



# Z energetyką przyjazną środowisku za pan brat



INSTYTUT NA RZECZ EKOROZWOJU  
przy współpracy  
INSTYTUTU ENERGII ODNAWIALNEJ



zielona energia

**Wydawca:**

Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju  
ul. Nabelaka 15, lok. 1, 00-743 Warszawa  
tel. 22 851-04-02, -03, -04, faks 22 851-04-00  
e-mail: [ine@ine-isd.org.pl](mailto:ine@ine-isd.org.pl), <http://www.ine-isd.org.pl>

Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju (InE) jest pozarządową organizacją typu think-tank powstałą w 1990 r. z inicjatywy kilku członków Polskiego Klubu Ekologicznego. InE zajmuje się promowaniem i wdrażaniem zasad oraz rozwiązań służących zrównoważonemu rozwojowi Polski, dążąc do jej proekologicznej restrukturyzacji. W swojej działalności kieruje się misją: budowania pozytywnych relacji między rozwojem społecznym i gospodarczym a ochroną środowiska oraz występowania w interesie obecnego i przyszłych pokoleń. Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju współpracuje z krajowym i europejskim ruchem pozarządowym. Instytut ma doświadczenie w tworzeniu strategii ekorozwoju wspólnie ze społecznościami lokalnymi – ich samorządami i partnerami społecznymi, ekologicznymi i partnerami otoczenia biznesu. Opracowania InE wykorzystują parlamentarzyści, administracja rządowa i samorządowa, naukowcy, studenci i uczniowie.

Instytucje i osoby pragnące wesprzeć działalność na rzecz ekorozwoju mogą dokonywać wpłat na konto: Bank PeKaO SA, II Oddział w Warszawie  
Wpłaty w PLN: **92 1240 1024 1111 0000 0267 8197**

Redakcja językowa: Anna Grzegorzówka

Projekt serii i okładki:  
Joanna Chatizow & Leszek Kosmański  
Wydawnictwo WIATR s. c.

Skład komputerowy:  
Leszek Kosmański

Druk i oprawa:  
Grafix Centrum Poligrafii  
ul. Bora Komorowskiego 24  
80-377 Gdańsk

© Copyright by Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2011

ISBN: 978-83-89495-08-2

Wydrukowano na papierze ekologicznym

INSTYTUT NA RZECZ EKOROZWOJU  
przy współpracy  
INSTYTUTU ENERGETYKI ODNAWIALNEJ

# ZIELONA ENERGIA

Broszura wydana w ramach projektu „Z energetyką przyjazną środowisku za pan brat”  
przy wsparciu finansowym Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Autorzy:  
ANDRZEJ CURKOWSKI  
PIOTR DZIAMSKI  
MARIA KAMIŃSKA  
MICHAŁ KWASIBORSKI  
KATARZYNA MICHAŁOWSKA-KNAP  
GRZEGORZ WIŚNIEWSKI  
Instytut Energetyki Odnawialnej

Reportaż i wywiad:  
KATARZYNA TEODORCZUK  
Instytut na rzecz Ekorozwoju

Warszawa, listopad 2011

## SPIS TREŚCI

|  |    |
|--|----|
| Przedmowa  | 4  |
| 1. Wprowadzenie  | 5  |
| 2. Energia odnawialna – nowe źródła zielonej energii                               | 5  |
| 2.1 Energia wiatru   | 5  |
| 2.1.1 Lądowa energetyka wiatrowa   | 6  |
| 2.1.2 Morska energetyka wiatrowa   | 7  |
| 2.1.3 Mała energetyka wiatrowa   | 7  |
| 2.2 Energia Słońca   | 8  |
| 2.2.1 Następcznienie w Polsce  | 8  |
| 2.2.2 Wykorzystanie promieniowania słonecznego                                     | 9  |
| 2.2.3 Kolektory słoneczne  | 9  |
| 2.2.4 Panele fotowoltaiczne (PV)   | 10 |
| 2.3 Technologia wytwarzania biogazu  | 11 |
| 2.4 Wykorzystanie biomasy stałej   | 13 |
| 2.5 Geotermia i pompy ciepła   | 14 |
| 3. Stan obecny oraz perspektywy produkcji i wykorzystania zielonej energii         | 16 |
| 3.1 Zielona energia elektryczna  | 16 |
| 3.2 Zielone ciepło   | 16 |
| 3.3 Perspektywy wykorzystania zielonej energii                                     | 17 |
| 4. Sprzedaż i kupno zielonej energii – zielona energia na rynku                    | 17 |
| 4.1 Zielona energia elektryczna  | 17 |
| 4.2 Zielone ciepło   | 19 |
| 5. Producent, konsument, prosument zielonej energii                                | 19 |
| 5.1 Prosumenci zielonej energii oraz możliwości wykorzystania inteligentnych sieci | 19 |
| 5.2 Możliwości produkcji zielonej energii  | 20 |
| 5.3 Zakup zielonej energii   | 22 |
| 6. Zielone vs. czarne  | 24 |
| 7. OZE dziś – tańsze jutro – wywiad z dr. Zdzisławem Ząberem                       | 26 |
| Miłość i ekologia – reportaż   |    |
| Stacja pomiarowa w Żelaznej – reportaż   |    |

wkładka  
wkładka



## SPIS TABEL

|  |    |
|--|----|
| 1. Zestawienie porównujące kolektor płaski z próżniowym  | 10 |
| 2. Procedura wielkoskalowej inwestycji na przykładzie farmy wiatrowej  | 21 |
| 3. Procedura małoskalowej inwestycji na przykładzie małej elektrowni wiatrowej   | 22 |
| 4. Koszty marginalne wpływu wykorzystania paliw kopalnych i biomasy na koszty zewnętrzne w społeczeństwie, gospodarce i przyrodzie w EUR/MWh | 24 |

## SPIS RYSUNKÓW

|   |    |
|---|----|
| 1. Rozwój energetyki wiatrowej na przestrzeni ostatnich dwóch dekad                           | 6  |
| 2. Przykład turbiny wiatrowej HAWT i VAWT   | 8  |
| 3. Schemat działania instalacji solarnej do podgrzewania wody użytkowej z obiegiem wymuszonym | 9  |
| 4. Schemat ciągu technologicznego instalacji do produkcji biogazu rolniczego                  | 12 |
| 5. Elektrociepłownia geotermalna na Islandii  | 14 |
| 6. Moc OZE zainstalowana w poszczególnych województwach                                       | 18 |
| 7. Koszty eksploatacyjne przy produkcji energii elektrycznej w EUR (2005/kW) w 2020 roku      | 25 |
| 8. Panele słoneczne w najmniejszym stopniu ingerują w środowisko                              | 26 |

|       |   |                  |   |               |
|-------|---|------------------|---|---------------|
| ARiMR | Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa                             | KPD              | Krajowy plan działań w zakresie energii ze źródeł odnawialnych            | Wykaz skrótów |
| CHP   | Combined Heat and Power kogeneracja)  | KRUS             | Kasa Rolniczego Ubezpieczenia Społecznego                                 |               |
| EBA   | European Biogas Association (Europejskie Stowarzyszenie Biogazu)              | kW <sub>el</sub> | Kilowaty elektryczne  |               |
| FIT   | Feed-in-Tariff (system stałych cen wspierający rozwój energetyki odnawialnej) | MWh              | Megawattogodziny  |               |
| GJ    | Gigadżule   | NH <sub>3</sub>  | chemiczny wzór amoniaku   |               |
| GPZ   | Główny Punkt Zasilający   | NN               | Linie przesyłowe niskich napięć   |               |
| GSM   | Global System for Mobile Communications (standard telefonii komórkowej)       | NPV              | Net Present Value (Wartość bieżąca netto)                                 |               |
| HRT   | Hydrauliczny czas retencji  | OC               | Ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej                               |               |
| IEO   | Instytut Energetyki Odnawialnej   | OOŚ              | Ocena oddziaływania na środowisko   |               |
| InE   | Instytut na rzecz Ekorozwoju  | OZE              | Odnawialne źródła energii   |               |
| IRR   | Internal Rate of Return (Wewnętrzna stopa zwrotu)                             | Ppm              | Parts per milion (ilość cząstek na milion)                                |               |
| KAPE  | Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A.                                     | PROW             | Program rozwoju obszarów wiejskich  |               |
|       |   | REDOX            | Reakcja chemiczna, w której dochodzi zarówno do redukcji jak i utleniania |               |
|       |   | SN               | Linie przesyłowe średnich napięć  |               |
|       |   | WE               | Wspólnota Europejska  |               |

## Przedmowa

Oddajemy do rąk Państwa broszurę przygotowaną i wydaną w ramach projektu „Z energetyką przyjazną środowisku za pan brat”, którego celem jest poszerzenie lub utrwalenie wiedzy na temat energetyki przyjaznej środowisku, w szczególności produktów z nią związanych, oddziaływania energetyki na środowisko oraz zebranie i rozpowszechnienie informacji na temat lokalnych i regionalnych inicjatyw promujących energetykę przyjazną środowisku w Polsce. W ten sposób chcemy włączyć się w prowadzoną dyskusję na temat przyszłości energetyki w Polsce, z praktycznym ukierunkowaniem na potrzebę rozwoju energetyki przyjaznej środowisku. Mamy nadzieję, że przyczyni się to do zmiany zachowań użytkowników energii, wpłynie na wybory biznesowe, a także przyniesie ze sobą potrójne korzyści w postaci: ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko (zwłaszcza wzmocni ochronę klimatu), tworzenia miejsc pracy w skali lokalnej, a także uzyskania korzyści finansowych.

Projekt polega na: przeprowadzeniu i opracowaniu wyników badania socjologicznego, przygotowaniu i dystrybuowaniu materiałów informacyjnych (ulotki, broszury, płyta CD, plakaty) dotyczących różnych zagadnień związanych z energetyką i środowiskiem, a także przeprowadzeniu warsztatów regionalnych (z wykorzystaniem nowoczesnych metod aktywizowania uczestników) i konferencji końcowej. Szczególna rola przypadnie działaniom promocyjnym przedsięwzięć realizowanych w ramach projektu, a także ich wynikom. Prace te wykonuje zespół Instytutu na rzecz Ekorozwoju (InE) przy merytorycznym wsparciu Krajowej Agencji Poszanowania Energii (KAPE), Instytutu Energetyki Odnawialnej (IEO) oraz we współpracy z utworzonym specjalnie zespołem społecznych informatorów regionalnych (SIR). Projekt został sfinansowany głównie przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Niniejsza broszura jest jedną z jedenastu, które są przygotowane w ramach projektu. Każda broszura jest produktem edukacyjnym wykorzystującym wkład wiedzy fachowej partnerów projektu KAPE i IEO oraz materiał o charakterze reportażowym, przygotowany przez ekspertów InE.

Broszury służyć mają przybliżeniu czytelnikowi danego produktu lub usługi opartej na innowacyjnych rozwiązaniach w zakresie energetyki przyjaznej środowisku, w sposób odpowiedni do jego poziomu wiedzy oraz zachęceniu go do dalszego interesowania się tym tematem lub aktywnego działania na rzecz skorzystania lub wdrożenia danych usług, ewentualnie wprowadzenia danego produktu na rynek Polski, także z pobudek ekologicznych. Każda broszura promuje nowy sposób myślenia o energetyce i środowisku, zgodny z założeniami zrównoważonego rozwoju, tzn. zwrócona jest w nich uwaga na ograniczenia środowiskowe w rozwoju i na stosowanie produktów oraz usług związanych z wykorzystaniem energetyki przyjaznej środowisku.

### Przygotowano następujące broszury:

Mała biogazownia rolnicza

Dom pasywny

Energetyka rozproszona

Energia w gospodarstwie rolnym

Energia w obiekcie turystycznym

Energooszczędny dom i mieszkanie

Inteligentne systemy zarządzania użytkowaniem energii

Samochód elektryczny

Urządzenia konsumujące energię

Zielona energia

Zrównoważone miasto – zrównoważona energia



# 1. Wprowadzenie

Sektor produkcji zielonej energii zalicza się zazwyczaj do tzw. gospodarki niskoemisyjnej, a ta z kolei jest jednym z ważniejszych składników tzw. zielonej gospodarki, czyli modelu rozwoju społeczno-gospodarczego, w którym szczególną uwagę zwraca się na kwestie ochrony środowiska, a globalnie przede wszystkim na kwestie związane z ochroną klimatu. W tym kontekście produkcja i wykorzystanie zielonej energii stały się kluczowymi, wspieranymi przez rządy i promowanymi przez wiele grup społecznych, konsumenckich i środowisk gospodarczych – elementami realizacji celów środowiskowych, społecznych i gospodarczych. Zielona energia nie ma formalnej definicji, ale nieodmiennie kojarzy się z odnawialnymi źródłami energii (OZE) oraz z całą paletą urządzeń do jej wytwarzania z odnawialnych zasobów energii. Słusznie kojarzona jest z zielonym wzrostem, zielonymi inwestycjami, zielonymi miejscami pracy czy tzw. nowym zielonym ładem, oznaczającym aktywne zaangażowanie rządów i instytucji międzynarodowych w budowanie rzeczywistości opartej na rozwoju zrównoważonym i włączeniu w ten proces jak najszerzej rzesz społecznych i gospodarczych.

W 2009 roku inwestycje w jej produkcję w odnawialnych źródłach energii na świecie wynosiły 108 mld EUR, z tego niemal połowa miała miejsce w Unii Europejskiej. W 2009 roku w Polsce inwestycje w OZE sięgały 0,8 mld EUR. Sektor zatrudniał ok. 20 tys., osób i pomimo istniejących barier, od momentu wejścia Polski do UE rozwija się w dość szybkim tempie. Obecnie udział zielonej energii w bilansie zużycia energii w Polsce osiągnął już prawie 9%. Niektóre sektory energetyki odnawialnej, takie jak energetyka wiatrowa, wykorzystanie energii słonecznej w kolektorach słonecznych czy biogazownie rolnicze, odnotowują wzrost rynku w tempie 30-50% rocznie. Należy jednak pamiętać, że branża ta startowała w roku 2005 z bardzo niskiego poziomu, niecałych 3% udziału w bilansie energetycznym. W warunkach obowiązywania Pakietu klimatycznego UE „3 x 20%” oraz Dyrektywy 2009/28/WE o promocji stosowania energii ze źródeł odnawialnych, to wysokie tempo wzrostu powinno się utrzymywać także w całej obecnej dekadzie, tak aby w 2020 roku Polska mogła osiągnąć minimum 15% udziału zielonej energii w bilansie jej zużycia.

Niniejsze opracowanie prezentuje najważniejsze dla Polski i najszybciej rozwijające się odnawialne źródła energii, w tym szczególnie energetykę wiatrową, słoneczną, biomasę, biogaz i geotermię, a także obecnie dostępne, nowoczesne technologie produkcji zielonej energii. Szczególną uwagę poświęcono produkcji zielonej energii elektrycznej i zielonego ciepła w różnej skali, na sprzedaż i na potrzeby własne. Poruszono też zagadnienia związane z możliwościami zakupu zielonej energii elektrycznej na rynku oraz możliwości stawania się konsumentów zielonej energii jej prosumentami, mającymi także określone zdolności do jej produkcji i sprzedaży nadwyżek. Za produkcją i konsumpcją zielonej energii przemawiają coraz częściej względy ekonomiczne, ale przy wyborze źródeł energii przez konsumentów brany jest pod uwagę także jej umowny kolor, czyli w tym przypadku walory ekologiczne. Temu zagadnieniu poświęcono końcową część opracowania.

## 2. Energia odnawialna – nowe źródła zielonej energii

### 2.1 Energia wiatru

Aktualnie na świecie rozwijają się trzy kategorie technologii energetyki wiatrowej, które różnią się gabarytami urządzeń, warunkami lokalizacyjnymi oraz sposobem zagospodarowania generowanej energii elektrycznej. Są to:

- Lądowa energetyka wiatrowa (ang. *onshore wind power*) – farmy wiatrowe, będące zespołem kilku lub kilkudziesięciu turbin wiatrowych, zlokalizowane na obszarach lądowych, w miejscach o dostatecznej wietrzności oraz z zachowaniem właściwych odległości od zabudowań.

