



**PROGRAM
REGIONALNY**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



Pomorskie w Unii
URZĄD MARSZAŁKOWSKI
WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO
www.pomorskiewunii.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt finansowany w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego dla Województwa Pomorskiego na lata 2007–2013.

ENERGIA Z ZASOBÓW ODNAWIALNYCH

MATERIAŁ EDUKACYJNY
DLA SZKÓŁ PONADGIMNAZJALNYCH

Gdańska Infrastruktura
Wodociągowo-Kanalizacyjna
Sp. z o.o.



SPIS TREŚCI

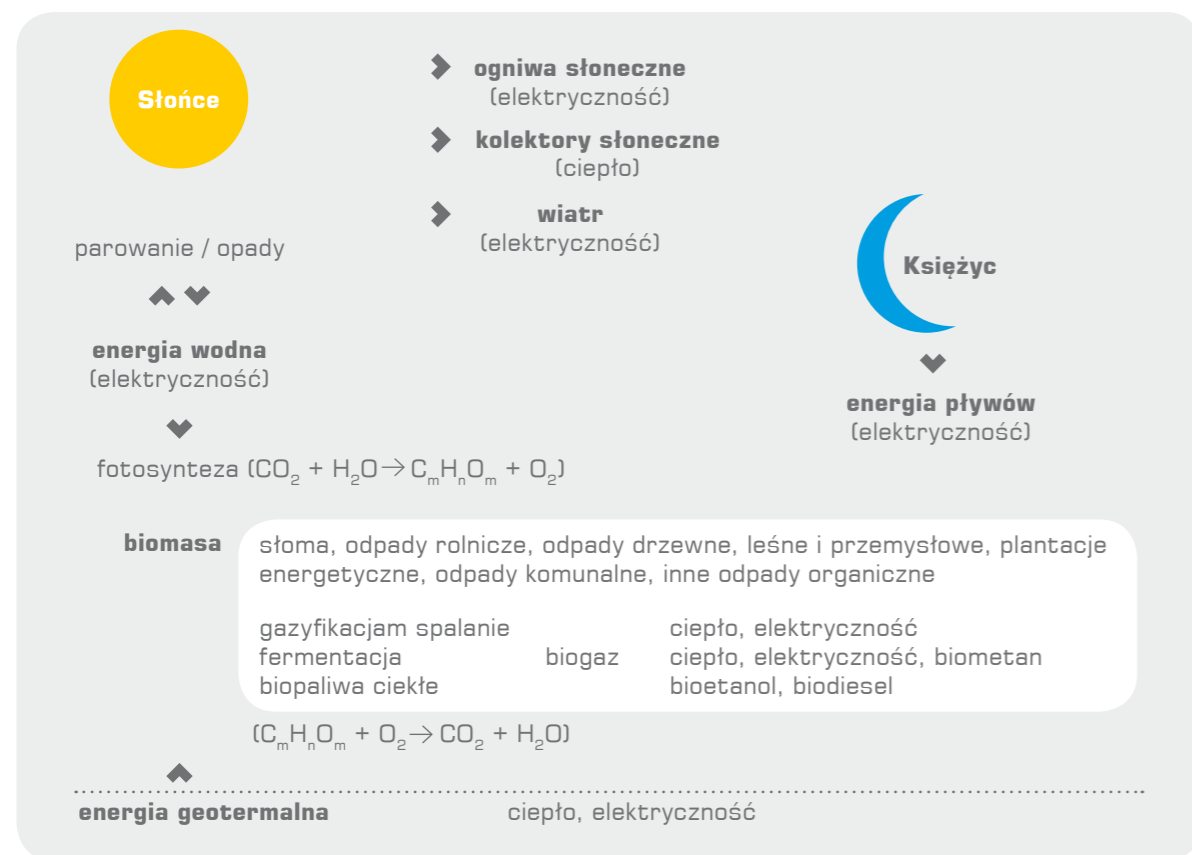
Energia z zasobów odnawialnych		
Wstęp	4	
1. Energia elektryczna z wiatru	6	
2. Energia z biomasy	9	
3. Energia z biogazu	14	
3.1. Biogaz rolniczy	14	
3.2. Biogaz z oczyszczalni ścieków	15	
3.3. Biogaz wysypiskowy	16	
4. Energia promieniowania słonecznego	19	
4.1. Kolektory słoneczne	19	
4.2. Ogniwa fotowoltaiczne	22	
5. Geotermia i pompy ciepła	24	
6. Energia wodna	26	
7. Biopaliwa transportowe	27	
8. Załącznik – Użyteczne linki	28	

