niepełnym wymiarze, znacznie pozostawało jedynie oddziaływanie udziału OZE oraz opodatkowania. W modelu ekonomicznym ujawnił się pozytywny wpływ kogeneracji i negatywnej koncentracji sektora.

Ostatnim z celów badawczych było określenie perspektyw różnych rodzajów przedsięwzięć inwestycyjnych w sektorze energetycznym w Polsce. Na podstawie rozważań zawartych w rozdziale szóstym stwierdzić można, że brak w Polsce pozytywnych perspektyw dla rozwoju wydobycia węgla i budowania na tym surowcu strategii rozwoju sektora energetycznego, co wynika nie tylko z rosnącej międzynarodowej presji na ekologizację i co raz większego społecznego poparcia dla koncepcji zrównoważonego rozwoju, lecz także z wewnętrznej niewydolności przemysłu górniczego w Polsce oraz wyczerpujących się zasobów surowcowych. Dodatkowo wskazać można szereg negatywnych konsekwencji wydobycia i stosowania węgla kamiennego i brunatnego, także na gruncie geologicznym i zdrowotnym. Jako prostą alternatywę dla węgla i swoiste „paliwo przejściowe” rozpatryć należy gaz ziemny, który emituje mniej zanieczyszczeń oraz gazów cieplarnianych. Jednakże wykorzystanie tego surowca wiąże się z ograniczeniem bezpieczeństwa energetycznego ze względu na potrzebę zaspokojenia popytu importem, poprawę tego bezpieczeństwa zapewnia jednak dywersyfikacja źródeł dostaw oraz rozbudowa systemu magazynowania.

Poza zaletami odnawialnych źródeł energii wskazać można szereg ich wad, związanych m. in. z wysokimi kosztami, niestabilnością dostaw, koniecznością ingerencji w krajobraz czy kosztami utylizacji odpadów. Część wad np. niestabilność dostaw można jednak niwelować poprzez dywersyfikację źródeł OZE. Spośród omawianych źródeł energetyka geotermalna wykazuje szczególnie korzystny stosunek zalet do wad. Dodatkowo Polska posiada znaczny potencjał geotermalny, którego brak wykorzystania wynika w głównej mierze z przyczyn subiektywnych. Na podstawie przeprowadzonej analizy piśmiennictwa uzasadnić można użyteczność metody studium przypadku w analizie przedsięwzięć realizowanych w sektorze energetycznym, dodatkowo rozpoznano lukę badawczą w obszarze studium przypadku

budowy zakładów geotermalnych. Wśród analizowanych przedsiębiorstw zidentyfikowano dwa modele biznesowe: przemysłowy, gdzie inwestycja w OZE niesie zyski głównie dla inwestora (geotermia w Poddębicach oraz biogazownia w Piaszcznie) oraz przemysłowo-społeczny, gdzie korzyści z inwestycji mają także charakter ogólnospołeczny i wiążą się z ekonomiczną kategorią korzystnych efektów zewnętrznych, takich jak czystsze środowisko, zwiększenie zatrudnienia czy promocja regionu (geotermie w Poddębicach, Mszczonowie, Stargardzie oraz kogeneracja w Pile). Cechą wspólną wszystkich omawianych modeli biznesowych jest jednak problem z ich rentownością. Choć generują one również korzyści ekonomiczne w postaci zysków, nie są one w stanie pokryć pierwotnych nakładów inwestycyjnych. Inwestowanie w tego typu przedsięwzięcia opłaca się zatem tylko, gdy są one współfinansowane ze środków pomocowych. Pośród nieoczywistych korzyści wynikających z analizowanych inwestycji w OZE wskazać można produkcję kosmetyków (geotermia Poddębice) i wody pitnej (geotermia Mszczonów), rekreację i rozwój turystyki (geotermia Poddębice i Mszczonów), przyciągnięcie inwestorów poprzez pozytywny, ekologiczny wizerunek gminy (Mszczonów), wykorzystanie odpadów z wcześniejszych etapów produkcji (biogazownia Piaszczyzna), ekologizacja spalania węgla (kogeneracja w Pile oraz geotermia w Stargardzie).

W pracy podjęto się weryfikacji 3 hipotez, wspartych 4 hipotezami pomocniczymi. Wyniki statystycznej analizy struktury pozwoliły na weryfikację pierwszej z nich, dotyczącej upodabniania się struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce do struktury przeciętnej dla krajów Unii Europejskiej. Szybsze i bardziej monotoniczne zmiany w pozostałych krajach UE sprawiły, że w stosunku do roku 1990 rozbieżność strukturalna Polski zwiększyła się, co stanowi przesłankę do odrzucenia tej hipotezy. Stanowi to wynik głównie utrzymującego się wciąż na wysokim poziomie udziału paliw kopalnych, podczas gdy wśród pozostałych krajów UE udział ten został znacząco zredukowany. Wskazać można kraje, które startowały z podobnie wysokiego poziomu co Polska i osiągnęły znaczne redukcje - Dania z 91% do 20%, Czechy z 75% do 48%, Grecja 72% do 34% i Wielka Brytania z 64% do 7%.

Druga z hipotez dotyczyła wpływu na pozycję Polski w rankingu efektywności uwzględnienia w badaniach środowiskowych i społecznych efektów działalności sektora energetycznego. W związku z faktem, że efektywność czysto ekonomiczna plasowała polski sektor energetyczny na 13. pozycji, podczas gdy uwzględnienie pozostałych efektów spowodowało spadek na pozycję 23., przyjąć można, że hipoteza druga została zweryfikowana pozytywnie. Jednakże należy podkreślić, że nie w pełni pozytywnie zostały zweryfikowane hipotezy cząstkowe dotyczące kierunku oddziaływania. Potwierdziła się hipoteza cząstkowa dotycząca negatywnego wpływu na wynik w rankingu uwzględnienia kwestii środowiskowych. Nie potwierdziły się natomiast przypuszczenia dotyczące pozytywnego oddziaływania uwzględnionych kwestii społecznych. W obszarze tym głównym

zidentyfikowanym problemem okazała się niska dostępność cenowa energii, co wynika jednak w głównej mierze z generalnie niskich dochodów w Polsce niż z wysokich cen energii.

Trzecia ze stawianych hipotez została zweryfikowana z wykorzystaniem regresji panelowej i indeksów produktywności całkowitej. Podobnie jak w przypadku drugiej z hipotez została ona zweryfikowana pozytywnie z pewnymi zastrzeżeniami. Wzrost udziału OZE rzeczywiście był istotnie powiązany z produktywnością, a w przypadku produktywności czysto ekonomicznej oddziaływanie ma charakter negatywny (pozytywna weryfikacja H3 i H3.1), jednak uwzględnienie kwestii środowiskowych nie odwróciło znaku oddziaływania, co stanowi przesłankę do odrzucenia hipotezy pomocniczej 3.2. Wynik ten tłumaczyć można poprzez duże, często niewykorzystane moce zainstalowane generowane przez OZE, które oddziałują negatywnie na wymiar ekonomiczny. Najwyraźniej tego negatywnego oddziaływania nie rekompensowało zmniejszenie emisji związane z substytucją źródeł konwencjonalnych przez OZE.

W końcu podkreślić należy praktyczny wymiar uzyskanych wyników badań, szczególnie w dobie kształtowania strategii energetycznej Polski na kolejne dziesięciolecia. Sformułować można na ich podstawie szereg rekomendacji:

- wśród krajów UE zidentyfikowano trend polegający na kilkietapowej dekarbonizacji, w ramach której etap pośredni polega na wykorzystaniu gazu ziemnego jako paliwa „przejściowego”. Między innymi taka strategia zaowocowała znaczną redukcją wykorzystania węgla w energetyce w Wielkiej Brytanii czy w Grecji. Podobne założenia wpisane zostały w dokumencie strategicznym „Polityka energetyczna Polski do 2040 r.”, co postrzegać można jako czerpanie pozytywnych wzorców z doświadczeń krajów UE;
- jednocześnie wskazać należy przykład Danii, gdzie poza energetyką gazową, znaczącą rolę w procesie uniezależnienia od węgla odegrała energetyka wiatrowa, która w skali UE stanowi, obok energetyki wodnej, główne odnawialne źródło energii. Biorąc pod uwagę, że do szerokiego wykorzystania energii spadku wód niezbędne są odpowiednie warunki geograficzne, energetyka wiatrowa wydaje się w skali UE naturalnym „odnawialnym źródłem pierwszego wyboru”. Podobnie było i w Polsce do momentu wprowadzenia w 2016 roku tzw. „ustawy antywiatrakowej”, blokującej rozwój tej gałęzi OZE. Biorąc pod uwagę wcześniejszy, dynamiczny rozwój tej branży, jak i potrzeby w zakresie poszukiwania alternatyw dla węgla, obowiązywanie tak restrykcyjnego prawodawstwa wydaje się nieuzasadnione;
- oszacowane modele panelowe wykazały, że rosnący udział OZE przyczynia się do zmniejszenia tempa poprawy produktywności sektora energetycznego w krajach UE, co tłumaczyć można poprzez duże, często niewykorzystane moce zainstalowane generowane przez OZE. Wynik taki nakazuje przykładać szczególną wagę do

niestabilności dostaw jaką charakteryzują się niektóre rodzaje OZE. W tym kontekście uzasadnione wydaje się utrzymanie w miksie energetycznym, jako elementu stabilizującego, pewnego udziału konwencjonalnych źródeł energii, oczywiście przy założeniu ich doboru nakierowanego również na minimalizację emisyjności. W tym kontekście uzasadnione wydają się działania legislacyjne prowadzone w ramach tzw. „rynku mocy”;

- przeprowadzona analiza mikroekonomiczna modeli biznesowych OZE prowadzi do konkluzji, że tego rodzaju inwestycje bez wsparcia publicznego tracą rentowność. Choć postęp technologiczny prowadzi do obniżenia kosztów i zwiększenia efektywności wytwarzania energii z OZE, a rosnące koszty zakupu kwot emisyjnych obniżają rentowność inwestycji w konwencjonalne źródła energii, to OZE wciąż przegrywają z nimi na gruncie czysto ekonomicznym. Sugerowane jest zatem utrzymanie wsparcia OZE, chociażby poprzez funkcjonujący obecnie system aukcyjny;
- zaprezentowane pozytywne przykłady inwestycji w energetykę geotermalną potwierdzają potencjał tego typu przedsięwzięć do wsparcia rozwoju zrównoważonego nie tylko poprzez dostarczanie niskoemisyjnej energii cieplnej, lecz także generowanie pozytywnych efektów zewnętrznych. W związku z powyższym sugeruje się silniejsze wsparcie tego kierunku rozwoju OZE, szczególnie w sytuacji istnienia znacznego potencjału geotermalnego Polski.

