



Instytut Energetyki Odnawialnej

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W POLSCE DO ROKU 2020

Pracę wykonano na zamówienie:
MINISTRA GOSPODARKI



Ministerstwo Gospodarki

Ekspertyzę wykonano w Instytucie Energetyki Odnawialnej
przy współpracy z

Instytutem na rzecz Ekorozwoju



Warszawa, grudzień 2007 r.

Opracowanie wykonano na zlecenie Departamentu Energetyki Ministerstwa Gospodarki na podstawie umowy nr II/100/P/7501/07/DE z dn. 15 października 2007r.

Metodyka opracowania:

Grzegorz Wiśniewski - EC BREC IEO

Opracowanie przygotował zespół autorski pod kierunkiem Grzegorza Wiśniewskiego w składzie:

Maria Andrzejewska	UNEP GRID
Marcin Grabias	EC BREC IEO
Andrzej Kassenberg	InE
Piotr Kubski	EC BREC IEO
Adam Kupczyk	EC BREC IEO
Katarzyna Michałowska- Knap	EC BREC IEO
Tomasz Mroszkiewicz	EC BREC IEO
Anna Oniszk-Popławska	EC BREC IEO
Daniel Ruciński	EC BREC IEO
Aneta Więcka	EC BREC IEO
Marcin Włodarski	EC BREC IEO
Bożenna Wójcik	InE
Grzegorz Wiśniewski – kierujący zespołem	EC BREC IEO

Adres głównego wykonawcy:

Instytut Energetyki Odnawialnej (EC BREC IEO)
00-641 Warszawa ul. Mokotowska 4/6
tel./fax: (0-22) 825 45 52
e-mail: biuro@ieo.pl

Spis treści

1. Wstęp	4
2. Metodyka	5
3. Stan rozwoju sektora energetyki odnawialnej 2006.	15
4. Realny potencjał wykorzystania odnawialnych źródeł energii.....	20
4.1 Energetyczne wykorzystanie biomasy	20
4.2 Energetyka wiatrowa.....	26
4.3 Energetyka wodna.....	31
4.4 Potencjał wykorzystania energii promieniowania słonecznego.....	32
4.5 Energia geotermalna	35
5. Ścieżka rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii do 2020 roku.....	42
5.1 Prognozy wykorzystania źródeł energii odnawialnej	42
5.2 Prezentacja wyników studium - przewidywalna wielkość produkcji energii ze źródeł odnawialnych	43
6. Podsumowanie	50
Załącznik 1: Zestawienie opracowań przekazanych przez Ministerstwo Gospodarki na cele niniejszej pracy i wykorzystanych do przygotowania raportu:.....	54
Załącznik 2: Wykaz map z prezentacją (w <i>ppt</i>) przestrzenną rozmieszczenia realnego potencjału odnawialnych źródeł energii w Polsce wraz ze strukturą użytkowania terenu i ograniczeniami środowiskowymi	
Załącznik 3: Scenariusz udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii finalnej w Polsce w 2020 r. z uwzględnieniem dodatniego salda eksportu biopaliw stałych przetworzonych i biopaliw ciekłych transportowych	

1. Wstęp

Niniejsze opracowanie wykonano na zlecenie Departamentu Energetyki Ministerstwa Gospodarki na podstawie umowy nr II/100/P/7501/07/DE z dn. 15 października 2007 r.

Celem opracowania było określenie realnego potencjału¹ wykorzystania odnawialnych zasobów energii oraz określenie ścieżki rozwoju odnawialnych źródeł energii do 2020r. Ww. potencjał analizowano w rozbiciu na poszczególne rodzaje odnawialnych zasobów energii, ale też z uwzględnieniem wzajemnych powiązań między zasobami, które mogą być użyte zarówno do produkcji energii elektrycznej, ciepła i produkcji paliw transportowych. W szczególności celem analizy było określenie możliwego do praktycznego wykorzystania do 2020 r. potencjału odnawialnych źródeł energii, przy spełnieniu wszystkich, dających się skwantyfikować, ograniczeń środowiskowych. W najszerszym zakresie to kryterium było brane pod uwagę przy ocenie dostępności biomasy na cele energetyczne oraz dostępności terenów (niezwykle istotny czynnik potencjału energetycznego) pod lokalizacje elektrowni wiatrowych.

Opracowanie miało posłużyć jako bazowe do dyskusji i ustalania celów dla Polski w zakresie udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie energii pierwotnej, w myśl postanowień marcowego (2007 r.) szczytu UE w Brukseli, w czasie którego Wspólnota przyjęła wiążący cel 20-procentowego udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energii UE². U źródeł pracy leżała idea określenia realnego potencjału odnawialnych zasobów energii jako podstawy do ustalania metodą *bottom up*, w rozmowach z Komisją Europejską, celów dla Polski w zakresie obowiązkowego udziału energii ze źródeł odnawialnych w 2020r., w ramach mającej być zaproponowanej przez Komisję tzw. dyrektywy ramowej, z celami ilościowymi dla wszystkich krajów członkowskich UE.

W dniu 19 października 2007 r., w czasie wizyty przedstawicieli Ministerstwa Gospodarki w Dyrektoracie ds. Transportu i Energii w Brukseli, którym towarzyszyli przedstawiciele wykonawców niniejszej pracy, uzyskano wstępne informacje, że Komisja Europejska ma zamiar przyjąć metodę *top down* w ustalaniu celów dla energetyki odnawialnej dla państw członkowskich UE oraz, że cele będą odniesione do zużycia energii końcowej w każdym z krajów, a także, że projekt dyrektywy ramowej zostanie ogłoszony w styczniu '2008.

Na dzień obecny wiadomo nieoficjalnie, że Komisja Europejska przyjęła metodę *top-down*, przy założeniu że średnio każdy kraj będzie zobowiązany do wzrostu udziału OZE w zużyciu energii końcowej o 11,5% (różnica pomiędzy celem na 2020 - 20%, a udziałem OZE w końcowym zużyciu energii w 2005r – 8,5%), z dwoma dodatkowymi założeniami:

- a) wymagany dla każdego z państw członkowskich odpowiednik średniego wzrostu udziałów OZE o 11,5% zostanie podzielony na dwie równe części: odpowiednik 5,75% bezwzględnie wymagany i odpowiednik kolejnych 5,75% skorygowany współczynnikiem PKB danego kraju w stosunku do średniej UE,
- b) po wypełnieniu celów wcześniejszych (na 2010r) oraz celów pośrednich (2014, 2016, 2018 r) możliwy³ będzie handel nie tylko paliwami o odnawialnych zasobów i energią ze źródeł odnawialnych (naturalnym i wpływającym na stopień realizacji celów przez

¹ Przez potencjał realny w niniejszej pracy należy rozumieć taki potencjał odnawialnych źródeł energii, który biorąc pod uwagę uwarunkowania środowiskowe, koszty produkcji oraz obecny i spodziewany do 2020 roku poziom technologii, może zostać wykorzystany

² Decyzja Rady Europy z 8 marca 2007 r.

http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/en/ec/93135.pdf

³ Tu są rozważane dwie możliwości: 1) zostawienie krajom członkowskim decyzji w sprawie otwarcia handlu certyfikatami zużytej energii elektrycznej i ciepła, 2) zobowiązanie krajów członkowskich aby taki handel umożliwiły.

dany kraj będzie już obecnie znacznie rozwinięty handel biopaliwami transportowymi), ale także handel wirtualny - certyfikatami zużycia tej energii elektrycznej i ciepła i zaliczenie zakupu tzw. zielonych certyfikatów na poczet realizacji celu kraju kupującego

Przy tych założeniach oczekiwany cel dla Polski na 2020r.: $7,1\%$ (stan na '2005) + $11,5\%$ = $18,6\%$ razy współczynnik korygujący PKB, odniesiony do części ww. celu. Na dzisiaj nie jest znany autorom pracy żaden algorytm uwzględniania wpływu PKB na ostateczny cel ilościowy, ale można się spodziewać, że współczynniki dla Polski będzie zapewne mniejszy od jedności, a skorygowany wskaźnik (cel ilościowy) może być nieco niższy od wstępnie wskazanego, oszacowanego powyżej.

Informacje te znacząco wpływały na przebieg prac nad niniejszą ekspertyzą. Autorzy, chcąc aby praca była użyteczna, próbowali uwzględnić konsekwencje nowego podejścia. Przede wszystkim, wszystkie analizy wykonano w odniesieniu do energii końcowej. Uwzględniono także wpływ możliwego handlu paliwami z odnawialnych zasobów i dokonano analizy skutków takich działań na osiągnięcie przez Polskę celów na 2020 r. Nie znając ostatecznego wskaźnika dla Polski, przy ocenie potencjału rynkowego odnawialnych zasobów energii, autorzy założyli, że do 2020r. będą funkcjonować instrumenty wsparcia, które kierunkowo pozwolą na osiągnięcie przez Polskę 17-18% udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii finalnej w 2020 r. Ponadto postawiono tezę, że przy realizacji celów na drugą dekadę XXI wieku, istotnym czynnikiem ograniczającym (poza wielkością potencjału rynkowego) będzie ekonomiczny potencjał odnawialnych zasobów energii oraz ograniczenia środowiskowe i przestrzenne wpływające bezpośrednio na wielkość potencjału technicznego.

Praca oparta została na własnym modelu logicznym oceny i bilansowania odnawialnych zasobów energii i analizie dotychczasowych wyników analiz wykonanych w kraju, przekazanych wykonawcom przez Zamawiającego. Dodatkowo, tam gdzie było to niezbędne, Wykonawca korzystał z wyników badań potencjałów poszczególnych rodzajów odnawialnych zasobów energii w Polsce i scenariuszy rozwoju energetyki odnawialnej z uwzględnieniem prognoz dla Polski, wykonanych przez badawcze konsorcja międzynarodowe. Wykonawcy korzystali także z wyników swoich wcześniejszych prac.

2. Metodyka

Przyjmując, że wielkość odnawialnych zasobów energii stanie się głównym czynnikiem ograniczającym rozwój energetyki odnawialnej w drugiej dekadzie XXI wieku, zasadniczym założeniem pracy jest ***ocena realnie dostępnych do wykorzystania odnawialnych zasobów energii wraz z oceną możliwości i uwarunkowań ich wykorzystania do 2020 r.*** Badając uwarunkowania i skalę możliwego do wykorzystania ich potencjału ekonomicznego wykorzystania odnawialnych zasobów energii, wzięto pod uwagę kontynuację obecnych instrumentów wsparcia energetyki odnawialnej ale jednocześnie istnienie zobowiązania ilościowego w postaci (tak jak to przedstawiono we wstępie do pracy) 17-18% udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie zużycia energii finalnej w 2020 roku, poprzez analizę realnej dostępności odnawialnych zasobów energii i. Odnawialne zasoby energii są zatem kluczowym pojęciem stosowanym w pracy.

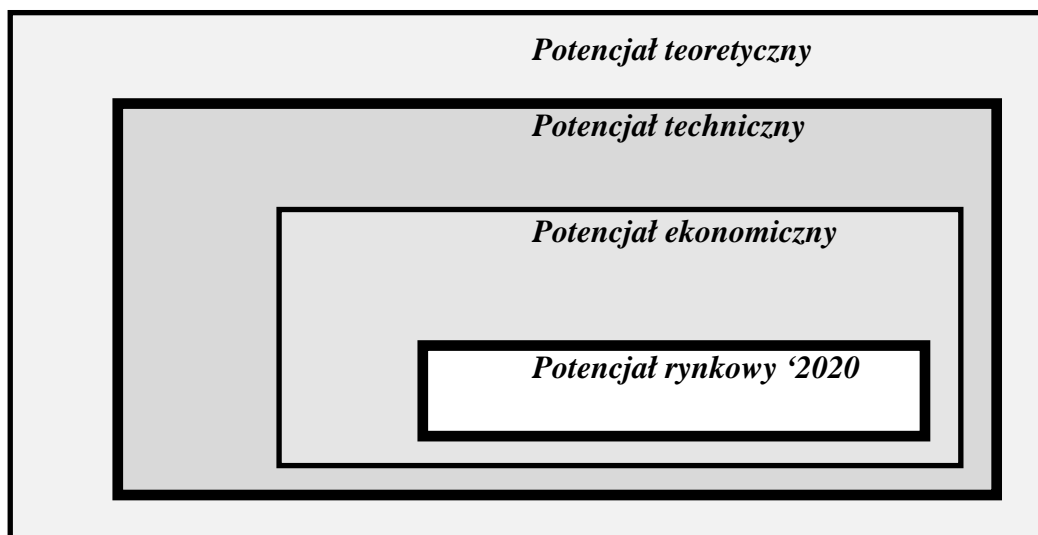
Odnawialne zasoby energii w niniejszym opracowaniu traktowane są jako średniorocznie możliwa do pozyskania w sposób trwały na obszarze kraju, ilość energii promieniowania słonecznego, energii mechanicznej: wiatru i cieków wodnych⁴ oraz cieplnej energii geotermalnej⁵ i chemicznej

⁴ Nie uwzględniono energii mechanicznej pływów, ruchu fal i prądów morskich oraz energii termicznej zawartej w wodach Morza Bałtyckiego.

energii biomasy⁶. Większość odnawialnych zasobów energii odnawia się na terenie kraju w cyklu rocznym (tylko cykl odnawiania się zasobów geotermalnych ma inny, znacznie dłuższy okres), ale są one ograniczone a) wielkością jednostkowego strumienia mocy, b) obszarem dostępnym pod instalowanie odbiorników (ograniczenia te, często wynikające z obowiązujących zasad planowania przestrzennego, nazywane są w pracy także ograniczeniami „przestrzennymi”).

Odnawialne zasoby energii mogą być oceniane tylko poprzez pryzmat zaopatrzenia kraju w energię. W konsekwencji pojęcie odnawialnego zasobu energii jest pojęciem czysto ekonomicznym, związanym z pełnioną przez nie funkcją. Wielkość odnawialnych zasobów energii może wzrastać wraz ze zmianą modelu potrzeb energetycznych oraz razem z rosnącą wiedzą na temat ich konwersji w użyteczne nośniki energii i możliwościami technologicznymi.

Brak jest w kraju systematycznej ewidencji odnawialnych zasobów energii i ich rozmieszczenia, a różne grupy interesu nie są zainteresowane rzetelnym podawaniem informacji. Powoduje to z jednej strony podważanie szacunków, dotyczących całkowitej wielkości zasobów, jak i np. wyolbrzymianie wielkości poszczególnych ich rodzajów, choćby ze względu na chęć przyciągnięcia kapitałów publicznych (np. w postaci dotacji czy innych instrumentów wsparcia) oraz prywatnych.



Rys. 1. Ilustracja sposobu podejścia do szacowania potencjałów odnawialnych zasobów energii i możliwości ich wykorzystania do 2020 r.⁷

W celu zachowania spójności podejścia do szacowania wszystkich rodzajów odnawialnych zasobów energii zastosowano, jednakową w odniesieniu do wszystkich ich rodzajów, metodę „kaskadowego” przechodzenia od potencjału teoretycznego zasobów, poprzez potencjał techniczny, ekonomiczny, a na rynkowy (stopień wykorzystania potencjału ekonomicznego na 2020 r., wraz

⁵ Energia geotermalna rozumiana jest jako naturalne, zakumulowane w głębi Ziemi i możliwe do ilościowego określenia ciepło zawarte w gruntach, skałach, wodach podziemnych – występujące w stanie ciekłym i parowym w przestrzeniach (w formie porów i szczelin) w skorupie ziemskiej.

⁶ Energia chemiczna biomasy rozumiana jest jako energia chemiczna zawarta w: (1) produktach pochodzenia roślinnego stanowiących efekt działalności wytwórczej w rolnictwie i leśnictwie, w tym z upraw energetycznych oraz w pozostałościach pochodzenia roślinnego z pielęgnacji zieleni miejskiej, (2) poprodukcyjnych odpadach przemysłowych pochodzenia roślinnego, (3) w biodegradowalnych frakcjach organicznych osadów ściekowych, (4) biodegradowalnych frakcjach organicznych przetwarzanych w procesie fermentacji metanowej poprodukcyjnych odpadów pochodzenia zwierzęcego i odchodów zwierzęcych, (5) w biodegradowalnych frakcjach organicznych przetwarzanych w procesie fermentacji metanowej odpadów komunalnych, składowanych na wysypiskach.

⁷ Przy takim podejściu, „potencjał rynkowy ‘2020’” odpowiada definicji realnego potencjałowi stosowanej przez Ministerstwo Gospodarki.

ze strukturą wytwarzania końcowych nośników energii) kończąc⁸. Potencjał teoretyczny ma małe znaczenie praktyczne. Do ilościowego i porównawczego oszacowania wielkości dostępnych odnawialnych zasobów energii wykorzystano przede wszystkim **wielkość potencjału technicznego** energii. Określa on ilość energii jaką w ciągu roku można pozyskać z krajowych zasobów za pomocą najlepszych technologii przetwarzania energii ze źródeł odnawialnych w jej końcowe nośniki, ale z uwzględnieniem ograniczeń przestrzennych i środowiskowych. Pomimo, że w praktyce ze względu na szereg ograniczeń (ekonomicznych, rynkowych), nie jest możliwe pełne wykorzystanie potencjału technicznego, to jednak wielkość ta jest użyteczna w oszacowaniach, jako względnie stabilna w dłuższym okresie oraz związana z aktualnym poziomem rozwoju technologii poszczególnych źródeł.

W sposób szczególny badane były, nie uwzględniane wcześniej lub uwzględniane jedynie częściowo, środowiskowe i przestrzenne ograniczenia potencjału technicznego wykorzystania poszczególnych rodzajów odnawialnych źródeł energii. Przed oceną ilościową ww. ograniczeń, dokonano wstępnej oceny jakościowej ich oddziaływania na poszczególne rodzaje OZE – tabela 1.

Tabela 1. Kluczowe ograniczenia środowiskowe i przestrzenne dla technologii energetyki odnawialnej uwzględniane przy ocenie realnego potencjału odnawialnych zasobów energii.

Rodzaje zasobów energii odnawialnej	Kategorie wykluczeń i ograniczeń			Inne skutki (w tym środowiskowe) wykorzystywania zasobów energii odnawialnej
	Obszarowa ochrona przyrody i środowiska	Ochrona gatunkowa	Konkurencja o przestrzeń	
Biomasa – z upraw rolniczych oraz biokomponenty i biopaliwa pierwszej i drugiej generacji	<ul style="list-style-type: none"> - Obszary cenne przyrodniczo: <ul style="list-style-type: none"> a) parki narodowe, b) parki krajobrazowe, c) rezerваты przyrody, d) obszary Natura 2000, - Chronione siedliska przyrodnicze (nawet poza obszarami chronionymi) - Korytarze ekologiczne, - Obszary o deficycie wody dla rolnictwa, - Obszary objęte dyrektywą azotanową. 	<ul style="list-style-type: none"> - Agrocenozy z siedliskami cennych (chronionych) gatunków nieleśnych (roślin i zwierząt) – także poza obszarami chronionymi - Gatunki inwazyjne; - Zasady koegzystencji dla roślin zmodyfikowanych genetycznie 	<ul style="list-style-type: none"> - Obszary planowane do zalesień - Obszary potrzebne do produkcji rolniczej (na cele żywnościowe i inne przemysłowe) - Obszary potrzebne do „gospodarki rolnej konserwującej krajobraz i walory przyrodnicze” 	<ul style="list-style-type: none"> - Ograniczanie powierzchni użytków rolnych korzystających na cele żywnościowe i inne przemysłowe (tradycyjne) może prowadzić do dużej intensyfikacji zużycia energii i produktów chemicznych w rolnictwie - niekorzystny bilans emisji CO2 w stosunku do paliw kopalnych - Przekształcenia krajobrazu (struktury upraw i tworzenie wielkoobszarowych monokultur pozbawionych walorów przyrodniczych związanych z mozaikami agrocenoz) mogą zmieniać jego atrakcyjność turystyczną
Biomasa leśna	<ul style="list-style-type: none"> - Obszary cenne 	<ul style="list-style-type: none"> - Gatunki 	<ul style="list-style-type: none"> - Obszary 	<ul style="list-style-type: none"> - Możliwy

⁸ Ze względów praktycznych (dobrze poznany mechanizm i łańcuch konwersji energii kinetycznej wód płynących i wiatru (mas powietrza) na energię elektryczną i dużych już doświadczeń w ocenie współczynników empirycznych), zasobu energetyki wodnej i wiatrowej, począwszy od potencjału teoretycznego szacowano od razu w jednostkach produkowanej energii elektrycznej. W przypadku zasobów geotermii, energetyki słonecznej i biomasy, uwzględniano sprawność procesów składowych przekształcania ciepła, promieniowania słonecznego i energii chemicznej biomasy w końcowe nośniki energii.

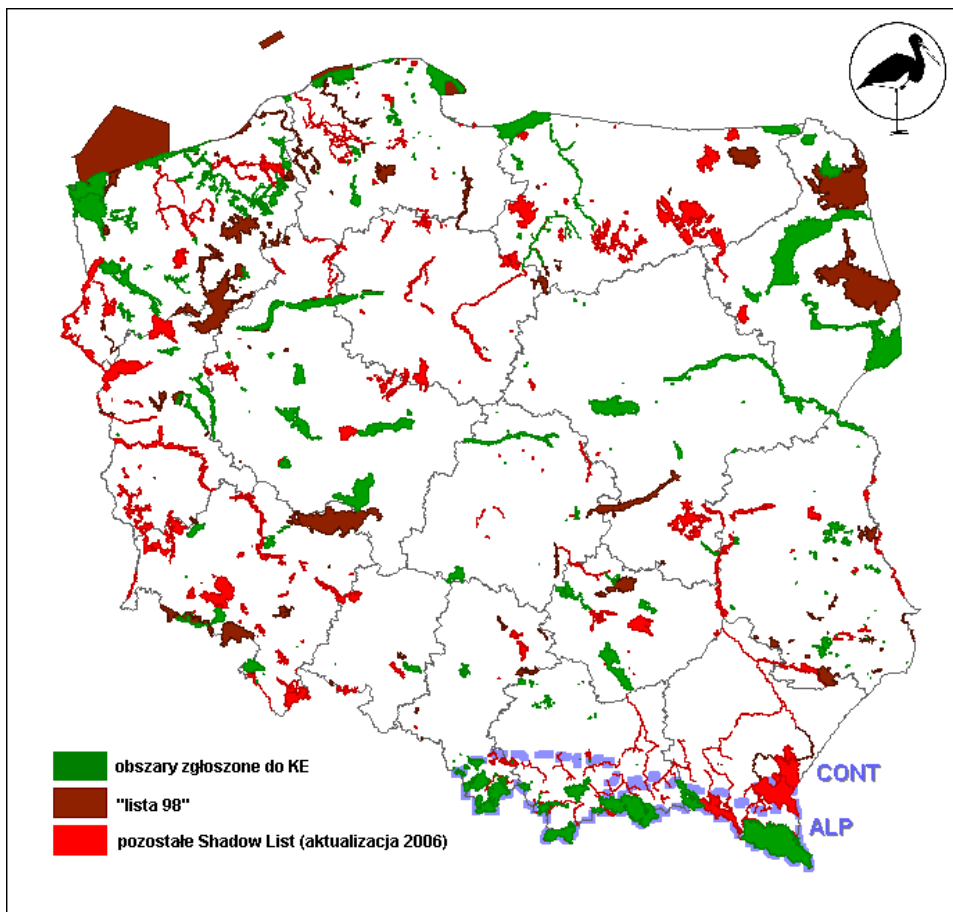
Rodzaje zasobów energii odnawialnej	Kategorie wykluczeń i ograniczeń			Inne skutki (w tym środowiskowe) wykorzystywania zasobów energii odnawialnej
	Obszarowa ochrona przyrody i środowiska	Ochrona gatunkowa	Konkurencja o przestrzeń	
	przyrodniczo: a) parki narodowe, b) parki krajobrazowe, c) rezerваты przyrody, d) obszary Natura 2000, - Korytarze ekologiczne (niewskazane plantacje).	inwazyjne (plantacje)	potrzebne dla zrównoważonej gospodarki leśnej (konflikt w przypadku plantacji)	brak/niedostatek drewna na inne cele, np. meble, papier, budulec - Zagrożenie zrównoważonej i wielofunkcyjnej gospodarki leśnej (nadmiar plantacji szybko rosnących, obniżenie wieku rębności, niezgodność z siedliskiem, przekraczanie etatów rębnych, nadmiar pozyskania suszu)
Biomasa – odpadowa (odpady z rolnictwa, przemysłowe, w tym drzewne, komunalne)	Brak zasadniczych wykluczeń i ograniczeń			
Biogaz – ze składowisk odpadów	Brak zasadniczych wykluczeń i ograniczeń			
Biogaz – z oczyszczalni ścieków	Brak zasadniczych wykluczeń i ograniczeń			
Energetyka wiatrowa	- Obszary cenne przyrodniczo: a) parki narodowe, b) parki krajobrazowe, c) rezerваты przyrody, d) obszary Natura 2000, - Ochrona krajobrazu (obszary chronionego krajobrazu, zespoły przyrodniczo-krajobrazowe).	- Trasy przelotu ptaków - Miejsca koncentracji ptaków (ważne ostoje) - Tarliska ryb morskich - Trasy przelotów i koncentracji nietoperzy	- Na lądzie - obszary strategicznie przeznaczone na inne niż energetyka wiatrowa potrzeby rozwojowe (turystyka, zalesianie) - Na morzu: wykluczenia przez rybołówstwo, wymagania transportu morskiego (nawigacja), istniejące instalacje, koncesje górnicze, obszary o znaczeniu militarnym	- Możliwe zmniejszenie pozyskiwania ryb morskich - Możliwe zakłócenia na trasach nawigacyjnych - Wykluczeniom powinny też podlegać tereny chronionego krajobrazu wynikające z ustawy o ochronie dóbr kultury (strefy ekspozycji krajobrazowej, chronione krajobrazy kulturowe, parki kulturowe) - Przekształcenia krajobrazu mogą zmieniać atrakcyjność turystyczną
Mała energetyka wodna	- Obszary cenne przyrodniczo: a) parki narodowe, b) parki krajobrazowe, c) rezerваты	- Ryby wędrowne i migrujące, - Ryby reofilne (związane z siedliskiem szybko		- Szlaki kajakowe o międzynarodowym i krajowym znaczeniu - Zmiana charakteru cieków skutkuje niszczeniem siedlisk

Rodzaje zasobów energii odnawialnej	Kategorie wykluczeń i ograniczeń			Inne skutki (w tym środowiskowe) wykorzystywania zasobów energii odnawialnej
	Obszarowa ochrona przyrody i środowiska	Ochrona gatunkowa	Konkurencja o przestrzeń	
	przyrody, d) obszary Natura 2000, - Korytarze ekologiczne - Chronione siedliska przyrodnicze - nawet poza obszarami chronionymi	płynącej wody) - w przypadku, gdy piętrzenia zmieniają charakter cieku – zwłaszcza w miejscach tarliskowych; - Gatunki łąkowe, łągowe, brzegów wód i torfowiskowe (na obszarze podlegającym zalaniu, nawet gdy jest niewielki!)		chronionych związanych z ciekami o wartkim prądzie
Energetyka wodna – duże piętrzenia	- Obszary cenne przyrodniczo: a) parki narodowe, b) parki krajobrazowe, c) rezerваты przyrody, d) obszary Natura 2000, - Korytarze ekologiczne - Chronione siedliska przyrodnicze - nawet poza obszarami chronionymi - Ochrona krajobrazu	- Ryby wędrowne i migrujące, dwuśrodowiskowe - Ryby reofilne (związane z siedliskiem szybko płynącej wody) - w przypadku, gdy piętrzenia zmieniają charakter cieku – zwłaszcza w miejscach tarliskowych; - Gatunki łąkowe, łągowe, brzegów wód i torfowiskowe (na obszarze podlegającym zalaniu)	- Tereny zurbanizowane - Cenne tereny rolnicze, leśne - Cenne tereny turystyczne	- Zmiana charakteru cieków skutkuje niszczeniem siedlisk chronionych, związanych z ciekami o wartkim prądzie - Wykluczeniom powinny też podlegać tereny chronionego krajobrazu wynikające z ustawy o ochronie dóbr kultury (strefy ekspozycji krajobrazowej, chronione krajobrazy kulturowe, parki kulturowe)
Energetyka słoneczna – systemy rozproszone oparte o nieduże instalacje związane z istniejącą zabudową	Brak istotnych wykluczeń i ograniczeń			

Rodzaje zasobów energii odnawialnej	Kategorie wykluczeń i ograniczeń			Inne skutki (w tym środowiskowe) wykorzystywania zasobów energii odnawialnej
	Obszarowa ochrona przyrody i środowiska	Ochrona gatunkowa	Konkurencja o przestrzeń	
Energia geotermalna	- Obszary najcenniejsze przyrodniczo: a) parki narodowe, c) rezerваты przyrody, d) część obszarów Natura 2000 (o ściślejszym reżimie ochronnym) Zazwyczaj jednak wykorzystanie energii geotermalnej odbywa się na terenach zurbanizowanych, nie podlegających ochronie	- Brak istotnych wykluczeń i ograniczeń	- Brak istotnych wykluczeń i ograniczeń	- Wyczerpywanie się zbiorników gromadzących wody geotermalne poprzez nieodpowiednią eksploatację otworu geotermalnego np. brak reiniekcji wód do zbiornika po odbiorze z nich ciepła. - Zanieczyszczenie (zasolenie) wód powierzchniowych i gleby poprzez brak reiniekcji wysoce mineralizowanych wód z powrotem do zbiornika geotermalnego

Przytoczone w tabeli 1 ograniczenia dla poszczególnych rodzajów zasobów energii odnawialnej, wynikają głównie z punktu widzenia ochrony przyrody i konkurencji w stosunku do innych form użytkowania przestrzeni kraju.