WSTĘP

Jeszcze nigdy dotąd w historii świata nie następował tak szybki rozwój cywilizacyjny i związany z nim wzrost zapotrzebowania na energię. Potrzeby energetyczne pokrywane były dotąd głównie ze źródeł kopalnych, takich jak węgiel, gaz ziemny czy ropa naftowa. Dzisiaj w obliczu wyczerpywania się tych zasobów, jak też z uwagi na pogarszający się stan środowiska naturalnego stajemy przed wyzwaniem dalszego rozwoju technicznego i gospodarczego przy jednoczesnej konieczności podjęcia zdecydowanych działań na rzecz ochrony zasobów naturalnych i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Szansę taką stwarza wykorzystanie potencjału energii z zasobów odnawialnych. Zjednoczone wysiłki Krajów Członkowskich Unii Europejskiej powinny doprowadzić do zmniejszenia zapotrzebowania na energię o 20%, ograniczenia emisji dwutlenku węgla o 20% oraz wzrostu udziału odnawialnych źródeł energii również o 20% do roku 2020. Działania prowadzące do osiągnięcia tych celów są powszechnie zwane „Pakiem energetyczno-klimatycznym 3 x 20”, który został zatwierdzony przez Parlament Europejski w grudniu 2008 roku. Państwa Członkowskie uzgodniły krajowe cele udziału odnawialnych źródeł energii, tak aby w efekcie sprostać zadaniu obniżenia emisji gazów cieplarnianych o 20%. Dla Polski cel ten wynosi 15% a na przykład dla Szwecji 49%, Łotwy 42%, Finlandii 38% czy Danii 30%.

W Polsce Ustawa **Prawo energetyczne** definiuje odnawialne źródła energii jako - źródło wykorzystujące w procesie przetwarzania:

- energię wiatru,
- energię promieniowania słonecznego,
- energię geotermalną,
- energię fal, prądów i pływów morskich,
- energię spadku rzek
- energię pozyskiwaną z biomasy,
- energię biogazu wysypiskowego, a także
- energię biogazu powstałego w procesach odprowadzania lub oczyszczania ścieków albo rozkładu składowanych szczątków roślinnych i zwierzęcych.



rys. odnawialne źródło energii

Unia Europejska precyzuje swoją politykę poprzez uchwalanie dyrektyw, które następnie są transponowane do prawa krajowego przez Państwa Członkowskie. W obszarze energetyki dyrektywy mają na celu stworzenie warunków prawnych oraz kreowanie mechanizmów ekonomicznych sprzyjających rozwojowi sektora OZE oraz wspieranie działań na rzecz poprawy wykorzystania energii. Do najważniejszych należą:

- 1) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych,
- 2) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/32/WE z dnia 5 kwietnia 2006r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych.

Wdrażanie dyrektyw w naszym kraju znalazło odbicie w powstaniu mechanizmu ekonomicznego, jakim jest system kolorowych certyfikatów, czyli świadectw potwierdzających sposób wytworzenia energii, mających charakter zbywalnych praw majątkowych o określonej wartości rynkowej. I tak na rynku funkcjonują lub są w trakcie powstawania następujące świadectwa pochodzenia:

ZIELONE CERTYFIKATY – dla energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych

CZERWONE CERTYFIKATY – dla energii elektrycznej ze źródeł wytwarzających ciepło i energię elektryczną, czyli elektrociepłownie (tzw. kogeneracja)

ŻÓLTE – dla energii z małych źródeł kogeneracyjnych opalanych gazem lub o mocy elektrycznej poniżej 1 MW

FIOLETOWE – dla energii ze źródeł z gazu pochodzącego z odmetanowania kopalń lub biogazu

POMARAŃCZOWE – dla źródeł energii z instalacji wychwytywania i zatłaczania dwutlenku węgla

BŁĘKITNE – z nowych wysokosprawnych źródeł energii

BIAŁE – potwierdzające poprawę efektywności energetycznej skutkującą zmniejszeniem zużycia energii.