## Bibliografia

„Gazeta Prawna” [2006], dodatek „Biznes”, nr 80.

„Głos Wielkopolski” 14-15 grudnia 2019 roku

70% farm wiatrowych przyniosło straty (<http://wysokienapiecie.pl/2337-70-farm-wiatrowych-przynioslo-straty/>), (dostęp 07.02.2018)

Abdel-Basset, M., & Mohamed, R. [2020], A novel plithogenic TOPSIS-CRITIC model for sustainable supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119586

About biogas and biomethane

(<http://www.fortisbe.com/NaturalGas/RenewableNaturalGas/DurSppliers/Pages/abiut-biogas-and-biomethane.sdp>), [www.fortisbe.com](http://www.fortisbe.com), (dostęp 05.11.2016)

Aldea, A., Ciobanu, A., & Stancu, I., [2012], The renewable energy development: a nonparametric efficiency analysis. *Journal for Economic Forecasting*, (1)

Alp, İ., & Sözen, A. D. N. A. N., [2014], Turkey's performance of energy consumption: A study making a comparison with the EU member states. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(1)

Andersen, P., Petersen, N.C., [1993], A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Manage. Sci.* 39 (10)  
<http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>

Annual Solar Irradiance, Intermittency and Annual Variations

(<http://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation/empiricalevidencephp>)(ang). Green Rhino Energy, (dostęp 29.10.2014)

Apanowicz A., [2003]; Metodologia nauk, Wydawnictwo Dom Organizatora, Toruń,

Baltagi, B., H., [2013], *Econometric Analysis of Panel Data*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons

Banaszyk P., [2008], Status nauk o zarządzaniu, w: Podstawy metodologiczne prac doktorskich w naukach ekonomicznych, Sławińska M., Witczak H. (red), PWE, Warszawa

Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W., [1984], Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Manage. Sci.* 30

Baxter P., Jack S., [2008], Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researchers: The Qualitative Report, vol. 13, nr 4/2008

Biała Księga z dnia 11 listopada 1997 roku: „Energia dla przyszłości: odnawialne źródła energii”.

Biały R., Janusz P., Loś M., Szurlej., [2014], Analiza kosztów importu gazu ziemnego do Polski i ich wpływ na strukturę dostaw, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, nr 87, Warszawa

Biegańska J., Ciuła J., [2011]. Zintegrowana gospodarka odpadami komunalnymi w Polsce jako element zrównoważonego rozwoju, „Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska”, nr 1.

Biogaz rolniczy - produkcja i wykorzystanie

([http://www.mae.com.pl/files/poradnik\\_biogazowy\\_mae.pdf](http://www.mae.com.pl/files/poradnik_biogazowy_mae.pdf)) Mazowiecka Agencja Energetyczna Sp. z o.o. Warszawa, (dostęp 05.11.2016)

Biomethane fueled vehicles - the carbon neutral carbon, <http://www.claverton-energy.com> . (dostęp 05.11.2016)

Błażejewska M., Gostomczyk W., [2018], Warunki tworzenia i stan rozwoju spółdzielni i klastrów energetycznych w Polsce na tle doświadczeń niemieckich, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, zeszyt 2

Bogdanowicz P., [2010], Interes publiczny w prawie energetycznym Unii Europejskiej, Wydawnictwo C.H.Beck, Warszawa

Boral-Saladin J.M., Turo N., The green economy: Incremental change or transformation? Environmental Policy and Governance, vol. 23

Borychowski M., [2016]. Ekonomiczne determinanty rozwoju sektora biopaliw płynnych w Polsce i Niemczech po 2004 roku (praca doktorska).

<http://www.wbc.poznan.pl/publication/484844/> (dostęp 30.01.2018)

Borys T., [2010]. Koncepcja zrównoważonego rozwoju w naukach ekonomicznych, [w:] Ekonomia zrównoważonego rozwoju. Zarys problemów badawczych i dydaktyki, B. Poskrobko red). Wyższa Szkoła Ekonomiczna, Białystok.

Borys T., [2011]. Zrównoważony rozwój - jak rozpoznać ład zintegrowany, [w:] Problemy ekorozwoju, nr 2.

Borys, T. [2016]. Personifikacja organizacji jako nowa forma wyrażania istoty nowego paradygmatu rozwoju [w:] Czaja St. (red). Graczyk A (red). Ekonomia i środowisko. Księga Jubileuszowa Profesora Fiedora Wydawnictwo EU we Wrocławiu, Wrocław.

Borysiewicz M., Kacprzyk., [2019]. Przewodnik metodologiczny oceny zagrożenia zdrowia i środowiska w przypadku różnych opcji wytwarzania energii w Polsce, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa

Brundtland, G. i in. [1987]. Our common future. <http://www.un-documents.net/our=commonfuture.pdf> (dostęp 27.10.2016)

Buckwell A. i in. [2014]. The sustainable intensification of European Agriculture. Brussels: RISE Fundation, [http://www.risefundation.eu/images/files/2014\\_20SI\\_RISE\\_FULL\\_EN.pdf/](http://www.risefundation.eu/images/files/2014_20SI_RISE_FULL_EN.pdf/) (dostęp 04.09.2017)

Bukowski M., Maśnicki J., Śniegocki A., Trzeciakowski R., [2015], Polski węgiel: Quo vadis? Perspektywy rozwoju górnictwa węgla kamiennego w Polsce, Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych, Warszawa

Bukowski M., Śniegocki A., [2014], Ukryty rachunek na węgiel. Analiza wsparcia gospodarczego dla energetyki węglowej oraz górnictwa w Polsce, Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych, Warszawa

Burchard-Dziubińska M., [1994]. Wdrażanie koncepcji ekorozwoju przez polskie przedsiębiorstwa przemysłowe, [w:] Wdrażanie polityki ekorozwoju , ESES i ZN. Oddział Polski, Kraków.

Carbon Capture and Storage: Assessing the Economics, 2008 - Mc Kinsey and Company Report, September 22

Carr G., Sunny Uplands: Alternative ebergy will no longer be alternative (<http://www.economist.com/news/21566414-alternatiwe-energy-will-no-longer-be-alternative-sunny-uplands>). The Economist 2017. (dostęp 28.12.2017)

- Center for Strategic and International Studies [2014], <http://csis.org/program/energy-and-national-security>. (dostęp 10.11.2014)
- Chambers, R. G., Chung, Y., Färe, R., [1998], Profit, directional distance functions, and Nerlovian efficiency. *Journal of optimization theory and applications*, 98(2)
- Charnes, A., Cooper W. W., and Rhodes, E., [1978], Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Oper. Res.* 2
- Chesbrough H., Rosenbloom R., [2002], The Role of Business Model in Capturing Value from Innovations: Evidence from Xerox Corporation's Technology Spin-off Companies, *Industrial Corporate Change*, vol 11, Iss.3
- Chojnacka K., [2020], Teoretyczny i praktyczny wymiar ubóstwa na przykładzie ubóstwa energetycznego. *Prace Naukowe/Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach*
- Chung YH, Färe R, Grosskopf S., [1997], Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach. *J Environ Manage* 1997
- Chung, Y.H., Färe, R., Grosskopf, S., [1997], Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach. *Journal of Environmental Management* 51
- Coelli J.T., Prasada Rao D.S., [2005], *Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980–2000.*, 32 (Supplement s1), 115–34. doi:10.1111/j.0169-5150.2004.00018.x
- Communication from the Commission and the Committee of the Regions 2008 - Supporting early demonstration of sustainable power generation from fossil fuels, COM(2008)30 final
- Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 2007 – A European strategic energy technology plan - Towards a low carbon future, COM(2007)723 final
- Community energy policy. Objectives for 1985. Communication from the Commission to the Council, COM(74)1960, 1974
- Cook, W. D., Tone, K., & Zhu, J., [2014], Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. *Omega*, 44



- Czech A., [2012], Zarys ewolucji wspólnego rynku energii w Unii Europejskiej, Studia Ekonomiczne, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
- Czternasty W., Zabłocki M., [2015], Geotermia w gospodarce niskoemisyjnej i jej wykorzystanie w Stargardzie Szczecińskim (w:) K. Pająk, M. Urbaniak, S. Zwierzchlewski (red), Niskoemisyjność we współczesnej polityce gospodarczej, Toruń
- Czternasty W., Zabłocki M., [2016], Geotermia jako niewykorzystane źródło energii cieplnej w Polsce, Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa, Poznań
- Czternasty W., Zabłocki M., [2016]. Fuzja węgla z geotermią w ogrzewaniu miasta Stargard - efekty ekonomiczne, społeczne i ekologiczne, Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa, Poznań
- Czternasty W., Zabłocki M., [2018], Przewidywane nakłady oraz ekonomiczno-społeczne rezultaty rozbudowy geotermii w dualnym systemie ogrzewania Stargardu. Rekomendacje dla innych miast, Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa, Poznań
- Czy jesteśmy na właściwej drodze w rozwoju energetyki wiatrowej? ([http://www.wnp.pl/odnawialne\\_źródła\\_energii/czy-jestesmy-na-wlasciwej-drodze-w-rozwoju-energetyki-wiatrowej](http://www.wnp.pl/odnawialne_źródła_energii/czy-jestesmy-na-wlasciwej-drodze-w-rozwoju-energetyki-wiatrowej) 147201\_2\_0\_\_html).
- Czyżewski, B., & Kryszak, L., [2017], Kondycja finansowa gospodarstw rolnych w regionach FADN Unii Europejskiej i jej związek z produktywnością czynników wytwórczych. Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, 104(3)
- Czyżewski A., [2015]. Odkrywane ekonomii rolnej. Wykład z okazji nadania godności Doktora Honoris Causa Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, 26.11.2015
- Czyżewski, B., Smędzik-Ambroży, K., [2017], The regional structure of the CAP subsidies and the factor productivity in agriculture in the EU 28, Agric. Econ. - Czech, 63 (4)
- Dańska-Borsiak, B., [2011], *Dynamiczne modele panelowe w badaniach ekonomicznych*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Dasgupta P., [2007]. Measuring Sustainable Development: Theory and Application. Asian Development Review, nr 24
- Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/1814 z dnia 6 października 2015 r. w sprawie ustanowienia i funkcjonowania rezerwy stabilności rynkowej dla unijnego systemu uprawnień dla emisji gazów cieplarnianych