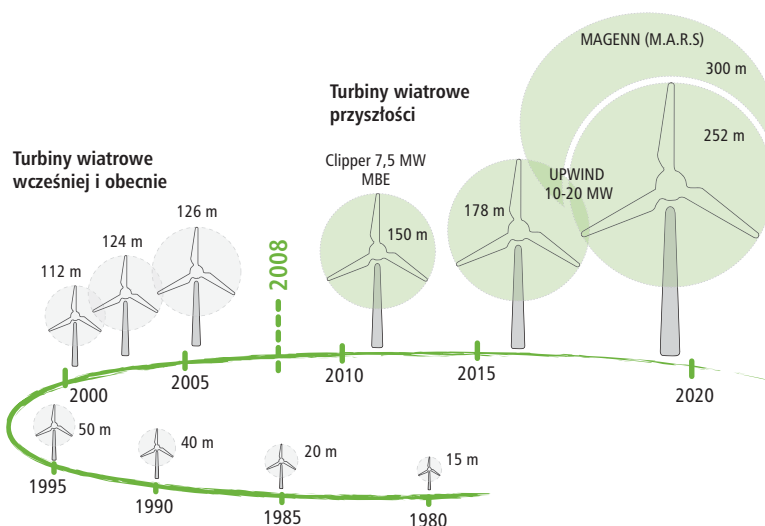
- Morska energetyka wiatrowa (ang. *offshore wind power*) – farmy wiatrowe składające się z kilku do kilkuset turbin wiatrowych, zlokalizowane na otwartych wodach morskich oraz na stałe związane z dnem morskim za pomocą różnych rozwiązań technologicznych fundamentów (obecnie bada się również możliwości budowy pływających platform znacznie oddalonych od lądu).
- Mała (rozproszona) energetyka wiatrowa (ang. *small /distributed/ wind energy*) – pojedyncze turbiny wiatrowe o mocy nieprzekraczającej 100 kW, zlokalizowane głównie w pobliżu domostwa, jako alternatywne źródło energii. Małe elektrownie wiatrowe znajdują zastosowanie także tam, gdzie doprowadzenie energii z sieci elektroenergetycznej nie znajduje uzasadnienia ekonomicznego (np. zasilanie oświetlenia znaków drogowych, ulic, billboardów itp.).

## 2.1.1 Lądowa energetyka wiatrowa

Energetyka wiatrowa dostarcza ok. 2% energii elektrycznej i jest już obecnie światowym liderem zielonych technologii, daleko odbiegając pod względem udziału w rynku od innych nowych technologii energetyki odnawialnej. Jest technologią rozwijającą się o rząd wielkości szybciej w porównaniu z tradycyjnymi technologiami energetycznymi i tradycyjnymi odnawialnymi źródłami energii (energetyka wodna i biomasa zużywana na cele energetyczne). Jest to wiodąca i perspektywiczna technologia walki z globalnym ociepleniem, jednym z najważniejszych wyzwań w rozwoju współczesnej cywilizacji<sup>1</sup>. Polska ma dobre warunki do rozwoju energetyki wiatrowej. Dotychczas przeprowadzone oceny zasobów energii wiatru wykazały, że warunki w pasie nadmorskim Pomorza są zbliżone do tych, jakie występują w Danii, natomiast w Polsce centralnej zasoby wiatru nie odbiegają od tych obszarów w Niemczech, gdzie powstały wielkie farmy wiatrowe. Najkorzystniejsze obszary w Polsce to Wybrzeże Kaszubskie od Koszalina po Hel, wyspa Uznam i Polska Północno-Wschodnia (Suwalszczyzna). Poza wymienionymi obszarami istnieją miejsca, w których ze względu na specyficzne ukształtowanie terenu występują korzystne warunki do lokalizacji turbin wiatrowych (np. rejony Beskidu Żywieckiego czy Bieszczady). Rysunek 1 obrazuje skalę i tempo rozwoju energetyki wiatrowej na przestrzeni minionych i nadchodzących dekad. W ciągu 20 lat dostępna moc pojedynczej turbiny wiatrowej wzrosła ponad 100 razy (z 25 kW do 2500 kW i więcej), podczas gdy koszt wyprodukowania jednostki energii zmniejszył się około 5-krotnie. Rozwój ten można przypisać zarówno myśli inżynierskiej, jak i bardziej zaawansowanym narzędziom obliczeniowym.

Rozwój energetyki wiatrowej na przestrzeni ostatnich dwóch dekad

Rysunek 1



1. G. Wiśniewski i in. Wizja rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce wraz z planem działań do 2020 r., Instytut Energetyki Odnawialnej we współpracy z Polskim Stowarzyszeniem Energetyki Wiatrowej. Warszawa 2008.



### 2.1.2 Morska energetyka wiatrowa

Morska energetyka wiatrowa jest stosunkowo nową technologią pozyskiwania energii elektrycznej. Polityka UE wobec morskiej energetyki wiatrowej jest jednoznacznie korzystna dla sektora. Do największych zalet intensywnego rozwoju morskich elektrowni należy zaliczyć:

- wykorzystanie wyższych prędkości wiatru na obszarach morskich, powodujące większą produkcję energii elektrycznej,
- warunki wiatrowe stabilniejsze w porównaniu z lądem,
- możliwość zastosowania turbin o większych mocach (rozmiarach),
- brak kontrowersji związanych z instalacją elektrowni w bliskim sąsiedztwie obszarów zamieszkałych.

W porównaniu z technologiami energetyki wiatrowej lądowej rynek morskiej energetyki wiatrowej jest w znacznie wcześniejszej fazie rozwoju, porównywalną z sytuacją na lądzie na początku obecnej dekady. Obok samego rozwoju technologii, dalszych badań wymagają także problemy związane z bezpieczeństwem i ochroną środowiska, a także obsługą i eksploatacją farm wiatrowych. Warunki morskie pozwalają na swobodniejsze traktowanie niektórych kwestii (takich jak estetyka turbiny czy normy emisji hałasu), jednak tworzą nowe wyzwania dla konstruktorów (zwłaszcza w zakresie ochrony przed korozją i niezawodności).

Morskie turbiny wiatrowe wymagają nowych rozwiązań technologicznych posadowienia turbin. Do niedawna zdecydowana większość rozwiązań bazowała na tzw. fundamentach grawitacyjnych, a więc ogromnych betonowych konstrukcjach, ustawianych na dnie morza. Takie fundamenty były jednak możliwe do zastosowania tylko w niewielkich odległościach od brzegu i na niewielkich głębokościach. Obecnie większość projektów realizowanych jest z wykorzystaniem technologii pala wbijanego w dno morskie, tzw. monopile. Jednak w miarę odsuwania się farm wiatrowych daleko od brzegu i realizacji inwestycji na większych głębokościach, fundamenty są udoskonalane i ewoluują w konstrukcje z trzema lub czterema podporami. Na największych głębokościach wykorzystuje się konstrukcje kratownicowe (jacket). Kolejne fazy rozwoju obejmują opracowanie technologii pływających platform, które będą sytuowane na wodach bardzo głębokich. Dużym wyzwaniem jest opracowanie technologii transportu wyposażenia farm wiatrowych na miejsce instalacji z różnych miejsc Europy.

Jest to skomplikowany proces logistyczny, który wymaga dużych jednostek transportowych oraz portów przeładunkowych. Oprócz bezpiecznego transportu turbin problemem jest instalacja w miejscu ich przeznaczenia. To proces powtarzalny i przebiegający w kilku etapach.

Obecnie prowadzone prace, dotyczące zwiększenia niezawodności i optymalizacji kosztów obsługi, zmierzają w dwóch kierunkach:

- skonstruowanie „inteligentnej” turbiny, poprzez rozwój zaawansowanych algorytmów kontrolnych, monitoringu warunków pracy oraz efektywnych schematów obsługi i konserwacji,
- rozwój prostych konstrukcji turbin, posiadających możliwie najmniej części ruchomych (np. turbiny dwuskrzydłowe, bezprzekładniowe) w połączeniu z nowymi koncepcjami generatorów.

### 2.1.3 Mała energetyka wiatrowa

Brakuje oficjalnej i jednorodnej klasyfikacji małych elektrowni wiatrowych ze względu na wielkość i możliwe zastosowania, stąd w różnych źródłach spotykana jest inna terminologia (np. instalacja ma poniżej 30 m wysokości<sup>2</sup> albo wirnik turbiny ma powierzchnię omiotania poniżej 200 m kw.<sup>3</sup>). Jednak najczęściej przyjmuje się graniczną moc 100 kW<sup>4</sup>.

Zastosowania małych elektrowni wiatrowych (MEW) obejmują obecnie trzy główne obszary:

- Systemy autonomiczne (ang. *off-grid*), niepodłączone do sieci elektroenergetycznej, co łączy się z koniecznością dostaw energii elektrycznej nie tylko w określonej ilości, lecz także jakości (napięcie i częstotliwość) oraz jej magazynowania (akumulatory elektrochemiczne, zasobniki gorącej wody i inne).

2. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska.

3. Europejska norma bezpieczeństwa EN 61400-2.

4. Źródło: Klasyfikacja małych turbin wiatrowych wg CIEMAT ([www.smallwindindustry.org](http://www.smallwindindustry.org)).

- Systemy działające w ramach generacji rozproszonej (ang. *on-grid* lub *grid connected*); podłączone do większych systemów dystrybucji energii, gdzie operator systemu elektroenergetycznego przejmuje odpowiedzialność za ciągłość dostaw energii oraz jej parametry jakościowe.
- Systemy mieszane z zastosowaniem systemów magazynowania (akumulatory elektrochemiczne), działające w zasadzie jako systemy autonomiczne, jednak podłączone do sieci w celu zapewnienia ciągłości dostaw energii elektrycznej.

Większość oferowanych na rynku rozwiązań to turbiny o poziomej osi obrotu i wirnikach trójskrzydłowych. Rzadziej spotykane są modele o pionowej osi obrotu (rys. 2). Z reguły montowane są one na wieżach o wysokości 10-25 m. Prędkość startowa oferowanych turbin wiatrowych wynosi z reguły ok. 3 m/s (choć niektórzy producenci deklarują nawet 2 m/s), moc nominalną większość urządzeń osiąga przy 11-13 m/s (jednak są to rzadko spotykane prędkości wiatru w warunkach polskich). Produktywność małej elektrowni wiatrowej w znacznym stopniu zależy od jej lokalizacji. Stąd przyczyną niewielkiej produkcji jest z reguły nieprawidłowe umiejscowienie turbiny: na zbyt niskiej wieży (obowiązuje tzw. reguła 30 stóp, tzn. wyniesienie turbiny o minimum 6 m ponad wysokość najwyższej okolicznej przeszkody), w miejscach osłoniętych od wiatru lub w rejonach o wysokiej turbulencji. W realnych warunkach dla małych elektrowni wiatrowych parametr produktywności wynosi ok. 250 W/m<sup>2</sup>.

## 2.2 Energia Słońca

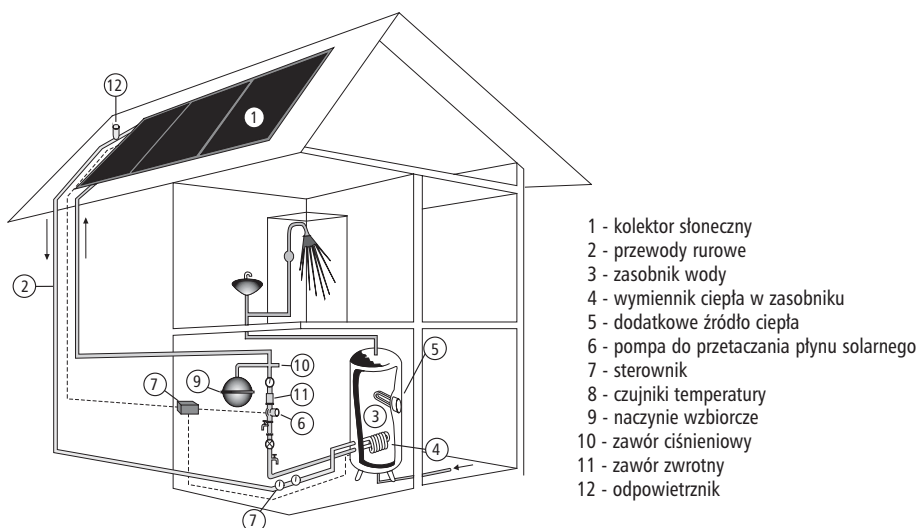
Słońce jest podstawowym źródłem energii dla Ziemi. Ok. 30% promieniowania słonecznego dochodzącego do naszej planety jest odbijane przez atmosferę, 20% jest przez nią pochłaniane, a tylko 50% energii dociera do powierzchni Ziemi (w słoneczny dzień dociera do Polski ok. 1000 W/m<sup>2</sup>).

### 2.2.1 Nasłonecznienie w Polsce

Ilość energii słonecznej docierającej do danego miejsca zależy od szerokości geograficznej oraz od czynników pogodowych. Promieniowanie słoneczne w Polsce, mimo że jest niższe niż w krajach południowych, stanowi źródło alternatywnego ciepła w gospodarstwach domowych i w budynkach publicznych. Najbardziej nasłonecznionym regionem Polski jest południowa część województwa lubelskiego. Natomiast najmniej promieniowania słonecznego dociera w rejony Śląska (obszar graniczny Polski, Niemiec i Czech) oraz północnej Polski (z wyjątkiem Wybrzeża Zachodniego). Różnice pomiędzy regionami Polski nie są jednak tak wyraźne jak różnice w natężeniu pomiędzy porami roku – w półroczu letnim otrzymujemy aż 77%, a w samym tylko sezonie letnim 43% całorocznego promieniowania słonecznego. Średnie roczne nasłonecznienie obszaru Polski wynosi ok. 1100 kWh/m<sup>2</sup>/rok.

Przykład turbiny wiatrowej HAWT i VAWT





### 2.2.2 Wykorzystanie promieniowania słonecznego

W polskich warunkach klimatycznych stosuje się najczęściej instalację do ogrzewania ciepłej wody użytkowej – ok. 70% sprzedawanych kolektorów słonecznych w Polsce stanowi elementy takich instalacji. Instalacja składa się z kotła zasilanego paliwem konwencjonalnym (gaz, olej opałowy, węgiel) lub podgrzewacza elektrycznego, w połączeniu z jednym lub kilkoma zasobnikami c.w.u. i z odpowiednią armaturą (rys. 3). Znacznie rzadziej są w Polsce stosowane instalacje słoneczne typu „combi”, jednocześnie do c.w.u. i do c. o. Wynika to z faktu, że okres największego zapotrzebowania na ogrzewanie budynków pokrywa się z okresem najniższego promieniowania słonecznego.

Ogniwa fotowoltaiczne są źródłem energii dla przenośnych urządzeń małej mocy, np. kalkulatorów, zegarków i lamp. Wykorzystywane są również w przestrzeni kosmicznej, gdzie promieniowanie słoneczne jest silniejsze, dzięki czemu można zrezygnować z transportu paliw. Panele najczęściej wytwarzają bezpośrednio stałe napięcie (DC), a wytwarzany prąd elektryczny ładuje baterie. Aby gospodarstwa domowe zasilane prądem zmiennym (AC) mogły korzystać z paneli PV, potrzebna jest instalacja falownika. Takie rozwiązania stosowane są zazwyczaj w lokalizacjach odosobnionych, gdzie brakuje dostępu do sieci elektrycznej.

W Polsce powstają pierwsze systemy fotowoltaiczne większej skali (kilkadziesiąt/kilkaset kW) służące do produkcji energii elektrycznej na własne potrzeby i na sprzedaż do sieci. Przykładem jest system PV w zakładach Frosta, gdzie znacząco zmniejsza zapotrzebowanie na energię elektryczną z zewnątrz. System składa się z zespołu modułów i zajmuje powierzchnię niemal 600 m<sup>2</sup> (366 multikrystalicznych modułów fotowoltaicznych marki Conergy) i może wytwarzać energię o mocy 80,5 kW. Dzięki zasilaniu urządzeń chłodni Frosta pracujących w trybie ciągłym, cała wyprodukowana energia jest zużywana na potrzeby zakładu.