Przy ocenie potencjału technicznego odnawialnych zasobów energii i możliwości ich wykorzystania oraz wyceny wielkości czynników ograniczających lub nawet wykluczających nowe inwestycje w energetyce odnawialnej, w sposób szczególny uwzględniono ograniczenia wynikające z wprowadzania w Polsce obszarów NATURA 2000 w pełnym docelowym wymiarze, czyli z uwzględnieniem obszarów proponowanych przez organizacje ekologiczne w ramach tzw. *shadow list* – rys.2 i 3.



Rys. 2 Siedliskowe obszary NATURA 2000 – istniejące i postulowane przez organizacje ekologiczne (źródło Klub Przyrodników, PTOP Salamandra i WWF Polska, 2006)



Rys. 3 Obszary specjalnej ochrony ptaków (zatwierdzone oraz „shadow list”), źródło: OTOP 2004

Problemy związane z precyzyjnym określeniem wpływu obszaru sieci NATURA 2000 na ograniczenia w wykorzystaniu potencjału odnawialnych zasobów energii wynikają głównie z braku ostatecznego zdefiniowania zasięgu (wyznaczenia) tych obszarów oraz szczegółowych wymogów

ochronnych odnoszących się do nich (a wiadomo, że będą różne). Jednakże biorąc pod uwagę informacje publikowane na stronie internetowej Ministerstwa Środowiska, że obszary te docelowo zajmą 18 %⁹ powierzchni kraju i uwzględniając, że dotyczą one w znacznej mierze gruntów rolnych i łąk, ich wpływ ilościowy na potencjał odnawialnych zasobów energii możliwy do wykorzystania do 2020 r., w sposób szczególny dotyczyć będzie energetyki wiatrowej (której potencjał zlokalizowany jest na obszarach rolnych) i wprowadzania wieloletnich lub intensywnie użytkowanych plantacji energetycznych na dotychczasowych gruntach rolnych oraz energetyki wodnej (wiele obszarów NATURA 2000 zlokalizowanych jest w dolinach rzecznych, por. rys. 2). Np. wg Ministerstwa Rolnictwa¹⁰ docelowo powierzchnia użytków rolnych znajdujących się w obrębie obszarów NATURA 2000 będzie wynosiła ok. 2 mln ha, czyli ok. 11,5% użytków rolnych. Szczegółowy sposób uwzględnienia konsekwencji wprowadzenia sieci NATURA 2000, a więc zapisów tzw. dyrektywy ptasiej i dyrektywy siedliskowej (rys. 2 i rys.3) do oceny wielkości potencjału technicznego i możliwości wykorzystania poszczególnych potencjałów rodzajów odnawialnych zasobów energii opisano w rozdziale 4.

Coraz silniejsze, wraz ze zwiększaniem stopnia wykorzystania potencjału technicznego odnawialnych zasobów, ograniczenia przestrzenne i środowiskowe spowodowały konieczność przedstawiania zarówno rozkładu przestrzennego zasobów jak i informacji dotyczących struktury użytkowania terenu wskazanych na mapach oraz wzajemnego nakładania na siebie odpowiednich warstw. Zestawienie map wykorzystanych w pracy znajduje się w złączniku 2.

Tak przestrzennie zdefiniowany i środowiskowo ograniczony określony **potencjał techniczny** odnawialnych zasobów energii choć jest już bliski stosowanej przez Ministerstwo Gospodarki definicji *realnego potencjału odnawialnych zasobów energii*, gdyż bierze pod uwagę uwarunkowania środowiskowe, ale nie uwzględnia ograniczeń wynikających z kosztów produkcji oraz z zapotrzebowania na nośniki energii do 2020 r. Te ograniczenia uwzględniają kolejne „w kaskadzie konkretyzacji” potencjały.

Potencjał ekonomiczny określono jako część powyżej zdefiniowanego potencjału technicznego, jaka może być wykorzystana z uwzględnieniem kryteriów gospodarczych. Zastosowano przy tym różne podejścia w zależności od rodzaju odnawialnego zasobu energii:

- w przypadku biopaliw, po sprawdzeniu, czy w wyniku uwzględnienia ww. ograniczeń, Polska dysponuje realnym technicznym potencjałem, ze względu na przewidywane prawne wymuszenie (na zasadzie *must run*) osiągnięcia 10% ich udziału w 2020 r. w bilansie zużycia paliw transportowych, potencjał ekonomiczny zrównano z potencjałem rynkowym.
- w przypadku energetyki wodnej, założono, że potencjał techniczny ograniczony czynnikami środowiskowymi (w praktyce wykluczają one realizację kaskady Dolnej Wisły) równy jest potencjałowi ekonomicznemu i jest możliwy do pełnego wykorzystania.
- w przypadku geotermii i energetyki słonecznej, których potencjały teoretyczny jest niezwykle wysoki i które w najmniejszym stopniu podlegają ograniczeniom środowiskowym, (wysoki potencjał techniczny), ale których przestrzennie rozproszone zasoby nie zawsze pokrywają się z lokalnymi możliwościami odbioru wytworzonego z nich ciepła (głównego i trudnego do transportu na dalsze odległości nośnika energii możliwego do pozyskania z tych zasobów w Polsce w perspektywie 2020 r.), potencjał ekonomiczny oceniono od strony możliwego zaspokojenia potrzeb ciepłych konkretnych konsumentów energii, uwzględniając także i wzmacniając aktualne trendy ich rozwoju na rynku.

⁹ Z informacji ekspertów biorących udział w negocjacjach z Komisją Europejską, wynika, że bardzo prawdopodobne jest iż ostatecznie sieć obszarów NATURA 2000 obejmie w Polsce ok. 20%, co oznaczałoby, że praktycznie w pełni uwzględniona zostałaby tzw. *Shadow List*.

¹⁰ Strona internetowa Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi www.minrol.gov.pl: „Program Rozwoju Obszarów Wiejskich 2007-2013”, Warszawa, 2007r.

- w przypadku energetycznego wykorzystania biomasy zastosowano dwa odrębne podejścia, inne dla odpadów i inne dla plantacji energetycznych. W przypadku odpadów¹¹ przyjęto zasadę, że cały ich potencjał techniczny jest też potencjałem ekonomicznym do praktycznego wykorzystania (w ten sposób nadano priorytet wykorzystaniu odpadów organicznych, przed - uszczuplającymi inne formy gospodarowania - plantacjami energetycznymi). Wielkość potencjału ekonomicznego plantacji energetycznych oszacowano tak, aby (przy uwzględnionych ograniczeniach środowiskowych i ograniczeniach dostępnego arealu) ich wykorzystanie do 2020 r. nie wpłynęło na ograniczenie stopnia samowystarczalności żywnościowej (bezpieczeństwa żywnościowego) kraju.

- w przypadku energetyki wiatrowej¹², po wprowadzeniu stref wykluczeń na etapie szacowania potencjału technicznego, potencjał ekonomiczny ograniczono do terenów (obszarów) o najwyższych zasobach energii wiatru, uzasadniających jego gospodarcze wykorzystanie w przypadku energetyki wiatrowej badano też, w odniesieniu do doświadczeń w innych krajach, siłę ograniczeń infrastrukturalnych (możliwości przyłączenia do sieci elektroenergetycznej i problemy związane z bilansowaniem czasowym podaży i popytu energii elektrycznej).

Ogólnie, potencjał ekonomiczny w niniejszej pracy zdefiniowany został jako „bliski rynku”, wskazujący na realne możliwości wykorzystania w aktualnych uwarunkowaniach gospodarczych.

Potencjał rynkowy na 2020 r., wynika z oceny, do jakiego stopnia, przy obecnie istniejącym i planowanym do wprowadzenia (np. fundusze strukturalne UE) systemie wsparcia, może być **optymalnie** wykorzystany potencjał ekonomiczny¹³. W niektórych przypadkach, jak np. wspomniane wyżej biopaliwa transportowe, odpady biomasy suchej, potencjał rynkowy jest równy potencjałowi ekonomicznemu; w innych przypadkach, jak np. geotermia głęboka, jest ograniczony także skalą możliwych dotacji do inwestycji. Oceny potencjału rynkowego zostały też zweryfikowane oceną dotychczasowych trendów rozwojowych i oczekiwanym tempem wzrostu poszczególnych rodzajów OZE i całego sektora energetyki odnawialnej do 2020 r. Oszacowany potencjał rynkowy (jego realizacja na 2020 r.), przekłada się na wielkość udziału energii z OZE i jej strukturę wykorzystania w bilansie końcowego zużycia energii. Ważnym punktem odniesienia do uzyskanych wyników, były szacunki rozwoju do 2020 r. poszczególnych rodzajów OZE przedstawione przez stowarzyszenia energetyki odnawialnej w Polsce (lista opracowań znajduje się w załączniku 1) oraz wcześniejsze prognozy dla Polski z perspektywą 2020 r., ale zasadnicze oceny były niezależnie wykonywane przez zespół autorski niniejszej pracy. Warto też podkreślić, że uzyskane metodą *bottom up* (oddzielnie dla każdego ze źródeł) ostateczne wyniki udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii finalnej w Polsce w 2020r, były na tyle zbliżone do przyjętych kierunkowo metodą *top down* jako bardzo prawdopodobne cele dla Polski w wysokości 17-18%, że nie dokonano korekty oryginalnych obliczeń i ich iteracji dla zmienionych założeń oraz przyjęto uzyskane wyniki jako scenariusz bazowy i bazową ścieżkę dojścia (rozwoju) wykorzystania OZE do 2020 r.

W szczególności ocena potencjału rynkowego na 2020 r. (potencjału realnego do praktycznego wykorzystania) i odpowiadającego mu w tym okresie udziału energii ze źródeł odnawialnych na rynku energii finalnej jest zadaniem trudnym. Perspektywa 13 lat jest bowiem za długa jak na prognozy oparte na obecnych trendach i planach inwestorów (tzw. *project pipelines*) i trochę za krótka jak na założenie optymalnego dostosowania się rynku do warunków ramowych, tym bardziej

¹¹ Przyjęto zasadę, że odpady organiczne suche podlegają przetworzeniu i spalaniu, a organiczne odpady mokre w całości przetwarzane są na biogaz

¹² Przy ocenie potencjału energetyki wiatrowej uwzględniono oddzielnie potencjał farm wiatrowych lokalizowanych na lądzie, jako 5% kraju o najkorzystniejszych warunkach wiatrowych, i oddzielnie na morzu, przyjmując, że po wykluczeniach natury środowiskowej i gospodarczej, cały zdefiniowany obszar może być wykorzystany w sposób ekonomicznie uzasadniony.

¹³ Tak więc potencjał rynkowy jest „scenariuszem maksimum”, opierającym się na możliwym do osiągnięcia tempie rozwoju rynku, przy założeniu prawidłowego działania wszystkich mechanizmów wsparcia, szybkiego usuwania barier infrastrukturalnych oraz równoczesnego zachowania zasad zrównoważonego rozwoju.

że warunki te także będą podlegać zmianom, jak też dynamicznie zmieniać się będzie konkurencyjność różnych opcji technologicznych na rynku krajowym i w UE.

Między innymi, z uwagi jednak na przewidywany sposób liczenia udziałów energii ze źródeł odnawialnych na 2020 r. – w końcowym zużyciu energii – dużego znaczenia w wypełnieniu celów i stopnia ich realizacji w oparciu o krajowe zasoby nabiera **kwestia eksportu i importu paliw**, energii z OZE i ew. certyfikatów/świadectw pochodzenia tej energii. Wstępnie w analizach założono, że obrotowi międzynarodowemu podlegać będą tylko paliwa (biopaliwa ciekłe i stałe) i na tej podstawie przedstawiono wpływ bilansu eksportu/importu tych paliw na zdolność Polski do osiągnięcia celów ilościowych dla Polski, jakie pojawia się w tzw. dyrektywie ramowej UE o promocji energii ze źródeł odnawialnych. Wyniki tych analiz przedstawiono w załączniku 3 do niniejszej pracy.

W pracy poczyniono też kilka dodatkowych założeń szczegółowych, upraszczających analizy:

- w wariacie bazowym przyjęto zerowy bilans eksportu-importu energii, w tym energii ze źródeł odnawialnych. Dodatkowo przyjęto, że zarówno przy szacowaniu potencjału technicznego, ekonomicznego jak i rynkowego, że powyższe ogólne założenie dotyczy w szczególności zerowego bilansu eksportu-importu energii elektrycznej w 2020 r., w tym „energii zielonej”, ale przy zapewnieniu możliwości pełnego bilansowania energii elektrycznej z elektrowni wiatrowych, nie tylko w krajowym ale w europejskim systemie elektroenergetycznym^{14,15}
- przyjęto, że do 2020 r. powstaną już pierwsze instalacje produkujące efektywniejsze biopaliwa drugiej generacji, ale ich udział w rynku nie będzie dominujący; w związku z tym analiza zapotrzebowania na przestrzeń rolniczą do produkcji surowców na biopaliwa, bazowała na ocenie wzrostu arealu rzepaku (biodiesel) i tradycyjnych surowców skrobiowo-cukrowych (bioetanol), bez uwzględniania alternatywy w postaci arealów na produkcję surowców lignocelulozowych i w związku z tym, ocena wielkości zapotrzebowania na powierzchnie upraw pod biopaliwa w praktyce może być nieco zawyżona i zwolnione mogą być arealy dostępne pod uprawy lignocelulozowe.
- z uwagi na większą efektywność energetyczną (i większy wkład w osiągnięcie założonego celu na 2020 r.), założono że biogaz w 100% będzie przeznaczony do wytwarzania ciepła i elektryczności, a nie na cele transportowe, o ile wspomniany wyżej potencjał surowców rolniczych na biopaliwa pierwszej generacji okaże się wystarczający do uzyskania 10% udziału biopaliw w zużyciu benzyny i oleju napędowego w 2020 r.
- w bilansie energii ze źródeł odnawialnych na 2020 r., nie uwzględniono możliwości bezpośredniego spalania odpadów komunalnych, nawet z frakcją organiczną. Wszystkie odpady organiczne możliwe do pozyskania przed trafieniem na wysypisko, uwzględniono w potencjale biogazu lub w potencjale odpadów stałych organicznych¹⁶. Uwzględnienie ich jako „źródła produkcji zielonej energii” nie zachęcałoby do segregacji odpadów (wywołując sztuczny popyt) i stworzyłoby duże problemy z certyfikowaniem zielonej energii. O ile planowane nowe przepisy w zakresie gospodarki odpadami dopuszczają zaliczenie spalanej części organicznej w strumieniu odpadów jako energii „zielonej”, wzrośnie nieco potencjał techniczny (na potrzeby pracy ograniczony względami ekologicznymi), a w ślad za tym ekonomiczny i rynkowy, gdyż tego typu przedsięwzięcia staną się atrakcyjne ekonomicznie, ale ograniczy to jednocześnie w perspektywie 2020 r. potencjał rynkowy innych rodzajów OZE.

¹⁴ Takie założenie jest zasadne do pewnego, ale na podstawie doświadczeń można stwierdzić, że znaczącego udziału elektrowni wiatrowych w systemie (więcej na ten temat w rozdziale 5). Europejskie spojrzenie na problem dodatkowo poszerza możliwości energetyki wiatrowej i w tym kierunku idą np. prace koncepcyjne nad otwarciem i rozwojem europejskich sieci przesyłowych prowadzone np. w ramach Europejskiej Platformy Technologicznej „Smart Grids”, prowadzone wspólnie z Europejską Platformą Technologiczną Energetyki Wiatrowej.

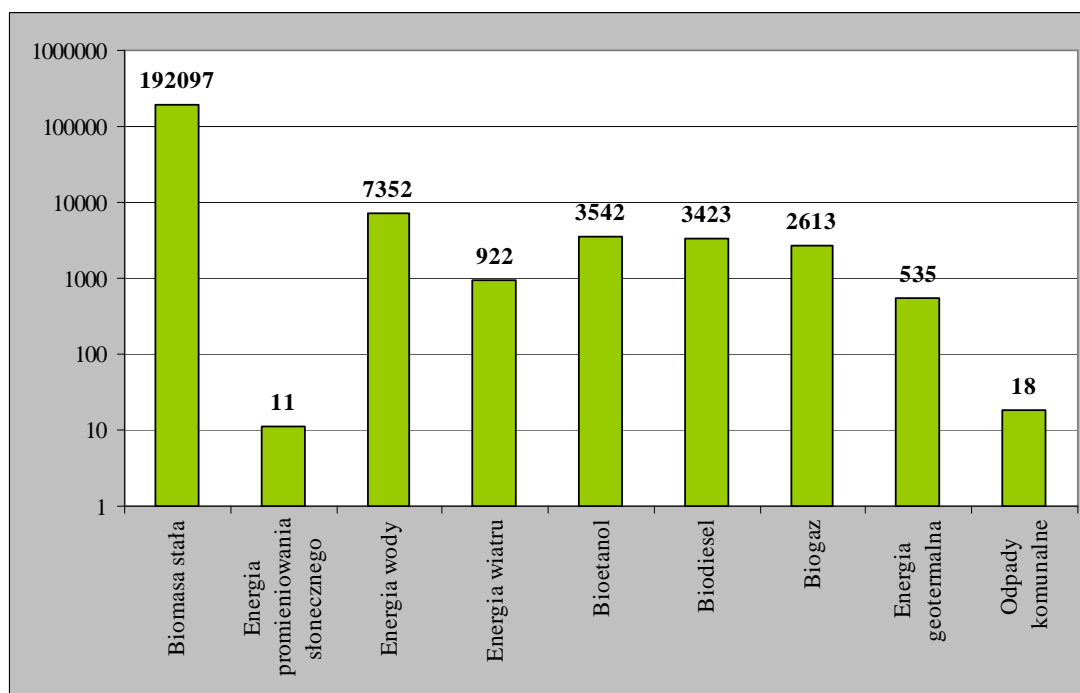
¹⁵ Jeden z wariantów obliczeń (różny od bazowego) dotyczy możliwości zaistnienia nadwyżki eksportu nad importem w przypadku biopaliw transportowych, ale jest o tym mowa w innym miejscu, na końcu rozdziału i w załączniku 2.

¹⁶ Nie wyklucza to spalania odpadów komunalnych z frakcją organiczną w przystosowanych do tego spalarniach.

- w bilansie produkcji i wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych w 2020 r. nie uwzględniono zużycia energii na potrzeby własne; składnik ten w niektórych przypadkach (spalarnie odpadów, biogazownie) może sięgać 30%, a nawet 40-50% (geotermalne pompy ciepła).
- założono że na rynku do 2020 r. znaczącej roli nie odegrają jeszcze dzisiaj przełomowe technologie, a w szczególności technologie wodorowe, ogniwa paliwowe, ale przyjęte w dalszej części pracy współczynniki do obliczeń sprawności konwersji odnawialnych zasobów energii w końcowe nośniki energii oraz współczynniki wykorzystania mocy w ciągu roku zakładają technologicznej efekty krzywej uczenia się i optymalizacji wykorzystania zasobów przez inwestorów i operatorów instalacji.
- założono, że nie zmieni się istotnie obecny system wsparcia energetyki odnawialnej w Polsce (w tym dla upraw energetycznych w ramach CAP) przynajmniej do 2020 r., choć w praktyce, przyjęcie nowej dyrektywy ramowej UE, wymagać będzie zapewne istotnych zmian optymalizujących ścieżkę dojścia do realizacji ww. celów ilościowych udziału energii z OZE w bilansie zużycia energii ogółem w 2020 r.¹⁷.

3. Stan rozwoju sektora energetyki odnawialnej '2006

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego¹⁸ w roku 2006 ze źródeł odnawialnych pozyskano w Polsce 210 513 TJ energii (rys. 4)¹⁹. Najwięcej energii pochodziło z biomasy stałej – 91,4 % w pozyskaniu wszystkich nośników energii odnawialnej. Kolejne miejsca zajmuje energia pozyskana z wody (3,5 %), biopaliwa ciekłe (3,3 %), biogaz (1,2 %), energia wiatru (0,4 %) i energia geotermalna (0,3 %). Odnotowano także niewielkie ilości energii pozyskanej z biodegradowalnych odpadów komunalnych (0,008 %) i energii promieniowania słonecznego (0,005 %).



Rys.4 Pozyskanie energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w Polsce, 2006 rok, zastosowano skalę logarymiczną ze względu na znaczną dominację biomasy, (TJ).

¹⁷ W ramach ww. systemu wsparcia nie założono jednak żadnych specjalnych priorytetów i preferencji dla energii elektrycznej czy ciepła z OZE, ale optymalizację wykorzystania odnawialnych zasobów energii wewnątrz całkowitego bilansu energii ze źródeł odnawialnych w 2020 r.

¹⁸ Główny Urząd Statystyczny; „Odnawialne źródła energii 2006”, Warszawa 2007r

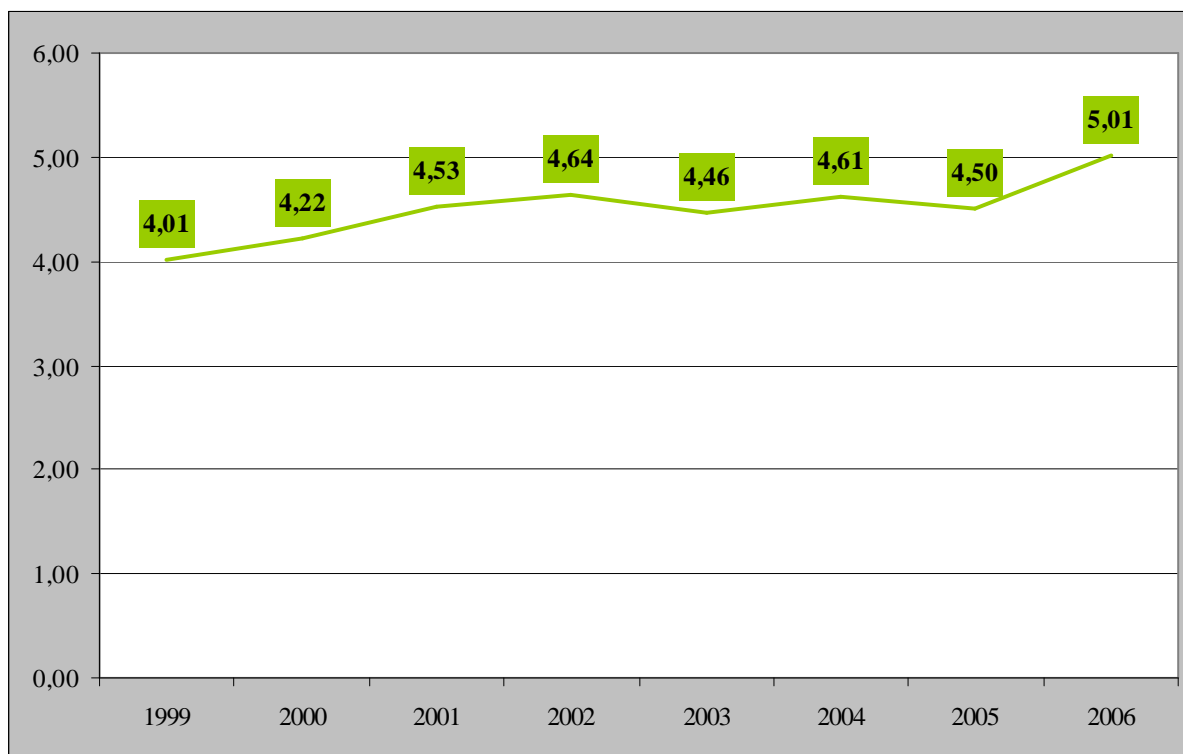
¹⁹ Całkowite pozyskanie wraz z eksportem

Jak pokazuje tabela 2, w latach 2000 -2006 notowany był wzrost pozyskania energii pierwotnej z większości źródeł odnawialnych.

Tabela.2 Pozyskanie energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w latach 2000-2006, TJ

Źródło energii	Lata						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Biomasa stała	150485	160406	163308	164163	170056	174431	192097
Energia promieniowania słonecznego	-	-	1	1	4	6	11
Energia wody	7580	8369	8204	6017	7494	7924	7352
Energia wiatru	20	49	219	448	512	488	922
Bioetanol	-	-	-	-	-	2404	3542
Biodiesel	-	-	-	-	-	2471	3423
Biogaz	1211	1477	1353	1624	1941	2243	2613
Energia geotermalna	124	120	263	311	318	476	535
Odpady komunalne	32	11	10	14	13	30	18

Równocześnie udział energii ze źródeł odnawialnych w krajowym zużyciu energii pierwotnej wyniósł 5,01% w roku 2006 (przyrost o 1% od roku 1999, patrz rys. 5).



Rys.5 Procentowy udział energii ze źródeł odnawialnych w krajowym zużyciu energii pierwotnej, 1999-2006²⁰.

W stosunku do roku 2005, w roku 2006 wystąpił znaczny wzrost wielkości produkcji i krajowego zużycia biopaliw, spowodowany uregulowaniami prawnymi dotyczącymi ich wykorzystania. W przypadku bioetanolu było to 47,3% wzrostu produkcji oraz 61% jego krajowego zużycia. W

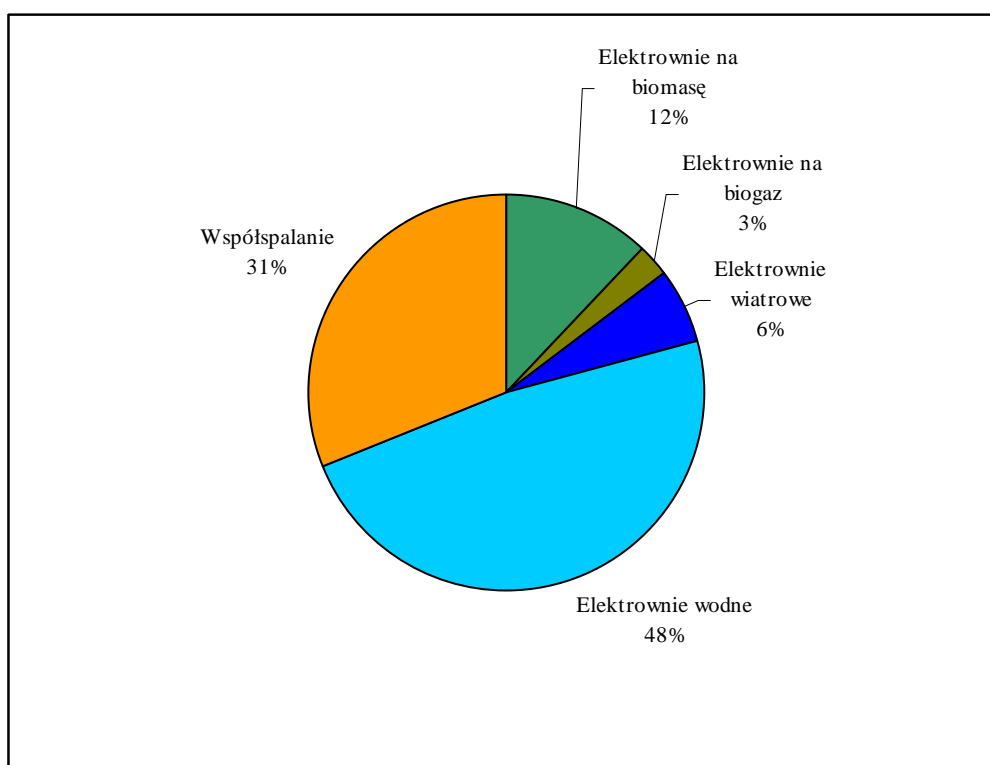
²⁰ Wg innej publikacji - „Gospodarki paliwowo –energetycznej 2005-2006”, GUS, Warszawa 2007 - udział energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii pierwotnej w Polsce w 2005 r. był nieco wyższy niż wskazany na wykresie i wynosił 4,76%.

przypadku biodiesla jest to odpowiednio 38,5% oraz 128,4%. Zużywany w kraju bioetanol był w całości dodawany do benzyn silnikowych, a estry (biodiesel) w 80% do oleju napędowego. W dalszym ciągu jednak produkowane w Polsce biopaliwa były w 2006 r. (są) w znacznym stopniu eksportowane – dotyczyło to 28% bioetanolu i 59% biodiesla.