- Demil B., Lecocq X., [2010], Business Model Exolution: In Search of Dynamic Consistency, Long Range Planng, vol 43, Iss. 2/3
- Diakoulaki D., Mavrotas G., Papayannakis L., [1995], Determining objective weights in multiple criteria problems: the CRITIC method. Comput Oper Res 2
- Drzewiecki J., [2013], Model biznesu jako narzędzie zarządzania strategicznego: zastosowanie, dylematy i wyzwania, Przedsiębiorczość i zarządzanie, Tom XIV,
- Dubaś J.W., [2004]. Produkcja biomasy i jej wykorzystanie X Konferencja Naukowo-Techniczna, Ogólnopolskie Forum Odnawialnych Źródeł Energii, Warszawa.
- Duda M., [2004], Liberalizacja rynku a bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej, „Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki” nr 1
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2001/77/WE z dnia 27 września 2001 r.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2003/87/WE z dnia 13 października 2003 r. ustanawiająca system handlu przydziałami emisji gazów cieplarnianych we Wspólnocie (Dz.U I.275 z 25.10.2003, s.32)
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2009/406/WE z dnia 13 kwietnia 2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie zmierzające do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych (Dz.U. I.140 z 05.06.2009, s.136)
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001/WE z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania energii ze źródeł odnawialnych, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej z 21 grudnia 2018 r.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/410/WE z dnia 14 marca 2018r. zmieniająca dyrektywę 2003/87/WE w celu wzmocnienia efektywnych kosztów redukcji emisji oraz inwestycji niskoemisyjnych oraz decyzję (UE) 2015/1814
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/144 z dnia 05.06.2019 r. w sprawie wspólnych zasad rynku energii elektrycznej
- EGEC Market Report 2017, Key Finding

- Elżanowski, E., [2008], *Polityka energetyczna. Prawne instrumenty realizacji*, Lexis Nexis, Warszawa
- Energy in the European Community (4<sup>th</sup> ed.) Europeans Dositmentations series 7/1990. Official publication of the European Communities, 1991, Luksemburg
- European Commission 2011, A Roadmap for moving to a competitivr low carbon economy in 2050, Communication from the Commission and Social Committe of Region, CO(2011)/112, 08.03.2011, Brussels
- Eurostat, 2021, Slight decrease in electricity and gas prices, <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/ddn-20210426-1>
- Ewertowska, A., Galán-Martín, A., Guillén-Gosálbez, G., Gavaldá, J., & Jiménez, L., [2016], Assessment of the environmental efficiency of the electricity mix of the top European economies via data envelopment analysis. *Journal of cleaner production*
- Fare, R., Grosskopf, S., [2010], Directional distance functions and slacks-based measures of efficiency. *European Journal of Operational Research* 200
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, Z., [1994], Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *Am. Econ. Rev.* 84 (1)
- First quidelines for a Community energy policy. Memorandum presented by the Commission to the Council, COM(68)1040,1968
- Fiut, J., [2006]. *Zrównoważony rozwój: aspekt filozoficzny i medialny. „Problemy ekorozwoju”*, Lublin, vol. 1 na2
- Food or Fuel ? Biofuels Inefficient, Study Suggest (<http://energypolicyinfo.com/2010/04/food-or-fuel-biofuels-inefficient-study-suggests/>). Energy Policy Inormation Center. (dostęp 12.04.2010)
- Fortuński B. [2013]. Czy energetyka światowa integruje się z założeniami polityki energetycznej Unii Europejskiej? *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, vol. 1, Wrocław
- Fortuński B., [2012]. Proekologiczne podejście do energetyki i jej wpływ na a handel zagraniczny Unii Europejskiej, referat na konferencję: „Handel i inwestycję w semiglobalnym otoczeniu”, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Fortuński B., [2013]. Wykorzystanie wybranych surowców energetycznych w kontekście polityki energetycznej Unii Europejskiej, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 317

Fotowoltaika będzie najtańszym źródłem energii w ciągu 10 lat (<http://odnawialnezrodlaenergii.pl/energia-sloneczna-akualności/tem/1808-fotowoltaika-będzie-najtańszym-źródłem-energii-w-ciągu-10-lat>).odnawialnezrodlaenergii.pl. (dostęp 29.03.2015)

Frączek, P., Majka, A., [2015], Kultura energetyczna krajów Unii Europejskiej. Nierówności społeczne a wzrost gospodarczy, numer 43

Gajewski M., [2014]. Bezpieczeństwo energetyczne kraju - co oznacza dla przeciętnego obywatela?  
[www.ignis.agh.edu.pl/wp\\_content/uploads/Bezpieczenstwo\\_energetyczne\\_Mateusz\\_Gajewski.pdf](http://www.ignis.agh.edu.pl/wp_content/uploads/Bezpieczenstwo_energetyczne_Mateusz_Gajewski.pdf). (dostęp 03.12.2014)

Galán-Martín, Á., Guillén-Gosálbez, G., Stamford, L., Azapagic, A., [2016], Enhanced data envelopment analysis for sustainability assessment: a novel methodology and application to electricity technologies. *Comput. Chem. Eng.* 90,

Gąsiorowska E., Piekacz J., Surma T., [2008], Pakiet klimatyczno-energetyczny jako strategia zrównoważonego rozwoju gospodarki europejskiej, „Energetyka” nr 8-9

Gilbert R. J., E. P. Kahn, D. .M. Newbery, [1997], *Introduction: International comparisons of electricity regulation*, w: R. J. Gilbert, E. P. Kahn (red.), *International Comparisons of Electricity Regulation*, Cambridge University Press, Cambridge

Geotermia – źródło energii przyjaznej środowisku, WFOŚiGW, 1999

Giovannini E. Linster M., [2005]. *Measuring sustainable development. Achievements and challenges*, Wydawnictwo OECD

Glasser B., Barney G., [2001] *The grounded theory perspective: conceptualization contrasted with description*, Sociology Press, Mill Valley

Glenn M., Utero J., Canada and the Kyoto Protocol: w: Hollo E.J., Kuloves K., Mehling M.m (eds.), *Climate Change and the Law*, New York-London 2013

- Godlewska J., [2014]. Rozwój zielonej gospodarki na szczeblu lokalnym, [w:] B. Kryk (red), Gospodarka regionalna i międzynarodowa. Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, nr 37, t.2. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego
- Goodland R., Ledee G., [1987]. Neoclassical economics and principles of sustainable development. *Ecological Modelling*.
- Goodland R., Ledee G., [1987]. Neoclassical economics and principles of sustainable development. *Ecological Modelling*, nr 38
- Gostomczyk W., [2015], Wykorzystanie biomasy energetycznej do kreowania rynku pracy w aspekcie rozwoju zrównoważonego, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin
- Gómez-Calvet, R., Conesa, D., Gómez-Calvet, A. R., & Tortosa-Ausina, E., [2014], Energy efficiency in the European Union: What can be learned from the joint application of directional distance functions and slacks-based measures?. *Applied energy*, 132
- Górecki W., [1995], Atlas zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim, Wyd. Towarzystwo Geosynoptyków GEDS, Kraków
- Górnictwo przyniosło 4,3 mld zł strat w 2020 roku*, <https://wysokienapiecie.pl/36605-gornictwo-przynioslo-43-mld-zl-strat-w-2020-roku/>
- Graczyk A., [2006]. Makroekonomiczne aspekty rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, zeszyt 231
- Graczyk A., [2011]. Oddziaływanie na środowisko a ekologiczne koszty zewnętrzne odnawialnych źródeł energii [w:] Popczyk (red). Energetyka alternatywna, DWSPiT Polkowice
- Grzebiela K., [2019], Ekologiczny aspekt przedmiotowego ujęcia bezpieczeństwa energetycznego, Energetyka w kręgu bezpieczeństwa i techniki, cykl: Rynki surowców i energii, Fundacja na rzecz Czystej Energii, Poznań
- Grzegorzczak W., [2016], Studium przypadku jako metoda badawcza i dydaktyczna w naukach o zarządzaniu, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
- Guinée, J., [2001], Handbook on life cycle assessment - Operational guide to the ISO 624 standards. *Int. J. Life Cycle Assess.* 6

- Guth, M., Czyżewski, A., [2016], Zróżnicowanie produkcji mleka w makroregionach Unii Europejskiej z wyróżnieniem Polski, PWN, Warszawa
- Haglund, G., [2009], Przykład - mix energetyczny w Szwecji, *Czysta Energia*, 11, <https://www.cire.pl/pokaz-pdf-%252Fpliki%252F2%252Fmiksenerg.pdf>
- Hełpa-Słodowa M., [2010]. Zrównoważony rozwój a konkurencyjność w wymiarze lokalnym. [w:] Zrównoważony rozwój lokalny. Warunki rozwoju regionalnego i lokalnego (Tom I, 131-139) Szczecin: Stowarzyszenie Naukowe – Instytut Gospodarki i Rynku
- Hens L Nath B., [2003]. The Johannesburg Conference „Environment Development and Sustainability” 2003 nr 5
- Hoffmann, T., Voigt, S., [2009]. What drives the efficiency of hard coal fuelled electricity generation? An empirical assessment. ZEW Discussion Paper 09–011. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung/Center for European Economic Research (ZEW)
- Hwang, C.L., Lai, Y.J., Liu, T.Y., [1993], „A new approach for multiple objective decision making". *Computers and Operational Research*. 20 (8), s. 889–899. doi:10.1016/0305-0548(93)90109-v
- Hwang, C.L., Yoon, K., [1981], *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag.
- Igliński B., Cichosz M., Piechora G., 2010], *Technologie geoenergetyczne*, Toruń
- Implementation the Set Plan, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Bruksela 2019 r.
- Jabłonski, Ł., [2012]. *Kapitał ludzki a konwergencja gospodarcza*, Wyd. C.H. Beck, Warszawa.
- Jaraité, J., & Di Maria, C., [2012], Efficiency, productivity and environmental policy: A case study of power generation in the EU. *Energy Economics*, 34(5)
- Jarczewski W., Harculak M., [2015]. Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce, „Prace Geologiczne”, Kraków.
- Jeżowski P., [2012]. Koszty polityki klimatycznej UE dla polskich przedsiębiorstw energetycznych, [http://www.sgh.waw.pl/instytuty/imsq/ccc2011/jezowski\\_paper.pdf](http://www.sgh.waw.pl/instytuty/imsq/ccc2011/jezowski_paper.pdf). (dostęp 16.03.2012)