### 2.2.3 Kolektory słoneczne

Kolektory słoneczne to urządzenia, które służą do bezpośredniej przemiany energii promieniowania słonecznego w użyteczne ciepło (konwersja fototermiczna). Najprostszym kolektorem słonecznym jest płaski element wystawiony jedną stroną na promieniowanie słoneczne i w możliwie maksymalnym stopniu je pochłaniający oraz czynnik odbierający pochłonięte ciepło z drugiej strony (np. woda lub inna ciecz). Taki czynnik cyrkuluje w zamkniętym obiegu, ogrzewając się w trakcie przepływu przez kolektory słoneczne i następnie oddając zgromadzone ciepło, np. w zbiorniku ciepłej wody użytkowej (tabela 1).

## Kolektory słoneczne płaskie

Kolektory płaskie są najczęściej spotykanymi kolektorami, mają kształt płyty. Ciecz w takim kolektorze przepływa przez rurki połączone trwale ze specjalną płytą pochłaniającą energię promieniowania słonecznego (jest to absorber, czyli serce kolektora). Całość zamknięta jest w szczelnej obudowie, która z góry osłonięta jest przez przykrycie transparentne, najczęściej szkło o dużej wytrzymałości mechanicznej. Tylna część i boki absorbera są osłonięte materiałem izolacyjnym.

## Kolektory słoneczne próżniowe

- Kolektor przepływowy jest to kolektor z absorberem w postaci rur próżniowych. Podstawowym elementem tego typu kolektora jest szklana rura o podwójnej ścianie, której końce są ze sobą stopione (podobieństwo do bańki termosu). Z przestrzeni pomiędzy ściankami rury wypompowane zostaje powietrze tak, że powstająca tam próżnia rzędu  $10^{-6}$  barów, spełnia funkcję doskonałej izolacji cieplnej.
- Kolektor *heat-pipe* jest to kolektor zbudowany z rur o pojedynczym przeszkleniu. W kolektorach tych czynnik grzewczy (ciecz) nie wpływa do rur, a tylko opływa i odbiera ciepło z tzw. rurki ciepła, elementu umieszczonego na końcu każdej próżniowej rury. W tym miejscu następuje kondensacja specjalnej mieszanki zamkniętej i krążącej w rurach. Mieszanka ta ogrzewa się i odparowuje pod wpływem promieniowania słonecznego, a następnie oddaje ciepło i skrapla się w rurce ciepła.

Zestawienie porównujące kolektor płaski z próżniowym

Tabela 1

|                      | Kolektor płaski      | Kolektor próżniowy                          |
|----------------------|----------------------|---|
| Sposób wykorzystania | Ciepła woda użytkowa | Ciepła woda użytkowa i centralne ogrzewanie |
| Okres wykorzystania  | Sezon letni          | Cały rok                                    |
| Koszty               | Niższa cena          | Wyższa cena                                 |

### 2.2.4 Panele fotowoltaiczne (PV)

Panele fotowoltaiczne służą do bezpośredniej konwersji energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Elementem składowym panelu PV jest ogniwo fotowoltaiczne. Klasyczne ogniwo fotowoltaiczne działa wskutek zjawiska fotoelektrycznego wewnętrznego (*photovoltaic effect*). Ogniwo składa się z dwóch warstw krzemu p i n przedzielonych barierą potencjału, który powoduje przesunięcie ładunków ujemnych i dodatnich. Połączone ogniwa tworzą moduły, moduły natomiast stanowią elementy systemów. Systemy fotowoltaiczne dzieli się na:

- Podłączone do sieci (*in-grid*):
  - mogą, choć nie muszą, używać systemów akumulatorów jako zasilania awaryjnego (back-up), ale wymagają dodatkowych urządzeń (falowników) zamieniających prąd stały na prąd zmienny,
  - wymagają dodatkowych zabezpieczeń w razie awarii sieci i dostosowania do standardów przesyłu,
  - częściowo rozwiązują problem przechowywania energii w systemie energetycznym.
- Odlądzone od sieci (*off-grid*)
  - wymagają systemu akumulatorów,
  - są mniej efektywne kosztowo,
  - dają możliwość bezpośredniego zasilania urządzeń (np. domowego użytku, autonomicznych systemów oświetlenia itp.) na prąd stały.



## 2.3 Technologia wytwarzania biogazu

Biogaz jest mieszaniną gazową, składającą się głównie z metanu (ok. 60%) i dwutlenku węgla – ok. 40%, która powstaje w procesie fermentacji odpadów organicznych.

Fermentacja metanowa jest procesem rozkładu substancji organicznej, realizowanym przez bakterie metanowe, które wymagają odpowiedniego środowiska, szczególnie dostępu do określonej ilości substancji odżywczych oraz właściwej temperatury. W trakcie procesu fermentacji powstają biogaz oraz pulpa pofermentacyjna, która może być wykorzystana do nawożenia. Fermentacja odbywa się w czterech fazach: hydrolizy, acydofilnej, octanogennej i metanogennej. Na efektywność procesu wpływ mają m. in. następujące czynniki:

- temperatura odpowiednia dla danego typu bakterii (psychrofilowa, mezofilowa, termofilowa);
- hydrauliczny czas retencji, wyrażający się przez stosunek dopływu substratów do pojemności komory (wystarczający, aby zapobiec wymywaniu bakterii oraz nieprzetrawionej substancji organicznej ze zbiornika),
- optymalne obciążenie komory ładunkiem zanieczyszczeń organicznych (zbyt wysokie może doprowadzić do przeciążenia układu, a zbyt niskie do zaniku procesu),
- brak inhibitorów procesu, takich jak antybiotyki czy środki ochrony roślin,
- dodawanie opcjonalnie substancji pomocniczych do komory fermentacyjnej, takich jak enzymy.

Istnieje wiele wariantów przeprowadzenia procesu fermentacji, przy czym najważniejszymi kryteriami jest dobór temperatury oraz zawartość suchej masy organicznej (smo) w mieszaninie poddawanej fermentacji, które decydują o trybie pracy komory fermentacyjnej. Najczęściej stosowana jest temperatura procesu 35°C przy zawartości do 16% smo, czyli fermentacja mokra. Rzadziej spotykane są instalacje wykorzystujące temperaturę w warunkach termofitowych – 55°C, jak również fermentacja sucha poniżej 16% smo. Inne warianty technologiczne to fermentacja ciągła (standard) lub porcjami; jednostopniowa (standard) lub z rozdziałem faz procesu.

Do zapewnienia ciągłego i stabilnego procesu ważne jest, aby zachować stałą, jednorodną temperaturę w całej objętości zbiornika i nie zmieniać w niekontrolowany sposób zawartości składu oraz ilości wsadu, co jest szczególnie ważne w przypadku zastosowania tzw. kofermentacji, czyli mieszania różnych rodzajów substratów. Proces fermentacji należy kontrolować za pomocą odpowiednich czujników oraz aparatury pomiarowej, ponieważ brak monitoringu może doprowadzić do zmniejszenia wydajności, a nawet do przerwania procesu.

Biogazownie są instalacjami produkującymi biogaz. Biogaz może być wykorzystywany do spalania w tzw. agregatach kogeneracyjnych i otrzymywania energii elektrycznej. W procesie tym powstaje również ciepło, które może być wykorzystane na potrzeby gospodarstwa bądź sprzedane na zewnątrz. Biogazownie najkorzystniej lokalizować w miejscach, gdzie dostępne są odpady, które można pozyskać po niskim koszcie, a nawet uzyskać dochód z ich utylizacji (np. odpady z ubojni, rzeźni). W przypadku biogazowni rolniczych, których funkcjonuje w Polsce kilkanaście, tylko jedna została zbudowana i jest eksploatowana przez rolników indywidualnych. Pozostałe instalacje biogazowe zostały zrealizowane przez dużych inwestorów prywatnych bądź właścicieli dużych ferm produkcji zwierzęcej. Jest to podyktowane głównie tym, że podstawą efektywnego funkcjonowania biogazowni rolniczej jest dostępność substratów, z których powstaje biogaz. Najkorzystniej, jeśli substraty są własnością inwestora, w innym przypadku należy zapewnić sobie pozyskanie wystarczających ilości substratów poprzez wieloletnie umowy na dostawę. Wystarczającą ilość własnych substratów, nawet dla małych biogazowni, mogą posiadać tylko gospodarstwa wielkoobszarowe albo zakłady przetwórcze.

Instalacje do produkcji biogazu rolniczego mogą się różnić pod względem doboru poszczególnych elementów ciągu technologicznego, w zależności od lokalnych uwarunkowań, takich jak rodzaj i właściwości zastosowanych substratów, sposób wykorzystania biogazu czy zagospodarowania masy pofermentacyjnej. Konfiguracja elementów biogazowni, która odbywa się już na etapie planowania i projektowania, zależy w pierwszej kolejności od dostępnych substratów.

Rodzaj, ilość i jakość stosowanych substratów (zawartość suchej masy, produktywność metanu, pochodzenie) decyduje o wielkości produkcji biogazu, a także o objętości zbiorników, rodzaju i wielkości urządzeń i instalacji oraz o mocy układów kogeneracyjnych do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła. Schemat przykładowej instalacji biogazowej przedstawia rysunek 4.

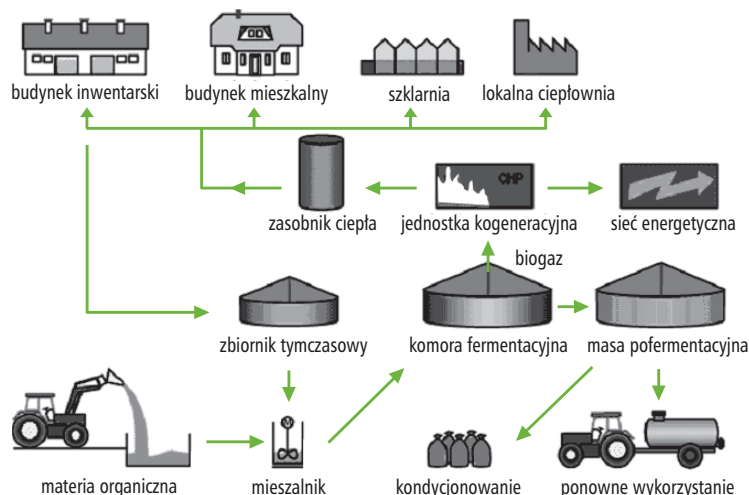
Najważniejszymi składnikami ciągu technologicznego typowej biogazowni są komora fermentacyjna oraz układ kogeneracyjny, służący do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła, stanowią one zazwyczaj sumarycznie 35-45% całkowitych nakładów inwestycyjnych dla biogazowni. Natomiast w przypadku produkcji biogazu przeznaczonego do zatłaczania do sieci gazu ziemnego układ kogeneracyjny wraz z oprzyrządowaniem i orurowaniem zastępuje się instalacją do zatłaczania i oczyszczania biogazu. Zastosowanie biogazowni rolniczych poza korzyściami ekonomicznymi umożliwia rozwiązanie wielu problemów, takich jak zagospodarowanie odpadów, pozyskanie nawozu o dobrych właściwościach, czy pozyskanie ciepła odpadowego generowanego przy produkcji energii elektrycznej. Umożliwia również inwestorom biogazowni osiągnięcie korzyści ekonomicznych w postaci przychodów z tytułu sprzedaży wytworzonych podczas pracy instalacji<sup>5</sup>:

- energii elektrycznej oraz uzyskanych świadectw pochodzenia,
- nadmiernego ciepła procesowego (nadwyżki ponad własne potrzeby biogazowni),
- pulpy pofermentacyjnej w formie nawozu, a także pobieranie opłat z tytułu przyjęcia do utylizacji odpadów niebezpiecznych.

Typowe biogazownie rolnicze, będące obecnie w ofercie większości firm technologicznych, są instalacjami charakteryzującymi się dużym stopniem skomplikowania i zautomatyzowania. Opłacalność przy obecnych uwarunkowaniach rynkowych zaczyna się dla instalacji o mocy powyżej 0,5 MW<sub>el</sub>. Budowa mniejszych obiektów dostosowanych do potrzeb indywidualnego gospodarstwa rolnego pociąga za sobą stosunkowo wysokie nakłady inwestycyjne w przeliczeniu na jednostkę mocy zainstalowanej, dlatego rząd podejmuje działania mające na celu zwiększenie rentowności również mniejszych instalacji o mocy rzędu 50-150 kW. Przeprowadzone niedawno nowelizacje oraz planowane zmiany obowiązujących przepisów prawnych zakładają, że małe biogazownie będą mogły korzystać z wielu udogodnień i uproszczeń przepisów, takich jak brak obowiązku sporządzenia raportu oddziaływania na środowisko dla inwestycji poniżej mocy 0,5 MW oraz przy zastosowaniu odpowiednich odpadów pochodzenia rolniczego możliwość zastosowania masy pofermentacyjnej na cele nawozowe, bez konieczności przeprowadzania kosztownych i regularnych badań.

Schemat ciągu technologicznego instalacji do produkcji biogazu rolniczego

Rysunek 4



5. Curkowski A., Oniszk-Popławska A., Mroczkowski P., Wiśniewski G., Przewodnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych. Praca na zlecenie Ministerstwa Gospodarki, 2011.



Nowe możliwości, pozwalające na redukcję nakładów inwestycyjnych i uproszczenie formalnych procedur, stwarza też będąca w opracowaniu technologia małych biogazowni kontenerowych, które wkrótce znajdą się w ofercie wielu firm technologicznych.

Większość z dotychczas zrealizowanych biogazowni rolniczych w Polsce została zbudowana metodą uczenia się inwestorów na własnych doświadczeniach, zbieranych podczas realizacji kolejnych instalacji. Pierwsze biogazownie w Polsce, zbudowane przez firmę Poldanor S.A., ze względu na dostępność gnojowicy oraz możliwość wykorzystania energii elektrycznej i ciepła na potrzeby własne, zlokalizowano przy dużych gospodarstwach hodowlanych. Obecnie coraz więcej inwestorów planuje lokalizowanie instalacji przy zakładach przemysłu rolno-spożywczego, szczególnie przetwórstwa owocowo-warzywnego, mleczarniach i gorzelniach oraz przy zakładach mięsnych (ubojnie, zakłady przetwórstwa mięsnego). Zapewnia to inwestorom większą różnorodność substratów przeznaczonych do fermentacji oraz dodatkową możliwość całorocznego odbioru ciepła wytworzonego w kogeneracji.

## 2.4 Wykorzystanie biomasy stałej

Biomasa definiowana jest jako „stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej i leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, oraz części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji, a także ziarna zbóż nie spełniające wymagań jakościowych dla zbóż w zakupie interwencyjnym określonych (...) i ziarna zbóż, które nie podlegają zakupowi interwencyjnemu”<sup>6</sup>.

W celu efektywnego wykorzystania dostępnych zasobów rozwijane są technologie nie tylko termicznej konwersji biopaliw, lecz także pozyskania biomasy (uprawa/zbiór), transportu biomasy, przygotowania biomasy (suszenie/rozdrabnianie), przechowywania (z uwzględnieniem ograniczenia rozwoju mikroorganizmów/utrzymania właściwości energetycznych), przetwarzania (peletyzacja), oczyszczania gazów odlotowych powstających podczas termicznej utylizacji oraz zagospodarowania popiołów.

Można wyróżnić dwa obszary wytwarzania ciepła. Jeden to mała energetyka obejmująca głównie indywidualne domostwa, a także: osiedla oraz małe zakłady przemysłowe<sup>7</sup>. Drugi obszar to energetyka tzw. zawodowa. Dla pierwszej grupy zamiana węgla na biomasę związana jest z korzyścią finansową, powodowaną zastosowaniem tańszych lokalnych zasobów biomasy. Dla drugiej jest koniecznością wynikającą z przepisów. W latach 2002-2009 produkcja ciepła z biomasy wzrosła dwukrotnie – do 23.785 TJ<sup>8</sup>. Spalanie biomasy lub jej współspalanie z węglem jest przeprowadzane w kotłach rusztowych, fluidalnych, pyłowych lub w układach: przedpalenisk rusztowych i kotła.