Ze względu na zobowiązania Polski względem Unii Europejskiej duże znaczenie w ostatnich latach zyskała produkcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. W 2006 roku wg danych Urzędu Regulacji Energetyki (tab.3) w kraju działało 886 koncesjonowanych instalacji OZE, o łącznej mocy zainstalowanej 1509,5 MW. Wyprodukowane w nich zostało 4221 GWh energii.

Tabela 3 Moc zainstalowana i produkcja energii elektrycznej z OZE w latach 2005-2006 (źródło GUS²¹ wg Urzędu Regulacji Energetyki)

Rodzaj OZE	2005			2006		
	Liczba instalacji	Moc zainstalowana	Produkcja energii	Liczba instalacji	Moc zainstalowana	Produkcja energii
	Szt.	MW	MWh	Szt.	MW	MWh
Elektrownie na biomasę	7	189,8	467975,7	6	238,8	503846,2
Elektrownie na biogaz	67	32,0	104465,3	74	36,8	116691,9
Elektrownie wiatrowe	64	83,3	135291,6	104	152,6	257037,4
Elektrownie wodne ²²	672	922	2175559,1	684	931	2029635,6
Współspalanie	16	–	877009,3	18	–	1314336,6
Razem	826	1307,5	3760301,0	886	1509,5	4221547,7

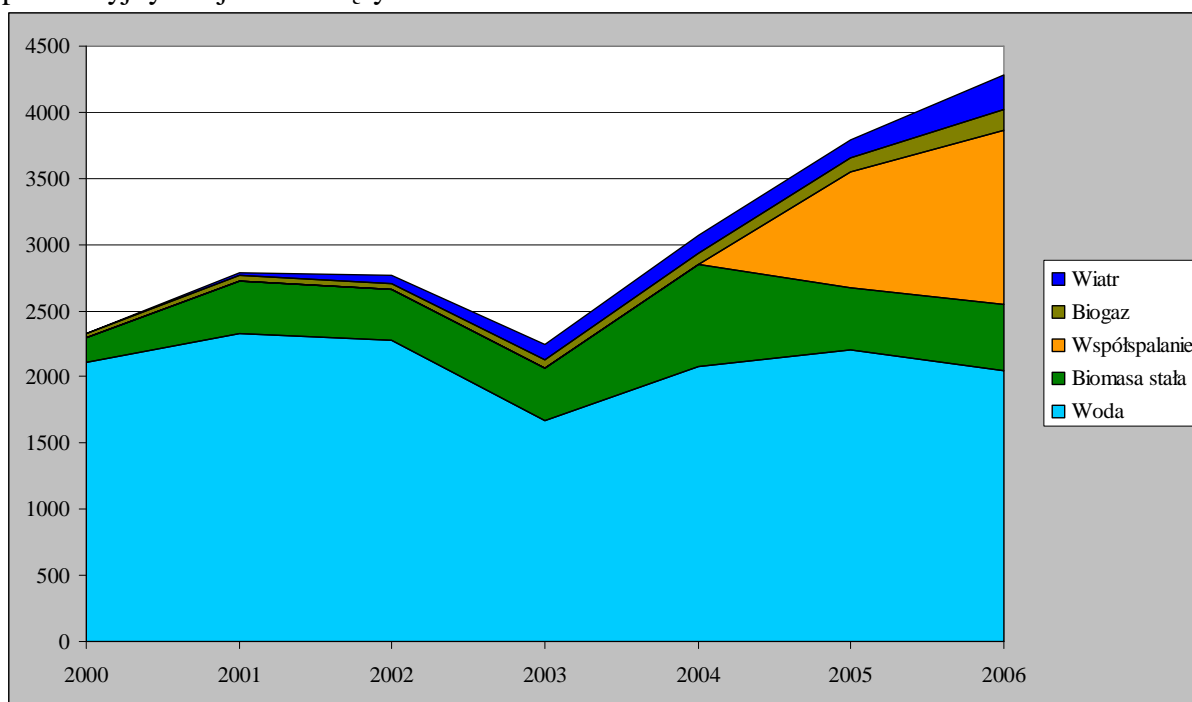


Rys. 6 Procentowy udział poszczególnych rodzajów OZE w całkowitej produkcji energii elektrycznej, 2006.

²¹ Główny Urząd Statystyczny: „Ochrona środowiska 2007”, Warszawa, 2007r

²² Moc zainstalowana elektrowni wodnych wg danych Agencji Rynku Energii SA

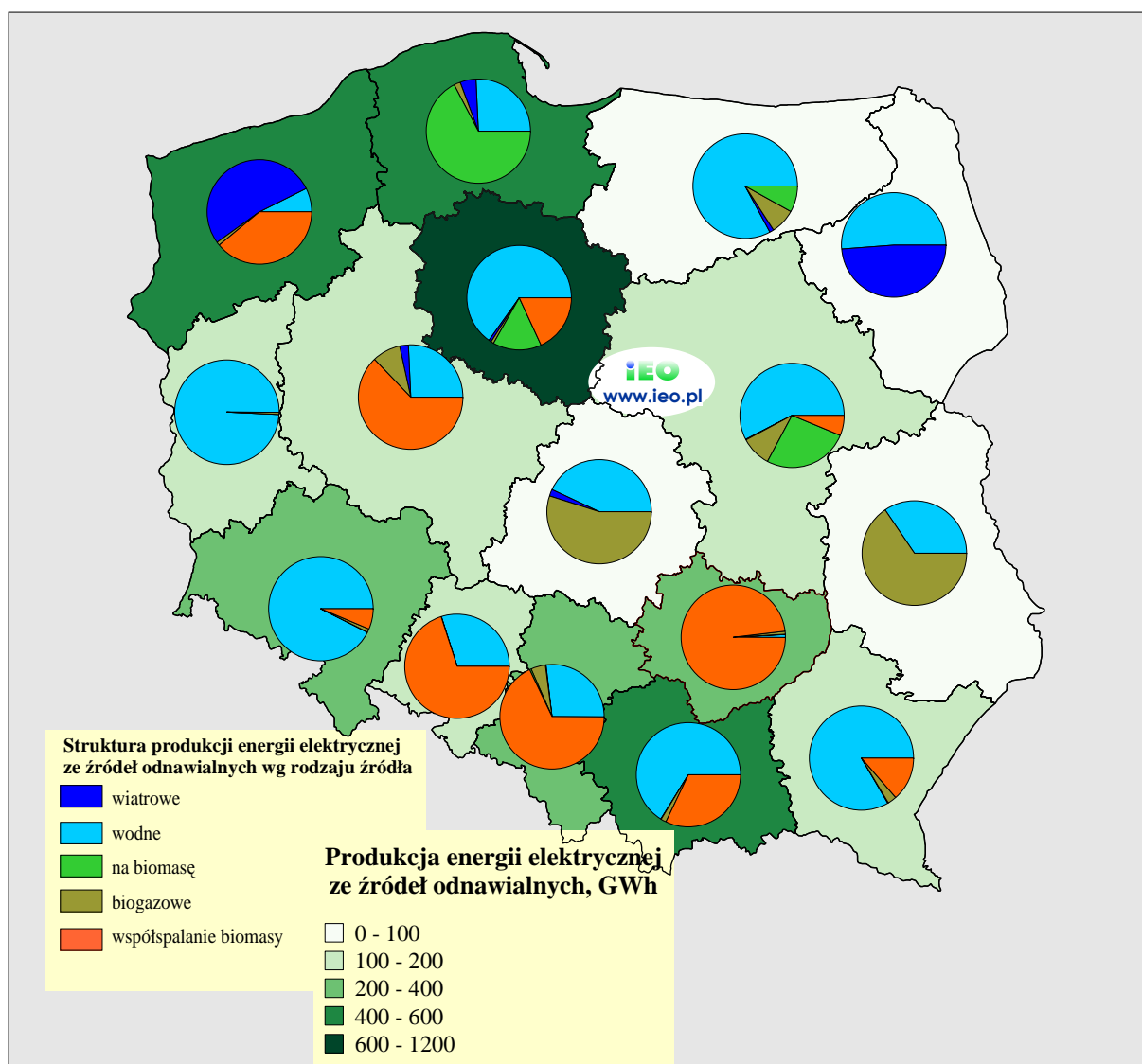
Największy udział produkcji energii elektrycznej z OZE w 2006 roku (rys. 6) wytwarzały nadal elektrownie wodne, niemniej jednak po 2004 roku porównywalne znaczenie zyskało współspalanie biomasy (rys. 7). Notowany jest także przyrost mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych, jednak technologia ta nadal znajduje się w Polsce w początkowej fazie rozwoju i jej wkład produkcyjny nie jest znaczący.



Rys. 7 Produkcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w GWh w latach 2000-2006²³

Rozwój OZE jest silnie związany z uwarunkowaniami lokalnymi – dostępnością zasobów oraz możliwościami ich wykorzystania. Stąd już na obecnym etapie widoczna jest wyraźna regionalizacja wykorzystania odnawialnych zasobów energii (rys.8).

²³ Opracowanie własne na podstawie GUS (op. cit.) i URE (op. cit.)

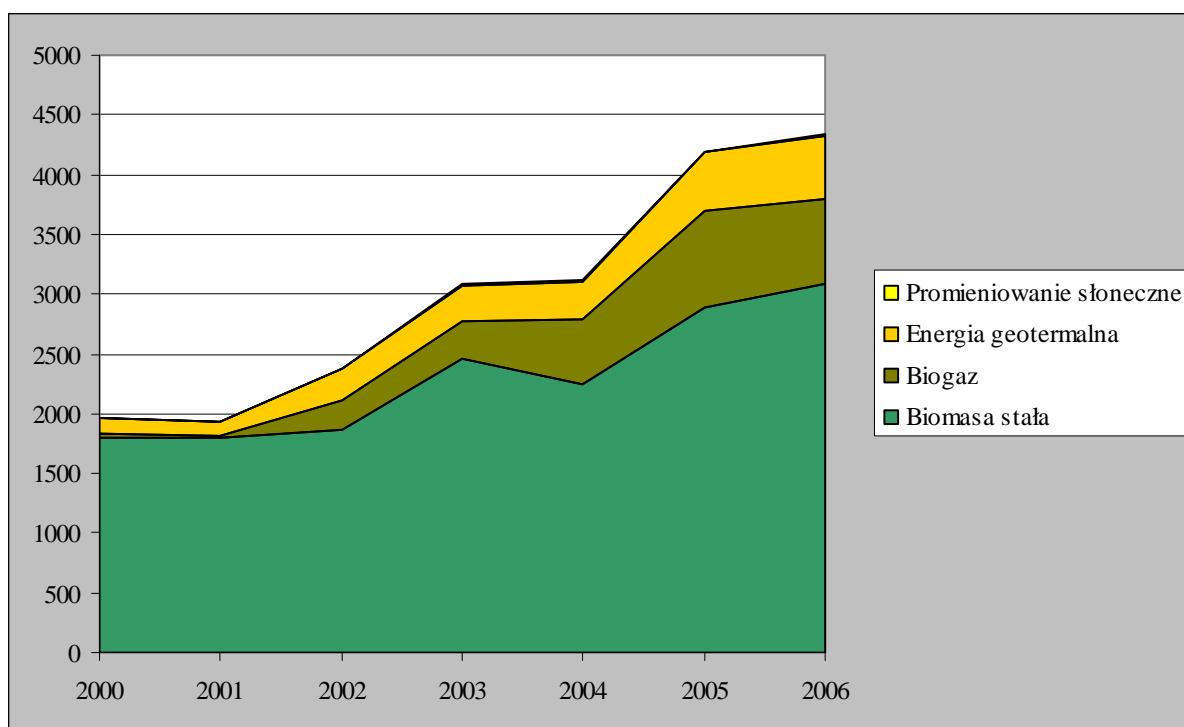


Rys. 8 Struktura produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych wg województw, 2006²⁴

W roku 2006 energia elektryczna z OZE nadal produkowana była głównie w województwach gdzie zlokalizowane są większe elektrownie wodne lub elektrownie ciepłownicze posiadające możliwości współspalania biomasy (południe kraju). Jednak stopniowo wzrasta pozycja regionów Polski Północnej, głównie ze względu na znaczące zasoby energii wiatru oraz dużą liczbę projektów ich wykorzystania.

W Polsce z odnawialnych źródeł energii produkowane jest rocznie (2006) 4 341 TJ ciepła. Dominującą rolę odgrywa tu biomasa stała (71% produkcji), jednak w ostatnich latach wzrasta wykorzystanie energii geotermalnej i biogazu (rys. 9). Energia promieniowania słonecznego, z której wytworzono 11 TJ ciepła (w r. 2006) ma na razie jedynie znikomy (0,25%) udział w bilansie ogólnym, jednak jej zastosowanie znacząco wzrasta, szczególnie w zakresie małych instalacji indywidualnych (prawie 3-krotny wzrost produkcji od roku 2004).

²⁴ Opracowanie własne na podstawie Banku danych regionalnych GUS



Rys. 9 Produkcja ciepła sieciowego ze źródeł odnawialnych w TJ w latach 2000-2006²⁵

4. Realny potencjał wykorzystania odnawialnych zasobów energii

4.1 Energetyczne wykorzystanie biomasy

Uwagi metodyczne

Przyjęto następujący podział rodzajów zasobów biomasy na cele energetyczne:

Odpady stałe - suche, które w postaci przetworzonej (pelety, brykiety) lub bezpośredniej (trociny, wióry, drobnica gałęziowa z sadów) mogą być wykorzystane w procesach spalania do wytwarzania ciepła lub energii elektrycznej. Zasadniczym źródłem danych do oceny potencjału biomasy odpadowej (także mokrej) było opracowanie wykonane w Instytucie Energetyki Odnawialnej (IEO) w ramach projektu UE o akronimie PRO-BIO koordynowanym w Polsce przez Instytut Energetyki pt. „Opracowanie metody badania rynku paliw odnawialnych²⁶”. Analiza objęła odpady ze wszystkich przemysłów przetwórczych, w tym przemysłów: zbożowego, paszowego, tartaczno, stolarki budowlanej, meblarskiego i płyt drewnopochodnych. Dodatkowo w niniejszym opracowaniu uwzględniono wyniki dotyczące oceny potencjału energetycznego odpadów z sadownictwa zebrane w ramach projektu UE o akronimie FORBIOM²⁷ (realizowanego w Polsce przez Energsys) oraz najnowsze wyniki oceny potencjału energetycznego odpadów z produkcji rolnej - słomy i resztek poźniwnych – opracowane w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa²⁸. W analizach dotyczących odpadów stałych kwalifikowanych do procesów

²⁵ Główny Urząd Statystyczny: „Ochrona środowiska 2007”, Warszawa, 2007r

²⁶ Kunikowski G., A. Gumeniuk, L. Janowicz, M. Rutkowska-Filipczak, M. Rogulska, G. Wiśniewski: „Opracowanie metody badania rynku paliw odnawialnych”, Instytut Energetyki Odnawialnej, Warszawa, 2005.

²⁷ Gaj H. : Kształtowanie rynku biomasy dla systemów ogrzewania sieciowego w krajach Europy Centralnej i Wschodniej”, Czysta Energia nr 9/2005

²⁸ Kuś J., A Madej., J. Kopiński: Bilans słomy w ujęciu regionalnym. IUNG, 1997 (raport z badań, niepublikowany)

konwersji termochemicznej, nie uwzględniono możliwości bezpośredniego spalania odpadów komunalnych. Wszystkie odpady organiczne możliwe do pozyskania przed trafieniem na wysypisko, uwzględniono w potencjale biogazu lub w potencjale odpadów stałych organicznych

Odpady organiczne mokre w całości zostały dodane do potencjału biogazu. Podstawowym źródłem danych było cytowane wyżej „Opracowanie metody badania rynku paliw odnawialnych”, obejmujące kompleksową ocenę odpadów pochodzących z takich przemysłów jak: tłuszczowy (makuchy), ziemniaczany (osady, odpady skrobiowe), cukrowniczy (osady po myciu buraków), drobiarski i mięsny, owocowo-warzywny oraz spirytusowy i piwowarski. Przy ocenie potencjału biogazu z gnojowicy, bazowano na wynikach innego opracowania Instytutu Energetyki Odnawialnej dla Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej²⁹. Dodatkowo, biorąc pod uwagę rządowy program rozwoju biopaliw do 2014 r. i scenariusz rozwoju biopaliw do 2020 r., w niniejszej pracy w potencjale biogazu z odpadów uwzględniono także odpady z tego przemysłu (głównie faza glicerynowa z estrowni i wywar gorzelniany), jako wysokoenergetyczne substraty do procesów fermentacji metanowej. Kryterium zaliczenia wszystkich odpadów organicznych do potencjału biogazu był warunek większego uzysku energetycznego przy fermentacji metanowej niż przy bezpośrednim spalaniu. Z analiz potencjału odpadów mokrych organicznych do produkcji biogazu, wyłączono potencjał biogazu rolniczego (nie utylizacyjnego) opartego na kiszonkach roślin zielonych jako substracie. Potencjał ten uwzględniono jako element celowych upraw energetycznych. Nie przewidziano istotnego wzrostu potencjału produkcji biogazu z obecnie wykorzystywanych tradycyjnych surowców (osad ściekowych na oczyszczalniach ścieków i metan z odgazowania wysypisk), gdyż ten potencjał, bazujący na najtańszych rozwiązaniach i będący znacznie wcześniej potencjałem rynkowym, został już w znacznej części spenetrowany i wykorzystany przez inwestorów. Jednocześnie jednak, istotny dla bilansu aktualny stan wykorzystania biogazu z tych źródeł został dodany do ogólnego, rynkowego potencjału biogazu z odpadów na 2020 r.

Drewno energetyczne z lasów; przy szacowaniu zasobów drewna leśnego, uwzględniono jedynie takie asortymenty jak drewno opałowe (iglaste i liściaste) oraz drewno małowymiarowe i oparto się na oficjalnych danych statystycznych GUS nt. gospodarki leśnej. Wobec znaczącego niedoboru w Polsce drewna na inne cele gospodarcze (np. przemysł meblarski), rosnących z tego powodu cen drewna i konieczności prowadzenia zrównoważonej i wielofunkcyjnej gospodarki leśnej, nie przewidziano zwiększania pozyskania w badanym okresie drewna z Lasów Państwowych (czyli z ponad 76% powierzchni lasów w Polsce) na cele energetyczne.

Zidentyfikowane zasoby biomasy z powyższych źródeł zostały potraktowane jako bazowe do oceny potencjału „realnego” i wręcz zalecane do pełnego wykorzystania do roku 2020.

Inne podejście zastosowano w stosunku do nowych (dotychczas praktycznie nie eksploatowanych)³⁰ upraw energetycznych, których skalę wykorzystania ograniczono ze względu na niebezpieczeństwo naruszenia istotnie innych celów, a w szczególności samowystarczalności żywnościowej kraju oraz wywołania dodatkowej presji na przejście rolnictwa na nadmiernie intensywną i nie zrównoważoną środowiskowo gospodarkę.

²⁹ Oniszk Popławska A., M.Zowski, G. Wisniewski: Założenia do Strategii Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej” w zakresie wspierania rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2004-2010, Warszawa, 2004

³⁰ Wg danych Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa w 2007 r. o dopłaty do upraw roślin energetycznych ubiega się blisko 9 tys. rolników, a powierzchnia upraw, która zadeklarowali przekracza 170 tys. ha, ale obecne rzeczywiste wykorzystanie energetyczne upraw innych niż przeznaczone na biopaliwa transportowe pierwszej generacji.

Uprawy energetyczne to nowa i jednocześnie najszerza grupa surowców, potencjalnie o największych możliwościach zapewnienia dostaw biomasy na cele energetyczne. Jednocześnie jednak nie sposób nie zauważyć, że większy zakres wykorzystania upraw energetycznych będzie w konflikcie z innymi formami użytkowania przestrzeni i innymi celami gospodarczymi. W tej grupie uwzględniono zarówno potencjał typowych rolniczych roślin uprawnych i wykorzystywanych energetycznie jak: *skrobiowo-cukrowych* (do produkcji bioetanolu) i *rzepaku* (do produkcji biodiesla), jak i takich upraw jak *kukurydza wykorzystywana jako kiszonki*, obecnie jednie do celów paszowych, jak i wprowadzanych dopiero do uprawy tzw. *lignocelulozowych upraw energetycznych* takich jak wierzba (do spalania lub zgazowania). W ocenie potencjału upraw energetycznych wykorzystano dwie zasadnicze najnowsze prace oceniające krajowe możliwości w tym zakresie na tle innych krajów UE i z różnym podejściem do ograniczeń dotyczących wykorzystywania istniejącego potencjału technicznego.

Jako bazę do oceny potencjału teoretycznego i technicznego upraw energetycznych w Polsce przyjęto wyniki raportu końcowego realizacji projektu UE o akronimie REFUEL³¹. Wysoki potencjał techniczny plantacji energetycznych dla Polski uzyskany w ramach projektu REFUEL został zweryfikowany w oparciu o wyniki najnowszego raportu European Environmental Agency (EEA)³² oraz dodatkowe założenia zespołu wykonawców niniejszej ekspertyzy i na tej podstawie został oszacowany potencjał ekonomiczny upraw energetycznych z uwzględnieniem wprowadzania do uprawy takich roślin, które dają jak największy efekt przy możliwie najniższym oddziaływaniu na środowisko i możliwie najmniejszych negatywnych skutkach dla rolnictwa.

Wyniki

Potencjał techniczny

Przy powyższych założeniach i znanych wynikach wcześniejszych prac źródłowych oraz trendach, pomimo wielu strumieni suchej i mokrej frakcji organicznej, stosunkowo łatwo można było oszacować **potencjał techniczny odpadów**. Składają się na niego³³: potencjał odpadów stałych (suchych) – 237 044 TJ, odpadów mokrych (przeznaczonych do produkcji biogazu) - 175 809 TJ, drewna opałowego i odpadowego z lasów państwowych 34 931 TJ.

Wobec braku doświadczeń i solidnych badań krajowych, stosunkowo najtrudniej podlega ocenie potencjał upraw energetycznych. Z tych też powodów do jego oceny wykorzystano najnowsze wyniki badań dla Polski wykonane, w ramach projektów UE, przez międzynarodowe konsorcja badawcze. Wartość tych prac jest duża także dlatego, że ich jednolita metodyka pozwala na porównania międzynarodowe, a znane założenia i szeroka dyskusja umożliwia weryfikację wyników.

Wyniki z pierwszej z analizowanych prac zawartych w raporcie z projektu REFUEL wskazują, że potencjał upraw energetycznych w Polsce sięga 2 259 096 TJ.

Tak wysoki, przyszłościowy potencjał techniczny upraw energetycznych uzyskany w ramach tego projektu, wynika z następujących założeń:

- zrównania wydajności (intensywności) krajowego rolnictwa z rolnictwem w UE-15, ale z jednoczesnym znacznym podniesieniem plonowania upraw energetycznych w perspektywie 2020 r.

³¹ Raport z projektu UE/IEE : “Renewable fuels for Europe up to 2030”, 2007 (syntetyczne wyniki projektu w zakresie szacowania potencjału zasobów biomasy do produkcji biopaliw dostępne na stronie internetowej <http://www.ieo.pl/downloads/26102007/Sylvia%20Prieler.pdf>)

³² European Environmental Agency: Estimating the environmentally compatible bio-energy potential from agriculture”, EEA Technical Report No. X/2007, Copenhagen, ‘2007 (unpublished).

³³ Źródła danych podane są w przypisach 26-30

- w efekcie uzyskania nadwyżki -przy zachowaniu samowystarczalności żywnościowej kraju – i 11,5 mln ha ziemi uprawnej jako możliwej do wyłączenia z upraw żywności.

Wyniki raportu prowadzą do wniosku, że gdyby Polska cały swój potencjał techniczny upraw energetycznych wykorzystwała tylko do produkcji biopaliw transportowych, to w roku 2020 mogłaby zapewnić podaż biopaliw odpowiadającej ich wartości energetycznej od 1000 000 do 1 100 000 TJ, w zależności od skali wprowadzenia na rynek biopaliw drugiej generacji. W przypadku szerszego wprowadzania biopaliw drugiej generacji raport REFUEL, uznający jako kryterium środowiskowe korzystny bilans CO₂, z uwagi na krajowe zasoby glebowe i wodne oraz warunki klimatyczne, rekomenduje oparcie ww. potencjału na dwu uprawach: wierzbie energetycznej i prosie różgowym, jako reprezentancie upraw trawiastych. Wydaje się jednak, że nie wszystkie uwarunkowania środowiskowe, podobnie jak nie wszystkie uwarunkowania strukturalne krajowego rolnictwa, zostały w pełni w tych analizach uwzględnione. Dlatego oceniony wg metodyki REFUEL potencjał techniczny sięgający 2 259 096 TJ można nazwać jako „potencjał techniczny długookresowy” albo „**potencjał techniczny brutto**”, którego pełne wykorzystanie musiałoby być związane z nadaniem celom energetycznym silnego priorytetu wobec celów związanych z rozwojem rolnictwa i ochroną środowiska.

Do oceny realnego potencjału technicznego wykorzystano wyniki wspomnianego wcześniej najnowszego raportu EEA. W tym raporcie łączny potencjał energetyczny upraw w 2020 roku w Polsce oceniono na 1 011 000 TJ. Uwzględniając szerzej ograniczenia środowiskowe dla upraw energetycznych, autorzy raportu szerzej biorą także pod uwagę spodziewany trend wzrostowy co do zwiększania się obszaru proekologicznie zorientowanych upraw rolniczych (rolnictwo ekologiczne i przyjazne środowisku praktyki rolnicze na terenach rolniczych o wysokiej wartości różnorodności biologicznej – tzw. High Nature Value farmland [HNV], a więc przede wszystkim tereny w ramach sieci NATURA 2000 i tereny objęte programami rolno-środowiskowymi nakierowanymi na ochronę różnorodności biologicznej). Zdaniem autorów raportu, będą to tereny o bardziej ekstensywnej uprawie. Dla większości krajów członkowskich (wyłączając kraje małe i bardzo gęsto zaludnione jak Belgia, Holandia, Luksemburg, i Malta) zakłada się w perspektywie roku 2020 duży wzrost udziału tego typu upraw – w grupie krajów (16) do których zaliczona została Polska do ok. 30% użytków rolnych. Tę wielkość przyjmuje się w większym stopniu jako cel niż jako spodziewaną wielkość. Wg danych za rok 2000, powierzchnię tego typu terenów w Polsce szacowano w przedziale 10-15% powierzchni użytków rolnych.

W opracowaniu wskazuje się także, że w Polsce jest ok. 12% siedlisk typu łąkowego chronionych w ramach sieci NATURA 2000, których zachowanie zależne jest od utrzymania ekstensywnych praktyk rolniczych (średnia w UE ok. 16%), w tym koszenia traw, co stanowi pewien potencjał dla bioenergetyki, ale ściśle obwarowany wymogami ochrony przyrody. Przy szacowaniu przestrzeni dostępnej w perspektywie 2020 r. pod uprawy energetyczne, uwzględniono także tereny jakie w najbliższej przyszłości zostaną przeznaczone na inne niż rolnicze cele – a więc na cele urbanizacji, rozwoju infrastruktury transportowej i środowiskowej (oczyszczalnie, utylizacja odpadów), zalesienia i rozwój turystyki. Polska w tym zakresie zaliczona została do największej grupy państw UE (13), w których takie tereny zajmować będą prawdopodobnie ok. 1% powierzchni dzisiejszych użytków rolnych.

W efekcie tych założeń przedstawiono szacunki dotyczące potencjalnego wzrostu w do 2020 r. powierzchni dostępnej do produkcji biomasy i udziału w tej powierzchni ekstensywnie wykorzystywanych użytków zielonych, gdzie pozyskanie biomasy może dotyczyć tylko biomasy pochodzącej z koszenia tych terenów. Przy powyższych założeniach, autorzy raportu EEA dokonali oceny terenów dostępnych w Polsce do produkcji biomasy. W opracowaniu do wykorzystania

energetycznego w 2020 r. zakwalifikowano grunty orne o powierzchni 4 321 200 ha, ale także dostępne użytki zielone o areale 492 300 ha, łącznie 4 813 500 ha.