- Kaczmarek R., Stachel A., [2009], Ocena możliwości wykorzystania energii geotermicznej do zasilania ciepłowni i elektrociepłowni, Rynek energii
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R., [2018], Społeczne bariery lokalizacji farm wiatrowych w Polsce. Studium przypadków. Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Karami A., Rowley J., Analoui F., [2006], Research and Knowledge Building in Management Studies: An Analysis of Methodological Preferences, „International Journal of Management”, vol. 23, nr 1/2006
- Kępińska B., [2016]. Przegląd stanu wykorzystania energii geotermalnej w Polsce w latach 2013-2015, „Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój”, z.1
- Kępińska B., [2018], Przegląd stanu wykorzystania energii geotermalnej na świecie i w Europie w latach 2015-2018, Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia Zrównoważony Rozwój, nr 1
- Kępińska B., Tomaszewska B., [2009], Energia termalna w Polsce - bariery dla rozwoju wykorzystania energii termalnej w Polsce i propozycję zmian, „Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia Zrównoważony Rozwój”, nr 2
- Kimiuk E., Pawłowska M., Pokój T., [2012]. Biopaliwa. Technologie dla zrównoważonego rozwoju, PWN, Warszawa
- Komisja Europejska [1997], European Union Treaty od Amsterdam, Amsterdam, [http://europa.eu-law/decision\\_making/treaties/pdf/treaty\\_of\\_amsterdam/treaty\\_of\\_amsterdam\\_en.pdf](http://europa.eu-law/decision_making/treaties/pdf/treaty_of_amsterdam/treaty_of_amsterdam_en.pdf). (dostęp 16.11.2015)
- Komisja Europejska [1997]. European Union Treaty of Amsterdam, [http://europa.eu/eu-law/decision-making/treaties/pdf/treaty\\_of\\_amsterdam/treaty\\_of\\_amsterdam\\_en.pdf/](http://europa.eu/eu-law/decision-making/treaties/pdf/treaty_of_amsterdam/treaty_of_amsterdam_en.pdf/) (dostęp 16.11.2015)
- Komunikat Komisji i Rady i Parlamentu Europejskiego z dnia 15 listopada 2005 r. Sprawozdanie z postępów w tworzeniu wewnętrznego rynku gazu ziemnego i energii elektrycznej COM(2005)586

Komunikat Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 30.11.2016 COM (2016/767) final 2016/0382(COD)

Komunikat Parlamentu Europejskiego i Rady COM(2020)951final z dnia 14.10.2020 r.

Komunikat Parlamentu Europejskiego i Rady COM(2020)952final z dnia 14.10.2020 r.

Komunikat Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17.09.2020 r. COM(2020)564final z dnia 17.09.2020 r.

Komunikat Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia COM(2020)953final z dnia 14.10.2020 r.

Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 roku, Dz. U. 1997r. nr 78, poz. 483

Kophengst, T. [2014]. Towards a definition of global concepts and implications for governance. GLOBALANDS Discussion Paper, AP 3.1.

Kostera M., [2003], Antropologia organizacji. Metodologia badań terenowych, PWN, Warszawa

Kruczkowski M., [2010], Analiza wpływu eksploatacji górniczej na występowania deformacji nieciągłych typu liniowego „Górnictwo i Geologia”, t.5, z. 2, Politechnika Śląska, Gliwice

Kruk H., [2008], Wybrane metody rozwiązywania problemów naukowych, [w:] Sławińska M., Witczak H. (red), Podstawy metodologiczne prac doktorskich w naukach ekonomicznych, PWE, Warszawa

Krzykowski M., [2015], Nowa strategia energetyczna Unii Europejskiej - szanse i zagrożenia, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, nr 90

Kucharska, A., [2017], 15 lat po liberalizacji rynku energii w Austrii - ewolucja i perspektywy, Polityka energetyczna, 20/1, s. 83-102

Kudelko M., [2012], Koszty zewnętrzne produkcji energii elektrycznej z projektowanych elektrowni dla kompleksów złożowych węgla brunatnego Legnica i Gubin oraz sektora energetycznego w Polsce, Ekspertyza, [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)

Kukuła, K. (red.), [2010], Statystyczne studium struktury agrarnej w Polsce, PWN, Warszawa.



- Kułyk P., Michałowska M., Raszkowska-Hołyś D., [2019]. Zielona Gospodarka w sektorze rolnictwa w ujęciu krajowym i międzynarodowym, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Kurzak L., [2010], Energia odnawialna w zrównoważonej polityce UE, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, nr 16
- Lachiewicz S., Matejun M., [2010] Studia przypadków karier menedżerskich absolwentów Politechniki Łódzkiej, [w:] Staniec S. 9red.): Kształcenie menedżerów na uczelni technicznej, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej
- Lampe, Hannes W., Hilgers, Dennis, [2015], *Trajectories of efficiency measurement: A bibliometric analysis of DEA and SFA. European Journal of Operational Research*, 240(1), 1–21. doi:10.1016/j.ejor.2014.04.041
- Lee S.M., Noh Y., Choi D., Sung R.J., [2017], Environmental Policy Performances for Sustainable Development: From the Perspective of ISO 14001 Certification, Corporate Social Responsibility and Environmental Management, vol 24(2)
- Levegue F., Glachant J.M., Barquin J., Holz F., Nattal W., [2014], Security of Energy Supply in Europe Natural Gas, Nuclear and Hydrogen, Loyola de Palacio series on European Energy Policy
- Lewandowski W., [2016], Przegląd stanu wykorzystania energii geotermalnej na świecie i w Europie w latach 2013-2015, „Techniki Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój”, nr 1
- Lewandowski W., [2016]. „Przegląd stanu wykorzystania energii geotermalnej na świecie i w Europie w latach 2013-2015, „Techniki Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój”, z.1
- Li Q., Nonparametric testing of closeness between two unknown distribution functions. *Econom Rev* 1996;15:261-74
- Li, J., Geng, X., & Li, J., [2016], A comparison of electricity generation system sustainability among G20 Countries. *Sustainability*, 8(12)
- Li, J.; Li, J., Zheng, F., [2014], Unified Efficiency Measurement of Electric Power Supply Companies in China. *Sustainability*

- Lipińska J., [2008]. Miejsce samorządu gminnego w europejskim systemie gospodarki odpadami, „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich”2008 nr 2.
- Liu, W., Sharp, J., [1999], DEA models via goal programming. In: Westermann, G. (Ed.), Data Envelopment Analysis in the Service Sector. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-663-08343-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-663-08343-6_5)
- Lo Storto., C., & Capano, B., [2014], Productivity changes of the renewable energy installed capacity: An empirical study relating to 31 European countries between 2002 and 2011. *Energy Educ. Sci. Technol. Part A*, 32
- Lorenz U., [2005], Skutki spalania węgla kamiennego dla środowiska przyrodniczego i możliwości ich ograniczania, Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej, IGSMiE PAN, Kraków
- Łabno G., [2006]. Ekologia - słownik encyklopedyczny, Wydawnictwo Europa, Wrocław
- Machowska-Szewczyk, M., Sompolska-Rzechuła, A., [2012], Ocena stabilności wyników klasyfikacji województw Polski pod względem poziomu życia ludności, *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, 13(3)
- Makridou, G., Andriosopoulos, K., Doumpos, M., & Zopounidis, C., [2016], Measuring the efficiency of energy-intensive industries across European countries. *Energy Policy*, 88
- Malko J., [2007], Zrównoważony rozwój - cele i wyzwania elektroenergetyki, Teoria i praktyka zrównoważonego rozwoju. Białystok - Wrocław
- Malko J., Zrównoważony rozwój - cele i wyzwania elektroenergetyki [w:] Graczyk A. (red) Teoria i praktyka zrównoważonego rozwoju, Wydawnictwo EkoPress, Białystok - Wrocław
- Malko, J., Wojciechowski H., [2011], Współczesna polityka energetyczna - przykład Danii, Instal, 9
- Mapa drogowa na rzecz energii odnawialnej - Energie odnawialne w XXI wieku: budowa bardziej zrównoważonej gospodarki - przyjęta 10.01.2007 przez Parlament Europejski
- Markantdya A. Barbier E., [1989]. Blueprint for a Green Economy. *Journal of Agricultural Economics*, vol. 39

- Mardani, A., Streimikiene, D., Balezentis, T., Saman, M. Z. M., Nor, K. M., & Khoshnava, S. M., [2018], Data envelopment analysis in energy and environmental economics: an overview of the state-of-the-art and recent development trends. *Energies*, 11(8), 2002
- Mardani, Abbas., Zavadskas, Edmundas Kazimieras., Streimikiene, Dalia, Jusoh, Ahmad, Khoshnoudi, Masoumeh, [2017), *A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70(), 1298–1322. doi:10.1016/j.rser.2016.12.030
- Maziarz P., Harasim E., Wpływ konwencjonalnych i niekonwencjonalnych źródeł energii na środowisko naturalne, nr 58
- Mazurek L., [2008], Czy Gopło potrzebuje obrony, „Węgiel Brunatny”, nr 4/65, Bogatynia
- Mazur-Wierzbicka. [2006]. Miejsce zrównoważonego rozwoju w polskiej i unijnej polityce ekologicznej na początku XX wieku, [w:] Nierówności społeczne a wzrost gospodarczy, nr 8
- Miazga, A., Owczarek D., [2015], Dom zimny, dom ciemny–czyli ubóstwo energetyczne w Polsce. *Instytut Badań Strukturalnych, IBS Working Paper*, 16
- Micuła J., [2017], Polityka energetyczna Unii Europejskiej do 2030 roku w ramach zrównoważonego rozwoju, *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania*, nr 42 t. 2, Uniwersytet Szczeciński
- Migdał-Najman, K., [2011], Ocena jakości wyników grupowania - przegląd bibliografii, *Przegląd Statystyczny*, 58(3-4)
- Milligan, G., W., Cooper, M., C., [1985], An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set, *Psychometrica*, 50(2)
- Ministerstwo Aktywów Państwowych, 2021, Historyczne porozumienie dla polskiego górnictwa, <https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/historyczne-porozumienie-dla-polskiego-gornictwa>
- Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2021, Polityka energetyczna Polski do 2040 r., <https://www.gov.pl/attachment/3209a8bb-d621-4d41-9140-53c4692e9ed8>
- Miziak H., [2002]. Informacja o rezultatach Światowego Szczytu ws. Zrównoważonego Rozwoju w Johanesburgu, Departament Współpracy z Zagranicą – Ministerstwo Środowiska, Warszawa