Do spalania samej biomasy wykorzystuje się kotły płomienicowe z nieruchomym bądź ruchomym rusztem. Zaletą tych pierwszych jest stosunkowo wysoka sprawność kotła (80-85%), niskie nakłady eksploatacyjne oraz prosta konstrukcja paleniska i szeroki zakres mocy (0,2-10 MW). Z kolei te drugie charakteryzują się stabilnymi parametrami pracy. Umożliwiają zarówno stosowanie domieszek różnych rodzajów paliw, jak i spalanie bardzo wilgotnych paliw (40-60%). Najczęściej spotykany zakres mocy jest w obszarze 0,5-10 MW. Ograniczeniem stosowania tych kotłów są wysokie koszty inwestycyjne oraz konieczność ponoszenia większych nakładów na konserwację. W sytuacji, kiedy biomasa nie pokryje całkowitego zapotrzebowania na paliwo danej instalacji, np. w kotłach energetycznych dużej mocy w elektrowniach, najczęściej stosuje się technologie bezpośredniego spalania biomasy z węglem (rozwiązanie wykorzystywane w Polsce, Wielkiej Brytanii i w innych krajach europejskich), tzw. współspalanie. Za najlepsze, jeśli chodzi o zastosowanie do współspalania biomasy z węglem, są uważane kotły fluidalne. Na ogół umożliwiają one współspalanie do 15% udziału energetycznego biomasy z paliwami podstawowymi bez konieczności modyfikacji układu paleniskowego kotła. W tym przypadku występuje jedynie konieczność dobudowania zbiorników magazynowania oraz linii podawania paliwa do kotła. Korzyści wynikają również z wysokiej skuteczności wypalania paliwa w złożu (99%) oraz z zachowania niskiej emisji NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub> bez konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów na instalacje

6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii z późniejszymi zmianami, Dz. U. 2010 Nr 34, poz. 182.

7. Kawalko S., Olek M., Spalanie biomasy 2005.

8. Energetyka ciepła w liczbach 2009, Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa 2010.

do ich redukcji. Kocioł fluidalny stwarza możliwości wykorzystywania paliw mało jednorodnych i współspalania jednocześnie innych odpadów, np. komunalnych. W przypadku współspalania z węglem najpopularniejszych w energetyce zawodowej zrębków drzewnych najodpowiedniejszym rozwiązaniem z dzisiaj wykorzystywanych na szeroką skalę wydaje się kocioł fluidalny z cyrkulacją złoża. Jakość kotłów ma istotne znaczenie dla użytkowników systemów ciepłych opalanych biomasą. Nieodpowiednie rozwiązania technologiczne powodują zwiększoną emisję szkodliwych substancji do atmosfery, a także obniżenie sprawności procesu spalania, co w rezultacie powoduje wzrost kosztów użytkowania. Efektywność energetyczna, jak i ekologiczna procesu spalania czy gazyfikacji zależy od następujących czynników:

- konstrukcji kotła,
- jakości i doboru odpowiedniego paliwa,
- właściwie dobranej instalacji odprowadzania spalin gazów odlotowych.

Zasadniczym elementem kosztów eksploatacyjnych jest koszt biopaliwa (w przypadku kotłowni na zrębki drzewne o mocy 100 kW wynosi niecałe 80%, a w skrajnym przypadku kotłowni na 10 kW opalanej peletami jest równy prawie 99%). Innym istotnym składnikiem kosztów eksploatacyjnych jest obsługa kotłowni, ale tylko w przypadku kotłowni na 100 kW. Koszt ten wynosi prawie 18% w przypadku kotłowni opalanej zrębkami drzewnymi i nieznacznie mniej dla innych typów biopaliw, odpowiednio 17% i 13% w przypadku kotłowni kłody i pelety. Zasadniczym zaś składnikiem kosztów inwestycyjnych jest zakup kotła (z założenia wynoszący 60%).

## 2.5 Geotermia i pompy ciepła

Przy zagospodarowywaniu odnawialnych zasobów energii duże nadzieje są związane z energetyką słoneczną, energetyką wiatrową, a w niektórych krajach z geoenergetyką. Ta ostatnia wykorzystuje energię geotermiczną, a szczególnie jej część – energię geotermalną.

Geoenergia stanowi ten zasób energii pierwotnej, który pochodzi z okresu formowania się naszej planety, 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.

Elektrociepłownia geotermalna na Islandii



# Miłość i ekologia



Gospodarstwo ekoagroturystyczne „Miłośnik” zlokalizowane jest w dawnej pruskiej szkole, na skraju Puszczy Boreckiej, we wsi Dunajek, na pograniczu dwóch krain geograficznych – Wielkich Jezior Mazurskich i Suwalszczyzny. Właściciele ośrodka, państwo Gnacikowscy, oferują 15 miejsc noclegowych w odrestaurowanych obiektach z 1930 roku, zachowujących klimat pruskiej architektury. Najbardziej gospodarstwo państwa Gnacikowskich wyróżnia jednak to, że jest ono prowadzone zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju i ekologii. Właściciele bardzo chętnie objaśniają gościom, jak na co dzień funkcjonuje gospodarstwo ekologiczne, i zachęcają ich do kierowania się zasadami ekologicznego życia. Ze względu na ich szczególną, ekologiczną wrażliwość, a także oszczędności, państwo Gnacikowscy zdecydowali się na postawienie w gospodarstwie wiatraka do przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.). Jest on zbudowany głównie z polskich podzespołów, które wyprodukowała firma ECO SOLAR z Warszawy. Wybrali turbinę o mocy 3,2 kW z poziomą osią obrotu z wirnikiem trójskrzydłowym, która osadzona jest na 15-metrowym maszcie. Prędkość startowa wiatraka wynosi ok. 3 m/s, a moc maksymalną osiąga przy ok. 10 m/s.

Państwo Gnacikowscy nie żałują inwestycji. – *W naszym rejonie występują dobre warunki wiatrowe – mówi pan Gnacikowski. – To jednak nie wszystko. Niebagatelną rolę w wydajności wiatraka odgrywa także jego usytuowanie. Wiatrak stoi w najwyższym punkcie nieruchomości, w miejscu zapewniającym optymalne warunki (linearny przepływ na głównym kierunku wiatrów) – twierdzi pan Gnacikowski i dodaje, że – aby zoptymalizować sprawność, najważniejsza jest lokalizacja i wysokość masztu.*

Turbina nie jest podłączona do sieci, stanowi system autonomiczny, przeznaczony wyłącznie do podgrzewania ciepłej wody w 300-litrowym zbiorniku. – *Dla naszych potrzeb wybraliśmy najlepszy wariant – mówi pan Gnacikowski. – Zbiornik o dużej pojemności jest naturalnym akumulatorem, który może być ładowany wtedy, gdy wieje wiatr.* Wiatrak jest używany od września 2009 roku i nie było z nim żadnych problemów. – *Jak dotąd, poza przeglądem konserwacyjnym nic szczególnego w pracy urządzenia nie zaistniało – twierdzi pan Gnacikowski.* Właściciele szacują, że dzięki instalacji ograniczają zakup energii elektrycznej o 3500-4000 kWh rocznie.

Innym istotnym elementem wykorzystywania zielonej energii jest system ogrzewania, który w 90% zasilany jest przez lokalne, odnawialne źródło energii, czyli drewno kominkowe. Uzyskuje się je z gatunków nie stosowanych do innego wykorzystania: nie jest to drewno konstrukcyjne ani papierowe. Kupowane jest w nadleśnictwie, częściowo pozyskiwane z czyszczenia zarośli i przecinek pielęgnacyjnych. Ściśle



związany z systemem pozyskiwania ciepła jest także zainstalowany w gospodarstwie system wentylacji mechanicznej połączony z rekuperacją (odzyskiem) ciepła. Użycie wentylacji z rekuperacją ciepła, wiatrowy system przygotowania c. w. u., wykorzystanie biomasy jako podstawowego źródła ciepła dla c. o. oraz odpowiednie parametry samego budynku mieszkalnego wpływają na jego wysoką energooszczędność. W praktyce oznacza to niskie zapotrzebowanie budynku na energię, a tym samym znikomą emisję CO<sub>2</sub> do atmosfery.

- *Korzystając w możliwie ograniczony sposób z energii elektrycznej z sieci, nie przyczyniamy się do wzrostu wydobywania paliw kopalnych, ich negatywnego oddziaływania na atmosferę w procesie spalania i tym samym chronimy geologiczne zasoby Ziemi* – mówią państwo Gnacikowscy.

Warto wspomnieć, że państwo Gnacikowscy ekologią interesują się od ponad 20 lat, dlatego na uwagę zasługuje wiele zastosowanych przez nich rozwiązań.

## Zdrowa kuchnia

Potrawy przygotowywane są przez gospodynię na bazie produktów pochodzących z gospodarstw ekologicznych i własnych przetworów, takich jak domowe sery, wiejskie jaja, mleko, jogurty, dżemy, konfitury, miód, kompozycje herbat ziołowych z własnoręcznie zbieranych ziół. Warzywa i zioła przyprawowe pochodzą z własnego ogródka. Do potraw nie stosuje się wzmacniaczy smaku ani zapachu.

## Odpady

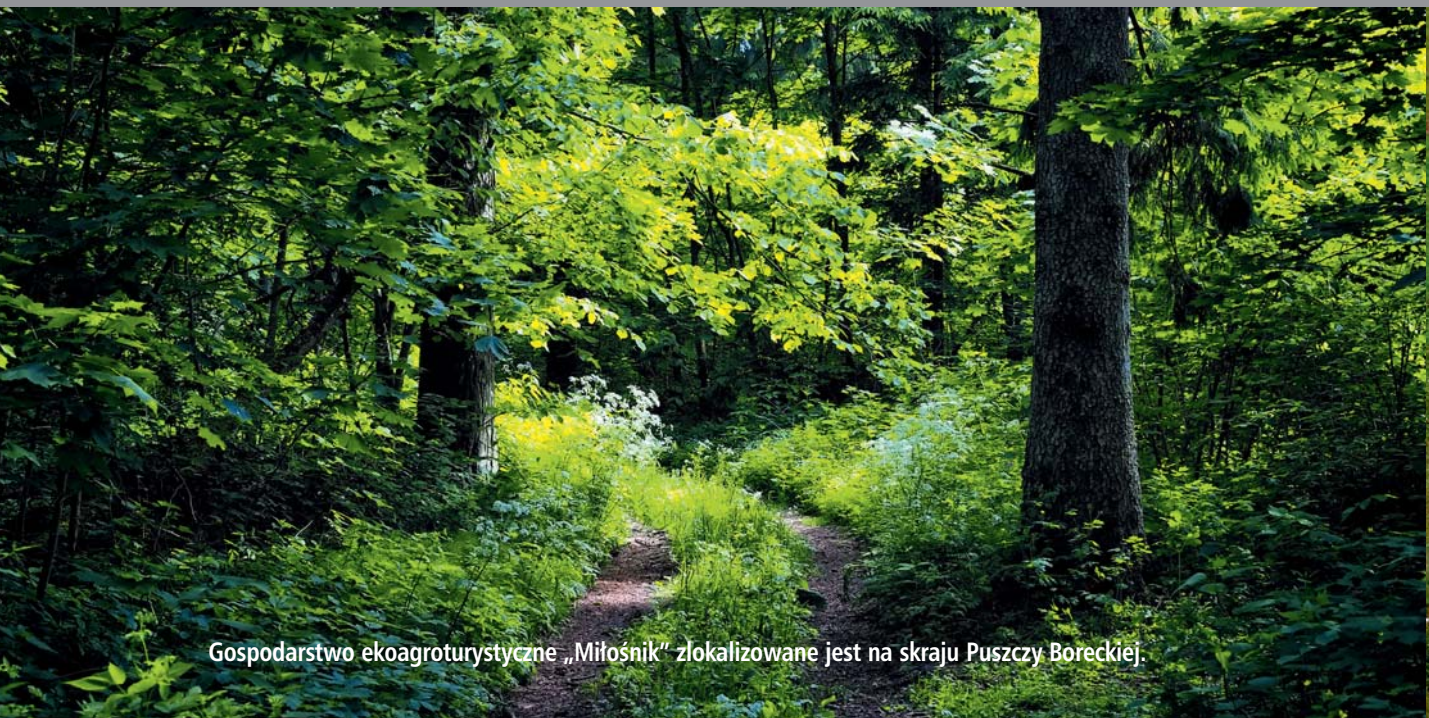
Właściciele starają się, aby gospodarstwo produkowało jak najmniej odpadów. – *Używamy opakowań wielorazowego użytku, a poszczególnym przedmiotom nadajemy drugie życie* – mówi pani Lidia Gnacikowska.

Wszystkie odpady powstające w gospodarstwie są segregowane na:

- odpady organiczne – składowane są w postaci kompostu i wykorzystywane do użyzniania ziemi w przydomowym ogródku,
- odpady poddawane recyklingowi – szkło, plastik, papier, złom i aluminium przekazywane są przedsiębiorstwu specjalizującemu się w zagospodarowywaniu odpadów,
- pozostałe odpady – nie podlegające rozkładowi biologicznemu ani odzyskowi materiałowemu, deponowane są na wysypisku miejskim.

## System gromadzenia i wykorzystywania wody odpadowej

W gospodarstwie istnieje system gromadzenia i wykorzystania wody odpadowej (wody szarej), niezdanej do picia. Służy do podlewania dużej powierzchni trawników, zieleni użytkowej, zieleni





ozdobnej i ogródka warzywnego. – *To bardzo przydatne i ekonomiczne, bo w naszym regionie zdarzają się długie suche okresy* – mówi pani Lidia. I dodaje: – *Mamy w gospodarstwie zbiornik o pojemności 2500 litrów oraz system czerpania wody wraz z pompą elektryczną, nie trzeba zużywać wody pitnej.* Dzięki systemowi właściciele oszczędzają ok. 15 m<sup>3</sup> wody pitnej rocznie.

### Biooczyszczalnia

Na terenie gospodarstwa znajduje się autonomiczna, ekologiczna oczyszczalnia ścieków. Właściciele zamierzają przebudować ją na oczyszczalnię ze złożem biologicznym, w której wysoki stopień oczyszczenia ścieków (>95%) pozwala na ich ponowne wykorzystanie do mycia, podlewania trawników, sflukiwania chodników itp. Oczyszczalnię wybudowała firma BIOCLAR-SZKILNIK Sp. z o. o. z Zapolic.

## Stacja pomiarowa w Żelaznej

Na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Żelaznej (województwo łódzkie, powiat skierniewicki) pod koniec 2007 roku powstała meteorologiczna stacja pomiarowa. Stacja usytuowana jest na lokalnym wzniesieniu o wysokości 174 m n. p. m.

Jej aluminiowy maszt sięga 12 m i jest ustabilizowany trzema stalowymi odciegami zakotwiczonymi w betonowych stopach fundamentowych.

Na maszcie umieszczono czujniki:

- wiatromierz do pomiaru prędkości i kierunku wiatru na wysokości 12 m nad poziomem gruntu (n.p.g),
- wiatromierz do pomiaru prędkości wiatru na wysokości 6 m n. p. g.,
- barometr do pomiaru ciśnienia,
- termohigrometr do pomiaru wilgotności względnej i temperatury powietrza.

Uzyskane dane pomiarowe stanowią podstawę do prowadzenia badań naukowych i zajęć dydaktycznych na Wydziale Inżynierii Produkcji SGGW.

Na podstawie wyników badań prowadzonych tu od 2008 r. można stwierdzić, że średnie roczne prędkości wiatru na wysokościach 50 i 73 m n. p. g. wynoszą odpowiednio ok. 6 i 7 m/s. Jednostkowe moce strumienia wiatru na rozpatrywanych wysokościach wynoszą ok. 300 i 450 W/m<sup>2</sup>.