Autorzy niniejszego opracowania, przyjęli wyniki raportu EEA jako bliskie realnemu potencjałowi technicznemu z uwzględnieniem wymogów środowiskowych i wymogów zrównoważonego rolnictwa, z drobnymi zastrzeżeniami: a) ze względów środowiskowych zmniejszono obszar użytków zielonych użytkowanych rolniczo z 492 300 ha do 100 000 ha – zbliżając założenia dla Polski do średnich w UE oraz b) dostosowano powierzchnie pod uprawy roślin przeznaczonych do produkcji biopaliw (rzepak oraz pszenżyto i pochodne³⁴) do takiego areалу, który pozwoli jedynie na osiągnięcie 10% udziału biopaliw w zużyciu oleju napędowego i benzyny w 2020 r. dla Polski (bez planowania nadwyżek na eksport, ale i bez uwzględniania wysokiego wzrostu plonowania ujętego w raporcie EEA). W efekcie obszar przeznaczony pod plantacje energetyczne ograniczono do 3 300 000 ha. Ograniczenie wielkości areалу i przyjęcie umiarkowanych średnich plonów (średnio 145 GJ/ha, z uwzględnieniem upraw pod biopaliwa pierwszej generacji), pozwala na ostrożniejsze wprowadzanie upraw energetycznych i znacznie mniejsze skutki środowiskowe³⁵ oraz na większe możliwości ich lokalne dostosowanie do środowiska rolnego i zmniejszenie presji przestawiania rolnictwa na bardziej intensywne. Uogólniając przeprowadzone rachunki, można stwierdzić, że uwzględniając czynniki środowiskowe potencjał techniczny upraw energetycznych brutto oszacowany w ramach projektu REFUEL został zmniejszony do 21% potencjału wyjściowego. Tak oszacowany realny potencjał techniczny pozwala też na powiększanie obszarów rolnictwa ekologicznego w Polsce. Nie ulega jednak wątpliwości, że choć techniczne możliwości prowadzenia upraw energetycznych w Polsce są bardzo duże, większe od przyjętych do dalszych analiz (nawet przy założeniu samowystarczalności energetycznej kraju), to obowiązywać powinna tu zasada: „tylko tyle plantacji energetycznych ile absolutnie niezbędne”.

W efekcie uzyskano **potencjał techniczny upraw energetycznych** w wysokości **479 166 TJ³⁶**, w tym: uprawy lignocelulozowe –208 888 TJ, uprawy skrobiowo-cukrowe 81 027 TJ, rzepak 73 514 TJ oraz kiszunki z kukurydzy i użytków zielonych (z przeznaczeniem na biogaz) 116 625 TJ.

Łączny realny **potencjał techniczny biomasy** jest sumą powyżej obliczonych składowych i wynosi **926 950 TJ** (plantacje energetyczne 479 166 TJ, odpady stałe suche 237 044 TJ, odpady stałe mokre 175 809 TJ, drewno opałowe z lasów 34 931 TJ).

Potencjał ekonomiczny

W związku z tym, że energetyczne wykorzystanie biomasy jest już obecnie w Polsce „ekonomiczne” (w obecnych uwarunkowaniach prawnych i gospodarczych), biorąc po uwagę „ostrożność” w metodyce szacowania realnego potencjału technicznego, można byłoby przyjąć, że potencjał ekonomiczny równa się wyżej określonego potencjałowi technicznemu. Jednakże, przyjęta metodyka „kaskadowego” przechodzenia z potencjałów technicznych do ekonomicznych i równoległego ich szacowania dla wszystkich rodzajów zasobów celem bilansowania i

³⁴ Tak jak założono w rozdziale 2, w analizach do roku 2020 uwzględniono jedynie biopaliwa pierwszej generacji, choć w tym czasie na rynku będą już paliwa II generacji. W tym sensie zapotrzebowanie na tereny uprawne na cele energetyczne może być nieco mniejsze niż poniżej obliczone, a w konsekwencji ostateczne udziały energii ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycie energii (rozdział 5) są ocenione konserwatywnie. Nie znając jednak szczegółowych instrumentów wsparcia dla drugiej generacji biopaliw i bazując na założeniu pracy, że do 2020r. obowiązują obecne instrumenty wsparcia, niezwykle trudno, zgodnie z przyjętą metodą wyszacować udział biopaliw drugiej generacji na rynku w 2020r.

³⁵ Przy tych założeniach możliwa byłaby produkcja biomasy energetycznej bez wykorzystania roślin modyfikowanych genetycznie oraz na znacznym obszarze zajęтым docelowo przez uprawy energetyczne możliwe byłoby ograniczenie rolnictwa intensywnego na rzecz zintegrowanego.

³⁶ Warto podkreślić, że tego typu szacunki makroekonomiczne wynikające z bilansu dostępnej przestrzeni i bilansu ziem uprawnych na cele żywnościowe oraz optymalizacji wielkości i intensywności upraw energetycznych z punktu widzenia krajowych bilansów energetycznych, niekoniecznie muszą przekładać się na decyzje rolników, a wpływ rządu na te decyzje będzie ograniczony.

porównywania na każdym etapie tego procesu, zmusza do posługiwania się energią końcową już na etapie potencjału ekonomicznego. Konieczność przedstawienia ostatecznego wyniku ocen zasobów w bilansie udziału energii z tych zasobów w energii finalnej, dodatkowo zmusza do posługiwania się energią końcową (zużyciem) także w odniesieniu do energii z odnawialnych zasobów energii i uwzględniania sprawności przemian.

Dlatego też, zgodnie z przyjętą metodą, potencjał ekonomiczny biomasy odpowiada co do zasady wielkości potencjału technicznego, z uwzględnieniem współczynników konwersji/sprawności na końcowe nośniki energii. Dla upraw energetycznych przyjęto następujące współczynniki sprawności; kiszonki na biogaz 70%, surowce skrobiowo-cukrowe na bioetanol 52%, nasiona rzepaku na biodiesel 27%³⁷, oraz surowce lignocelulozowe na cele generacji ciepła i/lub elektryczności – średnio³⁸ 75% i taki sam wskaźnik dla odpadów suchych (spalanie) i mokrych (biogaz). W efekcie oszacowano potencjał *ekonomiczny biomasy* (wyrażony w energii końcowej) jako **600 168 TJ**, czyli ekwiwalent 65% potencjału technicznego.

Potencjał rynkowy '2020

Potencjał rynkowy obrazuje możliwości praktycznego wykorzystania potencjału ekonomicznego biomasy do 2020r. Założono, że planowane jako niezbędne (ze względu na cele dotyczące biopaliw – 10% i założonego na wstępie ogólnego udziału OZE w energii końcowej), celowe plantacje energetyczne w 100% znajdą swoje miejsce na rynku, jako uzupełnienie bilansu OZE do wymaganego poziomu³⁹. W przypadku rozproszonych odpadów, założono mniejszy stopień ich wykorzystania, odpowiednio 90% w przypadku odpadów stałych i 60% w przypadku odpadów mokrych. Przyjęte wartości są wyższe dla odpadów suchych, ze względu zarówno na ich wyższą cenę (instrument do ich pozyskania nawet od mniejszych dostawców), jak ich mniejszemu rozproszeniu i możliwości utylizacji na miejscu.

W efekcie, **potencjał rynkowy biomasy na 2020r oszacowano na 533 118 TJ**, w tym odpady stałe 149 338 TJ, odpady mokre (biogaz) 72 609 TJ, oraz drewno opałowe i plantacje energetyczne bez zmian, odpowiednio 24 452 TJ i 286 718 TJ.

W przypadku potencjału rynkowego energetycznego wykorzystania biomasy w 2020 r., rozważono scenariusz alternatywny z założoną skalą niebilansowania eksportu i importu. Wstępnie w analizach założono, że obrotowi międzynarodowemu podlegać będą tylko paliwa (biopaliwa ciekłe i stałe) oraz na tej podstawie przedstawiono wpływ bilansu eksportu/importu tych paliw na

³⁷ Bez uwzględnienie odpadów (wytłoki, gliceryna, itp.), bo te są liczone w potencjale biogazu

³⁸ Przyjęta średnia sprawność jest stosunkowo niska, gdyż uwzględnia w dalszym ciągu funkcjonowanie współspalania biomasy z plantacji z węglem w elektrowniach

³⁹ Inne założenie, przy przyjętej metodzie oceny zasobów i potencjałów rynkowych nie miałyby sensu. Pozostaje jednak nierozwiązany problem skuteczności systemu wsparcia dla energetycznego wykorzystania biomasy z perspektywy rolnika. W niniejszej pracy przyjęto jako niezmienny do 2020 r., a jednocześnie w sposób szczególny wzięto pod uwagę ograniczenia dotyczące bioróżnorodności, degradacji gleb i zanieczyszczenia wód gruntowych towarzyszące rozwojowi plantacji energetycznych. Przy obecnym systemie wsparcia, opłacalność ekonomiczną w stosunku do typowych upraw rolniczych na cele żywnościowe, uzyskują jednak tylko wielkołanowe plantacje energetyczne z uprawą intensywną (*por.* Ewa Gańko i wsp. „Badanie opłacalności uprawy wierzby krzewiastej (*Salix sp.*) na cele energetyczne w powiecie grudziądzkim oraz ocena konkurencyjności wierzby w odniesieniu do upraw: pszenicy ozimej, rzepaku ozimego, buraka cukrowego, tytoniu, kukurydzy oraz użytkowania łąk trwałych”, Instytut Energetyki Odnawialnej (EC BREC IEO), Warszawa 2006 r.) Zatem o skali potencjału rynkowego plantacji energetycznych decydować będą relacje pomiędzy rosnącymi cenami za biomasę energetyczną wymuszonymi systemem wsparcia odnawialnych źródeł energii a dochodowością z hektara uzyskiwana przez rolnika przy produkcji żywności, a więc parametrami niezwykle trudnymi do przewidzenia w perspektywie 2020 r. W tym tkwi ryzyko związane z założeniem o równości potencjału ekonomicznego i rynkowego, choć jak wspomniano wyżej inne założenie pozbawione byłoby sensu ekonomicznego.

zdolność Polski do osiągnięcia założonego wstępnie celu. W celu przeprowadzenia prostej symulacji, w przypadku wszystkich biopaliw uwzględnionych w obrocie międzynarodowym, założono nadwyżkę eksportu nad importem, w tym uwzględniono eksport przetworzonych odpadów suchych (pelety i brykiety) w 50%, surowców lignocelulozowych (zrębki drzewne) w 20%, biopaliw transportowych (w przeliczeniu na czyste biokomponenty) w 33%. W efekcie krajowe zużycie końcowe paliw energii z biomasy w 2020 r. zmniejszyłoby się z 533 118 do 409 700 TJ i skutkowałoby istotnym zmniejszeniem stopnia realizacji celów ilościowych, zarówno w zakresie udziału biopaliw transportowych jak i energii z OZE w finalnym zużyciu energii w Polsce lub wymagałoby zwiększenia wcześniej określonych areałów przeznaczonych na plantacje energetyczne (załącznik 3).

4.2 Energetyka wiatrowa

Uwagi metodyczne

Informacja o zasobach energii wiatru dla terenu Polski dostępna jest w ograniczonym zakresie i jedynie na poziomie ogólnym. Studia i pomiary wykonane przez instytucje takie jak Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej⁴⁰, RISOE National Laboratory, Pacific Northwest Laboratory⁴¹ oraz przez inwestorów prywatnych wskazują jednak, że Polska posiada znaczące zasoby energii wiatru, predestynujące nasz kraj do rozwoju tej technologii energetyki odnawialnej. Szczególnie uprzywilejowane pod względem zasobów są tereny:

- Wybrzeża Morza Bałtyckiego, zwłaszcza w jego wschodniej części
- północno-wschodniej Polski (okolice Suwałk i Gołdapi)
- zróżnicowane orograficznie otwarte tereny Warmii, Mazur i Pomorza
- tereny podgórskie Polski Południowej – głównie Podkarpacia i Dolnego Śląska.

Poza tymi terenami, także w centralnej Polsce rozważanych jest szereg potencjalnych lokalizacji elektrowni wiatrowych, jednak z reguły wymagają one zastosowania wyższych wież dla turbin wiatrowych, aby osiągalna prędkość wiatru na wysokości wirnika wzrosła do wartości opłacalnych ekonomicznie.

Dotychczasowy rozwój wykorzystania energii wiatru wskazuje jednak, że jest on uzależniony głównie od powierzchni dostępnej dla posadowienia turbin wiatrowych i ograniczony przez uwarunkowania infrastrukturalne, środowiskowe oraz ekonomiczne. Dlatego też zdecydowano się w niniejszej pracy oprócz oszacowania potencjału o bilans dostępnej przestrzeni, przy zastosowaniu wskaźników liczbowych (zapotrzebowanie na przestrzeń oraz przeciętna wydajność turbin przy obecnie stosowanej technologii) podanych m.in. przez Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej.

Wyniki

Potencjał teoretyczny

Potencjał teoretyczny energii wiatru dla terenu Polski, przy przyjęciu wskaźnika jednostkowego zapotrzebowania na powierzchnię w wysokości 10 ha na 1 MW mocy zainstalowanej⁴² wyniósłby dla obecnie stosowanych technologii konwersji 2049 TWh na lądzie oraz 374 TWh na morzu (łącznie 9 EJ energii). Jest to jednak potencjał niemożliwy do praktycznego zagospodarowania,

⁴⁰ Halina Lorenc *Struktura i zasoby energetyczne wiatru w Polsce*, IMGW, 1996

⁴¹ Pacific Northwest Laboratory Wind energy resource assessment for Poland, 1996

⁴² Źródło: Opinia Polskiego Stowarzyszenia Energetyki Wiatrowej

gdyż zakłada wykorzystanie na cele energetyki wiatrowej całej powierzchni kraju, morskich wód wewnętrznych i morza terytorialnego.

Potencjał techniczny

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej podaje, że dobre warunki wiatrowe występują na 30% powierzchni naszego kraju, a 5% dotyczą warunki wybitnie korzystne. Pod względem przestrzennym, ten potencjał energii wiatru wiąże się przede wszystkim z przestrzennym rozmieszczeniem terenów otwartych (o niskiej szorstkości podłoża i bez obiektów zaburzających przepływ powietrza). Tereny takie to w przeważającej mierze tereny użytków rolnych, które stanowią obecnie ok. 59% powierzchni kraju. Zgodnie z prognozami zmian w strukturze użytkowania terenu do roku 2020 nie przewiduje się znaczących zmian ograniczających tę powierzchnię (możliwe ograniczenie o ok. 1%). Istotnym ograniczeniem przestrzennym jest natomiast występowanie i powiększanie obszarów chronionych (32% powierzchni kraju wg GUS), tym obszarów włączanych do sieci NATURA 2000 (docelowo zapewne ok. 20% powierzchni), które wykluczyć należy z rozwoju energetyki wiatrowej.

W obecnym stanie wiedzy trudno jest ocenić jaki procent gruntów możliwych do ekonomicznie opłacalnej eksploatacji dla celów energetyki wiatrowej wyłączony będzie z eksploatacji ze względów środowiskowych (brak możliwości dokładnego nałożenia warstw przestrzennych). Możliwe są tylko bardzo uogólnione szacunki, wg których tereny użytków rolnych chronione są obszarowo tylko w części. Wg danych GUS 0,13% użytków rolnych znajduje się na obszarach parków narodowych, 5% na terenie parków krajobrazowych. Kolejne 17 % użytków rolnych to tereny chronionego krajobrazu.

Po nałożeniu na siebie warstw przestrzennych o rozdzielczości powiatu, stwierdzono, że wskazane wcześniej obszary o najkorzystniejszych warunkach wiatrowych charakteryzują się:

- zbliżonym do średniej krajowej udziałem użytków rolnych w ogólnej powierzchni powiatu
- są w porównaniu z resztą kraju w mniejszym stopniu pokrycia terenami obszarowej ochrony przyrody; dotyczy to w szczególności Pomorza, natomiast wyjątek stanowi Polska Południowo-Wschodnia⁴³.

Należy podkreślić, że ochrona krajobrazowa nie wyklucza, przynajmniej teoretycznie, lokalizacji elektrowni wiatrowych; ostateczne decyzje zależą tu od polityki władz lokalnych i regionalnych⁴⁴.

W dalszych obliczeniach zdecydowano się jednak na przyjęcie stosunkowo ostrego kryterium, zakładając, że 32% „otwartych” terenów rolnych o najlepszych warunkach wiatrowych (średnia krajowa powierzchnia obszarów objętych obszarowymi formami ochrony przyrody) zostanie wykluczonych z rozwoju energetyki wiatrowej. Ponadto dodano kolejne 10% wykluczeń ze względu na możliwe trudności w lokalizacji elektrowni wiatrowych na terenach otulin obszarów chronionych lub w terenach gęsto zaludnionych. Podstawą do przyjęcia takich współczynników były wyniki zrealizowanego przez Instytut Energetyki Odnawialnej projektu SIWERM⁴⁵. W ramach projektu dokonano pilotażowego oszacowania w skali gminy udziału terenów o korzystnych warunkach wiatrowych wykluczonych z rozwoju energetyki wiatrowej ze względu na m.in. konflikty przestrzenne z:

- terenami podlegającymi wszystkim formom ochrony obszarowej
- terenami istniejącej i planowanej zabudowy mieszkaniowej
- obszarami wartościowymi pod względem dziedzictwa kulturowego i historycznego
- obszarami przeznaczonymi w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego pod realizację innych niż energetyka celów ważnych dla rozwoju lokalnego (np. rozwój turystyki)

⁴³ W niektórych powiatach Podkarpacia ochroną objętych jest nawet 80% obszaru

⁴⁴ Program Rozwoju Obszarów Wiejskich wspomina o ochronie obszarowej tylko 20% użytków rolnych

⁴⁵ Successful Implementation of Wind Energy in Municipalities, 2003-2004, finansowany przez Program UE IEE ALTENER

Pilotażowe oszacowanie wykonano dla gminy Filipów w powiecie suwalskim, wybranej ze względu na lokalizację na obszarze o podwyższonej wrażliwości środowiskowej oraz istniejące dla tego terenu mapy zasobów energii wiatru. Na podstawie analizy istniejących dokumentów planistycznych i strategicznych oraz po konsultacjach z władzami i społecznością lokalną stwierdzono, że:

- istniejące ograniczenia wykluczają z rozwoju energetyki wiatrowej do 45% terenów o wybitnie korzystnych warunkach wiatrowych (odpowiadających 5% powierzchni kraju); wynik ten nie jest jednak reprezentatywny dla całego kraju, gdyż teren rozważanej gminy był silnie zróżnicowany orograficznie i najlepsze warunki wiatrowe skoncentrowane były na terenach wyniesionych najwyżej nad poziom morza.

- dla terenów o korzystnych warunkach wiatrowych (odpowiadających 30% powierzchni kraju) wykluczenia objęły do 25% terenu

Dla przeważającej większości gmin w Polsce tego typu opracowania nie istnieją, stąd trudno przenieść otrzymane wyniki na skalę kraju, jednak do pewnego stopnia potwierdzają one prawidłowość przyjętych założeń.⁴⁶

Jeśli chodzi o lokalizacje na morzu, to obecne ograniczenia przestrzenne są tu znacznie silniejsze niż na lądzie⁴⁷ – ze względu na możliwości techniczne budowy elektrowni wiatrowych (głębokość morza) oraz konflikty w wykorzystaniu przestrzeni morskiej należy ocenić, że tylko 5% powierzchni mogłoby zostać w perspektywie roku 2020 wykorzystane pod budowę elektrowni wiatrowych. Terenów morskich dotyczą też ograniczenia środowiskowe związane z włączeniem dużych fragmentów polskich wód morskich do sieci NATURA 2000, natomiast cały dostępny obszar charakteryzuje się korzystnymi warunkami wiatrowymi.

Do ostatecznych obliczeń przyjęto następujące założenia:

- elektrownie wiatrowe na lądzie do 2020 roku mogą być lokalizowane na terenach użytków rolnych o dobrych warunkach wiatrowych (30% całej powierzchni użytków rolnych)

- dostępna powierzchnia jest następnie ograniczona przez uwarunkowania środowiskowe (42% - ograniczenia środowiskowe wg GUS, zwiększone o 10% współczynnik bezpieczeństwa)

- na morzu możliwe będzie przeznaczenie na cele energetyki wiatrowej 5% dostępnej powierzchni

- zapotrzebowanie na powierzchnię dla elektrowni wiatrowej wynosi 10 ha/1 MW mocy zainstalowanej, na lądzie i na morzu

- efektywność pracy elektrowni wiatrowych na lądzie w skali roku wyniesie 25%⁴⁸, a na morzu 40%.

Po przyjęciu tych założeń obliczony potencjał **techniczny produkcji energii elektrycznej z wiatru** do roku 2020 wyniósł **2 582 355 TJ** (2 514 950 TJ na lądzie i 67 405 TJ na morzu).

Potencjał ekonomiczny

Ze względu na rynkowy charakter systemu wsparcia energetyki odnawialnej w Polsce (system świadectw pochodzenia), potencjał techniczny energetyki wiatrowej na lądzie powinien zostać zredukowany do obszarów o wybitnie korzystnych warunkach wiatrowych (lokalizacje o największej potencjalnej produkcji wykorzystywane będą w pierwszej kolejności). Jako, że tereny o wybitnie korzystnych warunkach wiatrowych stanowią wg. IMGW 5% powierzchni kraju (w stosunku do 30% o dobrych warunkach wiatrowych), potencjał ekonomiczny dla elektrowni wiatrowych na lądzie oceniono jako 15% potencjału technicznego, czyli 377 242 TJ. Dla elektrowni

⁴⁶ Warto dodać, że w tej konkretnej gminie przygotowywane są obecnie projekty wiatrowe, które jednak ze względu na uwarunkowania przestrzenne developerzy zdecydowali się zlokalizować na obszarach o mniej korzystnych warunkach wiatrowych, za to z mniejszą ilością potencjalnych konfliktów.

⁴⁷ Szeffler K. et al „Obszary optymalnych lokalizacji farm wiatrowych w polskich obszarach morskich”, materiały II Konferencji Rynek Energetyki Wiatrowej w Polsce, Warszawa 20-21 marzec 2007

⁴⁸ Źródło: Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej

wiatrowych na morzu przyjęto, że cały potencjał techniczny może zostać wykorzystany z zadowalającym efektem ekonomicznym. Przy obecnej technologii odpowiada to mocy zainstalowanej 49 GW na lądzie i 5,5 GW na morzu.

Potencjał rynkowy '2020

Podobne oszacowania potencjału bazujące na oszacowaniu skali możliwej do wykorzystania przestrzeni zostały wykonane dla krajów UE-15 w latach 90-tych⁴⁹. Były to oszacowania dość konserwatywne (np. Niemcy produkują obecnie więcej energii niż ówczesnie szacowany potencjał, czyli rzeczywisty potencjał rynkowy przekroczył wcześniej oceniony potencjał techniczny), niemniej dla większości krajów UE w ciągu 15 lat od oszacowania nie udało się osiągnąć poziomu wyższego niż 20% wykorzystania potencjału. Jednak główny przyrost jego wykorzystania nastąpił w ciągu ostatnich kilku lat, wraz z upowszechnieniem się technologii elektrowni wiatrowych o mocach powyżej 1 MW. Np. Hiszpania powiększyła stopień wykorzystania potencjału z 10% w roku 2002 do 28% w roku 2006⁵⁰. Przyjmując zatem, że rozwój energetyki wiatrowej w Polsce będzie bazował na najnowszych dostępnych technologiach, wydaje się możliwe wykorzystanie potencjału lądowego na poziomie 30% do roku 2020, co oznacza produkcję roczną **113 173 TJ** i odpowiadającą jej moc zainstalowaną 14,7 GW.

Nieco trudniej jest ocenić potencjał rynkowy energetyki wiatrowej na morzu. Ze względu na znacznie większą przeciętną skalę projektów wykorzystanie potencjału zależy tu od decyzji strategicznych i politycznych, a także zaangażowania kluczowych inwestorów i operatora sieci elektroenergetycznej. Ponadto pierwsze projekty mają zwykle charakter pilotażowy i demonstracyjny, stanowiąc dopiero bazę do realizacji projektów w pełni komercyjnych. Uwzględniając obecny stan zaawansowania rozważanych projektów na morzu oraz uwarunkowania proceduralne i infrastrukturalne można ocenić, że do roku 2020 istnieje szansa wykorzystania do 10% potencjału technicznego, co oznacza produkcję **6 740 TJ** energii (550 MW mocy zainstalowanej, w praktyce jedna duża morska farma wiatrowa).

Ze względu na przyjętą metodę szacowania potencjału, ostre ograniczenia środowiskowe (o 42% powierzchni) oraz ekonomiczne (o 95%) zdominowały ograniczenia infrastrukturalne rozumiane głównie jako możliwości przyłączenia do sieci elektroenergetycznej. Wykorzystanie całkowitego potencjału rynkowego i wzrost mocy zainstalowanej do 15 GW do roku 2020 oznaczałoby, że moc zainstalowana energetyki wiatrowej stanowiłaby wówczas ok. 27% całkowitej mocy zainstalowanej, a produkcja energii elektrycznej z energetyki wiatrowej 16% zapotrzebowania na energię elektryczną brutto.⁵¹ W porównaniu z obecnym udziałem mocy elektrowni wiatrowych w systemie elektroenergetycznym Polski, wskaźniki te wydają się stosunkowo duże. Jednak już obecnie niektóre kraje intensywnie rozwijające energetykę wiatrową wykazują porównywalny jej udział w systemie (osiągnięty bez poważniejszych inwestycji sieciowych) i planują jego powiększenie (np. Hiszpania – obecnie ponad 20%, planowane ponad 50%, Dania⁵² – 23%,

⁴⁹ van Wijk, Coelingh, 1993

⁵⁰ Źródło Barometr wiatrowy 2007, EurObserv'ER

⁵¹ Oszacowanie wykonane na podstawie prognoz przedstawionych w projekcie *Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku*, przy założeniu zapotrzebowania na energię elektryczną brutto 204.5 TWh w 2020 roku oraz koniecznym dla jego pokrycia proporcjonalnym wzroście mocy zainstalowanej do 56 GW, z uwzględnieniem energetyki wiatrowej.

⁵² Dania, pomimo ambitnych planów związanych z energetyką wiatrową notuje od kilku lat spowolnienie przyrostu mocy zainstalowanej. Nie jest ono jednak związane z problemami eksploatacyjnymi lub możliwościami systemu elektroenergetycznego. Podstawową przyczyną jest zmiana systemu wsparcia energetyki wiatrowej (przejście ze stałych cen na mechanizmy rynkowe oraz „premię środowiskową”, ocenianą przez inwestorów jako zbyt niska). Ponadto w Danii w znacznej mierze wyczerpały się już możliwości lokalizacyjne energetyki wiatrowej na lądzie, a rozwój wielkoskalowej energetyki wiatrowej na morzu jest procesem długotrwałym i wymagającym zebrania wstępnych doświadczeń z instalacji pilotażowych i demonstracyjnych (aktualnie realizowane na farmach Middelgrunden, Horns Rev i Nysted).

planowane 50%, Niemcy – planowane 39%⁵³). Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że równocześnie ze wzrostem penetracji systemu krajowego przez energię wiatrową, kraje te planują z reguły udział w transeuropejskich inicjatywach rozwoju sieci elektroenergetycznych pod kątem optymalnej integracji energetyki wiatrowej. Trudno obecnie stwierdzić jakie inwestycje i zmiany byłyby niezbędne w polskim systemie elektroenergetycznym w celu osiągnięcia tak wysokiego stopnia udziału energetyki wiatrowej. Studium przygotowane przez Instytut Energetyki w Gdańsku w 2005 roku na zlecenie PSE Operator⁵⁴ odnosi się tylko do rozwoju energetyki wiatrowej na terenach tzw. REW, obejmującego obszar Polski północnej i częściowo zachodniej, uwzględnia też tylko ówczesny stan rozpatrywania wniosków o warunki przyłączenia do sieci. W szczególności stwierdza we wnioskach, że „*Inwestycje sieciowe związane z przyłączeniem generacji wiatrowej 5250 MW powodują globalny wzrost ceny energii z farm wiatrowych o mniej niż 1%, przy założeniu 20 letniego okresu eksploatacji instalacji wytwórczych*”. Należy jednak ocenić, że przyłączenie mocy zbliżonej do oszacowanego potencjału rynkowego byłoby dla operatorów systemu przesyłowego i dystrybucyjnego dużym wyzwaniem technicznym, wymagającym czasu na realizację i zaangażowania mimo wszystko znaczących środków finansowych. Jest to dodatkowe ograniczenie infrastrukturalne⁵⁵, które powoduje, że wykorzystanie potencjału ekonomicznego do poziomu wyższego niż zakładane 30%, choć teoretycznie możliwe i w kilku krajach zrealizowane, w Polsce do 2020 roku nie powinno nastąpić.

Otrzymane wyniki sugerują możliwość znacznego przyrostu produkcji energii z elektrowni wiatrowych, zwłaszcza w zestawieniu z obecną znikomą mocą zainstalowaną oraz wykorzystaniem potencjału na poziomie 0,22%. Niemniej jednak do podobnych wniosków prowadzą inne prace, jak np. oszacowania PSEW, bazujące nie tylko na bilansie przestrzeni, ale także na porównaniach z rozwojem energetyki wiatrowej w innych krajach oraz na możliwym bezpiecznym poziomie generacji wiatrowej w krajowym systemie elektroenergetycznym.