- Mohd Chachuli, F. S., Ahmad Ludin, N., Mat, S., & Sopian, K., [2020], Renewable energy performance evaluation studies using the data envelopment analysis (DEA): A systematic review. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 12(6), 062701. <https://doi.org/10.1063/5.0024750>
- Mojena, R., [1977], Hierarchical grouping methods and stopping rules: An evaluation, *The Computer Journal*, 20(4)
- Naczelna Izba Kontroli, 2020, Słabe efekty restrukturyzacji, <https://www.nik.gov.pl/aktualnosci/slabe-efekty-restrukturyzacji.html>
- Nagaj, R., [2020], Polityka klimatyczno-energetyczna a ubóstwo energetyczne w Polsce. *Rynek Energii* 1
- Niedek S., [1991]. Koncepcja ekorozwoju społeczno-gospodarczego i przestrzennego, *Ekonomista*, t. 4-6.
- Nieopłacony rachunek, jak energetyka węglowa niszczy nasze zdrowie, Report Health and Environment Alliance (HEAL), maj 2013
- Nowacki M., [2010], Prawne aspekty bezpieczeństwa energetycznego UE, Wydawnictwo Walters Kluwer Polska, Warszawa
- Nowak B., [2009], Wewnętrzny rynek energii w Unii Europejskiej, Wydawnictwo C.H.Beck, Warszawa
- Nowakowski Z., [2009]. Bezpieczeństwo państwa w koncepcjach programowych partii parlamentarnych w Polsce po 1989 roku, opracowanie niepublikowane
- Nowodzińska-Budzik I., Nowodziński P., [2013], Ocena efektywności inwestycji w odnawialne źródła energii w kontekście uwarunkowań strategicznych - studium przypadku małej elektrowni wodnej, *Zeszyty naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Finanse, rynki finansowe, ubezpieczenia*, nr 59
- O'Donnell, C. J., [2010], Measuring and decomposing agricultural productivity and profitability change. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 54 (4), 527–60
- Oh, D. H., [2010], A metafrontier approach for measuring an environmentally sensitive productivity growth index. *Energy Economics*, 32(1)

- Olson, M., 1965, *The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups*, Harvard University Press,
- Olszewski M., [2012]. Rozdroża Polskiej Energetyki. Poradnik dla parlamentarzystów, tekst niepublikowany, Warszawa
- Osica, O., [2018], Konsekwencja i upór: Litwa rozwija strategię suwerenności energetycznej, portal wnp.pl, <https://www.wnp.pl/rynki-zagraniczne/konsekwencja-i-upor-litwa-rozwija-strategie-suwerennosci-energetycznej,329076.html>
- Osterwalder A., Pigneur Y., Tucci C.I., [2012], Communications of the Association for Information Systems, vol.15
- Papież, M., Śmiech, S., Frodyma, K., [2019]., Factors affecting the efficiency of wind power in the European Union countries. *Energy Policy*, 132
- Paska A.J., Surma T., [2013], Polityka energetyczna Polski na tle polityki energetycznej Unii Europejskiej, „Polityka energetyczna - Energy Policy Journal nr 16”
- Patton M., [2002], Quality in qualitative research: methodological principles and recent developments. „Journal of the American Educational Research Association, Chicago, cyt. Za: Merriam S., Qualitative research in practice: Examples for discussion and analysis, San Francisco
- Pietraś M., [1996]. Bezpieczeństwo ekologiczne w Europie, Prace Naukowe Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin
- Pionte B., [2002]. Koncepcja rozwoju zrównoważonego i trwałego Polski, PWN, Warszawa
- Piontek B., [2002]. Koncepcja rozwoju zrównoważonego i trwałego Polski, PWN, Warszawa
- Plan inwestycyjny dla Europy, COM(2014)903 final z dnia 26.11.2014
- Podgórski Z., Sarnowski L. [2015], Etapy rozwoju energetyki wiatrowej w województwie kujawsko-pomorskim <http://www.continowind.com/public/dość/Modu%C5%81%20E1.pdf> (dostęp 15.05.2019)
- Polityka energetyczna Polski do 2030 roku, [2009], Ministerstwo Gospodarki, Warszawa
- Polityka energetyczna Polski do 2040 roku [2018], Ministerstwo Energii, Warszawa

- Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku, [2018], Ministerstwo Energii, Warszawa
- Polkowska M., [2009], Terminal LNG w Świnoujściu kluczowa inwestycja dla bezpieczeństwa energetycznego, „Przegląd Gazowniczy” 2009 nr 2
- Pondel H., [2013]. Środowisko przyrodnicze w procesie zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich na przykładzie Wielkopolski, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań
- Poskrobko B., [2012]. Metodyczne aspekty ekonomii zrównoważonego rozwoju, „Ekonomia i Środowisko”, nr 3
- Poskrobko B., Poskrobko T., [2012]. Zarządzanie środowiskiem w Polsce, PWE, Warszawa.
- Prahlant C.K., Krishnn M.S., [2008], New Age of Innovation, McGraw Hill
- Prandeki K., [2014]. Teoretyczne podstawy zrównoważonej energetyki, „Studia ekonomiczne” 2014, nr 6
- Produkcja biomasy na potrzeby własne energetyki  
([http://scc.com.pl/konferencje/prezentacje/BPKL\\_22-23-2012/05%20Andrzej%20Rubczynski.pdf](http://scc.com.pl/konferencje/prezentacje/BPKL_22-23-2012/05%20Andrzej%20Rubczynski.pdf)) Forum Biomasy 2012
- Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2050 roku, [2013], Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A.
- Protokol of Agreement of the European Communities at the 94th meeting of the Special Council od Ministers of the European Coal and Steel Community held on 21 April 1964 in Luxembourg, Luksemburg 1964, [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:41964A0430\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:41964A0430(01))
- Przybyłka A., [2014]. Węgiel kamienny a bezpieczeństwo energetyczne Polski. „Zarządzanie. Finanse”, z.12
- Pultowicz A., [2009]. Przesłanki rozwoju rynku odnawialnych źródeł energii w Polsce w świetle idei zrównoważonego rozwoju, „Problemy Ekorozwoju”, vol. 4
- Puth, M.-T., Neuhauser, M., Ruxton, G.D., [2015], Effective use of Spearman's and Kendall's correlation coefficients for association between two measured traits. Anim. Behav. 105

- Pyłka-Gutowska E., [1997]. Ekologia z ochroną środowiska, Wydawnictwo Oświata, Warszawa
- Radecki S., Wójcik W., [2009], Strategia PGNiG S.A. w aspekcie zwiększenia wydobycia i poprawienia bezpieczeństwa energetycznego Polski. Materiały z konferencji naukowo-technicznej „Polityka energetyczna Polski do 2030 r. w sektorze gazowniczym i naftowym”, AHG, Kraków
- Raikar, A. V, [2019], Performance Evaluation of Food Processing Industries in India with Multi-Criteria Decision Technique of SAW & TOPSIS with CRITIC Based Weight Determination. research journal of social sciences, 10(5)
- Redclift M., [2015]. Sustainable development (1987-2005): an oxymoron comes of age. Sustainable development 13(4).
- Rennings K., Ziegler A., Case paper no. 3: Environmental Innovations of Economics Success of Firms, [w:] Saxe H., Rasmussen C. (red), Green roads to growth, Environmental Assessment Institute, Proceedings of Expert and Policy Maker Forums-Held in Copenhagen 1-2 March 2006, Journal no. 2002-2208-002.
- Rogall H., [2010], Ekonomia zrównoważonego rozwoju. Teoria i praktyka, Wydawnictwo Zysk i S-ka, Poznań
- Rozporządzenie Komisji UE z dnia 17 czerwca 2014 roku uznające niektóre rodzaje pomocy na zgodne z rynkiem wewnętrznym z zastosowaniem art. 107 i 108 Traktatu
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/199 z dnia 11.12.2018 r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/941 z dnia 05.06.2019 r. w sprawie gotowości na wypadek zagrożenia w sektorze energii elektrycznej (Dz. U. L. 158 z dnia 14.06.2019r
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/943 z dnia 05.06.2019 r. w sprawie rynku wewnętrznego energii elektrycznej, (Dz.U. K 158 z dnia 14.06.2019 r.)
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE)2018/1999 z dnia 11.12.2018r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w sprawie klimatu

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1228/2003 z dnia 26 czerwca 2003 r. w sprawie warunków dostępu do sieci w odniesieniu do transgranicznej wymiany energii elektrycznej (Dz. U. WE L. 176 z 15.07.2013)

Rudny W., [2013], Model biznesowy a tworzenie wartości, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Rusiak S. Kowalczyk-Juško., [2006], Biogaz z zastosowaniem biomasy roślinnej – technologie, „Czysta Energia 2006”, nr 11

Schnell C., [2016], Ustawa o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych s niemieckie doświadczenia, [www.biznesalert.pl/schnell-ustawa-wiatrakowa-niemieckie-doswiadczenia-analiza](http://www.biznesalert.pl/schnell-ustawa-wiatrakowa-niemieckie-doswiadczenia-analiza) (dostęp 17.05.2017)

Shafer S.M., Smith H.J., Linder J.C., [2005] The Power of Business Models, „Business Horizons”, vol. 48

Simar, L. and Wilson, P.W., [2007], Estimation and inference in two-stage, semiparametric models of productive efficiency. *Journal of Econometrics*, 136

Słownik hydrobiologiczny - terminy, pojęcia, interpretacje [2002]. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Smędzik-Ambroży K., [2018]. Zasoby a zrównoważony rozwój rolnictwa w Polsce po akcesji do Unii Europejskiej, PWN, Warszawa.

Smith W., Binns A., Tushman M., [2010], Complex Business Models: Managing Strategic Paradoxes Simultaneously, Long Range Planning, vol. 43

Smuda K., [2011], Wady i zalety różnych źródeł energii, Konern Energetyczny ENERGGA S.A., Gdańska 2011

Sobieraj K., [2017], Wpływ Porozumienia paryskiego na zmianę polityki klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej i unijnych regulacji prawnych w tym zakresie, Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny, zeszyt 4

Sokołowski J., [1998], Prognozy rozwoju geoenergetyki w świecie, Europie i Polsce, „Technika Poszukiwań Geologicznych, Geo-synoptyka i Geotermia”, nr 1-2



Sokołowski, J., Frankowski J., Mazurkiewicz, J., Antosiewicz, M., Lewandowski P., 2021, Dekarbonizacja i zatrudnienie w górnictwie węgla kamiennego w Polsce, ibs research report 01/2021, <https://ibs.org.pl/publications/dekarbonizacja-i-zatrudnienie-w-gornictwie-wegla-kamiennego-w-polsce/>

Solar module pricing [http://solarbuzz.com/fact-ad-figures-enivorement/module-prices\)\(ang\).solarbuzz.com](http://solarbuzz.com/fact-ad-figures-enivorement/module-prices)(ang).solarbuzz.com) (dostęp 14.02.2012)

Sołtysiak M., [2019], Zarządzanie projektami budowy farmy fotowoltaicznej w zakresie pozyskiwania dokumentacji - studium przypadku, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, Zarządzanie nr 33

Sprawozdanie na temat unii energetycznej na 2020 r. na podstawie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 z dnia 11.12.2018r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, COM (2020)950 final z dnia 14.10.2020

Sprawozdanie w sprawie postępów w dziedzinie energii ze źródeł odnawialnych, COM(2020)952 final z dnia 14.10.2020r.