Wiatrowa turbina o mocy 3,2 kW z poziomą osią obrotu z wirnikiem trójskrzydłowym.



Według specjalistów na terenie charakteryzującym się średnią roczną prędkością wiatru 6 m/s na wys. 70 m można wykorzystywać energię wiatru. Lokalizacja spełnia ten warunek. Prof. Halina Lorenc z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej zalicza ten teren do II – bardzo korzystnej – strefy zasobów energii wiatrowej w Polsce.

Nie dziwi więc chęć wybudowania na tym terenie farmy wiatrowej. Przeszkodą w rozpoczęciu inwestycji jest jej wysoki koszt. Uczelnia nie dysponuje bowiem środkami finansowymi, które mogłyby być przeznaczone na ten cel. Zgodnie z obowiązującym prawem – Ustawą „Prawo zamówień publicznych” – realizacja inwestycji może być prowadzona na podstawie postępowania przetargowego.

SGGW dysponuje obecnie promesą koncesji na produkcję energii elektrycznej, wydaną przez Urząd Regulacji Energetyki. Ponadto ze wstępnych ustaleń z Zakładem Energetycznym Łódź Teren S. A. (obecnie PGE Dystrybucja S. A. Oddział Łódź-Teren) wynika, że w tej lokalizacji można przyłączyć do sieci elektroenergetycznej (średniego napięcia) turbiny wiatrowe o mocy rzędu 1,5 MW. Pracownicy uczelni proponują dziś postawienie dwóch turbin Enercon E-53, o wysokości wieży 73 m i mocy znamionowej 800 kW. Urządzenia te odznaczają się stosunkowo niską prędkością startową.

Energia elektryczna wyprodukowana przez turbiny w zamysłu ma być sprzedawana spółce dystrybucyjnej. Przyjmując więc wstępnie, że każda z turbin wyprodukuje rocznie ok. 2000 MWh energii elektrycznej, roczny przychód wyniesie ok. 1,2 mln zł, podczas gdy szacunkowy koszt turbin to ok. 14 mln zł. Należy jednak zaznaczyć, że poza aspektem ekonomicznym farma wiatrowa będzie pełniła funkcję laboratorium dydaktycznego w kształceniu kadry inżynierskiej w zakresie energetyki odnawialnej.

Warto wspomnieć, że w roku akademickim 2010/2011 uruchomiono na Wydziale Inżynierii Produkcji makrokierunek technologie energetyki odnawialnej. Władze uczelni chciały w ten sposób wyjść naprzeciw wymaganiom rynku kształtowanego przez politykę energetyczną Unii Europejskiej. Do roku 2020 ma nastąpić m. in. zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> o 20%, zmniejszenie zużycia energii pierwotnej o 20% i zwiększenie udziału w całkowitym rynku energetycznym energii produkowanej ze źródeł odnawialnych o 20%. – *Celem nowego makrokierunku jest przygotowanie specjalistów dla tworzącej się infrastruktury sektora energetyki odnawialnej i lokalnego rynku energii* – twierdzą władze uczelni.

Meteorologiczna stacja pomiarowa.





Z kolei energia geotermalna stanowi część energii geotermicznej zawartej w wodach, parze wodnej oraz w otaczających skałach. 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, przyjmującymi różny kształt geometryczny.

Struktura geologiczna Polski zawiera wspomniane zbiorniki w postaci tzw. naturalnych basenów sedymentacyjno-strukturalnych, wypełnionych wodami geotermalnymi o zróżnicowanych poziomach temperatury. Wśród tych poziomów dominuje zakres temperatury od 20°C do ok. 80-90°C, a w skrajnych przypadkach (na dostępnych głębokościach) zdaniem niektórych autorytetów 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 do 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 grzewczych.

Wody termalne, zwane również geotermalnymi, są to wody podziemne mineralne lub zwykłe, których temperatura mierzona na wypływie ze źródeł naturalnych lub odwiertów wynosi co najmniej 20°C. W warunkach krajowych wody geotermalne znajdujemy przeciętnie na głębokościach od 1,5 do 3,5 km. By zapewnić odnawialność zasobów wód termalnych, ich eksploatacja podlega istotnym ograniczeniom, wynikającym z zasady racjonalnej gospodarki tymi zasobami.

Wysoki poziom temperatury, tzn. sięgający stukilkudziesięciu stopni Celsjusza, predysponuje taką wodę termalną do wykorzystania jej jako górnego źródła 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 elektrowni nie jest wysoka, sięga kilku, kilkunastu procent, przy czym bardzo zależy od poziomu temperatury nośnika energii, czyli wody geotermalnej. W przypadku układu kogeneracyjnego, tzn. elektrociepłowni, a zatem współwytwarzania energii elektrycznej i ciepła, sprawność energetyczna takiego układu jest oczywiście znacznie wyższa. W przypadku geotermii głębokiej wytwarzanie energii elektrycznej jest obecnie w Polsce nieopłacalne. Także wykorzystanie wód geotermalnych w celach grzewczych jest kosztowne i trudne w praktycznej realizacji i eksploatacji.

Na rynku pomp ciepła dominują kraje o wysokiej własnej produkcji energii elektrycznej z nieemisyjnych lub odnawialnych źródeł energii, charakteryzujące się wyższym zużyciem energii elektrycznej i wyższym standardem życia w stosunku do średniej unijnej. Szwecja góruje nad innymi krajami pod względem sprzedanych pomp ciepła. Według szefa szwedzkiego stowarzyszenia pomp ciepła Martina Forséna przyspieszenie zamówień na pompy ciepła nastąpiło na obszarach, gdzie liczba domów, które już mają zainstalowane pompy ciepła, przekraczała 10%. Wystąpił tam *neighbour effect* polegający na tym, że przy dużym nasyceniu pomp wśród sąsiadów następuje zwiększenie potrzeby ich posiadania. Szacuje się, że obecnie 95% nowo wybudowanych domów ma zamontowane pompy ciepła. W Polsce wielkość ta wynosi ok. 2-3%, w Szwajcarii natomiast 75%. W Austrii, Niemczech, Finlandii i w Norwegii w co trzecim budowanym domu instaluje się pompy ciepła.

Zainteresowanie inwestorów pompami ciepła jest w Polsce duże, ale zniechęcają ich wysokie koszty instalacji. W krajach europejskich tę przeszkodę starają się zniwelować władze państwowe i lokalne samorządy. We Francji od podatku osobistego można odpisać 50% kosztów zakupu pompy ciepła. W Szwecji, Niemczech, w Szwajcarii i w wielu innych krajach europejskich stworzono różnorodne systemy ulg i zachęt finansowych, które zmniejszają o kilkadziesiąt procent koszty inwestycyjne, a niekiedy również koszty eksploatacyjne (specjalne ulgowe taryfy na energię elektryczną dla pomp ciepła). W Polsce pomoc państwa skierowana do inwestorów decydujących się na zastosowanie pomp ciepła systematycznie rośnie.

## 3. Stan obecny oraz perspektywy produkcji i wykorzystania zielonej energii

### 3.1 Zielona energia elektryczna

Większość zielonej energii elektrycznej wytwarzanej obecnie w Polsce pochodzi z koncesjonowanych instalacji przyłączonych do sieci elektroenergetycznej. Pod koniec 2010 roku dostarczały one 9500 GWh energii elektrycznej, co odpowiada 6% energii elektrycznej zużywanej w naszym kraju przez odbiorców końcowych. Od roku 2004 najintensywniej rozwijały się technologie współpalania biomasy, głównie z węglem, w dużych elektrowniach systemowych. Współpalanie dostarcza obecnie 45% energii elektrycznej z OZE. Drugie miejsce zajmują elektrownie wodne (28%), a następne (16%) energetyka wiatrowa. Jeśli chodzi o nowe moce wytwórcze, to w latach 2000-2010 najwięcej (1 180 MW) przybyło ich w energetyce wiatrowej. Jednak technologia ta nadal w skromnym stopniu wykorzystuje swój potencjał ekonomiczny i rynkowy (powyżej 10 000 MW). Nowe inwestycje podejmowane są także w sektorze biomasy i biogazu, podczas gdy moc zainstalowana w energetyce wodnej zmienia się w niewielkim stopniu (dominują inwestycje w małe elektrownie wodne, stąd duża liczba instalacji przy relatywnie małej mocy zainstalowanej). Największe moce OZE zainstalowane są w północnej i centralnej Polsce. W tych regionach działa też najwięcej koncesjonowanych instalacji OZE. W południowej Polsce mamy do czynienia głównie z instalacjami do współpalania (systemowe elektrownie węglowe).

### 3.2 Zielone ciepło

Produkcja ciepła ze źródeł odnawialnych daje rocznie ok. 160-170 PJ energii. Jest to jednak rynek bardzo trudny do monitorowania, zwłaszcza że w większości urządzeń (kotłów) można wykorzystywać obok biomasy także inne paliwa. Wykorzystanie biomasy w ciepłowniach i elektrociepłowniach pozostawało praktycznie na stałym poziomie do roku 2007. Dopiero w ciągu ostatnich trzech lat notuje się wzrost w tym zakresie, wywołany głównie przez produkcję ciepła w kogeneracji.

W zakresie biogazu większość ciepła produkowana jest nadal z biogazu z oczyszczalni ścieków i wysypisk odpadów. Jednak monitoring tego sektora i jego statystyka nie jest skuteczna i podlega zmianom metodycznym, co utrudnia wychwycenie tendencji rynkowych. Z całą pewnością od roku 2007 wzrasta udział biogazu rolniczego w produkcji ciepła uzyskiwanego z kogeneracji. Pomimo programów rządowych, mających wspierać ten sektor, w dalszym ciągu jego udział w dostawach ciepła jest marginalny. Geotermia głęboka, po uruchomieniu kilku instalacji, od kilku lat przeżywa stagnację. Jest to spowodowane problemami finansowymi istniejących instalacji i trudnościami w pozyskaniu finansowania, zwłaszcza po zaniechaniu wsparcia przez Bank Światowy. Geotermia płytka (pompy ciepła) po dość intensywnym rozwoju do roku 2007 obecnie notuje zahamowanie rozwoju. Rozwój tej technologii motywowany był głównie kredytami preferencyjnymi przyznawanymi przez Bank Ochrony Środowiska. Pomimo optymistycznych prognoz organizacji branżowych i producentów, popyt na pompy ciepła od trzech lat nie wzrasta.

Na szczególną uwagę zasługuje rynek kolektorów słonecznych. Pomiedzy rokiem 2001 i 2009 produkcja ciepła z tej technologii, głównie na potrzeby przygotowania ciepłej wody, ale też ostatnio wspomagania ogrzewania pomieszczeń, wzrosła 17-krotnie, przy czym w większości pochodzi ona z indywidualnych, prywatnych instalacji. Sprzedaż kolektorów słonecznych systematycznie wzrastała pomimo dotychczasowego praktycznego braku ogólnokrajowego systemu wsparcia (możliwości



pozyskania finansowania dotyczyły głównie instytucji publicznych i instalacji wielkoskalowych). Było to rezultatem działań oddolnych, głównie ze strony producentów i dystrybutorów kolektorów słonecznych oraz instalatorów działających na poziomie klienta (użytkownika końcowego).

### 3.3 Perspektywy wykorzystania zielonej energii

Przyjęta przez rząd RP w listopadzie 2009 r. Polityka energetyczna Polski do 2030 roku wskazała na nowy cel na 2020 rok – 15% udziału odnawialnych źródeł energii w 2020 roku. Jest to cel zgodny z nową Dyrektywą 2009/28/WE. Nowa polityka energetyczna przewiduje dalszą dywersyfikację sektora energetyki odnawialnej w okresie 2010-2020. W okresie do 2020 roku (perspektywa inwestorska) najszybsze roczne tempo wzrostu w całym sektorze rząd przewidywał w nowych technologiach: biogaz, energetyka wiatrowa, energetyka słoneczna termiczna. Według planów rządowych, w pierwszej połowie dekady szczególnie wysokie tempo wzrostu (w sensie podaży energii) powinien mieć biogaz rolniczy i energetyka wiatrowa (45-70% rocznie), a w drugiej połowie – energetyka słoneczna, zwłaszcza termiczna energetyka słoneczna (35%) i w dalszym ciągu biogaz i energetyka wiatrowa z bardzo wysokim (w obu przypadkach) tempem wzrostu rzędu 17-30% rocznie. Zapewnienie takiego tempa wzrostu, szczególnie ww. sprawdzonych, ale perspektywicznych technologii, ma zapewnić Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych (KPD)<sup>9</sup>, który, w ramach zobowiązań wynikających z Dyrektywy 2009/28/WE został zatwierdzony przez rząd. KPD zakłada znaczącą zmianę w strukturze wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych. Według szacunków IEO obecnie 92% energii produkowanej w Polsce z OZE stanowi ciepło, w większości produkowane z biomasy, 5% stanowi energia elektryczna, a 3% paliwa transportowe. W scenariuszu na rok 2020 według KPD ciepło stanowić ma jedynie 55%, energia elektryczna 26%, a transport 19%. Zmieni się również struktura technologiczna wytwarzania energii z OZE. O ile biomasa stała nadal będzie odgrywać wiodącą rolę w produkcji ciepła, o tyle w energii elektrycznej dominować ma energetyka wiatrowa, przy czym wymienia się tu zarówno małą energetykę wiatrową, jak i energetykę wiatrową morską. Minimalną rolę odegra fotowoltaika, planowana jedynie na poziomie 0,01% całkowitej produkcji energii elektrycznej z OZE. Realizacja tego celu będzie wymagała zainstalowania prawie 7,3 GW nowej mocy elektroenergetycznych, najwięcej, prawie 5,5 GW, w energetyce wiatrowej. W zakresie ciepła poza bioenergetyką główną rolę mają odegrać energetyka słoneczna termiczna oraz biogaz.

## 4. Sprzedaż i kupno zielonej energii – zielona energia na rynku

### 4.1 Zielona energia elektryczna

Na polskim rynku w łańcuchu dostaw zielonej energii elektrycznej można wyróżnić następujące grupy podmiotów (w kolejności od producenta do konsumenta):

- wytwórcy energii elektrycznej – należy przez nich rozumieć właścicieli elektrowni wprowadzających energię elektryczną do sieci elektroenergetycznej, zaliczają się do niej również niezależni wytwórcy energii z OZE,
- operatorzy systemów przesyłowych – podmioty zarządzające sieciami o napięciu co najmniej 220 kV. W Polsce zajmują się tym Polskie Sieci Elektroenergetyczne Operator SA,
- operatorzy systemów dystrybucyjnych – podmioty zarządzające sieciami o maksymalnym napięciu 110 kV, zapewniające zarówno odbiór wyprodukowanej energii, jak i jej przesył do odbiorcy,

9. Krajowy plan działań w zakresie energii ze źródeł odnawialnych, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2010 (wersja z 29 listopada).

- firmy zajmujące się handlem energią elektryczną – do tej kategorii można zaliczyć przede wszystkim spółki obrotu<sup>10</sup> oraz Towarową Giełdę Energii SA<sup>11</sup>. W tej liczbie wymienić można również (słabo obecne na polskim rynku) niezależne firmy zajmujące się sprzedażą energii.