Ceny kolorowych certyfikatów są oczywiście różne i są odbiciem sytuacji na rynkach wytwórcy i konsumenta energii.

Prawo krajowe¹ na przedsiębiorstwa energetyczne nakłada obowiązek osiągnięcia określonego udziału energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w sprzedaży energii odbiorcom w poszczególnych latach lub uiszczenia opłaty zastępczej w przypadku nie wywiązania się z tego obowiązku. Udział ten powinien wynosić:

- w roku 2011 – 10,4%
- w roku 2012 – 10,4%
- w roku 2013 – 10,9%
- w roku 2014 – 11,4%
- w roku 2015 – 11,9%
- w roku 2016 – 12,4%
- w roku 2017 – 12,9%.

Polityka energetyczna Polski do roku 2030 przewiduje, że najdynamiczniej będzie się rozwijać energetyka wiatrowa i słoneczna, także produkcja biogazu i biomasy. Rozwój instalacji OZE jest wspierany środkami finansowymi między innymi z programów europejskich takich jak Inteligentna Energia dla Europy – działania o charakterze promującym wiedzę, czy przygotowania przedsięwzięć oraz Programów Operacyjnych przeznaczonych dla inwestorów.

Wdrażanie rozwiązań wykorzystujących odnawialne zasoby energii ma korzystny wpływ nie tylko na środowisko naturalne, ale również stymuluje rozwój nowych technologii i przyczynia się do powstawania nowych miejsc pracy.

Niniejsza broszura ma na celu jedynie wprowadzenie w zagadnienia technicznych możliwości wytwarzania i wykorzystania odnawialnych zasobów energii oraz skutków środowiskowych ich stosowania.

Autorzy mają nadzieję, że zachęceni lekturą będziecie Państwo chcieli pogłębić swoją wiedzę i sięgniecie również do obszerniejszych informacji dostępnych pod wskazanymi przez nas linkami.

Życzymy miłej lektury!

Zespół Autorski Bałtyckiej Agencji Poszanowania Energii SA

Gdańsk, 2011 r.

¹ 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 wytworzonych w odnawialnym źródle energii.