Stachel A., Sołtysik G., [2017], Elektrownie geotermalne na świecie i w Polsce, Energia Odnawialna

Stanisz, A., [2006], Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 1. Statystyki podstawowe, Statsoft, Kraków

Stanisz, A., [2007a], Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 2. Modele liniowe i nieliniowe, Statsoft, Kraków

Stanisz, A., [2007b], Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 3. Analizy wielowymiarowe, Statsoft, Kraków

Staniszewski, J., Czyżewski A., [2019], Rolnictwo Unii Europejskiej w procesie zrównoważonej intensyfikacji, PWN, Warszawa

Stańczyk S., [2011], Triangulacja - łączenie metod badawczych i uzetelnienie metod badawczych, [w:] Czakon W. (red): Podstawy metodologii badań w naukach o zarządzaniu, Oficyna Wolters Kluwers Business, Warszawa

- Stern N., [2016], *The Economics of Climate Change*, The Stern Review, Cambridge University Press
- Stiglitz, J.E., [2004]. *Ekonomia sektora publicznego*, PWN, Warszawa.
- Strategia Ramowa na rzecz stabilnej unii energetycznej opartej na przyszłościowej polityce klimatycznej, COM(2015)80 final z dnia 25.02.2015
- Sueyoshi, T., Goto, M., [2013], DEA environmental assessment in a time horizon: Malmquist index on fuel mix, electricity and CO<sub>2</sub> of industrial nations. *Energy Economics*, 40,s. 370-382
- Sueyoshi, Toshiyuki; Yuan, Yan; Goto, Mika, [2016], A Literature Study for DEA Applied to Energy and Environment. *Energy Economics*, 62,s. 104-124. doi:10.1016/j.eneco.2016.11.006
- Szewczyk J., [2010], Geofizyczne oraz hydrogeologiczne warunki pozyskiwania energii geotermalnej w Polsce, „Przegląd Geologiczny”, nr 7
- Tajduś H., Czaja P., Kasztelewicz Z., [2011]. Rola węgla w energetyce i strategia polskiego górnictwa węgla brunatnego w I połowie XXI wieku, „Górnictwo i Geoinżynieria”, z.1
- Teece D.J., [2010], *Business Models, Business Strategy and Innovation*, University of California, Berkeley
- Tenente, M., Henriques, C., da Silva P. P., [2020], Eco-efficiency assessment of the electricity sector: Evidence from 28 European Union countries. *Economic Analysis and Policy*, 66
- Toczyski W., [2004]. Paradygmaty rozwoju zrównoważonego w Europie, „Studia Europejskie t. XIII, WSMSGiP, Gdynia
- Tone K.,[2001], A slacks-based measure of efficiency in Data Envelopment Analysis. *Eur J Oper Res* 2001;130(3)
- Tone, K., [2003], Dealing with undesirable outputs in DEA: A slacks-based measure (SBM) approach. *GRIPS Research Report Series*, I-2003-0005
- Torchała, M., 2021, Ceny uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> znów szybują. Bolesne wzrosty dla Polaków, <https://www.bankier.pl/wiadomosc/Ceny-uprawnien-do-emisji-CO2-znow-szybujaja-Bolesne-wzrosty-dla-Polakow-8100854.html>

- Tuziak A., [2010]. Społeczno-ekonomiczne aspekty zrównoważonego rozwoju w ujęciu globalnym i lokalnym, „Problem Ekorozwoju”, t. 5, nr 2.
- Uchwała Sejmu w sprawie polityki zrównoważonego rozwoju, Monitor Polski 1995 r. nr 4, poz. 47.
- Uchwała Senatu w sprawie polityki ekologicznej, Monitor Polski 1994 r. poz. 510.
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 roku. Prawo Energetyczne, Dz. U. 1997r. nr 54 poz. 348 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 2 października 2003 roku o biokomponentach stosowanych w paliwach ciekłych i biopaliwach ciekłych, Dz. U z 2003, nr 199.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku. Prawo ochrony środowiska, Dz. U. 2001 nr 62, poz. 627 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 roku, o zmianie ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska, Dz. U. 1997 r, nr 133, poz. 885.
- Vallebona M., [2015], Geneza i kształtowanie się wspólnej polityki energetycznej Unii Europejskiej, Myśl ekonomiczna i polityczna, Instytut Studiów Politycznych PAN w Warszawie
- Wachowiak G., Galiniak G., Jańczyk W., Martyniak R., [2011], Ocena zmian odpływu w zlewni rzeki Widawki w roku hydrologicznym 2010 pod wpływem oddziaływania inwestycji górniczo-energetycznej w rejonie Bełchatowa, Górnictwo i Geoinżynieria, z. 3, AGH Kraków
- Walsham G., [1995], Interpretative case studies in IS research. Nature and method, „European Journal of Information Systems”, nr 4
- Wasiuta A., Świdzińska K.J., [2015]. Źródła energii odnawialnej i ekoinnowacje szansą dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego, Kultura Bezpieczeństwa Nauka – Praktyka - Refleksje, nr 20.
- Wątróbski, J., & Garnysz, A., [2009], Model systemu wspomaganie decyzji o lokalizacji odnawialnych źródeł energii. Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą, 18

- Wilczyński M., [2015], Węgiel już po zmierzchu..., European Climate Foundation
- Wiśniewski G. [2015]. Dylematy strategiczne sektora odnawialnych źródeł energii, „Energetyka - Społeczeństwo-Polityka”, n1.
- Wiśniewski, G., 2021, Wiśniewski o PEP2040: kierunek dobry tylko droga nie ta Rzeczpospolita, <https://energia.rp.pl/energetyka-zawodowa/transformacja-energetyczna/29340-wisniewski-o-pep2040-kierunek-dobry-tylko-droga-nie-ta>
- Wojciechowski T., [2007], Osiadanie powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji węgla kamiennego na pokładzie rejonu miasta Knuruwa „Przegląd Geologiczny” 2007, nr 7, PIG, Warszawa
- Wojtkowska-Ładej G., [2014], Wyzwania klimatyczne i energetyczne a polityka Unii Europejskiej, „Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal”, nr 17
- Wojtkowska-Ładej, G., [2016], W kierunku budownictwa gospodarki niskoemisyjnej w Unii Europejskiej - działania w obszarze energii i klimatu, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 453
- Wójcik P., [2013], Znaczenie studium przypadku jako metody badawcze w naukach o zarządzaniu, Wydawnictwo E-MENTOR
- Wyciszkievicz E., Dylematy dyplomacji klimatycznej Unii Europejskiej. Między ochroną klimatu a dążeniem do przywództwa, w Gradziuk A., Karaczun Z.M., Wyciszkievicz E., Globalne negocjacje klimatyczne: interesy i wyzwania dla Polski i Unii Europejskiej, Warszawa 2011
- Yang H, Pollitt MG., [2010], The necessity of distinguishing weak and strong disposability among undesirable outputs in DEA: environmental performance of Chinese coal-fired power plants. Energy Policy 38(8):4440-4
- Yin R., [2009], Case study research design and methods, Sage, Thousand Oaks
- Yoon, K., [1987], “A reconciliation among discrete compromise situations”. Journal of the Operational Research Society. 38 (3), s. 277–286. doi:10.1057/jors.1987.44
- Yu, Dejian; He, Xiaorong., [2020], A bibliometric study for DEA applied to energy efficiency: Trends and future challenges. Applied Energy, 268(), 115048-. doi:10.1016/j.apenergy.2020.115048

- Zaccarin, S., Rivellini, G., [2002], Multilevel analysis in social research: an application of a cross-classified model. *Stat.Methods Appl.* 11(1)
- Zalewski W., [2012], Zastosowanie metody TOPSIS do oceny kondycji finansowej spółek dystrybucyjnych energii elektrycznej. *Ekonomia i Zarządzanie*, 4(4)
- Zalewski W., [2013], Wykorzystanie metody TOPSIS w procesie klasyfikacji dobowych obciążeń stacji transformatorowych. *Ekonomia i Zarządzanie*
- Załącznik ANNEX 1 Sprawozdanie na temat unii energetycznej na 2020 r. na podstawie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 z dnia 11.12.2018r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, COM (2020)950final z dnia 14.10.2020r.
- Załącznik ANNEX 2 Sprawozdanie na temat unii energetycznej na 2020 r. na podstawie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 11.12.2018 (UE) 2018/1999 w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, COM (2020)950final z dnia 14.10.2020r.
- Zasoby energii geotermalnej na Ziemi i w Polsce, [2012], Państwowy Instytut Geologiczny - PIB
- Zhang, Y.-J., & Hao, J.-F., [2015], The allocation of carbon emission intensity reduction target by 2020 among provinces in China. *Natural Hazards*, 79(2), s. 921–937. doi:10.1007/s11069-015-1883-7
- Zhou, P., Ang, B. W., & Wang, H. [2012], Energy and CO2 emission performance in electricity generation: a non-radial directional distance function approach. *European journal of operational research*, 221(3), s. 625-635
- Zhou, P., Ang, B., [2008], Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance. *Energy Policy* 36 (8), s. 2911-2916
- Zielona Księga z dnia 22 czerwca 2005 roku. „Osiągając więcej zużywając mniej”.
- Zielona Księga z dnia 29 listopada 2000 roku: „Ku europejskiej strategii bezpieczeństwa energetycznego”.
- Zielona Księga z dnia 8 marca 2006 roku „Ku europejskiej strategii na rzecz zrównoważonej konkurencyjnej i bezpiecznej energii”.

Ziębik A., Szega M., Stanek W., [2015]. Systemy energetyczne a środowisko, Gliwicka Szkoła Wyższa, Gliwice.