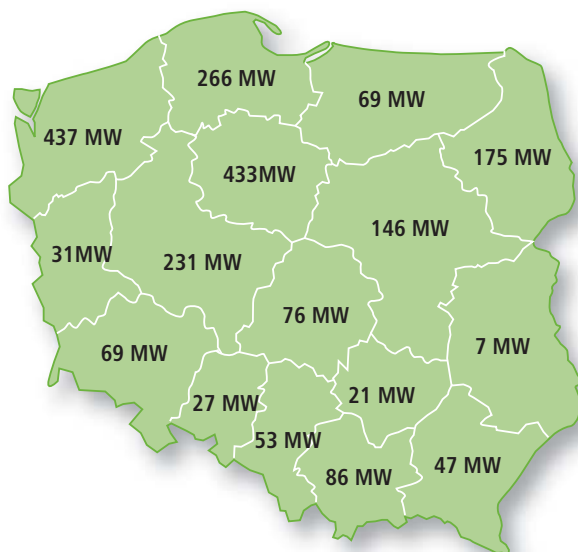
Sprzedaż energii elektrycznej w Polsce w większości przypadków odbywa się w tradycyjny sposób: producent energii, korzystając z usługi przesyłowej, przesyła fizyczną energię elektryczną za pośrednictwem sieci do klienta, który poza opłatą za energię uiszcza opłatę taryfową przedsiębiorstwu energetycznemu, odpowiedzialnemu za dostarczenie tej energii „do gniazdka”. W związku z przystąpieniem do Unii Europejskiej Polska zobowiązała się do wdrażania prawa wspólnotowego, co oznacza m. in., że ustawowo powinna zostać wprowadzona zasada rynku konkurencyjnego i tzw. dostępu trzeciej strony (TPA – ang. *Third Party Access*), do czego obliguje nas Dyrektywa 2003/54/WE. Pomimo wzrostu liczby podmiotów korzystających z zasady TPA w Polsce jest to w dalszym ciągu znikomy odsetek wszystkich, szacowanych na 15,6 mln, odbiorców energii elektrycznej. Koncesjonowani producenci energii ze źródeł odnawialnych uprawnieni są do otrzymania świadectwa pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych (potocznie zwanego zielonym certyfikatem). Świadectwa takie mogą być sprzedawane, a ich zakupem zainteresowane są przedsiębiorstwa obrotu energią elektryczną. Zgodnie z ustawą Prawo Energetyczne wszyscy sprzedawcy energii są zobowiązani do posiadania w bilansie sprzedaży określonego udziału energii ze źródeł odnawialnych, a jej posiadanie potwierdzone jest właśnie świadectwem pochodzenia. W przypadku nie spełnienia tego warunku dystrybutor zobowiązany jest do wniesienia opłaty zastępczej, której wartość określa ustawa Prawo Energetyczne. Wymagany udział energii z OZE wzrasta co roku, a jego wartości dla poszczególnych lat podane są w rozporządzeniu Ministra Gospodarki<sup>12</sup>.

Na całkowite przychody producentów energii elektrycznej z OZE składają się:

- cena energii elektrycznej – dostawca z urzędu dla terenu, na którym zlokalizowane jest OZE, zobowiązany jest do zakupu energii po cenie, która w danym roku jest średnią ceną energii elektrycznej na rynku hurtowym i jest corocznie ogłaszana przez Prezesa URE; w roku 2010 cena ta wynosiła 195,32 zł;
- cena świadectwa pochodzenia – bezpośrednio warunkowana przez poziom opłaty zastępczej waloryzowanej corocznie przez Prezesa URE (w roku 2010 jej poziom został ustalony na 274,42 zł). Świadectwa pochodzenia mogą być sprzedawane na sesjach Towarowej Giełdy Energii jako prawa majątkowe, na rynku praw majątkowych OZE (RPM OZE). Jednak obecnie większość producentów

Moc OZE zainstalowana w poszczególnych województwach

Rysunek 6.



10. Przez spółki obrotu rozumie się podmioty posiadające koncesję na obrót energią elektryczną przyznawaną przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki.

11. Towarowa Giełda Energii S. A. (TGE) jest to podmiot, w obrębie którego możliwe jest dokonywanie transakcji kupna i sprzedaży energii elektrycznej w trybie Rynku Dnia Następnego (tzn. energii, która ma zostać dostarczona na dzień po dobie, w której zawarto transakcję). Stronami uprawnionymi do zawierania transakcji na TGE są podmioty, które podpisały z TGE umowę o członkostwo oraz zostały dopuszczone do działania na giełdzie na mocy uchwały Zarządu TGE (źródło: na podstawie słownika pojęć cire.pl oraz polpx.pl).



energii ze źródeł odnawialnych wybiera inną metodę sprzedaży, zawierając umowy bilateralne z przedsiębiorstwami obrotu na sprzedaż świadectw pochodzenia po z góry określonej cenie (są to tzw. transakcje pozasesyjne). Informacje na temat rynku zielonej energii są dostępne na stronach Urzędu Regulacji Energetyki ([www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl)) oraz Towarowej Giełdy Energii ([www.polpx.pl](http://www.polpx.pl)).

## 4.2 Zielone ciepło

W przypadku ciepła nie zostały określone bezpośrednio konkretne wartości obowiązku lub celu rocznego wykorzystania energii odnawialnej w systemie przesyłu i dystrybucji, a także obrotu ciepłem. Cele te zostały określone jedynie pośrednio poprzez zapisy odnoszące się do ilości „nie większej niż zapotrzebowanie odbiorców” przyłączonych do sieci ciepłowniczej (ustawa Prawo Energetyczne). Obowiązek uznaje się za spełniony, pod warunkiem że oferowane ciepło zostało zakupione zgodnie z zasadami wynikającymi z ustawy, a także koszty zakupu tego ciepła nie spowodują wzrostu cen ciepła i stawek opłat za ciepło dostarczone odbiorcom w danym roku o więcej niż wartość średniorocznego wskaźnika cen towarów i usług w poprzednim roku kalendarzowym. Dodatkowo każda jednostka ciepła sprzedawanego z sieci ciepłowniczej, do której podłączone jest źródło „ciepła odnawialnego”, jest w jednakowy sposób obciążona kosztami wynikającymi z obowiązku jego zakupu. Obowiązek musi być realizowany przez każde przedsiębiorstwo energetyczne zajmujące się obrotem ciepłem i sprzedające to ciepło odbiorcom końcowym. W przypadku naruszenia obowiązku zakupu ciepła ze źródeł energii odnawialnej, zgodnie z zapisami ustawy Prawo Energetyczne, przedsiębiorstwo energetyczne podlega karze pieniężnej. Jednak system nie przewiduje mechanizmów nadzoru nad realizacją celu w zakresie ciepła ze źródeł odnawialnych. Pośrednio wytwarzanie ciepła z OZE wspierane jest poprzez świadectwa pochodzenia z kogeneracji. Wartość żółtych świadectw pochodzenia za kogenerację dla źródeł o mocy poniżej 1 MW<sub>e</sub> w roku 2010 wynosiła średnio 124,61 zł/MW (TGE 2010), a przewidywana cena świadectwa fioletowego dla innych źródeł wykorzystujących biogaz wynosi ok. 59,16 zł/MWh.

W przypadku zielonych świadectw pochodzenia cenę jednostkową certyfikatu przemnaża się bezpośrednio przez ilość wyprodukowanej i potwierdzonej energii elektrycznej, natomiast w przypadku świadectw kogeneracyjnych (żółtych lub fioletowych) należy posługiwać się odpowiednimi formułami zawartymi w rozporządzeniu Ministra Gospodarki<sup>13</sup>.

## 5. Producent, konsument, prosument zielonej energii

Zarządzanie rozproszonymi źródłami energii, magazynowaniem energii, aktywną postawą konsumenta energii idącej w parze ze zrównoważonym rozwojem wymaga wielu kluczowych zmian w architekturze i technologii zarządzania systemem energetycznym. Konsumenti energii, motywowani czynnikami ekonomicznymi, powoli stają się prosumentami – nie tylko zużywają energię, ale także ją produkują i magazynują. Prosumenci mogą się przyczynić do stworzenia inteligentnych sieci tzw. smart grids, jeśli tylko zostaną wyposażeni w odpowiednie technologie i wiedzę.

### 5.1 Prosumenci zielonej energii oraz możliwości wykorzystania inteligentnych sieci

**Producent energii** – to podmiot, który zajmuje się generowaniem energii (elektrycznej lub ciepła) z odnawialnych lub konwencjonalnych źródeł. Wytworzona energia przesyłana jest bezpośrednio do odbiorcy lub za pośrednictwem operatorów sieci przesyłowej i dystrybucyjnej.

12. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii.

13. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 26 września 2007 r. w sprawie sposobu obliczania danych podanych we wniosku o wydanie świadectwa pochodzenia z kogeneracji oraz szczegółowego zakresu obowiązku uzyskania i przedstawienia do umorzenia tych świadectw, uiszczenia opłaty zastępczej i obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w wysokosprawnej kogeneracji (Dz. U. Nr 185, poz. 1314).

**Konsument energii** – to podmiot lub osoba, która kupuje i zużywa energię (elektryczną lub ciepło) do celów bytowych lub do produkcji dóbr.

**Prosument energii** – stanowi połączenie producenta i konsumenta, tzn. wytwarza energię w skali mikro z odnawialnych źródeł energii (słońce, wiatr, biomasa) zaspokajając w ten sposób własne potrzeby jako konsumenta, a nadwyżki energii sprzedaje (lub magazynuje), stając się jedną z części składowych inteligentnych sieci.

**Inteligentne sieci (ang. *smart grids*)** – to inteligentne systemy elektroenergetyczne, gdzie istnieje komunikacja między wszystkimi uczestnikami rynku energii<sup>14</sup>, mająca na celu dostarczanie usług energetycznych, zapewniając obniżenie kosztów i zwiększenie efektywności oraz zintegrowanie rozproszonych źródeł energii, w tym także energii odnawialnej<sup>15</sup>. Spełnienie powyższych wymagań wiąże się z modernizacją istniejącej sieci elektroenergetycznej i optymalizacją wszystkich elementów sieci. W roku 2010 trwa dopracowywanie standardów, m. in. Komisja Europejska powołała w tym celu specjalny zespół, którego prace przewidziano na lata 2010-2020<sup>16</sup>.

## 5.2 Możliwości produkcji zielonej energii

Na rynek wprowadzanych jest coraz więcej, coraz doskonalszych urządzeń do wytwarzania zielonej energii na potrzeby własne i na sprzedaż. Korzystanie jednak z nich, zwłaszcza gdy wytworzona energia ma być przedmiotem obrotu, wymaga przeprowadzenia dość skomplikowanej procedury inwestycyjnej, która w Polsce jest podobna i dla dużego producenta energii, i dla małego prosumenta. Poniżej omówiono procedurę realizacji inwestycji w produkcję i sprzedaż zielonej energii elektrycznej na przykładzie farmy wiatrowej (tabela 2 i 3). W Polsce nie ma też jeszcze wdrożonych od strony prawnej prostych zasad i schematów zakupu zielonej energii elektrycznej bezpośrednio od jej wytwórcy, czemu będzie poświęcony następny podrozdział.

### Wniosek o określenie warunków przyłączenia źródła energii do sieci

Inwestor, a więc osoba fizyczna lub firma, która wytwarza energię z OZE, składa wniosek o określenie warunków przyłączenia, który można pobrać ze strony internetowej danego operatora, działającego w rejonie wykonywanej inwestycji OZE. Do wniosku należy dołączyć potrzebne dokumenty i załączniki, które określone są w ustawie Prawo Energetyczne oraz przez Urząd Regulacji Energetyki ([www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl)), a także przez operatorów: ENEA, Energa, Tauron.

Są to m. in:

- specyfikacja techniczna turbin wiatrowych,
- w przypadku źródła wiatrowego wyciąg ze sprawozdania z badań jakości energii elektrycznej wytworzonej przez turbiny wiatrowe,
- charakterystyka mocy turbiny w funkcji prędkości wiatru,
- planowany elektryczny i topograficzny schemat wewnętrzny farmy wiatrowej,
- dokument potwierdzający tytuł prawny do korzystania z obiektu (nieruchomości), w którym będą używane przyłączone urządzenia, instalacje lub sieci,
- plan zabudowy na mapie sytuacyjno-wysokościowej (ewentualnie za zgodą operatora szkic sytuacyjny określający usytuowanie przyłączanego obiektu względem istniejącej sieci i sąsiednich obiektów),
- wypis i wyrys z planu zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy nieruchomości lub decyzji o warunkach zagospodarowania i zabudowy terenu, potwierdzające możliwość realizacji przyłączanej inwestycji na danym terenie.

Po uzyskaniu warunków przyłączenia, w okresie dwóch lat inwestor powinien zawrzeć umowę przyłączeniową z operatorem, w której zawarte są warunki techniczne przyłączenia, termin realizacji oraz koszty.

14. Smart Grids nadchodzi, w: Siemens newsletter Nr 33, Siemens.

15. A. Cieśla, Z. Hanzelka: Smart Grids, Platforma technologiczna Smart Grids [on-line], AGH.

16. Smart Grids Task Force (ang.), Komisja Europejska.



| Procedura wielkoskalowej inwestycji na przykładzie farmy wiatrowej |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| Faza inwestycji  | Działanie   | Czas trwania                       |
| <b>I. Faza wstępna</b>   | Wybór lokalizacji i wstępna analiza warunków lokalnych (zasoby wiatrowe, uwarunkowania środowiskowe, możliwości przyłączenia do sieci elektroenergetycznej, struktura własności gruntu); wstępne studium wykonalności   | <b>2-6 mies.</b>                   |
| <b>II. Projekt techniczny i pozyskiwanie pozwoleń</b>              | Pomiary wiatru i ocena zasobów energetycznych   | <b>1 rok</b>                       |
|  | Podpisywanie umów sprzedaży/dzierżawy gruntu<br>Uzyskanie promesy koncesji na wytwarzanie energii z OZE   | <b>2-6 mies.</b><br><b>2 mies.</b> |
|  | Negocjacje umowy przyłączeniowej  | <b>6 mies. - 2 lata</b>            |
|  | Zmiana miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego<br>Uzyskanie warunków przyłączenia do sieci<br>Przeprowadzenie procedury oceny oddziaływania na środowisko i uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach (w tym może być wymagany monitoring ornitologiczny, chiropterologiczny i inne analizy przyrodnicze i środowiskowe)<br>Projekt techniczny farmy wiatrowej i plan transportowy<br>Uzyskanie pozwolenia na budowę | <b>1-3 lata</b>                    |
| <b>III. Pozyskiwanie finansowania</b>                              | Umowy z dostawcami turbin, umowy na sprzedaż energii elektrycznej i świadectw pochodzenia, wnioski o finansowanie preferencyjne, negocjacje z bankami i inwestorami kapitałowymi  | <b>1-2 lata</b>                    |
| <b>IV. Realizacja</b>  | Wybór wykonawcy, budowa   | <b>1 rok</b>                       |

**Tabela 2**

## Koszty przyłączenia do sieci elektroenergetycznej

Zgodnie z treścią ustawy Prawo Energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 roku art. 7 ust. 8, pkt 3, za przyłączenie źródeł współpracujących z siecią oraz sieci przedsiębiorstw energetycznych zajmujących się przesyłaniem lub dystrybucją paliw gazowych lub energii pobiera się opłatę ustaloną na podstawie rzeczywistych nakładów poniesionych na realizację przyłączenia, z wyłączeniem odnawialnych źródeł energii o mocy elektrycznej zainstalowanej nie wyższej niż 5 MW oraz jednostki kogeneracji o mocy elektrycznej zainstalowanej poniżej 1 MW, za których przyłączenie pobiera się połowę opłaty ustalonej na podstawie rzeczywistych nakładów. Koszt przyłączenia do sieci zależy od lokalizacji elektrowni. Im bliżej sieci, tym wykonanie przyłączenia łatwiejsze, a koszt mniejszy. Dodatkowo inwestor będzie zmuszony wraz z wnioskiem o przyłączenie wpłacić zaliczkę 30 zł za każdy kilowat, czyli 30 tys. zł za 1 MW (jednak zaliczka nie będzie mogła być w sumie wyższa niż 3 mln zł).