Obliczenia te pośrednio potwierdzają także informacje podane przez PSE Operator – w październiku 2007 roku uzgodniono warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej dla 3 256 MW mocy zainstalowanej, a dla dalszych 23 081 MW wydano zakresy i warunki przygotowania ekspertyz wpływu na KSE. Oznacza to, że podjęte zostały wstępne prace nad projektami obejmującymi ok. 50% potencjału technicznego energetyki wiatrowej (ponad 26 GW). Jest rzeczą oczywistą, że jakość przygotowywanych projektów jest bardzo zróżnicowana i znaczna część z nich nie została umieszczona w optymalnych lokalizacjach i nie zostanie zrealizowana ze względów technicznych lub ekonomicznych. Niemniej skala działań deweloperskich potwierdza, że zidentyfikowane lokalizacje szczegółowe dla farm wiatrowych zbliżają się do rzędu wielkości potencjału technicznego, a ich wykorzystanie zależy od warunków rynkowych i skali barier rozwojowych dla energetyki wiatrowej. Rozmieszczenie przestrzenne przygotowywanych projektów wskazuje, że zgodnie z przyjętymi w niniejszej pracy założeniami zainteresowanie inwestorów koncentruje się na obszarach o potencjalnie najlepszych warunkach wiatrowych.

W ostatnich miesiącach notuje się także zwiększone zainteresowanie rozwijaniem projektów farm wiatrowych na morzu, jednak są to jak dotąd jedynie wstępne rozważania, bez wiążących decyzji inwestycyjnych.

⁵³ Garrad A., Gardner P. *Developments in wind turbine technology and energy forecasting for high wind penetration*. Large scale integration of wind energy, EWEA policy conference, Bruksela, listopad 2006

⁵⁴ *Raport z wykonania ekspertyzy specjalistycznej rozpatrującej wpływ energetyki wiatrowej na pracę Krajowego Systemu Elektroenergetycznego*, Instytut Energetyki Oddział Gdańsk, 2005

⁵⁵ W rzeczywistości problem jest bardziej złożony niż można to uwzględnić w opracowaniu o tym stopniu ogólności. Dodatkowym ograniczeniem może stać się np. długotrwała procedura rozbudowy infrastruktury sieciowej i bariery na jakie może ona natrafić: konieczność uwzględnienia ograniczeń środowiskowych oraz problem dostępu do terenów pod ewentualną budowę nowych obiektów (rozdrobienie własności gruntów i konieczność negocjacji z właścicielami gruntu, możliwe protesty z powodu przebiegu linii elektroenergetycznych)

Należy również podkreślić fakt, że powyższe oszacowania potencjału technicznego zostały wykonane w oparciu o metodykę stosowaną powszechnie na świecie do oszacowań potencjału na skalę kraju (metodą *top-down*), przy uwzględnieniu dość ostrych ograniczeń środowiskowych. Ostateczny potencjał inwestycyjny zależy jednak od indywidualnych decyzji inwestorów, którzy nie zawsze wybierają teoretycznie optymalne lokalizacje. Ponadto podejście *top-down* w przypadku energetyki wiatrowej nie daje możliwości pełnego i realistycznego uwzględnienia zasad zrównoważoności środowiskowej. Staje się to możliwe dopiero przy podejściu typu *bottom-up*, gdzie ostateczna przestrzeń dostępna w kraju dla produkcji energii z wiatru jest sumą przestrzeni dostępnej w każdej gminie (zdefiniowanej w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego przy uwzględnieniu istotnych uwarunkowań lokalnych). Niestety przy obecnym stanie planowania przestrzennego oraz braku planów rozwoju energetyki wiatrowej tego typu podejście było niemożliwe do zastosowania w niniejszej pracy. Znane są jednak przykłady samorządów, które podejmują indywidualne decyzje znacznie ograniczające możliwości inwestowania w energetykę wiatrową.

Autorzy pracy zdają sobie więc sprawę, że wykorzystanie potencjału rynkowego i zainstalowanie do 2020 roku 15 GW elektrowni wiatrowych byłoby dla Polski dużym wyzwaniem technicznym, infrastrukturalnym, środowiskowym i ekonomicznym, ale jest to zadanie całkowicie realne do wykonania.

4.3 Energetyka wodna

Uwagi metodyczne

Potencjał energetyki wodnej oszacowany został na podstawie danych o potencjale hydroenergetycznym głównych rzek Polski oraz uwarunkowaniach jego wykorzystania zebranych przez Towarzystwo Elektrowni Wodnych. Założono, że kontynuowana będzie dotychczasowa polityka państwa, co oznacza głównie rozwój elektrowni wodnych o mocach poniżej 10 MW. Ze względu na uwarunkowania środowiskowe przyjęto, że nie będą realizowane inwestycje związane z koncepcją budowy Kaskadą Dolnej Wisły.

Potencjał ekonomiczny

Powszechnie używane dane dotyczące technicznego potencjału hydroenergetycznego Polski pochodzą z lat 50-tych⁵⁶. Wg tych opracowań potencjał teoretyczny wyniósł 23 TWh na rok, a potencjał techniczny 12 TWh/rok. Potencjał ekonomiczny oceniany jest na 8.5 TWh rocznie⁵⁷. Potencjał ten nie uwzględniał jednak uwarunkowań środowiskowych, zwłaszcza wymagań związanych z siecią NATURA 2000. Jeśli ze względu na te uwarunkowania wykluczona zostanie realizacja Kaskady Dolnej Wisły (o oczekiwanej rocznej produkcji 3,5 TWh⁵⁸) to potencjał techniczny zredukowany zostaje do 5 TWh (**18 PJ**) rocznie. Potencjał ten już obecnie (przy produkcji energii ok. 2 TWh rocznie) wykorzystany jest w 41%⁵⁹.

Potencjał rynkowy'2020

Według optymistycznych scenariuszy rozwoju⁶⁰, zakładających silne wsparcie dla rozwoju elektrowni wodnych o mocy do 10 MW (w zakresie działań administracyjnych, prawnych i politycznych oraz elastyczności w kwestiach środowiskowych) do roku 2020 moc zainstalowana

⁵⁶ Teoretyczny i techniczny kataster sił wodnych Polski, opracowany w l. 1953-61 przez zespół pod kier. A. Hoffmanna

⁵⁷ Źródło: Opracowanie TEW przesłane w odpowiedzi na zapytanie Ministerstwa Gospodarki

⁵⁸ Błaszczuk A. „Stan obecny i perspektywy rozwoju energetyki wodnej w Polsce”, Ciepłne maszyny przepływowe Nr 132, Politechnika Łódzka, Łódź 2007

⁵⁹ Dane URE o produkcji energii z elektrowni wodnych w 2006 roku

⁶⁰ Źródło: Opracowanie TEW przesłane w odpowiedzi na zapytanie Ministerstwa Gospodarki

elektrowni wodnych przepływowych⁶¹ w Polsce mogłaby osiągnąć 1 176 MW a średnioroczna produkcja energii elektrycznej z dopływu osiągnęłaby wówczas 3 100 GWh. Oznaczałoby to produkcję energii na poziomie **11 PJ** i wykorzystanie potencjału technicznego na poziomie **62%**, co jest wartością bardzo znaczącą, ale zbliżoną do średniego wykorzystania potencjału ekonomicznego w Europie (67%⁶²).

Zgodnie z opinią TEW realizacja tego scenariusza wymagać będzie zmiany polityki państwa w zakresie administracji wodami powierzchniowymi i obiektami hydrotechnicznymi, w szczególności przygotowania i wdrożenia planu rozwoju małej energetyki wodnej w Polsce, wraz z koncepcją optymalnego zagospodarowania rzek o znaczącym potencjale hydroenergetycznym⁶³, przy znaczącej współpracy ze środowiskiem inwestorów prywatnych. Te działania powinny zdaniem TEW podnieść tempo przyrostu mocy zainstalowanej do powyżej 10 MW rocznie. W przypadku nie podjęcia żadnych działań moc zainstalowana we wszystkich elektrowniach wodnych (w tym szczytowo- pompowych) do roku 2020 nie przekroczy prawdopodobnie 2 400 MW (obecnie 2 256 MW) i wykorzystanie potencjału ulegnie dalszemu ograniczeniu.

4.4 Potencjał wykorzystania energii promieniowania słonecznego

Uwagi metodyczne

Założono, że energia słoneczna będzie wykorzystywana w systemach zdecentralizowanych (bez generacji energii elektrycznej w układach koncentrujących oraz bez wytwarzania ciepła na potrzeby miejskich i osiedlowych systemów ciepłowniczych). Termiczne systemy generacji energii elektrycznej z koncentratorami promieniowania słonecznego wykluczono z analizy z uwagi na niedostateczny udział energii bezpośredniego promieniowania słonecznego w Polsce i bardzo wysokie w takich warunkach koszty pozyskania jednostki energii. Scentralizowane wielkowieściowe słoneczne systemy słoneczne w instalacjach ciepłowniczych przyłączonych do sieci miejskiej, nie zostały uwzględnione ze względu na problemy z lokalizacją dużych pól kolektorów słonecznych w miastach⁶⁴ oraz problemy techniczne i straty związane z koniecznością podnoszenia nośnika ciepła niskotemperaturowego i niskoentalpowego z płaskich i próżniowych kolektorów słonecznych do parametrów nośnika (ciśnienie i temperatura) wymaganych w klasycznych systemach ogrzewania sieciowego.

W obliczeniach potencjału energetyki słonecznej nie uwzględniono też systemów pasywnych (biernego pozyskania energii słonecznej do ogrzewania budynków przez elementy architektoniczne), założono bowiem, że te metody są elementem działań na rzecz ograniczenia zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń i że posłużą one jako instrument do wymaganego w ramach nowej dyrektywy ramowej UE obniżenia zapotrzebowania na energię końcowa o 20%.

Uwzględniono jedynie możliwości lokalizacji aktywnych systemów słonecznych (kolektorów słonecznych termicznych i ogniw fotowoltaicznych) na terenach zurbanizowanych, a w szczególności punktowo na obiektach mieszkalnych (powierzchnia zabudowy) lub w ich

⁶¹ Wraz z obecnie działającymi członami przepływowymi w elektrowniach szczytowo-pompowych

⁶² Błaszczuk A. „Stan obecny i perspektywy rozwoju energetyki wodnej w Polsce”, Ciepłne maszyny przepływowe Nr 132, Politechnika Łódzka, Łódź 2007

⁶³ W szczególności w kontekście określenia zasad lokalizacji elektrowni wodnych na obszarach objętych dyrektywą siedliskową.

⁶⁴ Nie wydaje się aby znacząca liczba przedsiębiorstw ciepłowniczych powieliła na większą skalę niszowe doświadczenia Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej w Wołominie. Ponadto, ze względu na straty na przesyłce ciepła, bardziej zasadne wydaje się umieszczenie potencjału energii słonecznej blisko odbiorcy. Większą rolę przedsiębiorstw ciepłowniczych w wykorzystaniu odnawialnych zasobów energii przewidziano w przypadku geotermii głębokiej.

bezpośrednim sąsiedztwie⁶⁵, o ile na przeszkodzie nie stoi problem zacieniania pól kolektorów słonecznych.

Zarówno potencjał teoretyczny energii promieniowania słonecznego (strumień energii docierający w ciągu roku do obszaru kraju) wynoszący 1 123 EJ jak i potencjał techniczny zdefiniowany jako strumień energii promieniowania słonecznego docierający na obszar terenów zamieszkałych, wynoszący 27 188 000 TJ, są tak wysokie, że jednocześnie mało przydatne w ocenie praktycznych możliwości wykorzystania tego potencjału do 2020 r. Z tych też powodów zarówno potencjał ekonomiczny jak i rynkowy energetyki słonecznej w Polsce, szacowny był z punktu widzenia potrzeb odbiorców i praktycznych możliwości ich zaspokojenia, a nie z punktu widzenia ograniczeń w podaży energii, tym bardziej że rozwój energetyki słonecznej w systemach zdecentralizowanych jest stosunkowo najmniej ograniczany czynnikami środowiskowymi. Z tych też powodów, w ocenie potencjałów ekonomicznego i rynkowego bazowano na konkretnych aplikacjach i możliwościach bezpośredniego wykorzystania energii słonecznej i jej przetworników.

Potencjał ekonomiczny termicznej energetyki słonecznej analizowano w dwu najbardziej typowych zastosowaniach kolektorów słonecznych: 1) do przygotowania ciepłej wody użytkowej (cwu), 2) do ogrzewania pomieszczeń (co). Dodatkowo uwzględniono, że w przypadku wykorzystywania kolektorów słonecznych do ogrzewania pomieszczeń w sezonie grzewczym, służą one jednocześnie do przygotowanie cwu całorocznie (systemu typu „combi”)⁶⁶, ale nie uwzględniono w sposób szczególny uzysków energii przy ewent. produkcji chłodu z wykorzystaniem pomp ciepła⁶⁷.

Uzyskane wyniki

W obliczeniach realnego potencjału energii słonecznej do przygotowania cwu, oparto się na danych o alokacji mieszkańców w różnych, różniących się warunkami technicznymi i ekonomicznymi do instalowania kolektorów słonecznych, typach zabudowy i mieszkań. W analizach korzystano z publikacji „Mieszkania 2002” Głównego Urzędu Statystycznego⁶⁸. Potencjał ekonomiczny ciepła do przygotowania cwu obliczony został na podstawie ilości mieszkańców korzystających z poszczególnych rodzajów systemów do przygotowania cwu. Wzięto pod uwagę tylko systemy, w których cwu nie jest zakupywana z sieci ciepłowniczej oraz w których brak było jakiegokolwiek (poza grzaniem wody na blatach kuchennych lub grzałkami) systemu ogrzewania cwu. Systemy, w których cwu jest zakupywana z sieci, pominięto dlatego, że w taryfach za ciepło sieciowe zbyt duży udział mają koszty stałe i oszczędności na kosztach zakupu cwu z zewnątrz byłyby niewystarczającym impulsem ekonomicznym do masowego korzystania z opcji „solarnej”. Ponadto został uwzględniony podział na obszary miejskie i wiejskie. Na terenie obszarów miejskich wybrano tylko te mieszkania, w których liczba pomieszczeń była powyżej 2 (mniejsze 1-2 izbowe mieszkania z zazwyczaj pojedynczym mieszkańcem, uznano jako mało atrakcyjne ekonomicznie do instalowania kolektorów słonecznych z uwagi na wysoki stosunek kosztów instalacji do kosztów samych kolektorów słonecznych i uzyskanego z nich ciepła), zaś na terenach wiejskich pominięto mieszkania z 1 pomieszczeniem (uzasadnienie jw.).

⁶⁵ W praktyce w warunkach wiejskich nie ma potrzeby lokalizowania systemów kolektorów słonecznych obok budynków (powierzchnia dachów w budynkach niskich o standardowej gęstości zamieszkania jest wystarczająca do montażu kolektorów słonecznych), natomiast w miastach, w przypadku prób instalowania kolektorów słonecznych na gruncie, problemem staje się zacienianie

⁶⁶ Nie miałyby żadnego ekonomicznego uzasadnienia stosowanie kolektorów słonecznych tylko do ogrzewania pomieszczeń i nie wykorzystania ich w okresie największego napromieniowania

⁶⁷ Pompy ciepła do pozyskania ciepła niskotemperaturowego (w tym słonecznego) zgromadzonego w gruncie, uwzględniono w ocenie potencjału geotermalnego.

⁶⁸ GUS: Gospodarka mieszkaniowa '2003

Przy tych założeniach ogólna liczba osób, która mogłaby korzystać z systemu przygotowania cwu przy pomocy instalacji słonecznej wynosi ponad 26 mln mieszkańców w obiektach stałego zamieszkania, z tego ponad 13 mln to mieszkańcy miast. Dodatkowo w analizach uwzględniono także szczególnie atrakcyjne dla słonecznych systemów przygotowania ciepłej wody użytkowej obiekty czasowego zamieszkania, takie jak: hotele, pensjonaty, schroniska, domy wczasowe, campingi, obiekty rekreacyjno treningowe. Wg GUS⁶⁹ w obiektach tych w 2005 r czasowi goście spędzili 113,5 mln tzw. „osobo-nocy”. Łącznie, w przeliczeniu na stałych (równoważnych) mieszkańców daje to liczbę 27 182 551.

Potencjał ekonomiczny kolektorów słonecznych do podgrzewania wody obliczono przy założeniu że dostarczają one w ciągu roku 60%⁷⁰ energii potrzebnej na jej przygotowanie. Daje to wynik 35 492 TJ/rok.

Przy obliczaniu **potencjału rynkowego słonecznych systemów przygotowania cwu na 2020r** przyjęto wskaźnik wykorzystania potencjału ekonomicznego na poziomie 40% co jest **odpowiednikiem 14 597 TJ energii końcowej** i wymaganej powierzchni kolektorów słonecznych ponad 12 mln m².

Potencjał systemów typu „combi”⁷¹ w systemach ogrzewania słonecznego (co) oszacowano na podstawie powierzchni użytkowej w mieszkaniach indywidualnych i w obiektach stałego zamieszkania nadających się do tego typu aplikacji. W opracowaniu wzięto pod uwagę jedynie te systemy, gdzie funkcjonują indywidualne systemy ogrzewania. Łączna powierzchnia użytkowa w mieszkaniach pozwalająca na współpracę systemów tradycyjnych z kolektorami przy takich założeniach wynosi 540 mln m² (61% całkowitej powierzchni mieszkalnej). Dodatkowo założono maksymalny możliwy udział wykorzystania instalacji słonecznej w systemach grzewczych typu „combi” wynoszący 30%. Uwzględniając jednostkowe łączne zapotrzebowanie na energię w budynkach (razem z zapotrzebowaniem na cwu), które będą wykorzystywać energię słoneczną w 2020r na poziomie 360 MJ/m² oraz przyjmując, że wszystkie zainstalowane do tego czasu systemy „combi” będą też służyły do przygotowania cwu (część potencjału została już ujęta w analizach powyżej), potencjał ekonomiczny tych systemów (z wyłączeniem tego uwzględnionego powyżej cwu), wynosi 46 661 TJ. Jednakże, w porównaniu do potencjału energii słonecznej do podgrzewania cwu, założono znacznie niższy wskaźnik wykorzystania potencjału ekonomicznego do 2020r, na poziomie 10%. Przy tych założeniach, **potencjał rynkowy systemów typu „combi” wynosi 4 666 TJ energii końcowej** i wymaga zainstalowania prawie 2,6 mln m² kolektorów słonecznych. W tym przypadku muszą to być kolektory próżniowe o większej wydajności w półroczu zimowym.

Łączny potencjał rynkowy energetyki słonecznej termicznej wynosi zatem 19 263 TJ i wymaga zainstalowania do 2020 r. 14 756 253 m² kolektorów słonecznych. Daje to wskaźnik 0,39 m² kolektora słonecznego na głowę mieszkańca. Jest to wartość niższa od zalecanej przez Europejskie Stowarzyszenie Energetyki Słonecznej (ESTIF): od 0,5 do 1,0 m²/m-ca, ale nawet osiągnięcie tego celu będzie dla Polski wyzwaniem. Wymagałoby bowiem ponad 40% wzrostu sektora energetyki słonecznej przez kolejne 13 lat (obecne średnioroczne tempo wzrostu sektora kolektorów słonecznych wynosi ok. 25-30%).

⁶⁹ GUS źródło danych o turystyce: www.gus.gov.pl

⁷⁰ Obecnie udział ten wynosi średnio ok. 50%, ale wraz ze wzrostem cen paliw i energii oraz szerszym wprowadzeniu na rynek kolektorów słonecznych próżniowych, oczekuje się, że ekonomicznie opłacalny udział energii słonecznej w zużyciu energii na przygotowanie cwu będzie rósł i w 2020 osiągnie 60%.

⁷¹ Aktywne systemy typu „combi” służące jednocześnie do przygotowania cwu i ogrzewania pomieszczeń opisano bardziej szczegółowo w publikacji Ryszarda Wnuka: „Instalacje w domu pasywnym i energooszczędnym”. Wyd. „Przewodnik Budowlany, Warszawa, 2007 r.

Fotowoltaika

W ocenie potencjału ekonomicznego i rynkowego fotowoltaiki, przy obecnym systemie wsparcia dla „zielonej” energii elektrycznej, nie uwzględniono mało realnej możliwości budowy wielomegawatowej scentralizowanej elektrowni fotowoltaicznej w Polsce, ale jedynie dalszy stopniowy rozwój fotowoltaiki w systemach niszowych, jak ma to miejsce do tej pory.

Wychodząc z obecnie niewielkiej mocy zainstalowanej w systemach fotowoltaicznych w Polsce – 431 kWp w 2006 r. – założono podobne jak dla kolektorów słonecznych termicznych – 40% tempo wzrostu sektora. W efekcie w bilansie energii ze źródeł odnawialnych na 2020r uwzględniono **159 TJ** energii elektrycznej z systemów fotowoltaicznych, **jako potencjał rynkowy**.

4.5 Energia geotermalna

Oceniając zasoby energii geotermalnej warto odwołać się do jej definicji oraz pojęć pokrewnych, za pomocą których jest opisywana.

Geoenergia stanowi ten zasób energii pierwotnej, który pochodzi z okresu formowania się Ziemi, przy czym następnie został wzbogacony energią pochodzącą z rozpadu pierwiastków promieniotwórczych – uranu, toru czy potasu. Ten rodzaj energii jest w zasadzie niewyczerpalny, ponieważ uzupełnia go stale strumień ciepła przenoszonego z gorącego wnętrza Ziemi (o temperaturze ok. 6 000 °C).

Energia geotermiczna Ziemi jest to zatem energia zakumulowana w magmie, skałach oraz płynach (woda, para wodna, ropa naftowa, gaz ziemny itp.) wypełniających pory i szczeliny skalne. Z kolei *energia geotermalna* stanowi część energii geotermicznej zawartej w wodach, parze wodnej oraz otaczających skałach. W szczególności w warunkach geologicznych Polski jest ona zakumulowana głównie w podziemnych zbiornikach geotermalnych. Zbiorniki geotermalne stanowią zatem zespoły skał porowatych i przepuszczalnych wypełnione wodami (lub parą wodną), zamknięte od dołu i z boków skałami nieprzepuszczalnymi i uszczelniającymi, przyjmujących różny kształt geometryczny.

Tak jak stwierdzono w rozdziale 2, zasoby teoretyczne energii geotermalnej w Polsce są olbrzymie i wg niektórych autorów⁷² sięgają 387 tys. EJ (jest to liczba o trzy rzędy wielkości większa od obecnego zużycia energii na świecie). Jakakolwiek próba wyodrębnienia z tak oszacowanego potencjału jego części odpowiadającej (przez analogię do ocen innych rodzajów odnawialnych zasobów energii) przyjętej definicji potencjałowi technicznemu będzie zawsze daleko idącym uproszczeniem, wynik tej operacji będzie miał niewielkie znaczenie praktyczne, a sama informacja o tego typu wynikach może być myląca. Do tych trudności dochodzi jeszcze jeden problem metodyczny. Z uwagi na fakt, że potencjał energii geotermalnej jest w znacznym zakresie, w przeciwieństwie do energii promieniowania słonecznego, wiatru czy wody potencjałem wcześniej skumulowanym i wieloletnim (nie porównywalnym też żadną miarą z energią zakumulowaną w „wieloletnich” – maksymalnie kilkunasto-kilkudziesięciu letnich - plantacjach energetycznych), pojawiają się też problemy ze sprowadzeniem potencjału geotermii do tego samego, wspólnego mianownika, co potencjał pozostałych rodzajów odnawialnych zasobów energii. Jedną z koncepcji znalezienia wspólnego mianownika dla wielkości potencjału technicznego zasobów energii promieniowania słonecznego (prekursor innych rodzajów zasobów) i energii geotermalnej, jest rozpisanie zakumulowanego potencjału teoretycznego geotermii na kilkaset lat, kilka milionów, a nawet kilka miliardów lat – przez analogię do przewidywanego dalszego okresu trwania Słońca jako źródła energii (uznanego umownie jako źródło w pełni odnawialne w cyklu rocznym). Z uwagi na fakt, że praktyczna przydatność także tego typu informacji jest niewielka, bardziej

⁷² Zimny J.; Potencjał energii geotermalnej Polski i Niemiec – stan na 2005 r. zasobów. Artykuł zamieszczony na stronie internetowej Polskiej Asocjacji Geotermalnej www.pag.org.pl

szczegółowe analizy wielkości dostępnych zasobów geotermalnych (zresztą, podobnie jak w przypadku energii słonecznej), przeprowadzono w niniejszej pracy jedynie na poziomie oceny potencjału ekonomicznego i rynkowego. Na potrzeby oceny tych potencjałów energii geotermalnej, wyodrębniono potencjał tzw. *geotermii głębokiej* i *geotermii płytkiej*.

Geotermia głęboka

Struktura geologiczna Polski zawiera zbiorniki geotermalne w postaci tzw. naturalnych basenów sedymentacyjno-strukturalnych, wypełnionych wodami geotermalnymi. W warunkach krajowych wody geotermalne znajdujemy przeciętnie na głębokościach od 1,5 do 3,5 kilometra przy zróżnicowanych poziomach temperatury. Wśród tych poziomów dominuje zakres temperatury od 20 do ok. 80 - 90 °C, a w skrajnych przypadkach (na dostępnych głębokościach) zdaniem niektórych autorów przekracza 100 °C i sięga nawet stu kilkudziesięciu stopni. Zakres wykorzystania energetycznego takich wód jest więc bardzo szeroki i w zależności od poziomu temperatury predysponowany jest głównie do stosowania w ciepłownictwie i ogrzewnictwie do celów grzewczych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej oraz przygotowania dla nich ciepłej wody użytkowej, a także do ogrzewania pomieszczeń gospodarczych, suszarni, szklarni oraz upraw w gruncie, do celów balneoterapeutycznych i rekreacyjnych. Przy odpowiednio niskim poziomie temperatury wody te mogą również służyć jako dolne źródło ciepła dla pomp ciepła.

By zapewnić odnawialność zasobów wód termalnych, ich eksploatacja podlega istotnym ograniczeniom wynikającym z zasady racjonalnej gospodarki tymi zasobami.

Wysoki poziom temperatury, tzn. sięgający stu - stu kilkudziesięciu stopni Celsjusza, predysponuje taką wodę termalną do wykorzystania jej jako górne źródło ciepła w tzw. organicznym obiegu Rankine'a (ORC), realizującym obieg siłowni parowej na czynnik niskowrzący. W efekcie realizacji technicznej takiego obiegu można uzyskać energię elektryczną oraz ciepło. Moc elektryczna takiej elektrowni parowej zwykle nie przekracza kilku megawatów, jednak sprawność energetyczna obiegu takiej elektrowni nie jest wysoka, sięga kilku – kilkunastu procent, przy czym silnie zależy od poziomu temperatury nośnika energii, czyli wody geotermalnej. Choć elektrownie i elektrociepłownie tego typu funkcjonują w Europie i są planowane tego typu instalacje demonstracyjne także w Polsce (w Łodzi, Toruniu), to na użytek niniejszej pracy wyłączono je (jako aplikacje niszowe i mało prawdopodobne) oraz przyjęto założenie, że potencjał ekonomiczny geotermii głębokiej do 2020 r. zostanie zrealizowany w oparciu o istniejące systemy ciepłowniczych.

Występowanie i charakterystyka zasobów energii geotermalnej

W warunkach krajowych dla geoenergetyki szczególne znaczenie posiadają zasoby zawarte w dolnokredowych basenach na terenie Niżu Polskiego⁷³. Są one w dodatku najlepiej rozpoznane. Temperatura w stropie zbiornika kredowego sięga 50 – 98 °C. Nieco mniejsze znaczenie posiada słabo jeszcze rozpoznany zbiornik jury górnej na obszarze tegoż Niżu Polskiego.

Najbardziej perspektywiczną strefą wody termalnej w zbiorniku dolnokredowym (o temperaturze wód rzędu 85 – 100 °C) jest NE część *Niecki Mogileńsko-Łódzkiej*. Stanowi ją pas (SE – NW): Zduńska Wola – Łęczycza – Uniejów – Turek – Kłodawa – Konin – Ślesin – Strzelno – Mogilno – Gniezno – Janowiec Wlkp. - Damasławek – Wągrowiec. W skrzydle SW *Niecki Mog.-Łódzkiej* aż do linii (NW – SE): Poznań – Kalisz – Sieradz – Piotrków Tryb. spodziewana temperatura wód wynosi 20 – 50 °C. W północnej części *Niecki Szczecińskiej* w strefie (ESE – WNW): Drawsko Pom. - Chociwel – Goleniów – Szczecin - Police – Lubieszyn oczekiwana temperatura wód wynosi

⁷³ Górecki W. (red.): Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim; wyd. Min.Środowiska, NFOŚiGW, AG-H, PIG; Kraków 2006 r.;

50 – 70 °C. Z kolei skrzydło południowe Niecki Szczecińskiej: Szczecin – Gorzów Wlkp. - temperatura wód 25 – 50 °C.