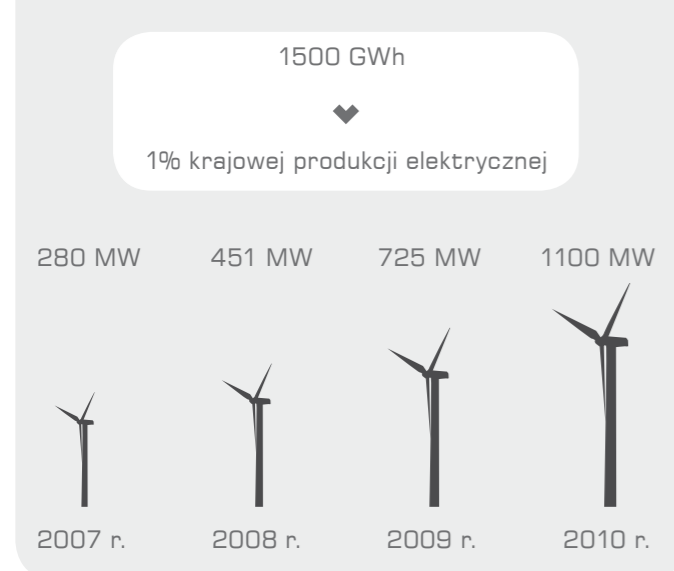
1 / ENERGIA ELEKTRYCZNA Z WIATRU

Stan obecny i perspektywy rozwoju

Wykorzystanie energii wiatru do wytwarzania energii elektrycznej jest najbardziej rozwiniętą technologią OZE rozpowszechnioną na całym świecie. Przodują w tej dziedzinie USA i Chiny, a w Europie Niemcy, Hiszpania i Dania. Łącznie w świecie na koniec 2010 r. zainstalowanych było 194 GW mocy elektrowni wiatrowych, w tym w Europie 86 GW, które wyprodukowały ok. 160 TWh energii elektrycznej. W niektórych krajach energia ta stanowi już znaczny udział w ogólnym zużyciu prądu, wynoszący w Danii 20%, w Hiszpanii 10%, a w Niemczech 7%. Montowane obecnie elektrownie wiatrowe o mocy 86 GW rocznie dysponują mocami jednostkowymi od 2 do 3 MW. Ze względu na kurczące się zasoby przydatnych powierzchni na lądzie coraz więcej dużych farm wiatrowych budowanych jest na akwenach morskich do 30 m głębokości.

W Polsce energetyka wiatrowa rozwijana jest od kilku lat i osiągnęła na koniec 2010 roku ponad 1100 MW mocy zainstalowanej, w których wytworzono ok. 1500 GWh energii, co stanowi ok. 1% wytwarzanej energii elektrycznej. Planuje się wybudowanie do 2020 roku ok. 7000 MW, w tym kilkaset na Morzu Bałtyckim. Morskie elektrownie wiatrowe projektowane dzisiaj posiadają moce od 3 do 5 MW.

Energetyka wiatrowa w Polsce w 2010 roku



Moc nominalną elektrownie wiatrowe osiągają przy prędkościach wiatru powyżej 12 m/s. Ponieważ wiatry wieją z różnymi prędkościami w różnych porach dnia i roku, osiągając średnią roczną prędkość w granicach 6÷7 m/s, uzysk energii z elektrowni wiatrowych wynosi od 20% do 30% możliwości nominalnych.

Zasada działania elektrowni wiatrowych

Elektrownia wiatrowa (wiatrak), wykorzystując energię wiatru, która wprawia w ruch obrotowy wirnik wyposażony w łopaty, przetwarza energię mechaniczną wirnika na energię elektryczną w różnych typach generatorów prądu (prądnicach). Mogą to być prądnice prądu stałego lub zmiennego – synchroniczne i asynchroniczne.

Przetwarzanie energii kinetycznej wiatru w energię elektryczną w sposób ogólny można opisać następującym wzorem:

$$P = c_p \cdot \eta_m \cdot \eta_{el} \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A$$

gdzie:

P – moc wiatraka

c_p – współczynnik zamiany energii wiatru w energię mechaniczną

η_m – sprawność mechaniczna wirnika przekładni i mechanizmów pomocniczych

η_{el} – sprawność elektryczna generatora, przetworników, transformatorów itp.

ρ – gęstość powietrza zależna głównie od temperatury i wilgotności

v – prędkość wiatru

A – powierzchnia omiotana przez łopaty wirnika.

Jak widać we wzorze największe znaczenie ma prędkość wiatru, która występuje w trzeciej potęgze, co ma ogromne znaczenie dla mocy wiatraka. Wystarczy porównać 5^3 i 6^3 , co daje liczby 125 i 216 różniące się od siebie o 73% podczas gdy różnica pomiędzy 5 i 6 jest tylko 20%.

Podobnie duży wpływ ma długość łopat, która występuje w kwadracie średnicy okręgu omiotanego przez łopaty:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Zmiana średnicy wirnika z 5 do 6 m, czyli o 20% powoduje wzrost pola o 44%.

Współczynnik wykorzystania energii wiatru C_p , którego wartość teoretyczna (zwana granicą Betza), może wynosić 59,3 % zależy od konstrukcji łopat wirnika. Współczesne wiatraki osiągają C_p powyżej 50%. Przy czym mniejsze mają wartości C_p mniejsze, a dla większych wiatraków C_p jest większe.

Sprawność mechaniczna wynosi zwykle blisko 99%, natomiast sprawność elektryczna 96–97%, przy czym dla małych wiatraków może to być tylko 60–70%.