## Uzyskanie koncesji na produkcję energii z Urzędu Regulacji Energetyki

Zgodnie z art. 32, ust. 1, pkt 1 Prawa Energetycznego: Uzyskanie koncesji wymaga wykonywania działalności gospodarczej w zakresie wytwarzania paliw lub energii, z wyłączeniem: wytwarzania paliw stałych lub paliw gazowych, wytwarzania energii elektrycznej w źródłach o łącznej zainstalowanej mocy elektrycznej nie przekraczającej 50 MW, nie zaliczanych do odnawialnych źródeł energii lub do źródeł wytwarzających energię elektryczną w kogeneracji, wytwarzania ciepła w źródłach o łącznej mocy zainstalowanej cieplnej nie przekraczającej 5 MW. Tekst ustawy mówi o obowiązku koncesjonowania każdej działalności gospodarczej

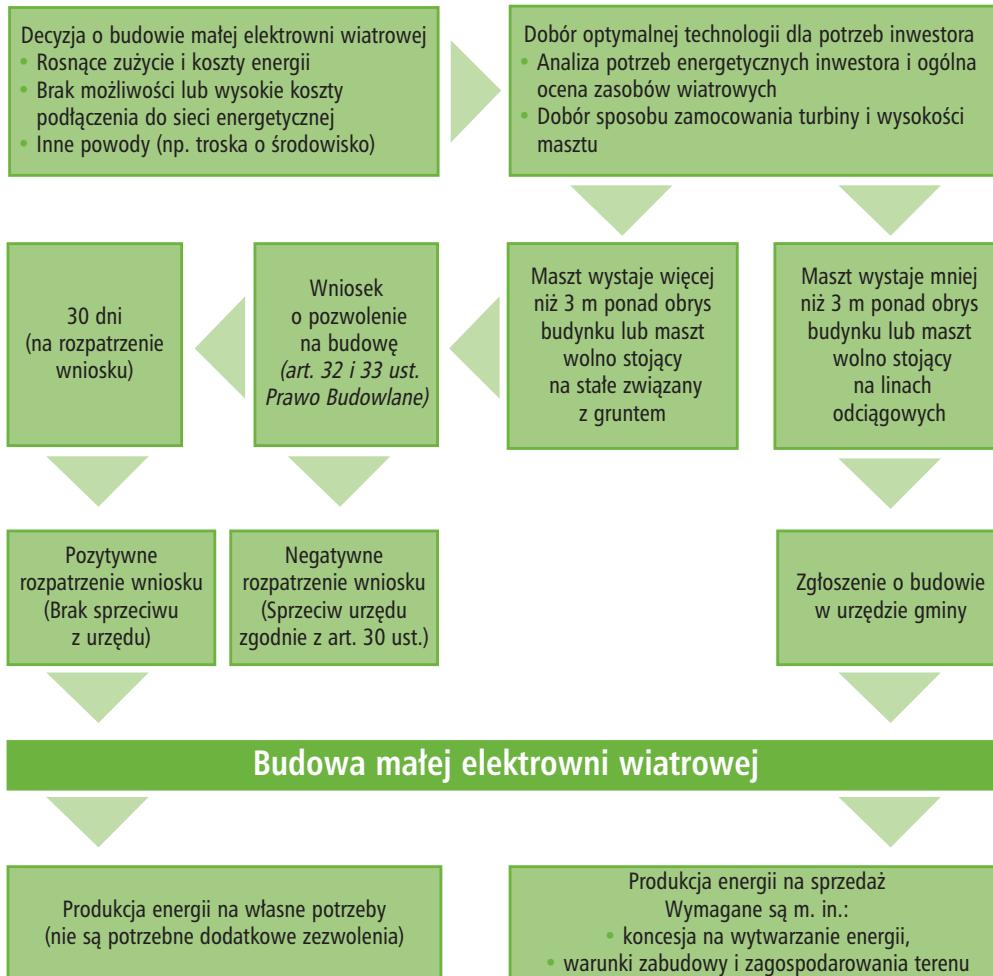
w zakresie produkowania (także sprzedaży do operatora) energii z OZE, bez względu na wielkość mocy źródła (koncesja nie dotyczy wytwórców energii z OZE na zaspokojenie własnych potrzeb). Koncesje, zgodnie z ustawą wydaje Urząd Regulacji Energetyki (URE), który ustala też opłaty za uzyskanie koncesji. Przedsiębiorcy zajmujący się wytwarzaniem energii elektrycznej w odnawialnych źródłach energii o łącznej mocy elektrycznej nie przekraczającej 5 MW zwolnieni są z wnoszenia opłaty skarbowej za wydanie koncesji, zgodnie z art. 9e, ust. 18, pkt 3 ustawy Prawo Energetyczne.

### 5.3 Zakup zielonej energii

Wybór zaopatrzenia w przyjazną dla środowiska energię elektryczną wymaga coraz lepszej znajomości technologii OZE i związania ich z lokalnymi uwarunkowaniami i priorytetami zamawiającego (np. wynikającego z polityki regionu lub gminy) oraz kryteriami zrównoważoności środowiskowej. Warto zwrócić uwagę, że większe instalacje OZE mają zazwyczaj niższe koszty produkcji energii, ale wywierają większy wpływ na środowisko. W polskich realiach prawnych wyróżnić można trzy ścieżki realizacji koncepcji zielonych zamówień publicznych w obszarze zaopatrzenia w energię elektryczną z OZE.

Tabela 3

#### Procedura małoskalowej inwestycji na przykładzie małej elektrowni wiatrowej





## Zakup fizycznej energii z OZE

Zgodnie z Dyrektywą 2009/28/WE o promocji energii ze źródeł odnawialnych, podmioty w ramach zasady tzw. dostępu trzeciej strony do sieci, stając się uczestnikami rynku energii, mogłyby zamawiać energię elektryczną w ramach „zielonych przetargów” od każdego z dostawców, wybierając ewentualny rodzaj OZE. Należy jednak mieć na względzie fakt, że obecnie producenci zielonej energii elektrycznej są związani umowami na sprzedaż swojej energii najczęściej tzw. sprzedawcom z urzędu (oraz umowami na sprzedaż świadectw pochodzenia, o czym więcej w dalszej części) i wytworzenie rynku na sprzedaż fizycznej energii elektrycznej z OZE podmiotom zainteresowanym zielonymi zamówieniami wymagać będzie czasu. Choć wszyscy wytwórcy energii elektrycznej z OZE muszą mieć koncesje URE, problem z ich identyfikacją stanowi fakt, że nie jest udostępniona publicznie pełna lista wszystkich wytwórców zielonej energii i brak dokładnego wskazania miejsc, w których funkcjonują ich instalacje. Jednak Dyrektywa 2009/28/WE wprowadza gwarancję pochodzenia energii, która służyłaby wyłącznie jako dowód (elektroniczny dokument) dla odbiorcy końcowego, że określona część lub ilość energii została wyprodukowana ze źródeł odnawialnych.

W celu efektywnego pokonania ww. barier i niedogodności w praktycznej realizacji koncepcji zakupu energii z OZE, wskazane byłoby przygotowanie specjalnej oferty na tego typu szczególnie produkt przez platformy obrotu energią elektryczną, jak TGE i POEE oraz innych, gdzie mogłyby się spotykać oferty kupna energii fizycznej z OZE z ofertami sprzedaży. Takie rozwiązanie wydaje się łatwiejsze do wprowadzenia i stworzenia wydzielonego rynku niż próba wykorzystania przedsiębiorstw obrotu jako pośredników w indywidualnych zakupach energii elektrycznej z OZE.

## Zakup świadectw pochodzenia zielonej energii

System świadectw pochodzenia zielonej energii elektrycznej pozwala na wybór źródła (rodzaju OZE), z którego zamawiający zamierza kupić energię, ale też teoretycznie pozwala na zakup świadectw – jako substytutu ekologicznej wartości energii elektrycznej – w ramach koncepcji zielonych zamówień publicznych. Świadectwa te mogą być nabyte bezpośrednio od wytwórcy energii z OZE oraz na TGE. Podmioty publiczne nie są jednak typowymi nabywcami świadectw pochodzenia/zielonych certyfikatów. Certyfikaty nabywają podmioty zobowiązane – sprzedawcy energii, czyli głównie koncesjonowane firmy obrotu, które mają obowiązek przedstawienia świadectw Prezesowi URE do umorzenia, w celu potwierdzenia wypełnienia zobowiązania. Nabywanie świadectw przez podmioty publiczne, nie zobowiązane do przedstawiania ich do umorzenia, byłoby formą dodatkowego (pośredniego lub bezpośredniego) wparcia producentów zielonej energii i z punktu widzenia podmiotów publicznych jest to technicznie możliwe. Ale może stworzyć też problemy w określeniu stopnia wypełnienia przez Polskę celów ilościowych UE w okresie do 2020 roku. Bezkonfliktowe dla krajowej statystyki energetyki odnawialnej połączenie systemu świadectw pochodzenia i zobowiązań ilościowych z koncepcją zielonych zamówień publicznych wymagałoby zmian prawnych.

## Samozaopatrzenie w energię z OZE

Podmioty publiczne będą też mogły pokrywać zapotrzebowanie na energię w ramach tzw. samozaopatrzenia. Jedną z firm może np. udostępniać wolne dachy budynków publicznych do instalowania na nich, także na własne potrzeby – w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego, np. w systemie ESCO, urządzeń małej zielonej energetyki, np. małych elektrowni wiatrowych czy systemów fotowoltaicznych, ewentualnie lokalnych systemów kogeneracyjnych na biomasę i biopaliwa. W ten sposób podmioty publiczne, instytucje samorządowe i państwowe, stają się prosumentami (producentami i konsumentami jednocześnie) zielonej energii.

## 6. Zielone vs. czarne

W dobie obowiązywania Pakietu klimatycznego w UE, światowych działań na rzecz redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz wysokiego „nawęglenia” polskiego sektora wywarzania energii elektrycznej, niektóre z odnawialnych źródeł energii (m. in. energetyka wiatrowa) stają się niezwykle atrakcyjną kosztowo opcją redukcji emisji CO<sub>2</sub>. Ponadto Komisja Europejska przewiduje znaczący spadek kosztów i poprawę efektywności ekonomicznej wszystkich technologii energetyki odnawialnej. W perspektywie 2020 roku wszystkie one staną się w zasadzie konkurencyjne wobec energetyki konwencjonalnej i jądrowej.

Koszty w energetyce odnawialnej bardzo zależą od uwarunkowań lokalnych i zwykle mieszczą się w dość szerokim zakresie, zwłaszcza gdy nowe technologie wchodzi na rynek przy różnych systemach wsparcia w różnych krajach. Warto zatem bazować na danych oficjalnych i uśrednionych dla większej grupy krajów, a szczególnie państw członkowskich UE, gdzie systemy wsparcia i rynki energii diametralnie się od siebie nie różnią. Efektywność ekonomiczna poszczególnych technologii energetycznych dla warunków uśrednionych dla całej UE została przedstawiona w dokumencie Komisji Europejskiej: Źródła energii, koszty produkcji i eksploatacji technologii wytwarzania energii elektrycznej, produkcji ciepła i transportu, dołączonym do „Drugiego strategicznego przeglądu sytuacji energetycznej”, w ramach tzw. planu działań na rzecz bezpieczeństwa energetycznego i solidarności energetycznej UE. Dokonano w nim porównania kosztów i wydajności różnych technologii wytwarzania energii, włącznie z systemami energetyki odnawialnej, z punktu widzenia ekonomiki oraz emisji gazów cieplarnianych.

Na rysunku 7 przedstawiono przewidywane, przeliczone na średnie, koszty produkcji energii elektrycznej w roku 2020 z odnawialnych źródeł energii. Z zestawienia wynika, że najefektywniejszym i najtańszym zielonym źródłem energii jest energetyka wiatrowa, która może być bilansowana w okresach niedostatecznej wietrzności równie tanimi w eksploatacji i elastycznymi elektrowniami gazowymi. Niskie koszty produkcji energii świadczą także o dojrzałości przemysłu energetyki wiatrowej.

Redukcja emisji gazów cieplarnianych to niejedyny pozytywny efekt środowiskowy związany z rozwojem energetyki wiatrowej w Polsce, zwłaszcza gdy analiza prowadzona jest dla całego cyklu życia technologii energetycznych (LCA). Wszystkie technologie energetyczne wpływają bowiem negatywnie na różne aspekty życia człowieka i przyrody.

Nie mniej korzystnie energetyka odnawialna wypada przy porównawczej ocenie kosztów

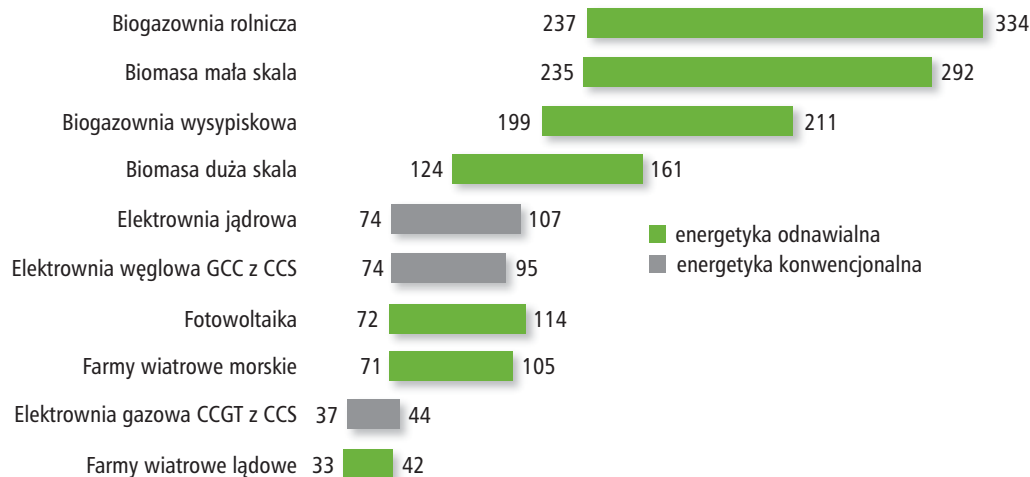
Tabela 4

Koszty marginalne wpływu wykorzystania paliw kopalnych i biomasy na koszty zewnętrzne w społeczeństwie, gospodarce i przyrodzie w EUR/MWh

|  | Węgiel brunatny | Ropa  | Gaz   | Biomasa | Energia jądrowa | PV   | Energetyka wiatrowa |
|--|-----------------|-------|-------|---------|-----------------|------|---------------------|
| Wpływ na zdrowie ludzi                                     | 239,70          | 66,12 | 4,00  | 3,79    | 1,30            | 5,08 | 1,06                |
| Wpływ na materiały i budowle                               | 0,75            | 0,20  | 0,01  | 0,01    | 0,00            | 0,01 | 0,00                |
| Wpływ na uprawy rolnicze                                   | 0,48            | 0,92  | 0,31  | 0,38    | 0,03            | 0,14 | 0,03                |
| Razem bez efektów klimatycznych                            | 240,93          | 67,24 | 4,32  | 4,18    | 1,34            | 5,24 | 1,09                |
| Razem z efektami klimatycznymi 20 EUR/tonę CO <sub>2</sub> | 266,36          | 85,86 | 14,43 | 5,13    | 2,01            | 8,00 | 1,65                |

## z energetyką przyjazną środowisku za pan brat

## Koszty eksploatacyjne przy produkcji energii elektrycznej w EUR (2005/kWh) w 2020 roku



Rysunek 7

redukcji emisji gazów cieplarnianych, zarówno biorąc pod uwagę zlikwidowaną dzięki niej emisję bezpośrednią, jak i wielkość emisji skumulowanej w całym cyklu życia technologii LCA, czyli od kołyski do grobu (ang. *from cradle to grave*). Takie właśnie kompleksowe podejście do oceny technologii energetycznych jest promowane (a w przypadku biomasy wymagane) przez nową Dyrektywę 2009/28/WE o promocji stosowania odnawialnych źródeł energii. Badania wpływu energetyki odnawialnej na środowisko, w tym szczególnie na efekt cieplarniany, nie można prowadzić w oderwaniu od innych rodzajów energetyki, które OZE zastępuje czy wręcz eliminuje. Dotyczy to w sposób najbardziej oczywisty energetyki opartej na spalaniu paliw kopalnych, a w Polsce węgla (92% udziału węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej). Jednak energetyka wiatrowa ma również wyjątkowo znaczący wkład w redukcję emisji gazów cieplarnianych w porównaniu z innymi technologiami OZE.