Przyjęcie średniego stopnia geotermicznego na poziomie ok. 30 K/km pozwala z pewnym przybliżeniem ocenić głębokość otworu ujęciowego wody. Wg cytowanej pracy, wysokie wydajności potencjalnych dubletów (powyżej 100 m³/h) mogą być spodziewane w granicach wału kujawskiego i pomorskiego (lokalnie do 200 m³/h), a szczególnie w Niecce Łódzkiej (lokalnie do 300 m³/h) i Mogileńskiej (lokalnie do 200 m³/h). Osiąganie takich wydajności studni jest możliwe pod warunkiem poprawnego technologicznie wykonania otworu wiertniczego oraz zweryfikowanego badaniami konceptualnego modelu krążenia wód podziemnych w dolnokredowych warstwach wodonośnych. Powierzchnia kalkulacji zasobów statycznych dolnokredowego zbiornika wód geotermalnych wynosi 127 873 km², przy czym zasoby energetyczne tego zbiornika wynoszą 4,23 10²⁰ J = 423 EJ (*op. cit.*).

Wielkość zasobów statycznych przypadających na jednostkę powierzchni zbiornika dolnej kredy zmienia się w granicach od poniżej 5 GJ/m², do ponad 50 GJ/m². Lokalne maksima wartości występują w osiowej strefie Niecki Warszawskiej, gdzie osiągają wartość powyżej 15 GJ/m² oraz na NE części Niecki Mog. - Łódzkiej, gdzie przekraczają 50 GJ/m². Najwyższe wartości mocy cieplnej hipotetycznego dubletu geotermalnego występują w centralnej części Niecki Mog.-Łódzkiej i wynoszą od 5 do 25 MW. Niższe wartości mocy cieplnej takiegoż dubletu charakteryzują obszar Niecki Warszawskiej od 2,5 do 5 – 7 MW. Lokalnie, moc powyżej 2,5 MW, możliwa jest do pozyskania w N i E części Niecki Szczecińskiej. Na pozostałych obszarach występowania wodonośnych utworów kredy dolnej wartości mocy cieplnej nie przekraczają 2,5 MW.

Ocena potencjału ekonomicznego energii geotermalnej

Oceny potencjału ekonomicznego energii geotermalnej głębokiej dokonano nie z punktu widzenia możliwości podaży energii, ale z p. widzenia praktycznych możliwości jej wykorzystania. Wykorzystanie zasobów energii geotermalnej w Polsce (wyłącznie produkcja ciepła, bez większych perspektyw na ekonomicznie uzasadnioną produkcję energii elektrycznej) jest ograniczone do miejsc występowania zapotrzebowania na ciepło. Wysokie nakłady na głębokie odwierty (nisko położone pokłady wód geotermalnych) i czasami dość trudne warunki geologiczne wierceń, uzasadniają wykorzystanie tych zasobów tylko w miejscach, gdzie zapewniony jest ciągły odbiór ciepła o mocy kilku MW, a to zazwyczaj oznacza konieczność istnienia systemu ciepłowniczego w pobliżu odwiertu systemu ciepłowniczego. Wydaje się że warunki tego typu spełniają koncesjonowane (moc powyżej 5MW) przedsiębiorstwa ciepłownicze zlokalizowane na obszarach występowania korzystnych warunków geotermalnych.

Strony internetowe Urzędu Regulacji Energetyki (URE) i sprawozdania Prezesa URE zawierają różne, ale zazwyczaj uogólnione dane statystyczne⁷⁴, na podstawie których trudno jest jednak zidentyfikować istotne dla potrzeb niniejszej pracy parametry (moc zainstalowana, moc zamówiona, wielkość produkcja ciepła na potrzeby co oraz cwu) konkretnego przedsiębiorstwa ciepłowniczego (wytwórcy ciepła) o konkretnej lokalizacji. By chociaż w zarysie przedstawić potencjalne możliwości zagospodarowania energii geotermalnej przez wyspecjalizowane przedsiębiorstwa ciepłownicze, sięgnięto po dane adresowe zawarte w pracy firmowanej przez Infracorr⁷⁵. Baza danych tej firmy zawiera ona prawie 250 nazw i adresów firm ciepłowniczych. Są to przedsiębiorstwa o znacznej sprzedaży ciepła – traktować je więc można jako potencjalnych inwestorów w zakresie produkcji energii ze źródeł geotermalnych.

⁷⁴ Wg URE w 2007 r. było 577 koncesjonowanych przedsiębiorstw ciepłowniczych produkujących, charakteryzujących się średnią mocą produkcyjną 12,8 MW

⁷⁵ Wykaz przedsiębiorstw ciepłowniczych (z danymi adresowymi), baza danych firmy Infracorr z Gdańska, 2007 r.

Autorzy opracowania pozyskali bezpośrednio (telefonicznie) od przedsiębiorstw leżących w korzystnych strefach geotermalnych dane potrzebne do oceny potencjału ekonomicznego energii geotermalnej. Poniżej przedstawiono listę przedsiębiorstw o korzystnej lokalizacji na obszarach o wysokich wartościach temperatury wody podziemnej, jaką jest NE część Niecki Mogileńsko-Łódzkiej w postaci pasa (SE – NW): Zduńska Wola – Łęczyca – Uniejów – Turek – Kłodawa – Konin – Ślesin – Strzelno – Mogilno – Gniezno – Janowiec Wlkp. - Damasławek – Wągrowiec:

1. Zduńska Wola – Miejskie Sieci Ciepne w Zd. Woli, sp. z o.o.
2. Łęczyca – Przeds. Energetyki Ciepłej, sp. z o.o.
3. Turek – Przeds. Gosp. Komunalnej i Mieszaniowej, sp. z o.o.
4. Konin – Miejskie Przeds. Energetyki Ciepłej – Konin, sp. z o.o.
5. Poddębice – Przeds. Usług Komunalnych, sp. z o.o.
6. Sieradz – Przeds. Energetyki Ciepłej, sp. z o.o.
7. Kalisz – Przeds. Energetyki Ciepłej SA,
8. Gniezno – Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej, sp. z o.o.
9. Oborniki – Przeds. Energetyki Ciepłej, sp. z o.o.
10. Chodzież – Miejska Energetyka Ciepła, sp. z o.o.
11. Piła – Miejska Energetyka Ciepła, sp. z o.o.
12. Łódź – Zespół Elektrociepłowni w Łodzi SA,
13. Kutno – Przeds. Energetyki Ciepłej,
14. Konin – Miejskie Przeds. Energetyki Ciepłej, sp. z o.o.
15. Słupca – Miejski Zakład Energetyki Ciepłej,
16. Września – Przeds. Energetyki Ciepłej, sp. z o.o.
17. Żnin – Zakład Energetyki Ciepłej “ZEC”, sp. z o.o.
18. Wałcz – Z-d Energetyki Ciepłej, sp. z o.o.
19. Wągrowiec – Miejskie Przeds. Energetyki Ciepłej, sp. z o.o.
20. Złotów – Z-d Energetyki Ciepłej, sp. z o.o.
21. Zgierz – Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej, sp. z o.o.

Dodatkowo, powyższa listę uzupełniono wykazem kolejnych 20 przedsiębiorstw ciepłowniczych w układzie wojewódzkim położone na Niżu Polskim na terenach, gdzie zasoby energii geotermalnej są najbardziej zachęcające:

Przedsiębiorstwa położone na terenie Woj. Zachodniopomorskiego:

22. Szczecin - Szczecińska Energetyka Ciepła sp. z o.o.
23. Police – Przeds. Energetyki Ciepłej sp. z o.o.
24. Gryfino – Przeds. Energetyki Ciepłej sp. z o.o.
25. Pyrzyce – Geotermia Pyrzycka sp. z o.o.
26. Stargard Szcz. - Przeds. Energetyki Ciepłej sp. z o.o.
27. Goleniów - Przeds. Energetyki Ciepłej sp. z o.o.
28. Choszczno - Przeds. Energetyki Ciepłej sp. z o.o.

Przedsiębiorstwo położone na terenie Woj. Lubuskiego:

29. Gorzów - Przeds. Energetyki Ciepłej sp. z o.o.

Przedsiębiorstwa położone na terenie Woj. Wielkopolskiego

30. Poznań - Przeds. Energetyki Ciepłej sp. z o.o.
31. Międzychód – Międzychodzkie Przeds. Energetyki Ciepłej sp. z o.o.
32. Rawicz – Z-d. Energetyki Ciepłej
33. Kościan – Miejski Z-d Energetyki Ciepłej sp. z o.o.
34. Gostyń – Sp-nia Mieszk. Lokatorsko – Własnościowa
35. Krotoszyn – Z-d Energetyki Ciepłej sp. z o.o.
36. Jarocin - Przeds. Energetyki Ciepłej sp. z o.o.

Przedsiębiorstwa położone na terenie Woj. Dolnośląskiego

37. Głogów – Przeds. Wodociągów i Kanalizacji sp. z o.o. (?)

38. Polkowice – Przeds. Gospodarki Miejskiej sp. z o.o.

39. Oleśnica – Miejska Gospodarka Komunalna sp. z o.o.

Przedsiębiorstwa położone na terenie Woj. Opolskiego

40. Opole – BOT Elektrownia Opole SA

41. Namysłów – Urząd Miejski

Przedsiębiorstwa te, o korzystnej lokalizacji względem basenów geotermalnych, dysponują łączną mocą cieplną ok. 2 300 MW (średnio ok. 55 MW), sprzedają ok. 17 000 TJ ciepła na cele grzewcze oraz ok. 4 200 TJ ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Wysokie nakłady inwestycyjne na odwierty i instalacje geotermalne wymuszają poszukiwania pełnego i całorocznego odbioru ciepła. Warunek taki spełnia wykorzystanie ciepła geotermalnego w przedsiębiorstwie ciepłowniczym do pokrycia potrzeb w zakresie przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Zaproponowany schemat oceny potencjału ekonomicznego wymaga przedstawienia przykładu jego praktycznej realizacji. Oczywiście trudność sprawia bezpośrednie wskazanie na przykłady potencjalnej możliwości współpracy przy eksploatacji określonego zasobu geoenergii z nieodległym przedsiębiorstwem konwencjonalnej energetyki cieplnej. Nie ma bowiem wystarczającego rozpoznania hydrogeologicznego gwarantującego sukces ekonomiczny takiego wspólnego przedsięwzięcia. Szczegółowe określenie potencjalnej wydajności zasobu jest możliwe dopiero po wykonaniu dubletu i po przeprowadzeniu odpowiednich badań. By wstępnie określić możliwości produkcji ciepła sieciowego w oparciu o wysokotemperaturowe zasoby geotermalne, można szacunkowo przyjąć, że dla średniego strumienia objętości wody geotermalnej wynoszącego ok. 150 m³/h przy schłodzeniu średnio o 20 K uzyskuje się moc cieplną ok. 3,5 MW. Przyjmując, że źródło geotermalne o mocy cieplnej 3,5 MW pracuje w podstawie obciążenia (czyli ok. 7 500 h/a), można oczekiwać, że wyprodukuje ono rocznie ok. 90 TJ ciepła. Przyjęcie założenia, że źródło pracuje w podstawie obciążenia oznacza, że w sezonie grzewczym praca źródła geotermalnego jest wspierana konwencjonalną energetyką opartą na kotłach wodnych, zaś w lecie źródło pracuje na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej. Ze względu na ryzyko techniczne (także w przypadku przeznaczenia systemu geotermalnego na potrzeby przygotowania cwu, niezbędna jest współpraca konwencjonalnego systemu ciepłowniczego z układem opartym na energii geotermalnej) i konieczność zapewnienia pracy geotermalnego systemu grzewczego z możliwie pełnym obciążeniem w ciągu całego roku, niezależnie od zmian zapotrzebowania na ciepło, przyjęto, że moc cieplna systemów geotermalnych w analizowanych, korzystnie zlokalizowanych przedsiębiorstwach ciepłowniczych będzie tak dobrana, aby pokryć zapotrzebowanie na cwu w danym systemie ciepłowniczym. Przyjęto zatem, że w ramach realizacji **potencjału ekonomicznego geotermii głębokiej**, we wszystkich przedsiębiorstwach objętych analizą powstaną systemy geotermalne o łącznej rocznej wydajności **4 200 TJ**.

Powyższą procedurę należy uznać za optymistyczną, bowiem w warunkach konkretnej, rzeczywistej eksploatacji można się liczyć z określonymi trudnościami np. przy zatłaczaniu wody do dubletu. Dlatego też w jeszcze bardziej realnym wariantcie, należałoby powyżej określony wynik pomnożyć jeszcze przez odpowiednio dobrany współczynnik ryzyka. Z drugiej strony obliczony potencjał ekonomiczny może być nieco zaniżony nieuwzględnieniem w analizie wykorzystania energii geotermalnej w obiektach balneologicznych, ale jest to obszar niewielkich aplikacji niszowych, który znacząco nie wpływa na wielkość potencjału ekonomicznego geotermii i jej udziału w końcowym zużyciu energii z dwu dodatkowych powodów: a) powoduje zwiększanie zużycia końcowego energii (zaspokojenie dodatkowych potrzeb), czyli w mniejszym zakresie podnosi udział energii w ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii, b) budowa zakładów geotermalnych dla potrzeb balneologicznych będzie związana z korzystaniem z pomocy publicznej dla energetyki odnawialnej i tym samym uszczupli środki na wsparcie inwestycji w

przedsiębiorstwach ciepłowniczych w geotermii (patrz poniżej) obniżając także potencjał rynkowych tych technologii o wyższej wydajności.

Ocena potencjału rynkowego do 2020 r.

Tak jak wyżej określony potencjał ekonomiczny jest zbliżony do potencjału rynkowego. Ale aby precyzyjniej określić potencjał cieplny możliwy do uzyskania w oparciu o całoroczne wykorzystanie źródeł odnawialnych wykorzystujących głęboką geotermię, w pierwszej kolejności należy będące do dyspozycji określone środki finansowe podzielić przez średni koszt wykonania jednego dubletu o głębokości ok. 3 km, a następnie tak uzyskany wynik, czyli ilość dubletów, pomnożyć przez wyznaczoną w ramach potencjału ekonomicznego moc cieplną. Przedsięwzięcia tego typu wymagają wsparcia ze środków publicznych. Dotychczas w polskich warunkach, realizacja tego typu inwestycji związana była z pomocą publiczną w postaci dotacji w wysokości minimum 50% całkowitych nakładów energetycznych. Pomocy takiej udzielały krajowe fundusze ekologiczne i fundusze zagraniczne.

Obecnie, praktycznie jedynym źródłem finansowania tego typu inwestycji w perspektywie ich uruchomienia w Polsce przez 2020 r. są fundusze strukturalne i fundusze spójności UE. W Programie Operacyjnym Infrastruktura i Ochrona Środowiska oraz w 16 Regionalnych Programach Operacyjnych na lata 2007-2013 (w praktyce do 2015 r.), w kategoriach interwencji obejmujących jednocześnie energetykę geotermalną i wodną zarezerwowano prawie 192 mln. Euro. Przyjmując wstępnie założenie o proporcjonalnym dla obydwu sektorów podziale środków w tej kategorii interwencji, można oszacować dofinansowanie wyłącznie do geotermii (głębokiej – większe projekty)⁷⁶ na 96 mln Euro⁷⁷. Przyjmując, że inwestycje odbywać się będą w korzystnych lokalizacjach, przyjęto stosunkowo niski (jak na warunki polskie) wskaźnik całkowitych nakładów finansowych na 1 kW mocy ciepłowni geotermalnej – 1300 Euro/kW, oraz zakładając dofinansowanie w wysokości 50% całkowitych nakładów inwestycyjnych, realne jest zbudowanie i oddanie do użytku przed 2020 r. ok. 150 MW nowych mocy w geotermii głębokiej. Przy całorocznej eksploatacji systemy te mogłyby wyprodukować na potrzeby odbiorców **4 050 TJ**, głównie w postaci energii w ciepłej wodzie użytkowej. Uznano, że ***jest to potencjał rynkowy geotermii głębokiej w Polsce w perspektywie 2020 r.***

Potencjał ten jest bardzo zbliżony do prognozy rozwoju geotermii głębokiej do 2020 r. (4000 TJ) określonej w opracowaniu dr Beaty Kępińskiej przesłanym do Ministerstwa Gospodarki w czerwcu 2007 r.⁷⁸, choć ten sam efekt (dzięki założeniu o wysokim stopniu rocznego wykorzystania ciepłowni geotermalnych) uzyskano przy mniejszej mocy zainstalowanej i skali niezbędnych inwestycji.

Geotermia płytka

Szacunek potencjału ekonomicznego i rynkowego geotermii płytkiej (niskoentalpowej/niskotemperaturowej), zazwyczaj łączonej ze stosowaniem pomp ciepła,

⁷⁶Wiśniewski G. (red.): Ocena stanu i perspektyw krajowej produkcji urządzeń energetyki odnawialnej w Polsce. Ekspertyza dla Ministerstwa Środowiska, Warszawa, wrzesień '2007, Instytut Energetyki Odnawialnej.

⁷⁷ Program Operacyjny „Infrastruktura i Środowisko” , w tym kategorii interwencji są już ostatecznie zatwierdzone (decyzja Komisji Europejskiej z 5 grudnia 2007 r.), ale założenie co do proporcjonalnego podziału środków wewnątrz kategorii interwencji jest „sprawiedliwe”, to jednak też bardzo zgrubne; w praktyce można oczekiwać większej skali aplikacji o środki na geotermię niż na energetykę wodną z uwagi na większą aktywność w tym sektorze jednostek samorządu terytorialnego, a wtedy wyszacowany potencjał rynkowy geotermii głębokiej (4050 TJ) może być bliski potencjałowi ekonomicznemu (4200 TJ), a nawet, wbrew założeniom niniejszej pracy – wyższy od potencjału ekonomicznego.

⁷⁸ Kępińska B. Pismo Polskiego Stowarzyszenia Geotermicznego do dyr. Z. Kamińskiego nt.: określenie dla Polski celu rozwoju energetyki odnawialnej do 2020r . Kraków, 22 czerwca 2007r.

dokonano także biorąc pod uwagę popyt na tego rodzaju systemy. W przeciwieństwie jednak do geotermii głębokiej, potencjał określono nie punktowo/niszowo (wskazując konkretne przedsiębiorstwo ciepłownicze), ale bazując na zapotrzebowaniu większej liczby anonimowych odbiorców.

Obserwacja rynku pomp ciepła skłania do wniosku, że instalowane są one zazwyczaj **w nowo wznoszonych obiektach**, zarówno w nielicznych prywatnych domach (willach), jak i licznych obiektach zbiorowego użytkowania (ośrodki turystyczne, rekreacyjne, biurowe, kempingi, ośrodki duszpasterskie, ośrodki szkoleniowe i placówki wychowawcze, aktualnie projektowane apartamentowce i inne luksusowe obiekty. Pamiętać należy, że budowa tego typu systemów z pompami ciepła jest kłopotliwa i wymaga znaczących nakładów (np. instalowanie w gruncie poziomych lub pionowych wymienników ciepła). Ośrodkom zbiorowego użytkowania stosunkowo łatwiej aplikować po środki/wsparcie zewnętrzne, ale ich ogólna liczba, a w szczególności liczba nowo wznoszonych obiektów tego typu jest za mała, aby na tym oprzeć rozwój geotermii płytkiej.

Dlatego do szacunków potencjału ekonomicznego i rynkowego geotermii płytkiej do 2020 r., przyjęto w szczególności obiekty mieszkaniowe – większe domy prywatne jedno-dwu rodzinne o powierzchni 200-300 m² oraz bardziej luksusowe domy wielorodzinne (w tym budowane przez deweloperów), których uzupełnieniem są nowobudowane obiekty zbiorowego użytkowania o powierzchniach ok. 2000 m². Warto tu nadmienić iż, specyfika ogrzewania w oparciu o pompę ciepła wymaga tzw. nisko- (ok. 40 °C) lub średniotemperaturowej (55/45, 50/40, 50/35 °C) instalacji grzewczej. W warunkach obliczeniowych w "starym budownictwie" natomiast różnica temp. między wodą instalacyjną a powietrzem wewnętrznym wynosi ok. 80 - 20 = 60 K, gdy przy ogrzewaniu pompą tylko ok. 50 - 20 = 30 K, czyli w tym przypadku grzejniki muszą mieć powierzchnię grzewczą dwukrotnie większą. Czyli w zasadzie jedyną możliwością sprzyjającą instalowaniu pomp ciepła w tego typu obiektów, poza ich wznoszeniem od nowa, jest tzw. kompleksowa termomodernizacja.

Stosownie do ww. dwu grup odbiorców, w ocenie potencjału ekonomicznego i rynkowego wyróżnić można dwie grupy pomp ciepła; a) małe pompy ciepła o mocach cieplnych rzędu 10-20 kW b) duże pompy ciepła o mocach rzędu 50-100 kW⁷⁹.

Podstawą do określenia zapotrzebowania na gruntowe pompy ciepła typu solanka-woda, ew. woda –woda trzeba przede wszystkim wziąć pod uwagę nowo budowane i oddawane do użytku mieszkania. Wg GUS w latach 2000-2007, corocznie oddawane było do użytku ok. 118 000 mieszkań, w tym 64 000 mieszkań indywidualnych i 8500 spółdzielczych. Przyjmując że jedynie 6% tych mieszkań będzie corocznie odpowiednio wyposażane w „małe” i „duże” pompy ciepła, do 2020 r. powinno zostać oddanych do użytku ok. 4400 pomp ciepła w tym prawie 600 „dużych” i 3800 „małych”. W 2020 r. wyprodukować one mogą **8 167 TJ** ciepła brutto i **tę liczbę przyjęto jako jednocześnie potencjał ekonomiczny i rynkowy geotermii płytkiej z pompami ciepła na rok 2020.**

Biorąc pod uwagę, że obecnie w sektorze mieszkaniowym sprzedaje się rocznie ok. 1000 pomp ciepła, w tym 700 „małych” i 300 „dużych”, osiągnięcie ww. celu wymagałoby 20% tempa wzrostu sprzedaży małych pomp ciepła i 10% tych dużych. Obliczony potencjał jest zbliżony do oceny perspektyw rozwoju geotermii płytkiej do roku 2020, przedstawionej przez dr Beatę Kepińska⁸⁰ (op. cit.).

⁷⁹ Moc elektryczna sprężarkowych pomp ciepła można przyjąć jako 40% nominalnej mocy cieplnej

⁸⁰Dr B. Kepińska w swoim opracowaniu dla Ministerstwa Gospodarki, przewidywała przyrost podaży ciepła z geotermii płytkiej z 1100 TJ obecnie do 8800 TJ w 2020r.

5. Ścieżka rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii do 2020 roku

5.1 Prognozy wykorzystania źródeł energii odnawialnej

Wykonawca niniejszego opracowania nie miał możliwości skorzystania z modeli i symulacji komputerowych pozwalających na generowanie scenariuszy, ale uzyskane wyniki warto odnieść do wyników takich prac wykonywanych dla Polski. Analizie podano tylko prace wykonane po 2000 r.

Jednym z ważniejszych dokumentów planistycznych, w którym zawarto prognozy rozwoju sektora energetyki odnawialnej w Polsce jest *Strategia rozwoju energetyki odnawialnej* (przyjęta uchwałą Sejmu z dnia 28 sierpnia 2001). W dokumencie tym postawiono jako cel osiągnięcie 7,5% udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie energii pierwotnej kraju do roku 2010 oraz 14% do roku 2020.

Obowiązujące cele ilościowe i przeprowadzone dla Polski prognozy dotyczące perspektyw rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce zestawiono w tabeli 4.

Prognozy rozwoju sektora energetyki odnawialnej w Polsce przeprowadzone w ostatnich latach przez krajowe i zagraniczne ośrodki badawcze wskazują na możliwe bardzo duże różnice w tempie rozwoju tego sektora, w zależności od stworzenia mniej lub bardziej korzystnych warunków tego rozwoju. Niniejsza praca bazowała, zgodnie z wytycznymi Zamawiającego, na kontynuacji obecnego, też podlegających ewolucyjnym zmianom, systemu i instrumentów wsparcia oraz założeniu przyjęcia celu ilościowego na 2020 r. udział energii z OZE (bez oddzielnych celów i wymuszeń oraz szczególnych preferencji dla zielonej energii elektrycznej i ciepła, traktowanych równoważnie) w bilansie zużycia energii finalnej w Polsce. Stworzenie korzystnych warunków inwestowania w ten podsektor energetyki jako całość, może dać w ciągu kilku lat bardzo znaczny wzrost udziału źródeł energii odnawialnej w ogólnym zużyciu nośników energetycznych oraz w produkcji energii elektrycznej, ciepła i paliw płynnych transportowych. Podane w tabeli cele i wyniki nie były bowiem uzależnione jedynie od wielkości dostępnych odnawianych zasobów energii (choć bazowały na krajowych zasobach), ale także od przyjętych instrumentów wsparcia i założeń makroekonomicznych.

Prognozy zawierają się w dużym przedziale zmienności wyników, w zależności od przyjętych założeń. Znamiennym jest to, że cele i wyniki scenariuszy (udziały energii z OZE) we wcześniejszych pracach odniesione były do energii pierwotnej (czasami wielkości produkcji energii – wsadu). Dla potrzeb porównania uzyskanych wcześniej wyników dokonano (w ostatniej kolumnie) w sposób uproszczony przeliczenia udziałów procentowych OZE odniesionych do energii pierwotnej na energię finalną. ***Średni prognozowany udział energii z OZE w energii końcowej w 2020r w powyższych pracach był szacowany na ok. 12,9%***, ale były też takie prace, których wyniki wykazywały na możliwość przekroczenia 20% (bez wymuszenia celu dyrektywą ramową UE).

Wspomniane prognozy, choć opracowane przy różnych założeniach i w różnym czasie, zdają się potwierdzać, że przyjęte cele polityczne i oczekiwane zobowiązania prawne na 2020 r. dla Polski są osiągalne. Jednocześnie jednak stanowią ambitne wyzwanie i stawiają duże wymagania instytucjom odpowiedzialnym za ich konsekwentne realizowanie i wdrożenie oraz w zakresie instrumentów wsparcia.

Tab.4 Zestawienie prognoz udziału energii z OZE w energii końcowej i energii pierwotnej, w %

Opracowanie/Prognoza na rok 2020	Energia pierwotna	W przeliczeniu na energię końcową ⁸¹
Ministerstwo Środowiska, <i>Strategia rozwoju energetyki odnawialnej</i> , '2000	14,0	16,8
EC BREC, ESD, <i>Wykorzystanie programu SAFIRE do opracowania scenariuszy rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce do roku 2020</i> , '2001	8,2-11,2	9,8-13,4
ARE S.A., <i>Opracowanie scenariusza ekologicznego rozwoju krajowego sektora energetycznego</i> , '2002 ⁸²	5,5-13,5	6,6-16,2
Fraunhofer ISI, EEG, KEMA, ECOFYS, REC, <i>FORRES 2020: Analysis of the renewable energy's evolution up to 2020</i> , 2003 ⁸³	6,0-18,5	7,2-22,2
Ministerstwo Gospodarki, <i>Polityka energetyczna Polski do roku 2030</i> , 2007 ⁸⁴	9,0	10,8

Obecnie praktyczna przydatność tych prognoz nie jest jednak wysoka i to nie tylko ze względu na zmianę systemu wsparcia. Największe czynniki niepewności ww. prognoz wynikają z faktu wchodzenia energetyki w ogóle a energetyki odnawialnej w szczególności, w okres przejściowy (niezwykle trudny do modelowania), z dużą dynamiką rozwoju technologii i dużych zmian na rynku energii (w tym rosnącej wymiany handlowej) oraz zaostrzania wymogów środowiskowych, co ograniczą przydatność wykorzystanych wcześniej modeli, przyjętych założeń i ostatecznie adekwatność prognoz. Mogą jednak stanowić punkt odniesienia do wyników uzyskanych w niniejszej ekspertyzie, zaprezentowanych w kolejnym podrozdziale.

5.2 Prezentacja wyników studium - przewidywana wielkość i struktura produkcji energii ze źródeł odnawialnych do 2020 r.

Zgodnie z przyjętymi założeniami i definicjami, sumaryczny potencjał techniczny odnawialnych zasobów energii, w przeliczeniu na końcowe nośniki energii w niniejszej pracy został oszacowany na 3 896 PJ i przekracza końcowe zużycie energii planowane na 2020 r. – 3 226 PJ⁸⁵, podczas gdy potencjał ekonomiczny wynosi 1 160 PJ, a praktyczne możliwości jego wykorzystania na 2020 r. (potencjał rynkowy) sięgają 697 PJ. Przeprowadzone analizy wykazały zatem, że **w wariancie bazowym** możliwe jest osiągnięcie 21,6% udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii finalnej w Polsce w 2020 r., określonej (i przyjętej na użytek niniejszego opracowania jako punkt odniesienia) w projekcie „Polityki energetycznej Polski do 2030 r.”⁸⁶.

Realny potencjał ekonomiczny odnawialnych zasobów energii przedstawiono w tabeli 5 oraz na rys.10 Zgodnie z tym oszacowaniem największy potencjał w energii końcowej posiadają technologie „biomasowe” (ponad 600 PJ). Jest on jednak już obecnie (dane za rok 2006) w

⁸¹ Przyjęto uśredniony wzrost udziału OZE w energii końcowej o 20% w stosunku do udziału w energii pierwotnej

⁸² ARE S.A., *Opracowanie scenariusza ekologicznego rozwoju krajowego sektora energetycznego* Warszawa, 2001.