Zurano-Cervelló, P., Pozo, C., Mateo-Sanz, J. M., Jiménez, L., & Guillén-Gosálbez, G., [2019], Sustainability efficiency assessment of the electricity mix of the 28 EU member countries combining data envelopment analysis and optimized projections. *Energy Policy*, 134, 110921

## Aneks 1

Zmienna	Opis	Kod Eurostat	Braki
GHG	Emisja dwutlenku węgla, metanu, tlenku azotu, freonów (CFC, HFC), heksafluorku siarki i trifluorku azotu pochodząca ze spalania w celu produkcji energii i ciepła na cele publiczne (CRF1A1), w mln ton jednostek ekwiwalentnych CO2	env_air_emis	x
PKB	Produkt krajowy brutto: a) w mln euro wg cen bieżących, b) w mln euro wg cen bieżących i parytetu siły nabywczej c) w mln euro wg cen stałych z 2005 roku	nama_10_gdp	1990-1995
CAPITA	Liczba ludności w tysiącach	nama_10_pe	1990-1995
FINAL	Finalna konsumpcja energii na cele energetyczne (podaż – straty w transformacji i przesyłach – zużycie przez sektor energetyczny na potrzeby własne – konsumpcja na cele nieenergetyczne) w tysiącach ton ekwiwalentu ropy (FC_E)	nrg_bal_s	x
SUPPLY	Całkowita podaż energii (produkcja + import netto - zmiana stanu zapasów – zużycie na cele transportu morskiego i lotniczego) w tysiącach ton ekwiwalentu ropy (NRGSUP)	nrg_bal_s	x
SERVICES	Finalna konsumpcja energii na cele energetyczne w sektorze usług prywatnych i publicznych w tysiącach ton ekwiwalentu ropy (FC_OTH_CP_E)	nrg_bal_s	x
ELECTRICITY	Produkcja energii elektrycznej brutto: a) całkowita b) ze źródeł odnawialnych (wiatr, słońce, energia fal, pływów i spadku wód, geotermia) i biopaliw (stałych, ciekłych i gazowych)	nrg_bal_s	x
HEAT	Produkcja energii cieplej brutto: a) całkowita b) ze źródeł odnawialnych i biopaliw	nrg_bal_s	x
S_ELE	Produkcja energii elektrycznej brutto w podziale na źródła: paliwa stałe(C0000X0350-0370), paliwa gazowe (C0350-0370), torf (P1000), ropa łupkowa (S2000), gaz ziemny (G3000), ropa i pochodne (O4000XBIO), źródła odnawialne (RA000), zagospodarowanie odpadów (W6100_6220), energetyka jądrowa (N900H) w tysiącach ton ekwiwalentu ropy	nrg_bal_peh	x
S_HEAT	Produkcja energii cieplnej brutto w podziale na źródła: paliwa stałe(C0000X0350-0370), paliwa gazowe (C0350-0370), torf (P1000), ropa łupkowa (S2000), gaz ziemny (G3000), ropa i pochodne (O4000XBIO), źródła odnawialne (RA000), zagospodarowanie odpadów (W6100_6220), energia elektryczna (E7000), energetyka jądrowa (N900H) w tysiącach ton ekwiwalentu ropy	nrg_bal_peh	x
S_ELE_OZE	Produkcja energii elektrycznej brutto z OZE w podziale na źródła: woda (RA100), geotermia (RA200), wiatr (RA300), energia słoneczna (RA410+RA420), fale i pływy (RA500), biopaliwa stałe (R5110-5150_W6000RI+R5160), biopaliwa ciekłe (R5210-30P/B+R5290), biogaz (R5300), odnawialne odpady komunalne (W6210) w tysiącach ton ekwiwalentu ropy	nrg_bal_peh	x
S_HEAT_OZE	Produkcja energii cieplnej brutto z OZE w podziale na źródła: geotermia (RA200), energia słoneczna (RA410+RA420), pompy ciepła (RA600), biopaliwa stałe (R5110-5150_W6000RI+R5160), biopaliwa ciekłe (R5210-30P/B+R5290), biogaz (R5300), odnawialne odpady komunalne (W6210) w tysiącach ton ekwiwalentu ropy	nrg_bal_peh	x

## Aneks 2

Zmienna		Opis	Kod Eurostat	Braki
NAKLADY	FUEL	zużycie energii pierwotnej w produkcji energii elektrycznej i ciepłej wyrażone w gigawatogodzinach [TI_EHE_E]	nrg_bal_c	x
	CAPITAL	moc zainstalowana urządzeń wytwarzania energii elektrycznej jako produktu głównego i ubocznego (autoproducers) w megawatach	nrg_inf_epc	x
	LABOUR	liczba osób zatrudnionych – w sektorze dostarczania elektryczności, gazu, ciepła i klimatyzacji [D35]	sbs_sc_sca_r2	BE, FR, MT (0,046%)
EFEKTY EKONOMICZNE	ENERGY	dostępna do konsumpcji energia elektryczna i ciepła netto (produkcja energii elektrycznej i ciepłej [TI_EHE_E] – zużycie energii z procesie produkcji [NRG_EHE_E] – straty w dystrybucji [DL]) w gigawatogodzinach	nrg_bal_c	x
EFEKTY SPOŁECZNE	INDEP	niezależność od dostaw energii z zagranicy – 1 - saldo importu netto do dostępnej energii brutto, wyrażona w procentach	nrg_ind_id	x
	PRICE	ilość energii (w tys. kWh, cena dla pasma DC) możliwa do nabycia przez gospodarstwo domowe, za wartość jego przeciętnej konsumpcji	nrg_pc_204_c <sup>83</sup> , nama_10_gdp, lfst_hhnhtych	SE (0,003%)
EFEKTY ŚRODOWISKOWE	GHG	emisja dwutlenku węgla, metanu, tlenku azotu, freonów (CFC, HFC), heksafluorku siarki i trifluorku azotu pochodząca z produkcji energii i ciepła na cele publiczne [CRF1A1A], w tysiącach ton jednostek ekwiwalentnych CO2	env_air_gge	x
	ACID	emisja tlenków siarki, azotu i amoniaku pochodząca z produkcji energii i ciepła na cele publiczne [CRF1A1A], w kilotonach jednostek ekwiwalentnych zakwaszenia	env_air_emis	x
	PM2.5	emisja cząstek zawieszonych o rozmiarze mniejszym niż 2,5 µm, w tys. ton		x

<sup>83</sup> uzupełnione danymi z Eurostat Energy Pocketbook



DETERMINANTY	COGEN	udział energii elektrycznej i ciepłej pochodzącej z kogeneracji [CHP] w ogólnej produkcji energii [GEP+GHP], w %	nrg_bal_peh	x
	FOSSIL	udział stałych paliw kopalnych [C0000X0350-0370] w produkcji energii brutto [GEP+GHP], w %		x
	RENEW	udział odnawialnych źródeł energii i biopaliw [RA000] w produkcji energii brutto [GEP+GHP], w %		x
	ABUND	zasoby paliw kopalnych jako udział wydobycia paliw stałych [C0000X0350-0370], torfu [P1000], ropy łupkowej [S2000], gazu ziemnego [G3000] i ropy [O4100_TOT] w dostępnej energii brutto [GAE], w %	nrg_bal_c	x
	CONC	koncentracja produkcji, wyrażona przeciętnymi obrotami w sektorze dostarczania elektryczności, gazu, ciepła i klimatyzacji [D35], w mln euro z 2010 r.	sbs_sc_sca_r2	BE, FR, MT (4%)
	NMS	zmienna 0-1, 1 w przypadku, kiedy kraj przystąpił do UE po 2004 r.	x	x
	CPE	moc zainstalowana urządzeń wytwarzania energii elektrycznej w przeliczeniu na jednego zatrudnionego, w megawatach	nrg_inf_epc, sbs_sc_sca_r2	x
	TAX	podatki środowiskowe płacone w dostarczaniu elektryczności, gazu, ciepła i klimatyzacji [D35] w przeliczeniu na dostępną do konsumpcji energię elektryczną i ciepłą netto, w eurocentach z 2010 roku na kWh	nrg_bal_c, env_ac_taxind2	LT (0,7%)
	GDP	realne zmiany PKB, w %	nama_10_gdp	x

## Spis rysunków

Rys. nr 1. Hipotezy badawcze .....	8
Rys. nr 2. Ideogram badań .....	10
Rys. nr 3. „Kamienie milowe” rozwoju zrównoważonego na świecie i w Europie .....	16
Rys. nr 4. Udział procentowy energii odnawialnej w konsumpcji energii pierwotnej ogółem przez Państwa UE w 2008 roku oraz przyjęte zobowiązania na rok 2020 [%] .....	42
Rys. nr 5. Przebieg ograniczenia wewnętrznych emisji gazów cieplarnianych w UE do 80% (100% = 1990 r.) .....	51
Rys nr 6. Technologie wychwytywania CO <sub>2</sub> w procesie wytwarzania energii .....	53
Rys. nr 7. Syntetyczny wskaźnik kultury energetycznej krajów UE w roku 2017 wyznaczony metodą TOPSIS-CRITIC .....	85
Rys nr 8. Wyniki grupowania krajów UE wg struktury produkcji energii elektrycznej w 2017 r. ....	87
Rys. nr 9. Struktura produkcji energii elektrycznej w grupach krajów UE w roku 2017 .....	88
Rys. nr 10. Wyniki grupowania krajów UE wg struktury produkcji energii cieplnej w 2017 r. .	90
Rys. nr 11. Struktura produkcji energii cieplnej w grupach krajów UE w 2017 r. ....	91
Rys. nr 12. Struktura produkcji energii elektrycznej z OZE w grupach krajów UE w 2017 r. .	92
Rys. nr 13. Struktura produkcji energii elektrycznej z OZE w grupach krajów UE w 2017 .....	93
Rys. nr 14. Wyniki grupowania krajów UE wg struktury produkcji energii cieplnej z OZE w 2017 r. ....	95
Rys. nr 15. Struktura produkcji energii cieplnej z OZE w grupach krajów UE w roku 2017 ...	96
Rys nr 16. Struktura produkcji energii elektrycznej w Polsce w latach 1990-2017 .....	97
Rys nr 17. Struktura produkcji energii elektrycznej w 28 krajach UE w latach 1990-2017 .....	98
Rys nr 18. Dynamika struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce i 28 krajach UE w latach 1990-2017, względem roku bazowego 1990 .....	99
Rys nr 19. Monotoniczność zmian struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce i 28 krajach UE w latach 1990-2017 wg wskaźnika Kukuły .....	100