W tabeli 4 zestawiono wyniki badań z wykorzystaniem metody LCA, obrazujących koszty marginalne wpływu wykorzystania paliw kopalnych i biomasy oraz energetyki jądrowej i wiatrowej na koszty zewnętrzne w społeczeństwie, gospodarce i przyrodzie, powstające przy wytwarzaniu energii elektrycznej. W analizach użyto pojęcia kosztów marginalnych, porównując technologie o tych samych punktach startowych, tzn. uwzględniając różny stan wykorzystania (naruszenia) zasobów i sytuację, która powstaje przy próbie budowy dodatkowych mocy (unikając porównania nowej jednostki mocy ze zamortyzowaną).

Uzyskane wyniki prowadzą do wniosku, że nawet w przypadku użycia do obliczeń stosunkowo nisko wycenionych kosztów klimatycznych (20 EUR/tonę CO<sub>2</sub>, co jest też ok. 2-krotnie niżej od przyjmowanej przez Komisję Europejską do obliczeń na lata 2013-2020 ceny nabywania na aukcjach uprawnień do emisji CO<sub>2</sub>), obecnie płacona w Polsce cena zielonego certyfikatu (świadczenia pochodzenia), choć dość wysoka (rzędu 60 EUR/MWh), nie pokrywa różnicy w kosztach zewnętrznych w przypadku zastępowania energią ze źródeł odnawialnych generacji energii elektrycznej z węgla. Tak więc nie wszystkie korzyści społeczne związane z OZE znajdują jeszcze odzwierciedlenie na rynku energii. Polityka klimatyczna i regulacje środowiskowe prowadzą jednak do tego, że zielone technologie energetyczne szybko uzyskują konkurencyjność na rynkach energii, szczególnie w UE.

## 7. OZE dziś – tańsze jutro – wywiad z dr. Zdzisławem Ząberem<sup>17</sup>

### ■ *Katarzyna Teodorczuk: Jakie są główne sposoby produkcji zielonej energii?*

**Dr Zdzisław Ząber, „Dr Ząber” Sp. z o. o.:** Najbardziej ugruntowaną pozycję ma energetyka wodna. Wynika to z wielowiekowych doświadczeń w wykorzystywaniu energii rzek. Można wręcz powiedzieć, że rzeki były kiedyś główną „siecią energetyczną” na Ziemi. Ze względu na wielkość produkcji i stabilność dostaw energii z elektrowni wodnych oraz fakt, że w niektórych krajach jest to główne źródło energii, energia wodna pozostaje główna na świecie wśród OZE. Dynamika i ogromne perspektywy rozwoju energetyki wiatrowej powodują, że pewnie w niedługim czasie ten rodzaj energetyki odnawialnej stanie się wiodący na rynku odnawialnych źródeł. Z drugiej jednak strony, postęp technologiczny w produkcji ogniw fotowoltaicznych oraz perspektywa globalnej sieci energetycznej, uniezależniająca dostawy tej energii od pory dnia, może spowodować, że zwycięzcą w takim wyścigu będzie właśnie fotowoltaika. Panele słoneczne mają ogromną perspektywę rozwoju, zwłaszcza że w najmniejszym stopniu ingerują w środowisko (rys. 8). Ich przewaga w tym względzie nad energią wodną i wiatrową jest oczywista.

### ■ *OZE różnią się również stopniem nakładu pracy potrzebnego do uzyskania energii.*

Można wyróżnić źródła, które po zbudowaniu pozyskują energię ze środowiska samoczynnie i te, które są trudne do zautomatyzowania. W pierwszej grupie są właśnie elektrownie wodne, elektrownie wiatrowe oraz panele fotowoltaiczne (rys. 8). W drugiej – biomasa, biopaliwa i biogaz, wymagające działania zorganizowanego przedsiębiorstwa. Według niektórych druga grupa OZE ma przewagę nad pierwszą, bo stwarza nowe miejsca pracy. Inni zaś są zdania, że to nieabsorbująca energetyka odnawialna powinna być spełnieniem „marzeń energetycznych” współczesnego człowieka.

### ■ *Jakie są najciekawsze przykłady zastosowania OZE w Polsce i na świecie?*

Trudno wskazać jakieś spektakularne, nowatorskie rozwiązania w naszym kraju. Raczej podążamy za innymi krajami, co ma też dobre strony. Możemy skorzystać z doświadczeń innych

Panele słoneczne w najmniejszym stopniu ingerują w środowisko

Rysunek 8



26

17. Zdzisław Ząber projektował i wdrażał pierwsze krajowe elektrownie wiatrowe 5, 30 i 160 kW, a za przydomową siłownię wiatrową ZEFIR-6 otrzymał Złoty Medal na Międzynarodowych Targach Poznańskich. Jego konstrukcje są montowane w Polsce i w Hiszpanii. Zajmuje się również modernizacją i projektowaniem Małych Elektrowni Wodnych (MEW). Według jego projektów wybudowano MEW na Dunajcu i Odrze, na jazie w Niemieryczowie i derywacyjną we Wróbliku Szlacheckim. Obecnie koncentruje się na projektowaniu i wykonaniu mikrosystemu energetycznego, mikroelektrowni wiatrowych, mikroobrabiarek dla PC i in. Jest autorem i współautorem 9 patentów. Promotor prac dyplomowych na studiach magisterskich w AGH. Wykłada na kursach Stowarzyszenia Gmin „Polska Sieć Energii Cites” i jest wiceprezesem Związku Pracowników Sektora Energetyki Odnawialnej i Ochrony Środowiska w Konfederacji Pracodawców Prywatnych Lewiatan.

## z energetyką przyjazną środowisku za pan brat

i minimalizować tym samym ryzyko popełnienia dużych i kosztownych błędów. W świecie prowadzone są intensywne badania nad OZE i realizowane ciekawe eksperymentalne instalacje. Są elektrownie słoneczne, w których promienie słoneczne skupiane są przez setki lusterek w jednym miejscu, gdzie wytwarza się para wodna napędzająca turbiny. Pojawiły się też pomysły na turbiny powietrzne osadzone w kominie, w którym ciąg kominowy wytwarza ciepłe powietrze ogrzewane przez słońce. Inny projekt zakłada połączenie pływaków w rodzaj węża wodnego, który przeginając się na morskich falach produkuje energię. Przytoczone przykłady pokazują, że energetyka odnawialna nadal poszukuje nowych rozwiązań.

### ■ *Jak wygląda porównanie produkcji energii z OZE z innymi sposobami jej uzyskania?*

Na to pytanie nie ma prostej odpowiedzi. Trzeba pamiętać o tym, że w przypadku OZE drożej dziś oznacza taniej jutro. W kosztach energii z kopalin nie w pełni uwzględnione są rzeczywiste koszty środowiskowe. Nie mówi się też o kosztach poniesionych przez społeczeństwo (często przez pokolenia), związanych z budową obecnego systemu energetycznego.

W szybko zmieniającym się świecie trudno porównywać ceny dzisiaj i wyciągać wnioski na przeszłe dziesięciolecia. OZE to bardzo lokalnie uwarunkowane inwestycje. Dlatego należy rozważać je indywidualnie. Nie zmienia to faktu, że już dzisiaj w wielu przypadkach energia z nich uzyskiwana jest konkurencyjna w stosunku do energii tradycyjnej.

Warto ponadto uświadomić sobie, że zbudowane źródło energii odnawialnej o żywotności np. 20 lat w chwili oddania do eksploatacji ma „zakupiony” zapas paliwa na te 20 lat, i to po stałej cenie równej 0 zł za 1 MJ.

### ■ *Jakie są sposoby na wykorzystanie zielonej energii w gospodarstwie domowym i instalacji podłączonych do krajowego systemu energetycznego?*

OZE podłączone do sieci energetycznej, elektrycznej czy cieplnej powodują, że wszyscy w pewnej części korzystamy z zielonej energii. Nie odróżniamy jej od energii czarnej, bo sieć energetyczna z punktu widzenia pojedynczego odbiorcy to wielki akumulator, do którego wielu dostawców, w tym odnawialne źródła dostarczają energię. Inaczej ma się sprawa z indywidualnymi OZE, zbudowanymi do realizacji własnych, domowych potrzeb. W Polsce prym wiodą kolektory słoneczne podgrzewające wodę w sezonie letnim. Bliska jest też perspektywa budowania domów samowystarczalnych energetycznie na bazie OZE. Już dzisiaj realizowane są instalacje wiatrowe dla wolno stojących domów, często gospodarstw rolnych lub obiektów publicznych. Zbudowany zgodnie ze współczesnymi standardami budynek jednorodzinny ma zapotrzebowanie energetyczne, które może zostać pokryte przez kilkunastukilowatową elektrownię wiatrową. Budowanie budynków pasywnych o bardzo niskim zużyciu energii, a jednocześnie rozwój fotowoltaiki i spadek kosztów paneli PV przybliży również samowystarczalność energetyczną tych obiektów, przy których zainstalowanie małej elektrowni wiatrowej nie jest możliwe.

### ■ *Jak zostać producentem zielonej energii?*

Po prostu trzeba zbudować odnawialne źródło energii. Właściciel domu z kolektorami słonecznymi na dachu czy kotłem na biomasę jest producentem zielonej energii. Produkuje ją na własne potrzeby. Sam ocenia jej jakość, a informacje o ilości tej produkcji są jego sprawą.

Jeśli natomiast chce produkować energię zieloną i sprzedawać ją do sieci energetycznej, to z oczywistych względów musi spełnić szereg kryteriów. Po pierwsze, musi uzgodnić techniczne warunki podłączenia tego źródła do sieci. Uzgadnia to z właścicielem lub zarządcą sieci, zwykle z lokalną spółką dystrybucyjną, która ma obowiązek utrzymania jakości energii, którą z kolei nam sprzedaje. Musi uzyskać koncesję na produkcję energii. Wydaje ją Urząd Regulacji Energetyki i jest to raczej formalność realizowana w celach ewidencyjnych. Oczywiście musi prowadzić działalność gospodarczą, by móc wystawiać rachunki za wyprodukowaną energię. Jest oczywiste, że trzeba budować OZE zgodnie z prawem: budowlanym i ochrony środowiska.

- *Co należałoby zrobić, by stworzyć sprzyjające warunki do rozwoju odnawialnych źródeł energii w naszym kraju?*

By energetyka odnawialna nie była obciążeniem dla naszej gospodarki, lecz dobrą inwestycją, konieczne jest poważniejsze jej potraktowanie. Aktualne regulacje prawne są pomyślane dla dużych inwestycji i nie wykorzystują potencjału, jaki niesie ze sobą nowa energetyka. Większy nacisk powinien zostać położony na wspieranie produkcji urządzeń dla tej energetyki oraz rodzimej technologii z nią związanej. Tu generowane są największe zyski, tak finansowe jak społeczne, związane z rozwojem rynku pracy. Najlepsze wyniki w instalowaniu OZE mają te kraje, które jednocześnie są znaczącymi producentami urządzeń dla energetyki odnawialnej. Niezwykle istotne jest również zainteresowanie większej liczby mniejszych inwestorów. W tym celu powinno się wyodrębnić w prawie i procedurach wsparcia małe OZE, np. do 100 kW mocy i do produkcji energii na własne potrzeby. Bardzo pożądane byłoby wprowadzenie prawnej i technicznej możliwości współpracy małych źródeł z siecią i rozliczania ich na zasadach bilansowania energii wprowadzonej i odebranej. Taki producent energii nie musiałby prowadzić działalności gospodarczej, lecz byłby usługobiorcą. Płaciłby za usługę w postaci „zbilansowania” energii zielonej, w cenie określonej w taryfikatorze spółki dystrybucyjnej. Takie uregulowania znacznie poszerzyłyby krąg osób zainteresowanych OZE i niewątpliwie zwiększyłyby się akceptacja społeczna dla energetyki odnawialnej.

- *Dziękuję za rozmowę.*

## **Wykaz ważniejszych publikacji i opracowań na tematy energetyczno-klimatyczne przygotowanych przez Instytut na rzecz Ekorozwoju od 2006 r.**

1. Polityka energetyczna Polski. Deklaracje i rzeczywistość. Warszawa 2006.
2. Zaktualizowana Prognoza oddziaływania na środowisko projektu Strategii rozwoju turystyki na lata 2007-2013. Warszawa 2006.
3. Prognoza oddziaływania na środowisko Projektu Programu Operacyjnego Rozwój Polski Wschodniej. Warszawa 2007.
4. Prognoza oddziaływania na środowisko Projektu Krajowego Strategicznego Planu rozwoju obszarów wiejskich. Warszawa 2007.
5. Biopaliwa w Polsce. Możliwości i wyzwania. Warszawa 2007.
6. Funkcjonowanie systemu białych certyfikatów w Polsce jako mechanizmu stymulującego zachowania energooszczędne zasady i szczegółowa koncepcja działania. Wspólnie z firmą Procesy Inwestycyjne. Warszawa 2007.
7. Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce do roku 2020. Wspólnie z Instytutem Energetyki Odnawialnej. Warszawa 2007.
8. Małe ABC... Ochrony klimatu. Warszawa – trzy wydania 2007, 2008 i 2009.
9. Fundusze Unii Europejskiej na lata 2007-2013 a ochrona klimatu. Warszawa 2008.
10. Twoje miasto – Twój klimat. Warszawa 2008.
11. Jak chronić klimat na poziomie lokalnym? Warszawa 2008.
12. Jaka energetyka w zrównoważonym rozwoju? Warszawa 2008.
13. Społeczeństwo obywatelskie wobec konsekwencji zmian klimatu. Warszawa 2008.
14. Barometr zrównoważonego rozwoju. Warszawa 2008.
15. Barometr zrównoważonego rozwoju 2008/2009. Warszawa 2009.
16. Dobry klimat dla rolnictwa? Warszawa 2009.
17. Klimat a turystyka. Warszawa 2009.
18. Klimat a gospodarowanie wodami. Warszawa 2009.
19. 2°C – granica nie do przekroczenia (tłumaczenie). Warszawa 2009.
20. Energetyka jądrowa – przebieg debaty w Niemczech. Warszawa 2009.
21. Polityka klimatyczna Polski – wyzwaniem XXI wieku. Wspólnie z Polskim Klubem Ekologicznym. Warszawa 2009.
22. Alternatywna Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku. Raport techniczno-metodologiczny. Warszawa 2009.
23. Alternatywna Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku. Raport dla osób podejmujących decyzje. Warszawa 2009.
24. Energia – konieczność ale i odpowiedzialność. Broszura dla społeczeństwa. Warszawa 2009.
25. Prognozy oddziaływania na środowisko projektu Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030. Wspólnie z firmą WS Atkins. Warszawa 2010.
26. Energetyka rozproszona jako odpowiedź na potrzeby rynku (prosumenta) i pakietu energetyczno-klimatycznego. Warszawa 2010.
27. Drugie spotkanie na temat energetyki jądrowej (kraje skandynawskie). Warszawa 2010.
28. Kompleksowa ewaluacja programu ekokonwersji w Polsce. Wspólnie z firmą Ernst & Young. Warszawa 2010.
29. Energetyka rozproszona. Wspólnie z Polskim Klubem Ekologicznym. Wydanie zaktualizowane i poszerzone. Warszawa 2011.

Wykaz broszur wydanych w ramach projektu  
„Z energetyką przyjazną środowisku za pan brat”

1. Mała biogazownia rolnicza
2. Dom pasywny
3. Energetyka rozproszona
4. Energia w gospodarstwie rolnym
5. Energia w obiekcie turystycznym
6. Energooszczędny dom i mieszkanie
7. Inteligentne systemy zarządzania użytkowaniem energii
8. Samochód elektryczny
9. Urządzenia konsumujące energię
- 10. Zielona energia**
11. Zrównoważone miasto – zrównoważona energia



Sfinansowano ze środków  
Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej



Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju  
00-743 Warszawa, ul. Nabelaka 15, lok. 1  
tel. 22 851 04 02, e-mail: [ine@ine-isd.org.pl](mailto:ine@ine-isd.org.pl)  
[www.ine-isd.org.pl](http://www.ine-isd.org.pl), [www.chronmyklimat.pl](http://www.chronmyklimat.pl)