⁸³ FRAUNHOFER ISI, EEG, KEMA, ECOFYS, REC, *FORRES 2020: Analysis of the renewable energy's evolution up to 2020. DRAFT Country Report - Poland*, 2003

⁸⁴ Ministerstwo Gospodarki, *Polityka energetyczna Polski do roku 2030*, Warszawa, 2007 (projekt).

⁸⁵ Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 r.

⁸⁶ Projekt z 3 września 2007r.

wysokim stopniu wykorzystany. Dotyczy to zwłaszcza biomasy stałej odpadowej i leśnej (wykorzystanie bliskie 100%). W niewielkim stopniu natomiast wykorzystany jest potencjał związany z uprawami energetycznymi oraz potencjał biogazu. Kolejne miejsce pod względem potencjału ekonomicznego przypada energetyce wiatrowej (ponad 400 PJ), co przy obecnym znikomym wykorzystaniu potencjału, nawet przy uwzględnieniu omówionych wcześniej ograniczeń środowiskowych i infrastrukturalnych, pozwala spodziewać się intensywnego rozwoju tej technologii. Mniejsze znaczenie ma potencjał energetyki słonecznej (ponad 80 PJ) oraz wodnej (18 PJ, przy relatywnie wysokim obecnym stopniu jej wykorzystania⁸⁷) i energii geotermicznej (12 PJ).

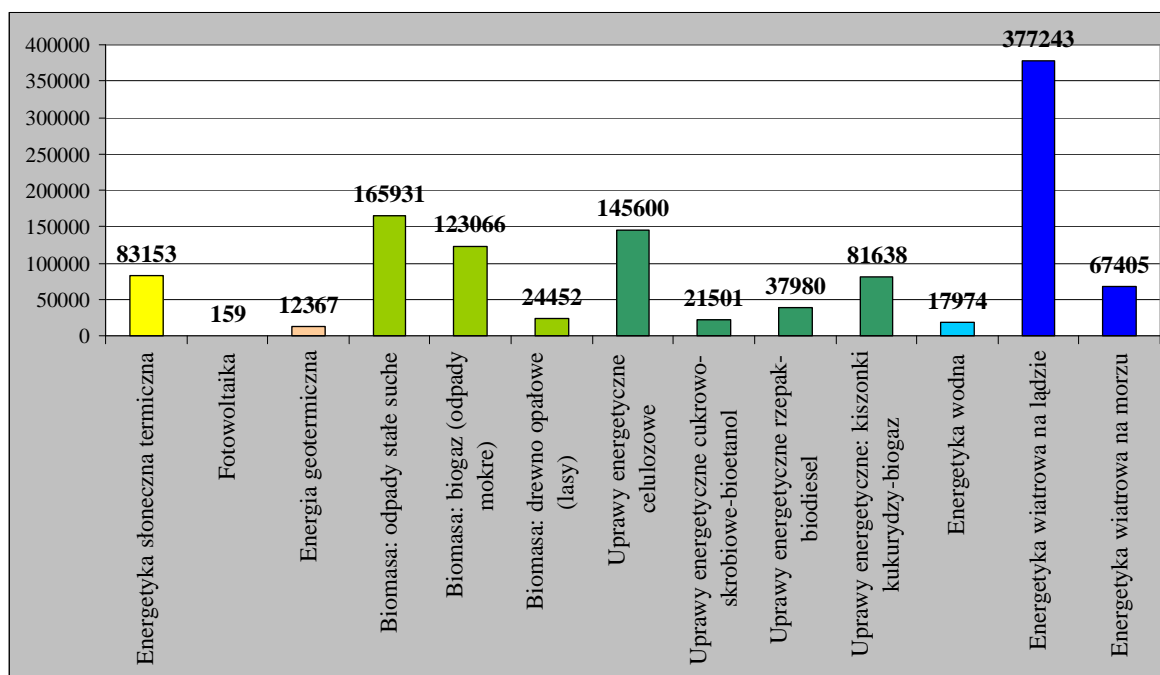
Tabela 5 Realny potencjał ekonomiczny odnawialnych zasobów energii oraz stan jego wykorzystania na 2006 rok

Potencjały odnawialnych zasobów energii	Realny potencjał ekonomiczny- energia końcowa	Stan wykorzystania potencjału ekonomicznego na 2006 r	
		[TJ]	[%]
Rodzaje odnawialnych zasobów energii	[TJ]	[TJ]	[%]
Energetyka słoneczna, w tym:	83 312,2	149,8	0,18
termiczna, w tym:	83 152,9	149,6	0,18
przygotowanie cwu	36 491,9	149,6	0,41
ogrzewanie – co	46 661,0	0,0	0,00
fotowoltaiczna	159,3	0,2	0,11
Energia geotermiczna, w tym:	12 367,0	1 535,0	12,4
Głęboka	4 200,0	535,0	12,7
Płytka	8 167,0	1 000,0	12,2
Biomasa, w tym:	600 167,8	192 097,0	32,0
odpady stałe suche	165 930,8	160 976,2	97,0
biogaz (odpady mokre)	123 066,3	2 613,0	2,12
drewno opałowe (las)	24 451,8	24 451,8	100,0
uprawy energetyczne, w tym:	286 718,9	4 056,0	1,41
celulozowe	145 600,0	0,0	0,00
cukrowo-skrobiowe-bioetanol	21 501,0	2 558,0	11,90
rzepak-biodiesel	37 980,0	1 498,0	3,94
kiszonki kukurydzy-biogaz	81 637,9	0,0	0,00
Energetyka wodna	17 974,4	7 351,2	40,90
Energetyka wiatrowa, w tym	444 647,6	921,6	0,21
na lądzie	377 242,5	921,6	0,24
na morzu	67 405,0	0,0	0,00
Razem	1 158 469	202 055	17,4%

Na rysunku 10 przedstawiono prezentację graficzną uzyskanych wyników szacowania potencjału ekonomicznego poszczególnych rodzajów odnawialnych zasobów energii i ich składników.

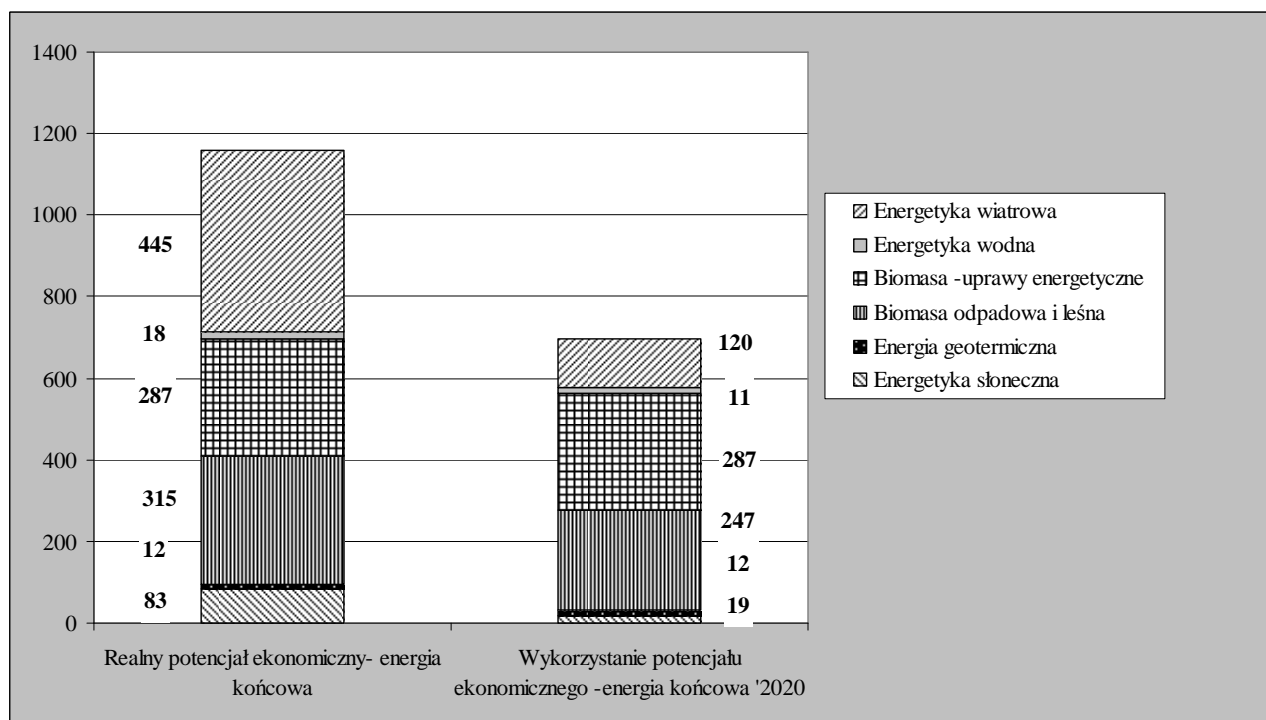
W wyniku założeń i przeprowadzonych wcześniej analiz, oceniono, że do 2020 roku wykorzystane zostanie 60,1% realnego potencjału ekonomicznego odnawialnych zasobów energii (tab. 6), co jest odpowiednikiem potencjału rynkowego.

⁸⁷ W stosunku do stopnia wykorzystania innych odnawialnych zasobów energii w Polsce. Jednakże obecnego stopień wykorzystania potencjału energetyki wodnej w UE jest wyższy niż w Polsce.



Rys. 10 Realne potencjały ekonomiczne poszczególnych rodzajów OZE, w TJ

W prognozowanej na 2020 r. strukturze wykorzystania zasobów, w przeliczeniu na energię końcową, dominować będzie nadal biomasa (rys. 11), której potencjał ekonomiczny wykorzystany będzie w 88,8%, w co znaczny wkład wniosą uprawy energetyczne.



Rys. 11 Realny potencjał ekonomiczny poszczególnych rodzajów OZE i jego wykorzystanie w roku 2020 – realny potencjał rynkowy, w TJ

Przewidziano wysoki stopień wykorzystania potencjału ekonomicznego energii geotermalnej, wspartego wysoką absorpcją środków z funduszy strukturalnych i funduszu spójności UE na lata 2007-2013, ale można się spodziewać, że zostanie on osiągnięty w perspektywie roku 2020 bez dodatkowych ograniczeń. Praktyczne możliwości rozwoju rynku (oszacowane w pracy i

zweryfikowane m.in. w oparciu o aktualne trendy na rynku krajowym i doświadczenia innych krajów UE), ograniczą natomiast do 27% wykorzystanie potencjału ekonomicznego (przy obecnym systemie wsparcia) energii wiatru ogółem, a zwłaszcza energii wiatru na morzu (przy założeniu braku w ciągu najbliższych 3-5 lat zdecydowanych działań o charakterze politycznym i strategicznym w celu rozwoju tej technologii). Udział energetyki słonecznej w ogólnym bilansie energii OZE, pomimo stosunkowo wysokiego wzrostu wykorzystania pozostanie w dalszym ciągu niewielki.

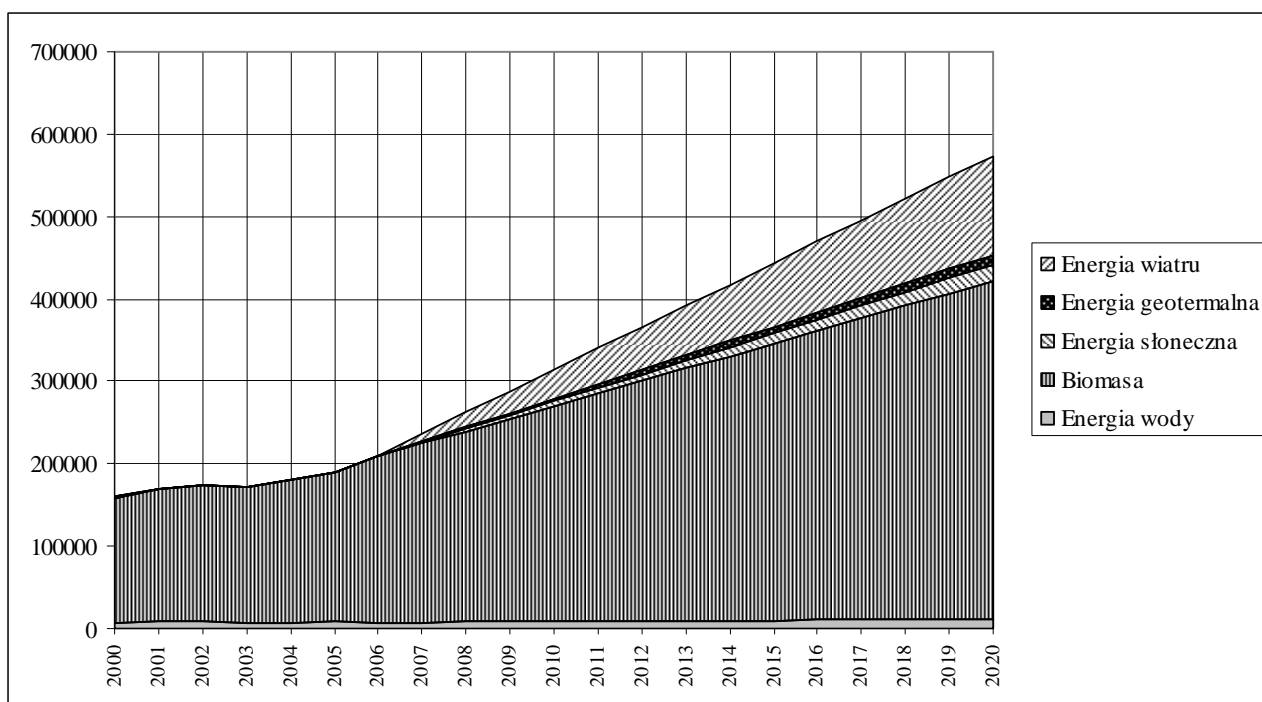
Tabela 6 Szacowane wykorzystanie potencjału ekonomicznego (energia końcowa) w 2020 roku – realny potencjał rynkowy

Potencjały odnawialnych zasobów energii	Realny potencjał ekonomiczny-energia końcowa	Wykorzystanie potencjału ekonomicznego w 2020 roku	
		[TJ]	[%]
Rodzaje odnawialnych zasobów energii	[TJ]	[TJ]	[%]
Energetyka słoneczna, w tym:	83 312,2	19 422,2	23,3
termiczna, w tym:	83 152,9	19 262,9	23,2
przygotowanie cwu	36 491,9	14 596,8	40,0
ogrzewanie – co	46 661,0	4 666,1	10,0
fotowoltaiczna	159,3	159,3	100,0
Energia geotermiczna, w tym:	12 367,0	12 217,0	98,8
głęboka	4 200,0	4 050,0	96,4
płytką	8 167,0	8 167,0	100,0
Biomasa, w tym:	600 167,8	533 117,5	88,8
odpady stałe suche	165 930,8	149 337,7	90,0
biogaz (odpady mokre)	123 066,3	72 609,1	59,0
drewno opałowe (las)	24 451,8	24 451,8	100,0
uprawy energetyczne, w tym:	286 718,9	286 718,9	100,0
celulozowe	145 600,0	145 600,0	100,0
cukrowo-skrobiowe-bioetanol	21 501,0	21 501,0	100,0
rzepak-biodiesel	37 980,0	37 980,0	100,0
kiszonki kukurydzy-biogaz	81 637,9	81 637,9	100,0
Energetyka wodna	17 974,4	11 144,2	62,0
Energetyka wiatrowa, w tym	444 647,6	119 913,3	27,0
na lądzie	377 242,5	113 172,8	30,0
na morzu	67 405,0	6 740,5	10,0
Razem	1 158 469	695 814	60,1

W załączniku 3 przedstawiono alternatywny, w stosunku do „bazowego” przedstawionego powyżej, scenariusz dodatniego salda eksportu biopaliw stałych przetworzonych i transportowych biopaliw ciekłych, sięgający 123 PJ. Uzyskany udział energii ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii finalnej, z uwzględnieniem skutków dla bilansu krajowego wywołanych nadwyżką eksportu biopaliw na importem – 17,8% (573 PJ) wydaje się być bliskim narodowemu wskaźnikowi ilościowemu jaki dla Polski może zaproponować Komisja Europejska w projekcie nowej dyrektywie ramowej.

Przy powyższych założeniach przedstawiono na rysunku 12 możliwą ścieżkę rozwoju wykorzystania poszczególnych rodzajów odnawialnych zasobów energii do roku 2020, uwzględniając także dotychczasową ścieżkę rozwoju w latach 2000-2006.

Warto zwrócić uwagę, że w zaproponowanym scenariuszu, spełniony jest też cel pośredni na 2014 r. wskazany w nieoficjalnym, przygotowanym przez Komisję Europejską (KE) w nieoficjalnym projekcie dyrektywy UE z grudnia 2007 o promocji wykorzystania odnawialnych źródeł energii, odpowiadający udziałowi energii z OZE w 2005 r. plus 51% różnicy pomiędzy celem na 2020 r. i 2005 r.).



Rys 12. Wykorzystanie potencjału odnawialnych zasobów energii do 2020 r. (pozwalający na uzyskanie 17,8 % udziału energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii finalnej), w TJ

W tabeli 7 przedstawiono, przy powyższych założeniach, oczekiwane średnie roczne tempo rozwoju wykorzystania potencjału poszczególnych rodzajów OZE w latach 2006-2020, które musiałyby być zachowane w celu osiągnięcia zakładanego stopnia wykorzystania potencjału. Szczególnie wysokie wartości dotyczą technologii energetyki wiatrowej (40% rocznie) i słonecznej (42%), jednak ze względu na specyfikę tych technologii oraz fakt, że rozpoczynają one rozwój od bardzo niskiego stopnia wykorzystania potencjału, należy ocenić, że takie przyrosty są możliwe do osiągnięcia. Średnioroczny przyrost wykorzystania potencjału dla całego sektora jest umiarkowany i wynosi 9%, głównie z powodu znaczącego obecnego poziomu wykorzystania zasobów biomasy i jej dominującej roli w obecnej strukturze wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych.

Tabela 7 Oszacowane średnie roczne tempo rozwoju wykorzystania poszczególnych potencjałów OZE w latach 2006-2020

Rodzaj OZE	Średnie roczne tempo rozwoju, 2006-2020 w [%]
Energetyka słoneczna	42
Energia geotermiczna	16
Biomasa	8
w tym uprawy energetyczne	35
Energetyka wodna	3
Energetyka wiatrowa	40
Średnia ważona	9

Niższe tempo rozwoju energetycznego wykorzystania biomasy (za wyjątkiem celowych upraw) i energetyki wodnej wynika z ich obecnego znaczącego już udziału w bilansie energetycznym. Wyższe tempa rozwoju przypadły w udziale sektorom będącym na bardziej wstępnym etapie rozwoju, ale nie odbiegają od aktualnego tempa wzrostu oraz tempa wzrostu tych sektorów w innych krajach.

Jak widać, zaprezentowany scenariusz i ścieżka rozwoju energetyki odnawialnej do 2020 r. wymagają określonych działań inwestycyjnych w celu uzyskania odpowiednich mocy wytwórczych, odpowiednio wyższych od tych istniejących obecnie i opisanych w rozdziale 3.

Na podstawie wcześniej obliczonej wielkości podaży energii z poszczególnych odnawialnych zasobów energetycznych dokonano obliczeń przewidywanej na 2020 r. mocy dla reprezentatywnych technologii służących do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła.

Przyjęto przy tym pewne założenia upraszczające. Podział na moce cieplne i elektryczne, uzyskano przy założeniu, że:

- całość drewna opałowego z lasów i biopaliw odpadowych stałych suchych przeznaczona będzie na produkcję ciepła. Wynika to między innymi z obecnie prawnie wymaganego znacznego ograniczenia biomasy pochodzenia leśnego w instalacjach ją współpalających z węglem w elektrowniach i elektrociepłowniach⁸⁸. Założono że ten sposób uwolnione zasoby biomasy suchej, w postaci przetworzonej do peletów i brykietów, w pierwszym rzędzie zostaną wykorzystane w indywidualnych kotłach grzewczych. Wskaźniki wydajności energii wyprodukowanej na jednostkę mocy zainstalowanej zaczerpnięto z wyników wcześniejszych badań empirycznych⁸⁹, uzyskiwanych na prawidłowo zrealizowanych instalacjach.

- całość plonów z lignocelulozowych celowych plantacji energetycznych wykorzystana będzie do produkcji energii elektrycznej w elektrociepłowniach oraz cały potencjał biogazu zostanie wykorzystany w systemach kogeneracyjnych. Wskaźniki stopnia wykorzystania skojarzenia w systemach kogeneracyjnych opartych na biopaliwach stałych i płynnych przyjęto przy podanych wcześniej (rozdział 4) założeniach dotyczących czasu wykorzystania instalacji w ciągu roku (7 500 - 8 000 h) i zakładając odpowiednie dla nowych technologii współczynniki skojarzenia. Przyjęto następujące współczynniki skojarzenia (stosunek wyprodukowanej energii elektrycznej do ciepła): dla biogazu – 0,7, dla systemów kogeneracyjnych na biopaliwa stałe z upraw energetycznych – 0,3 (założono, że w 2020 r. znaczący już udział w rynku będą miały systemy ORC). Przyjęte założenia są optymistyczne (lepsze od wyników badań empirycznych uzyskanych w 2000 r. w warunkach rzeczywistych, *op. cit.*), ale też pozwalają zarówno na optymalne wykorzystanie zasobów jak i na zmniejszenie nowych mocy zainstalowanych (często też kosztów) w systemie i zakładają zarówno postęp techniczny jak i wykorzystanie się krzywej uczenia się przez inwestorów i operatorów tych systemów, jak też taki dobór instrumentów wsparcia, który będzie preferował możliwie pełne wykorzystanie ciepła odpadowego.

- w przypadku energetyki wodnej i wiatrowej sposoby przeliczeń przewidywanej produkcji energii elektrycznej w 2020 r. na odpowiednie moce zainstalowane podano w rozdziale 4.

- w przypadku geotermii i energetyki słonecznej założenia co do wydajności energetycznej na jednostkę mocy zainstalowanej wynikają z założeń dotyczących czasu wykorzystania instalacji w ciągu roku podanych w rozdziale 4. W przypadku geotermalnych pomp ciepła, z uwagi na

⁸⁸ Współpalanie biomasy z węglem będzie prawdopodobnie miało miejsce także w 2020 r., ale na mniejszą skalę i przyjmując wyższe współczynniki sprawności konwersji biomasy na ciepło (ogrzewanie indywidualne) oraz na ciepło i energię elektryczną (rozproszone systemy kogeneracyjne, praktycznie nie uwzględniono tej mało efektywnej opcji energetycznego wykorzystania biomasy w bilansach końcowych).

⁸⁹ Wiśniewski G. (red): Ekonomiczne i prawne uwarunkowania wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce. Ekspertyza dla Ministerstwa Środowiska, Europejskie Centrum Energii Odnawialnej, Warszawa, 2000r.

wymagania co do minimalnej wysokości współczynnika efektywności energetycznej⁹⁰, nie założono produkcji chłodu w okresie letnim. Przyjęto też stosowane w UE umowne przeliczniki mocy zainstalowanej na 1 m² powierzchni kolektorów słonecznych (0,7 kW). Także zgodnie z przyjętą nomenklaturą międzynarodową, moc przeliczeniową systemów fotowoltaicznych odniesiono do ich mocy szczytowej nominalnej (choć zawiąza to ich rzeczywisty udział w mocy zainstalowanej w ogólnej mocy zainstalowanej w energetyce odnawialnej).

Wyniki obliczeń, wraz z obliczonymi na podstawie powyższych założeń wskaźnikami mocy potrzebnej do wyprodukowania 1 TJ ciepła lub energii elektrycznej, podane są w tabeli 8.

Tabela 8. Planowane moce zainstalowane do wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w 2020 r.

Rodzaje odnawialnych zasobów i źródeł energii	Wskaźnik	Przewidywana moce cieplna	Wskaźnik	Przewidywana moce elektryczna
	[MW _c /TJ]	[MW]	[MW _e /TJ]	[MW]
Energetyka słoneczna, w tym:				
kolektory słoneczne do przygotowanie cwu	0,58	8 515		
kolektory słoneczne do ogrzewania – co	0,50	2 333		
systemy fotowoltaiczne			0,42	7
Energia geotermiczna, w tym:				
ciepłownie geotermalne	0,04	158		
geotermalne pompy ciepła	0,10	817		
Biomasa, w tym:				
kotły małej mocy na pelety i brykiety	0,13	9 452		
biogazownie na odpady mokre	0,02	1 505	0,01	1 054
ciepłownie na drewno (zrębki)	0,10	2 445		
systemy kogeneracyjne-biopaliwa stałe/uprawy	0,03	3 111	0,01	933
biogazownie na kiszonki –z upraw	0,02	1 668	0,01	1 167
elektrownie wodne < 10 MW			0,11	1 176
elektrownie wiatrowe na lądzie			0,13	14 700
elektrownie wiatrowe na morzu			0,08	550
Razem		30 003		19 587

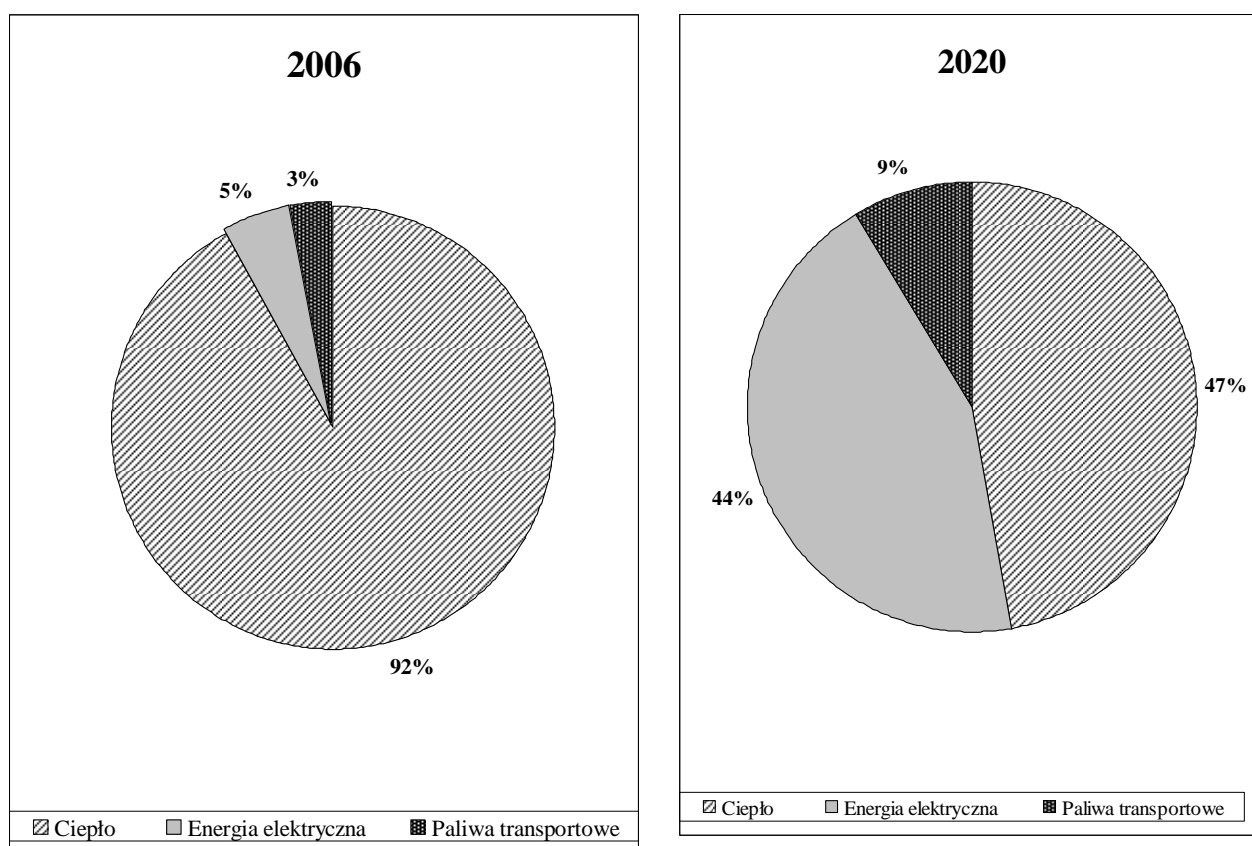
Przy przyjętych założeniach w 2020 r. ogólna moc cieplna w sektorze energetyki odnawialnej przekroczyłaby 30 GW, a moc elektryczna sięgałaby 20 GW.