Konstrukcje wiatraków wyposażone są w różne systemy kontroli prędkości oraz hamulce na wypadek zbyt silnych wiatrów. Rozwiązania te mają wpływ na pracę oraz wytwarzany hałas.

Pierwsza farma wiatrowa w województwie pomorskim została zbudowana w gminie Gniewino k. Lisewa. Farma składa się z 14 turbin wiatrowych o mocy 0,6 MW każda.



Lokalizacja farmy wiatrowej / Źródło: materiały własne

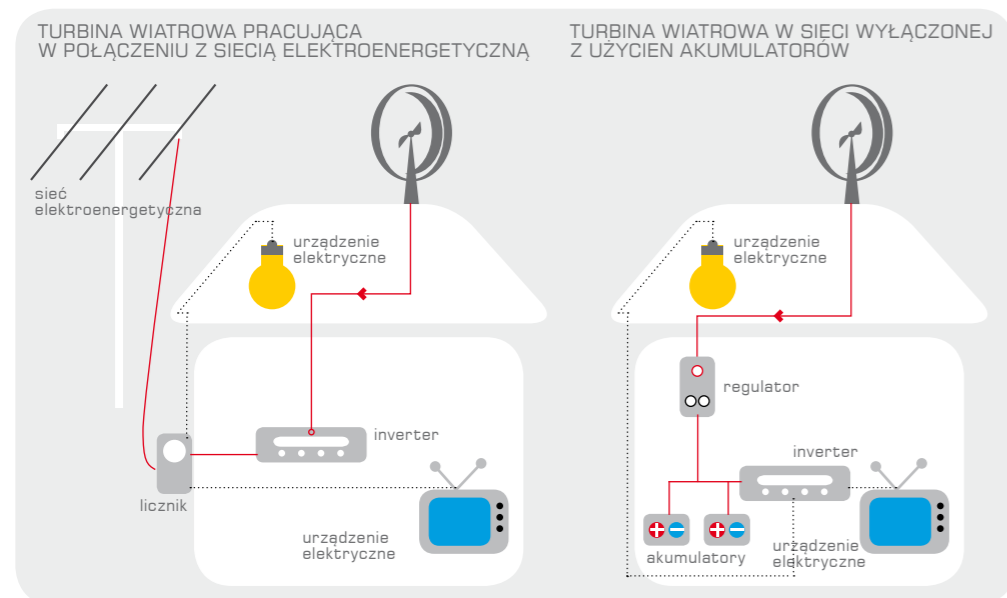
Farma wiatrowa o mocy 8,4 MW / Źródło: materiały własne

Małe elektrownie wiatrowe

Oprócz dużych elektrowni wiatrowych bardzo popularne staje się budowanie przydomowych elektrowni wiatrowych o małych mocach, zwykle do 3 kW. Takie wiatraki mogą być instalowane na niewielkich masztach, zwykle wzmocnionych odciegami linowymi, lub są montowane bezpośrednio do ścian lub dachów domów. Energia elektryczna uzyskiwana z tych wiatraków w ilości 1500 do 2500 kWh na rok z 1 kW mocy zainstalowanej z powodzeniem może pokryć zapotrzebowanie na energię elektryczną gospodarstwa domowego pod warunkiem, że nadmiar energii będzie magazynowany w akumulatorach lub oddawany do sieci elektroenergetycznej, a niedobór pokrywany z akumulatorów lub sieci. Wygodnym rozwiązaniem jest współpraca wiatraków z ogniwami fotowoltaicznymi. W wielu krajach instalacje takie wyposażone są w liczniki energii elektrycznej obracające się w obydwie strony, pozwalając na kompensacyjne rozliczanie się z dostawcą energii. Ze względu na bardzo pozytywny wpływ takich instalacji na środowisko coraz więcej krajów dotuje tego typu mikrogeneracje energii, zachęcając obywateli do wykorzystania Odnawialnych Źródeł Energii, co wpływa na zmniejszenie potrzebnych mocy w energetyce scentralizowanej, obniżanie strat przesyłu i redukcji emisji CO₂ oraz pomaga w wypełnianiu zobowiązań międzynarodowych redukcji gazów cieplarnianych. Można przyjąć, że 1,5 miliona wiatraków po 2 kW każdy to jeden blok elektrowni węglowej lub jądrowej o mocy 700 MW mniej.