Rys nr 20. Monotoniczność zmian struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce i 28 krajach UE w latach 1990-2017 wg wskaźnika Kukuły, struktura zagregowana .....	101
Rys nr 21. Zbieżność struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce i przeciętnej dla 28 krajów UE w latach 1990-2017, struktura zagregowana .....	102
Rys. nr 22. Zbieżność struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce i przeciętnej dla 28 krajów UE w latach 1990-2017, struktura zagregowana .....	102
Rys. nr 23. Wymiary zrównoważonego rozwoju w badaniach efektywności sektora elektroenergetycznego krajów UE .....	109
Rys. nr 24. Efektywność sektora energetycznego w krajach UE - ranking .....	123
Rys. nr 25. Pozycja Polski w rankingu efektywności sektora energetycznego w zależności od budowy modelu .....	124
Rys. nr 26 Nakłady i efekty w procesie wytwarzania energii .....	128
Rys. nr 27. Graficzne przedstawienie nieradialnych i radialnych, kierunkowych funkcji odległości .....	133
Rys. nr 28. Dekompozycja wskaźnika nieefektywności wytwarzania energii w krajach UE, wartość przeciętna dla lat 2008-2017, wymiar ekonomiczny, społeczny i środowiskowy ....	141
Rys. nr 29. Dekompozycja wskaźnika nieefektywności wytwarzania energii w krajach UE, wartość przeciętna dla lat 2008-2017, wymiar ekonomiczny i środowiskowy .....	142
Rys. nr 30. Dekompozycja wskaźnika nieefektywności wytwarzania energii w krajach UE, wartość przeciętna dla lat 2008-2017, wymiar ekonomiczny i społeczny .....	143
Rys. nr 31. Dekompozycja wskaźnika nieefektywności wytwarzania energii w krajach UE, wartość przeciętna dla lat 2008-2017, wymiar ekonomiczny.....	144
Rys. nr 32. Współzależności pomiędzy różnymi wymiarami efektywności wytwarzania energii w krajach UE .....	144
Rys. nr 33. Dekompozycja dynamiki produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017, średnia geometryczna.....	146
Rys. nr 34. Dynamika produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017 w różnych wymiarach zrównoważonego rozwoju.....	147
Rys. nr 35. Prognoza pozyskania węgla kamiennego w Polsce - wynik analizy ekonomicznej .....	160
Rys. nr 36. Produkty spalania węgla kamiennego .....	162

Rys. nr 37. Prognoza zapotrzebowania energetyki na węgiel brunatny .....	164
Rys. nr 38. Prognoza zapotrzebowania i struktura dostaw gazu ziemnego do Polski w perspektywie 2030 roku.....	167
Rys. nr 39. Rozkład temperatury na głębokości 3 km .....	173
Rys. nr 40. Podstawowe sposoby wykorzystania energii geotermalnej.....	175
Rys. nr 41. Schemat działania Zakład Geotermalnego w Stargardzie.....	189
Rys. nr 42. Produkcja energii cieplnej w GJ w latach 2014-2019.....	197
Rys. nr 43. Wizualizacja Term Poddębice .....	198
Rys. nr 44. Aktualne postępy na placu budowy Term Poddębice .....	199
Rys. nr 45. Schemat działania Zakładu Geotermalnego w Poddębicach .....	199
Rys. nr 46. Możliwości wykorzystania wód termalnych w Mszczonowie .....	202
Rys. nr 47. Schemat działania Zakładu Geotermalnego w Mszczonowie.....	203
Rys. nr 48. Schemat ideowy zespołu gorzelnia - biogazownia w Piaszczyne.....	210
Rys. nr 49. Biogazownia rolnicza w Piaszczyne.....	211

## Spis tabel

Tabela 1. Szczegółowe cele zrównoważonego rozwoju rozpatrywane na wybranych płaszczyznach.....	20
Tabela 2. Podział zasobów przyrodniczych .....	23
Tabela 3. Syntetyczne ujęcie ekonomicznych korzyści inwestowania w OZE .....	32
Tabela 4. Zagrożenia energetyki węglowej dla zdrowia .....	49
Tabela 5. Metody ilościowe wykorzystane w badaniu .....	72
Tabela 6. Testy statystyczne wykorzystane w pracy.....	78
Tabela 7. Statystyki opisowe dla wskaźników kultury energetycznej krajów UE w 2017 roku .....	81
Tabela 8. Wartości wskaźników opisujących kulturę energetyczną krajów UE w 2017 roku ..	82
Tabela 9. Istotność różnic w strukturze źródeł energii elektrycznej krajów UE w 2017 roku wg testów Kruskala-Wallisa i Dunna z poprawką Bonferroniego .....	89
Tabela 10. Istotność różnic w strukturze źródeł energii cieplnej krajów UE w 2017 roku, wg testów Kruskala-Wallisa i Dunna, z poprawką Bonferroniego .....	91
Tabela 11. Istotność różnic w strukturze odnawialnych źródeł energii elektrycznej krajów UE w 2017 roku, wg testu Kruskala-Wallisa .....	94
Tabela 12. Istotność różnic w strukturze odnawialnych źródeł energii cieplnej krajów UE w 2017 roku, wg testów Kruskala-Wallisa i Dunna z poprawką Bonferroniego .....	96
Tabela 13. Efektywność produkcji energii - nurty badawcze .....	105
Tabela 14. Zakres badań efektywności sektora energetycznego państw UE .....	108
Tabela 15. Nakłady i efekty w badaniach sektora energetycznego państw UE .....	110
Tabela 16. Metodyka badań efektywności sektora energetycznego państw UE .....	113
Tabela 17. Determinanty efektywności sektora energetycznego państw UE .....	118
Tabela 18. Korelacja Spearmana pomiędzy wynikami analizy efektywności sektora energetycznego.....	122
Tabela 19. Poziom i dynamika nakładów w sektorze energetycznym krajów UE-28 w latach 2008-2017 .....	136

Tabela 20. Poziom i dynamika ekonomiczno-społecznych efekty działalności sektora energetycznego w krajach UE-28, w latach 2008-2017 .....	137
Tabela 21. Poziom i dynamika środowiskowych efektów działalności sektora energetycznego w krajach UE-28, w latach 2008-2017 .....	139
Tabela 22. Modele determinant dynamiki produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017, ujęcie ekonomiczno-społeczno-środowiskowy, model o efektach stałych, odporne błędy standardowe .....	148
Tabela 23. Modele determinant dynamiki produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017, ujęcie ekonomiczne, model o efektach losowych, odporne błędy standardowe .....	150
Tabela 24. Modele determinant dynamiki produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017, ujęcie ekonomiczno-społeczne, model o efektach stałych, odporne błędy standardowe .....	152
Tabela 25. Modele determinant dynamiki produktywności całkowitej wytwarzania energii w krajach UE w latach 2008-2017, ujęcie ekonomiczno-środowiskowe, model KMNK, odporne błędy standardowe .....	154
Tabela 26. Porównanie oddziaływania determinant przy uwzględnieniu różnych wymiarów produktywności sektora energetycznego .....	155
Tabela 27. Zalety i wady energii odnawialnej .....	169
Tabela 28. Okręgi geotermalne w Polsce i ich ogólna charakterystyka.....	172
Tabela 29. Bezpośrednie wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce (2015) .....	175
Tabela 30. Ważniejsze przyczyny ograniczające wykorzystanie wód termalnych .....	176
Tabela 31. Porównanie metod badawczych .....	178
Tabela 32. PEC Stargard - wolumen sprzedaży ciepła w tys. GJ za lata 2015-2019 .....	188
Tabela 33. Całkowite koszty kwalifikowane i niekwalifikowane projektu/przed uwzględnieniem wymogów określonych w artykule 61 Rozporządzenia (UE) nr 1303/2013 .....	191
Tabela 34. Sprzedaż ciepła przez PEC Stargard oraz emisja zanieczyszczeń w latach 2015-2019 .....	193
Tabela 35. Wartość korzyści społecznych dla Stargardu wynikających z realizacji projektu .....	195

Tabela 36. Redukcja szkodliwych gazów do atmosfery po uruchomieniu Geotermii Poddębice .....	200
Tabela 37. Roczna sprzedaż ciepła Zakładu Geotermalnego w Mszczonowie (2015-2019) .....	204
Tabela 38. Oszacowana lokalna emisja do atmosfery wybranych zanieczyszczeń, pochodząca z geotermii oraz wariantów równoważnych zakładających wykorzystanie gazu ziemnego lub węgla kamiennego (emisja równoważna) w tonach/rok .....	208
Tabela 39. Planowane zapotrzebowanie na ciepło oraz moc zamówiona do roku 2039 .....	216

## Summary

### **The sector of conventional and renewable energy sources in Poland. Conditions and problems of development**

This doctoral thesis fits into ongoing discussion and responds to the growing interest of the public opinion in the topics of energy transformation. The study is an attempt at an objective description, supported by an econometric analysis, of the position of the Polish energy sector compared to other EU countries. The added value in this area is the extension of the classic measures of economic efficiency with elements of the environmental and social impact of the energy sector. The econometric analysis is enriched with elements of qualitative analysis, including a case study of selected investments in renewable energy sources implemented in recent years in Poland. The added value of a study in this area is the reference to examples of geothermal investments, which in the context of Poland are rarely analyzed, despite the country's significant potential in this area. The main objective is to evaluate the condition and changes of the energy sector in Poland and its determinants, compared to other EU countries in 2007-2017, extended to the identification of investment prospects in renewable energy sources in Poland. The realization of the main goal has a cognitive and an application character. It enables the deepening of knowledge on the functioning of the energy sector in the national economy in terms of the causes of diversification in the effectiveness of the use of economic, environmental and social resources. At the same time, it helps to better understand the mechanisms of implementing energy investments in Poland. In the application layer, the conclusions of the research allow to shape the assessment and recommendations for the energy policy implemented in Poland.

The achievement of a number of specific objectives is conducive to the achievement of the main goal:

- the location of research in economic theory, in particular in the context of the economics of sustainable development, environment and natural resources;
- identification of the legal environment of the energy sector;
- establishing the condition and dynamics of the structure of electricity and heat generation in Poland and other EU countries and its assessment through the prism of the energy culture of countries;
- determining the state of knowledge on the efficiency and productivity of total energy generation in EU countries, with particular emphasis on Poland, in the context of effects and determinants of this process;
- examining the efficiency of the energy sector in Poland and EU countries in economic, environmental and social dimensions as well as total productivity and determinants of its changes;



- defining the prospects for various types of investment projects in the energy sector in Poland.

In relation to the research included in the empirical part of the work, 3 hypotheses were formulated, supported by 4 auxiliary hypotheses.