Przewidywana na 2020 r. produkcja „zielonego” ciepła w TJ została podana w tabeli 6. W uzupełnieniu do informacji podanych w tabeli 8, możliwa prognozowana produkcja energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii w 2020 r. wyniosłaby: elektrownie wodne – 3,1 TWh, elektrownie wiatrowe – 33,3 TWh, biogazownie – 16,5 TWh (w tym na odpady mokre 7,9 TWh i z kiszonek 8,8 TWh), systemy kogeneracyjne (w tym ORC) na biopaliwa stałe – 7,0 TWh), łącznie: 60 TWh.⁹¹

⁹⁰ Takie ograniczenie dla formalnego zakwalifikowania wytworzonej energii jako pochodzącej z odnawialnego źródła energii i uzasadniającej jakąkolwiek formę pomocy publicznej dla potencjalnych inwestorów, przewidywane jest w projekcie nowej dyrektywy ramowej UE.

⁹¹ Stanowiłoby 29% prognozowanego w projekcie „Założeń polityki energetycznej Polski do 2030 r.” zapotrzebowania na energię elektryczną brutto w 2020 r. i prawie aż 40% udział w finalnym zużyciu energii elektrycznej. Realizacja tego scenariusza odpowiadającego realnym możliwościom odnawialnych zasobów energii w Polsce prowadzi do sformułowania alternatywy „wiatrowo-biogazowej” wobec innych promowanych opcji rozwoju elektroenergetyki opartych na następujących, do tej pory wyartykułowanych, charakterystycznych scenariuszach cząstkowych: „gazowym”, „czystego węgla” (z uwzględnieniem pełnych kosztów sekwestracji dwutlenku węgla), „importu” i jądrowym”. Dyskusja tych zagadnień wychodzi jednak poza zakres niniejszej pracy i przyjęte na jej potrzeby ramy metodyczne.

Jednocześnie uwzględniając powyżej opisane przyporządkowanie potencjału rynkowego odnawialnych zasobów energii do technologii ich konwersji na ciepło i energię elektryczną, prognozowane wielkości energii z OZE w poszczególnych końcowych nośnikach na 2020 r. przedstawiają się następująco: ciepło – 328 202 TJ, energia elektryczna – 309 210 TJ, biopaliwa transportowe⁹² – 59 481 TJ. Na rysunku 13 przedstawiono graficznie powyższą strukturę nośników energii z odnawialnych źródeł energii w 2020 r. w porównaniu do stanu na 2006 r.



Rys. 13. Ilustracja zmian w strukturze końcowych nośników energii ze źródeł odnawialnych w 2006 r. i w 2020 r. (obliczenia własne)

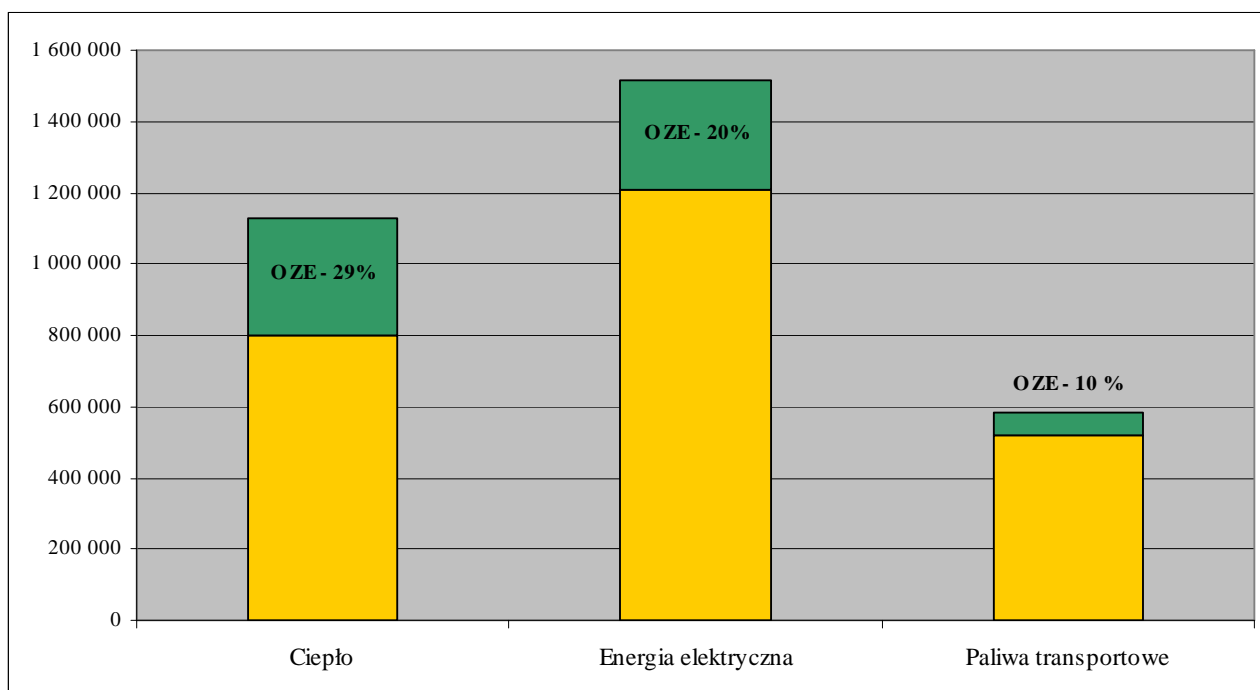
Z uwagi na silne preferencje dane w założeniach do niniejszej pracy energetyce rozproszonej opartej na skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła (kogeneracji) z biopaliw stałych i biogazu oraz w wyniku rosnącego udziału energetyki wiatrowej, struktura końcowych nośników energii ze źródeł odnawialnych w 2020 r. staje się bardziej zdywersyfikowana ze znaczącą rolą „zielonej” energii elektrycznej. Struktura ta coraz bardziej odpowiada ogólnej strukturze końcowych nośników energii w Polsce.

Krajowa statystyka energetyki nie daje precyzyjnej odpowiedzi na pytanie jaka jest ogólna struktura zużycia paliw i energii w wytworzeniu końcowych nośników energii w Polsce, ale dość wiarygodne szacunki np. prof. J. Popczyka⁹³, mówią, że relacje pomiędzy udziałami ciepła, energii elektrycznej i paliw transportowych w zużyciu energii końcowej w Polsce przedstawiają się w

⁹² Omawiany jest scenariusz bazowy, bez eksportu biopaliw

⁹³ Popczyk J.: „Aspekty ekonomiczne korzystania z różnych technologii energetycznych”, materiały z konferencji „Energetyka jądrowa – bezpieczeństwo czy zagrożenie”, Polski Klub Ekologiczny – Oddział Dolnośląski, Wrocław, 2007 r.

następującej proporcji: 41%:41%:18%. Próbując ocenić udział nośników z odnawialnych źródeł energii w rynkach końcowych nośników energii w Polsce, autorzy niniejszego opracowania dokonali pewnej projekcji rynków energii końcowej na 2020 r. Przy założeniu, że pod wpływem aktualnie prowadzonych i ponownych działań na rzecz efektywności energetycznej, powyższe relacje na rynku końcowych nośników energii przyjmą następujące zależności: ciepło – 35%, energia elektryczna 47%, paliwa transportowe – 18%. Biorąc pod uwagę powyższe założenia oraz prognozowane w projekcie *Założeń polityki energetycznej Polski do 2030 r.*, możliwe było obliczenie wielkości udziałów nośników energii z odnawialnych źródeł energii w poszczególnych rynkach energii końcowej w Polsce. Wyniki przedstawiono w formie graficznej na rysunku 14.



Rys. 14 Prognozowany udział energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu paliw i energii na wytworzenie końcowych nośników energii w Polsce w 2020 r., udziały w [%], oś pionowa w [TJ].

Warto jeszcze raz podkreślić, że uzyskane powyżej końcowe wyniki niniejszego studium wymagały nie tylko szeregu założeń dotyczących wielkości dostępnych odnawialnych zasobów energii i rozwoju technologii konwersji oraz rynku paliw i energii i ze źródeł odnawialnych, ale że założenia te i dalsze analizy wykonywane były w warunkach niepewnych danych (lub wręcz braku oficjalnych danych) dotyczących kierunków rozwoju i bilansów całego sektora energetycznego. Pomimo tych ograniczeń, przyjęta metodyka pracy pozwoliła na sformułowanie weryfikowalnej od strony ilościowej wizji rozwoju całego sektora energetyki odnawialnej. Wizja ta, poparta w niniejszej pracy konkretnymi obliczeniami, może być przedmiotem dalszej dyskusji oraz obiektem optymalizacji i doskonalenia. W szczególności uzyskane scenariusze i ścieżki rozwoju mogą posłużyć do doboru adekwatnych do możliwości (dostępne zasoby ekonomiczne) i wyzwań (ogólne cele ilościowe rozwoju całego sektora energetyki odnawialnej do 2020 r.) instrumentów wsparcia każdego z końcowych nośników energii ze źródeł odnawialnych oraz określenia, w ramach oczekiwanego celu ogólnego, celów cząstkowych na 2020 r. oddzielnie dla „zielonego” ciepła, energii elektrycznej z OZE i biopaliw.

6. Podsumowanie

W pracy dokonano porównawczej oceny potencjałów technicznych, ekonomicznych i rynkowych wszystkich i każdego z odnawialnych zasobów energii możliwych do praktycznego wykorzystania

w Polsce. Polska dysponuje dużymi i zróżnicowanymi zasobami, w niewielkim jeszcze stopniu wykorzystanymi, ale istnieją też ograniczenia infrastrukturalne oraz przede wszystkim środowiskowe i przestrzenne wykorzystania tego potencjału, i właśnie one były bardziej szczegółowo badane w ramach niniejszej pracy.

Nie można w sposób względnie prosty metodą „od góry” (przyjętą w niniejszej pracy) i w ujęciu „makro” wyliczyć precyzyjnie ani wielkości ani skali ograniczeń, w tym głównie środowiskowych i przestrzennych, w wykorzystaniu potencjału technicznego odnawialnych zasobów energii. Wyniki pracy prowadzą jedynie do wniosków, że w szczególności tym ograniczeniom podlegają rozwój plantacji energetycznych i rozwój energetyki wiatrowej. Uzupełniające prace w tym zakresie powinny być prowadzone na szczeblu lokalnym, gdzie łatwiej także o ocenę w pełni zrównoważonego środowiskowo potencjału energetyki odnawialnej.

Potencjał ekonomiczny odnawialnych zasobów energii wynosi 1 160 PJ, a praktyczne możliwości jego wykorzystania na 2020 r. (realny potencjał rynkowy) sięgają 697 PJ. Przeprowadzone analizy wykazały zatem, że w wariantcie bazowym możliwe jest osiągnięcie 21,6% udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii finalnej w Polsce w 2020 r. Powyższy potencjał rynkowy pozwala na osiągnięcie celu cząstkowego w postaci 10% udziału biopaliw w zużyciu paliw transportowych (benzyny i oleju napędowego) oraz umożliwia osiągnięcie 20-30% udziałów energetyki odnawialnej w zużyciu energii elektrycznej i ciepła w 2020 r.

Autorzy opracowania zdają sobie sprawę z praktycznych trudności i ograniczeń w wykorzystaniu w takim stopniu potencjału ekonomicznego energetyki odnawialnej w 2020 r., ale stoją na stanowisku, że jest to możliwe, bez naruszenia zasadniczych zasad zrównoważonego rozwoju (dotyczy to w szczególności rozwoju energetyki wiatrowej i wprowadzania plantacji energetycznych w skali jaką określono w niniejszej pracy) oraz bez istotnego naruszenia zasady samowystarczalności żywnościowej kraju (dotyczy to określonego w niniejszej pracy arealu użytków rolnych jakie musiałyby być przeznaczone na celowe uprawy energetyczne i automatycznie wyłączone z użytkowania na cele żywnościowe). Mniejszy udział energii ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii finalnej w 2020 r. niż określony poniżej (21,6%) rzutować będzie przede wszystkim na mniejszą skalę wykorzystania potencjału energii wiatru oraz arealu użytków rolnych przeznaczonych pod celowe plantacje energetyczne.

Oszacowania potencjału rynkowego OZE dokonane w niniejszej pracy zakładały brak do 2020 roku istotnych zmian w krajowej polityce względem OZE i kontynuację istniejącego systemu wsparcia. W tych warunkach osiągnięcie znaczących udziałów energii ze źródeł odnawialnych do 2020r jest możliwe w efekcie szerszego wykorzystania możliwości energetyki wiatrowej rozwijanej na lądzie i upraw energetycznych, a więc tych z rodzajów OZE, których najbardziej dotyczą ograniczenia środowiskowe i przestrzenne. Możliwe jest jednak poszukiwanie rozwiązań alternatywnych.

Alternatywą dla znaczącego wykorzystania potencjału ekonomicznego lądowych elektrowni wiatrowych, mogłaby być realizacja krajowego programu rozwoju energetyki wiatrowej na Bałtyku w skali większej niż założona w niniejszej pracy. Mogłoby to nastąpić przy pewnym wzroście kosztów infrastrukturalnych, ale także wyższej efektywności pozyskania energii i znaczącym zmniejszeniu negatywnego wpływu na krajobraz. Doświadczenia z innych krajów UE pokazują jednak, że taki kierunek rozwoju wymaga znaczącego zaangażowania państwa i podjęcia strategicznych decyzji politycznych i gospodarczych i nie jest możliwy do efektywnego zrealizowania jedynie przez podmioty gospodarcze w ramach obecnie funkcjonujących regulacji prawnych.

W praktyce, poza możliwym wyznaczeniem ściśle określonych stref wykluczeń (np. obszarów chronionych), wpływ państwa (ustawodawcy) na wybór roślin wchodzących w skład celowych

upraw energetycznych ze względu na ich cechy środowiskowe (odmiany i gatunki roślin) i na ograniczanie wielkości obszarowej monokultur będzie ograniczony. Negatywne konsekwencje szerszego rozwoju plantacji energetycznych i ich presji na zapotrzebowanie na przestrzeń rolniczą na cele żywnościowe, skompensować można ograniczeniem rozwoju biopaliw pierwszej generacji oraz ograniczeniem nieefektywnego współspalania biomasy w elektrowniach węglowych.

Kontynuacja wzrostu eksploatacji dwu kluczowych rodzajów odnawialnych zasobów energii w Polsce o największym potencjale do 2020 r. (biomasy i energetyki wiatrowej) może natrafić na bariery środowiskowe i przestrzenne oraz kosztowe (wykorzystanie terenów energetycznie marginalnych), dlatego niniejszym rekomenduje się lepiej zbilansowane i bardziej zdyspersyfikowane oraz lepiej dopasowane do uwarunkowań lokalnych korzystanie ze wszystkich rodzajów zasobów, nawet jeżeli w początkowym okresie rozwoju ich potencjał rynkowy jest niewielki. Wymagałoby to jednak wzmocnienia systemu wsparcia energetyki odnawialnej w Polsce i nakierowania na realizację celów bardziej długookresowych, nawet kosztem realizacji bieżących zobowiązań.

Lokalne (na potrzeby produkcji ciepła i ew. chłodu) wykorzystanie energii słonecznej i geotermalnej oraz energetyczne wykorzystanie stałych i suchych odpadów biomasy są najmniej szkodliwe z ekologicznego punktu widzenia i najmniej inwazyjne przestrzennie. Technologie te są szczególnie perspektywiczne w kontekście możliwego zrównania systemu wsparcia produkcji zielonej energii elektrycznej i ciepła ze źródeł odnawialnych w drugiej dekadzie XXI wieku oraz możliwej współpracy z działaniami mającymi na celu zwiększenie efektywności konwersji energetycznej u odbiorców końcowych .

Dla skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła z biomasy korzystną opcją ekologiczną i energetyczną jest produkcja biogazu, najpierw utylizacyjnego (z odpadów), a w drugiej kolejności ze specjalnych upraw. Stanowi to domenę tzw. energetyki rozproszonej i może być zarówno uzupełnieniem jak i alternatywą (w dalszej perspektywie) dla energetyki gazowej.

Możliwy dodatni bilans eksportu-importu paliw z odnawialnych zasobów i energii ze źródeł odnawialnych, a w szczególności przetworzonych biopaliw stałych (pelety) i ciekłych biokomponentów (bioetanol i biodiesel) będzie wpływał na większe zapotrzebowanie na obszary pod celowe uprawy energetyczne lub na intensywniejsze wykorzystanie innych rodzajów odnawialnych źródeł energii oraz na zmniejszenie wskaźników wykorzystania biopaliw i udziałów energii ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii finalnej w 2020 r., a tym samym na stopień wypełnienia przyszłych zobowiązań Polski wynikających z nowej dyrektywy ramowej UE.

Uzyskane w niniejszej pracy scenariusze (scenariusz bazowy i scenariusz z dodatnim bilansem eksportu/importu biopaliw) i ścieżki rozwoju energetyki odnawialnej mogą posłużyć do dalszej optymalizacji i doboru adekwatnych do możliwości (dostępne zasoby ekonomiczne) i wyzwań (ogólne cele ilościowe rozwoju całego sektora energetyki odnawialnej do 2020 r.) instrumentów wsparcia każdego z końcowych nośników energii ze źródeł odnawialnych oraz określenia, w ramach oczekiwanego ilościowego celu ogólnego dla OZE, celów cząstkowych na 2020 r. oddzielnie dla „zielonego” ciepła, energii elektrycznej z OZE i biopaliw.

Załącznik 1: Zestawienie opracowań przekazanych przez Ministerstwo Gospodarki na cele niniejszej pracy i wykorzystanych do przygotowania raportu:

1. Chwieduk D. *Ocena Strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz kierunki rozwoju wykorzystania energii słonecznej wraz z propozycją działań*. Warszawa sierpień 2005, praca wykonana na zlecenie Ministerstwa Środowiska.
2. Europejskie Centrum Energii Odnawialnej *Zapotrzebowanie na biomasę do celów energetycznych w Polsce na lata 2006-2014*; Praca wykonana na zlecenie Ministerstwa Gospodarki, Warszawa, grudzień 2006
3. Informacja Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki nt. stanu wydawania koncesji i promes koncesji udzielonych wytwórcom energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł energii, z dnia 26 października 2006
4. Informacja PSE Operator nt. rozwoju OZE w zakresie planowanych przyłączeń farm wiatrowych do KSE, wraz z załącznikami, z dnia 11 października 2007
5. Krajowa Agencja Poszanowania Energii SA *Ocena prawna oraz analiza ekonomiczna możliwości realizacji celów wynikających ze Strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz z dyrektywy 2001/77/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27.09.2001 w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych.*, Warszawa, sierpień 2007, praca wykonana na zlecenie Ministerstwa Środowiska
6. Opinia Polskiego Stowarzyszenia Energetyki Wiatrowej na temat możliwości rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce do roku 2020, z dnia 28 maja 2007
7. Opinia Towarzystwa Elektrowni Wodnych na temat oceny możliwości rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce, z dnia 28 maja 2007
8. Paślawska A., Mroczek J., Prasalek K., Tarasiewicz A. *Ocena Strategii Rozwoju Energetyki Odnawialnej oraz kierunki rozwoju energetyki wiatrowej wraz z propozycją działań*, Szczecin 2005, Praca wykonana na zlecenie Ministerstwa Środowiska
9. Stanowisko Polskiego Stowarzyszenia Geotermicznego przesłane w związku z pracami prowadzonymi przez Ministerstwo Gospodarki dot. określenia obligatoryjnego dla Polski celu w zakresie udziału OZE w bilansie energii pierwotnej do roku 2020, z dnia 22 czerwca 2007 roku
10. Stanowisko Polskiej Izby Energetyki Odnawialnej dotyczące realizacji przez Polskę celu obligatoryjnego UE 20% udziału energii z odnawialnych źródeł w roku 2020 w energii pierwotnej, z dnia 25 maja 2007
11. Wspólna opinia Polskiego Towarzystwa Biomasy POLBIOM oraz Polskiej Izby Biomasy nt. możliwości rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce, w tym produkcji energii elektrycznej, ciepła i chłodu do roku 2020, z dnia 18 maja 2007 roku
12. Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród członków Polskiego Towarzystwa Elektrociepłowni Zawodowych nt. prognozowanej produkcji energii ze źródeł odnawialnych, z dnia 25 kwietnia 2007 roku

Załącznik 2. Wykaz opracowanych i wykorzystanych w pracy map z prezentacją przestrzenną rozmieszczenia realnego potencjału odnawialnych źródeł energii w Polsce wraz ze strukturą użytkowania terenu i ograniczeniami środowiskowymi

Nr	Tytuł mapy	Źródło	Format
1	Ograniczenia środowiskowe - NATURA2000, SOO	WWF	JPG
2	Ograniczenia środowiskowe - NATURA2000, OSO	OTOP	JPG
3	NATURA2000 oraz inne formy obszarowej ochrony przyrody dla użytków rolnych	UNEP/GRID	GIS (MapViewer)
4	Potencjał upraw energetycznych w Europie	Wyniki projektu REFUEL	JPG
5	Potencjał upraw energetycznych, Europa Centralna	Wyniki projektu REFUEL	JPG
6	Perspektywy wprowadzenia upraw energetycznych – waloryzacja warunków przyrodniczych rolnictwa	IUNG	JPG
7	Perspektywy wprowadzenia upraw energetycznych – użytki rolne w tym odłogi i ugory oraz grunty zdewastowane i zdegradowane	Instytut Energetyki Odnawialnej wg. GUS	GIS (MapViewer)
8	Nadwyżki słomy w województwach, możliwe do zagospodarowania energetycznego	IUNG	JPG
9	Strefy energetyczne wiatru w Polsce	IMGW	JPG
10	Zasoby energii wiatru w Polsce	Pacific Northwest Laboratory	JPG
11	Studium przypadku: Strefy wykluczeń dla gminy	Instytut Energetyki Odnawialnej, wyniki projektu SIWERM	JPG
12	Potencjał techniczny – grunty rolne w Polsce	Instytut Energetyki Odnawialnej wg. GUS	GIS (MapViewer)
13	Potencjał techniczny – ograniczenia środowiskowe	Instytut Energetyki Odnawialnej wg. GUS	GIS (MapViewer)
14	Potencjał techniczny energetyki wiatrowej – ograniczenia środowiskowe dla gruntów rolnych	Instytut Energetyki Odnawialnej wg. GUS	GIS (MapViewer)
15	Polskie zasoby energii wiatru na morzu	Instytut Morski w Gdańsku	JPG
16	Możliwe lokalizacje farm wiatrowych na morzu	Instytut Morski w Gdańsku	JPG
17	Projekty wiatrowe w Polsce, 2007	Instytut Energetyki Odnawialnej wg. danych PSE Operator	GIS (MapViewer)
18	Zasoby energii słonecznej w Polsce	JRC	JPG
19	Zasoby energii geotermalnej w Polsce	Górecki et al.	JPG

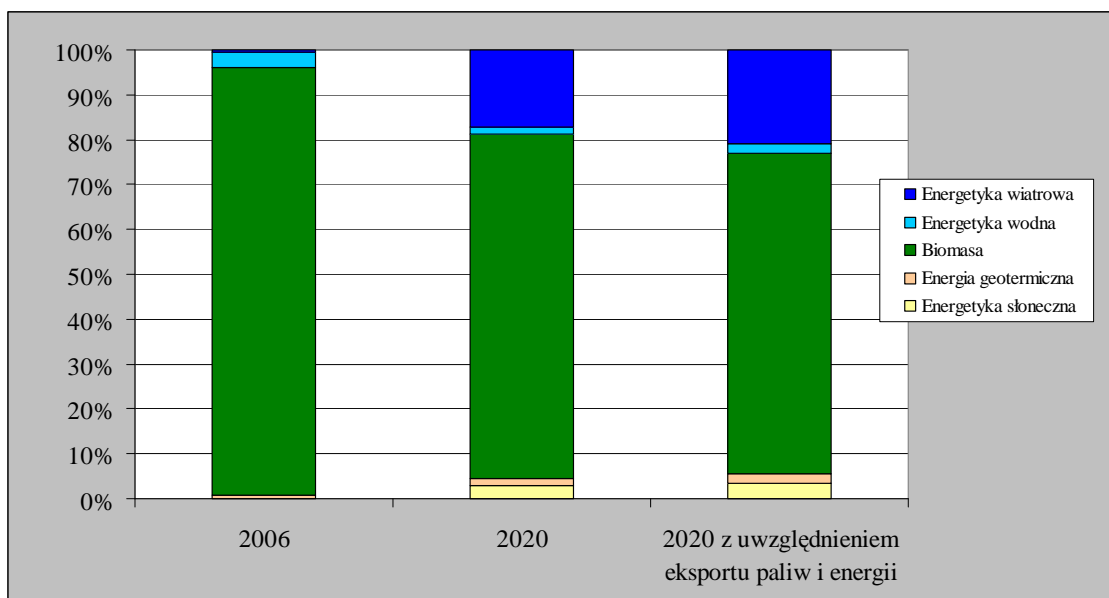
Załącznik 3: Scenariusz udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie zużycia energii finalnej w Polsce w 2020 r. z uwzględnieniem dodatniego salda eksportu biopaliw stałych przetworzonych i biopaliw ciekłych transportowych

Wykorzystanie przez producentów paliw możliwości obrotu paliwami, a w szczególności eksportu zarówno biomasy stałej jak i biopaliw ciekłych spowoduje redukcję wykorzystania potencjału w kraju i spadek roli biomasy w bilansie odnawialnych zasobów energii. Generalnie, opracowania eksperckie i oczekiwania inwestorskie prowadzą do wniosku, że będzie znacząca nadwyżka eksportowa tych nośników energii. Trudno przewidzieć skalę nadwyżek eksportu nad importem paliw otrzymywanych z biomasy w 2020 r. W celu zbadania skutków obrotu paliwami z biomasy na możliwość osiągnięcia celów ilościowych (lub zapotrzebowania na przestrzeń i zasoby), bazując na obecnych trendach przyjęto, że nadwyżka eksportu dotyczyć będzie przede wszystkim: a) połowy (50%) przetworzonych odpadowych biopaliw stałych suchych– 50%, b) 1/3 bioetanolu i biodiesla c) 20% przetworzonych biopaliw stałych (zrębki, pelety) z celulozowych upraw energetycznych.

Przy tych założeniach i przy zachowaniu tego samego areału ziem uprawnych przeznaczonych na plantacje energetyczne i bez dodatkowego kompensowania ubytków energii ze źródeł odnawialnych na rynku wewnętrznym innym źródłem energii odnawialnej, ilość wykorzystanej energii wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych spada (tab.1) z 696 PJ do 572 PJ a jej udział w zużyciu energii z 21,6% do 17,8%. Zmienia się też struktura zużycia energii ze źródeł odnawialnych; wzrasta rola energetyki wiatrowej (rys.1) oraz, w obrębie technologii „biomasowych” - biogazu.

Tabela 1 Szacowane wykorzystanie potencjału OZE w kraju w 2020 roku (energia końcowa) z uwzględnieniem eksportu paliw i energii

Potencjały odnawialnych zasobów energii	Nadwyżka eksportu nad importem paliw i energii z OZE w 2020r		Wykorzystanie potencjału OZE w kraju - energia końcowa '2020, z uwzgl. eksportu paliw i energii
	[%]	[TJ]	[TJ]
Rodzaje odnawialnych zasobów energii			
Energetyka słoneczna, w tym:	0,0	0,0	19 422,2
termiczna, w tym:	0,0	0,0	19 262,9
przygotowanie cwu	0,0	0,0	14 596,8
ogrzewanie – co	0,0	0,0	4 666,1
fotowoltaiczna	0,0	0,0	159,3
Energia geotermiczna, w tym:	0,0	0,0	12 217,0
głęboka	0,0	0,0	4 050,0
płytką	0,0	0,0	8 167,0
Biomasa, w tym:	23,2	123 417,6	409 699,9
odpady stałe suche	50,0	74 668,9	74 668,9
biogaz (odpady mokre)	0,0	0,0	72 609,1
drewno opałowe (lasy)	0,0	0,0	24 451,8
uprawy energetyczne, w tym:	17,0	48 748,7	237 970,2
celulozowe	20,0	29 120,0	116 480,0
cukrowo-skrobiowe-bioetanol	33,0	7 095,3	14 405,7
rzepak-biodiesel	33,0	12 533,4	25 446,6
kiszonki kukurydzy-biogaz	0,0	0,0	81 637,9
Energetyka wodna	0,0	0,0	11 144,2
Energetyka wiatrowa, w tym	0,0	0,0	119 913,3
na lądzie	0,0	0,0	113 172,8
na morzu	0,0	0,0	6 740,5
Razem	17,7	123 418	572 397



Rys. 1 Udział poszczególnych rodzajów odnawialnych źródeł energii w bilansie OZE (energia końcowa) w roku 2006 oraz 2020

Wydaje się zatem, że przy nowym podejściu UE do ustalania celów ilościowych energetyki odnawialnej w odniesieniu do energii końcowej i wyższych cen na biopaliwa w bogatszych krajach UE, czynnik salda i wielkości bilansu eksportu/importu biopaliw w 2020 r. będzie odgrywał dużą rolę w wypełnieniu celów ilościowych przez każdy z krajów członkowskich UE. Powinien być on także uwzględniany przy konstrukcji i określania skali krajowego systemu wsparcia dla poszczególnych nośników energii, w kontekście rynków i systemów wsparcia w innych krajach.