Przykłady zastosowania

Na rysunku i zdjęciu poniżej przedstawiono możliwości zastosowania małych wiatraków w domach jednorodzinnych oraz blokach mieszkalnych i biurowych. Typowa instalacja składa się z regulatora pracy wiatraka, akumulatorów, inwertera DC/AC i licznika energii.



Uzasadnienie ekonomiczne

Ceny instalacji wiatraka z regulatorami i inwertorem zależą od ich klasy i kształtują się od 15000 zł do 20000 zł za 1 kW mocy.

Wiatrak o mocy 1 kW może średnio wytworzyć 1750 kWh energii elektrycznej. Przyjmując czas pracy wiatraka 20 lat, wytworzy on 35000 kWh energii.

Dzieląc średni koszt inwestycji 17500 zł przez 35000 kWh będziemy mieli energię po 50 gr za 1 kWh. Jest to koszt porównywalny do dzisiejszych cen energii. A trzeba wiedzieć, że cena energii elektrycznej będzie rosła, chociażby z tego względu, że jest wytwarzana głównie w elektrowniach opalanych węglem, którego użycie skutkuje produkcją 1t CO₂ na 1 MWh energii elektrycznej i będzie podlegała obowiązkowej opłacie za tę emisję.

KOSZT WIATRAKA	PRODUKTYWNOŚĆ 20 LETNIA	CENA JEDNOSTKI ENERGII
zł	kWh	zł / kWh
17 500	35 000	0,5

Państwo zobowiązało się do promowania energetyki z OZE i wspiera tę produkcję poprzez system zielonych certyfikatów, za które producent zielonej energii (nawet na potrzeby własne) ma prawo uzyskać ekwiwalent w postaci opłaty wynoszącej w tym roku 270 zł/MWh. Za wytworzenie 35 MWh należy się więc 9450 zł. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby tą kwotą wesprzeć inwestycję w mały wiatrak na początku. Państwo dysponuje takimi możliwościami, chociażby z pieniędzy uzyskiwanych z handlu emisjami CO₂. Podobne rozwiązania zastosowano już poprzez dotacje z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej do instalacji termicznych kolektorów słonecznych.

2 / ENERGIA Z BIOMASY

Co to jest biomasa?

Wśród odnawialnych źródeł energii największe znaczenie odgrywa biomasa. Jest łatwa do pozyskania, powszechnie dostępna, a jej zasoby można odtworzyć. Była pierwszym wykorzystywanym przez ludzkość paliwem i wciąż jest szeroko stosowana.

Według definicji Unii Europejskiej biomasa oznacza podatne na rozkład biologiczny frakcje produktów, odpady i pozostałości przemysłu rolnego (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych z nim gałęzi gospodarki, jak również podatne na rozkład biologiczny frakcje odpadów przemysłowych i miejskich (Dyrektywa 2001/77/WE).

Biomasę można wykorzystywać na cele energetyczne w różny sposób:

- bezpośrednie spalanie biomasy (np. drewna pod różną postacią, słomy, osadów ściekowych)
- przetwarzanie biomasy na paliwa ciekłe, np. estry oleju rzepakowego, alkohol
- przetwarzanie biomasy na paliwa gazowe, np. biogaz rolniczy, biogaz z oczyszczalni ścieków, gaz wysypiskowy, gaz drzewny.

Porównanie biomasy i paliw kopalnych

Energetyczna ocena biomasy, na tle konwencjonalnych paliw, dotyczy przede wszystkim wartości opałowej, zawartości wilgoci, popiołu i części lotnych.

Szeroki przedział wilgotności biomasy oraz jej mała gęstość energetyczna² to mankamenty tego paliwa. Stwarzają one pewne problemy techniczne, utrudniają transport i magazynowanie. Jednakże, przetworzone paliwa z biomasy, takie jak pelety i brykiety, mankamentów tych nie posiadają. Mają one bardzo jednorodną charakterystykę pod względem wartości energetycznej, są dostępne w wygodnych opakowaniach ułatwiających ich transport i przechowywanie.

² Gęstość energetyczna – ilość energii znajdującej w określonej objętości lub masie.

RODZAJ BIOMASY	WILGOTNOŚĆ %	WARTOŚĆ OPAŁOWA MJ/KG
Drewno kawałkowe, sezonowane	15	15
Zrębki	25	11
Pelety drzewne	8	17,5
Słoma luzem	15	15
Gaz ziemny	–	44
Olej opałowy	–	41
Węgiel kamienny	–	25

Biomasa drzewna



Najczęściej wykorzystywanym paliwem drzewnym jest **drewno kawałkowe**. Do jego spalania wystarczy prosty kocioł z paleniskiem rusztowym. Starsze urządzenia charakteryzują się niską sprawnością, nowsze – osiągają sprawność rzędu 90%, a mikroprocesorowe sterowniki zapewniają pełną kontrolę nad temperaturą pomieszczeń i ciepłej wody użytkowej.



Korę, trociny i wióry ze względu na ich niejednorodność i zawartość zanieczyszczeń należy spalać tylko w specjalnych kotłach, lub przeznaczyć do produkcji paliwa uszlachetnionego – pelet lub brykietów.



W przypadku **zrębków** największą trudnością sprawia przechowywanie tego materiału. Świeże zrębki mają wilgotność rzędu 60%. Należy zatem zrębko- wać drzewo sezonowane.

WILGOTNOŚĆ %	BUK, DĄB	BRZOZA	SOSNA, OLCHA
0	10,83	9,69	7,98
15	10,59	9,47	7,80
20	10,49	9,38	7,73
25	10,37	9,28	7,64
30	10,24	9,17	7,55
35	10,09	9,03	7,44
40	9,92	8,87	7,31
45	9,71	8,69	7,16
50	9,46	8,47	6,97
55	9,16	8,19	6,75
60	8,78	7,85	6,47



Pelety (pellets) to przetworzone odpady drzewne (trociny, wióry, zrębki), sprasowane pod wysokim ciśnieniem. Proces ten zachodzi bez udziału jakichkolwiek dodatkowych lepiszczy, dzięki obecności ligniny w drewnie. Uformowane pelety to granulki o średnicy 6-25 mm i długości kilku centymetrów (4-5 średnic). Charakteryzują się niską zawartością wilgoci (8-12%) i popiołu (ok. 0,5%). Tak wyprodukowane paliwo niewiele odbiega wartością opałową od gorszych sortymentów węgla kamiennego. Rynek pelet prężnie się rozwija na całym świecie. Rośnie zarówno produkcja paliwa, jak i zainteresowanie nim ze strony różnych grup odbiorców.



Inną formą przetworzonego paliwa produkowanego z odpadów drzewnych są **brykiety**. Różnią się one od pelet przede wszystkim większym rozmiarem. Posiadają mniejszą masę nasypową i mniejszą odporność na transport i magazynowanie. Mogą być zatem wykorzystywane tylko w krótkim czasie i w niewielkiej odległości od producenta.

Słoma. Polskie rolnictwo produkuje rokrocznie około 30 mln ton słomy. Przez dziesięciolecia zbiory te były wykorzystywane głównie na potrzeby produkcji zwierzęcej, jako pasza i materiał ściółkowy. W związku z malejącym pogłowiem bydła, od 1983 roku zbiory słomy przekraczają popyt na nią wynikający z hodowli zwierząt. Nadwyżki były wykorzystywane głównie na cele nawozowe, nie jest to jednak zabieg tani, gdyż wymaga starannych, terminowych zabiegów agrotechnicznych, pocięcia słomy na sieczkę i rozrzucenia jej po polu. Ponadto, przyorywanie dużej ilości słomy zwiększa intensywność występowania chorób grzybowych w zbożach. Obecnie słoma jest raczej wykorzystywana do produkcji materiałów izolacyjnych dla budownictwa i ogrodnictwa, podkładów do produkcji

pieczarek i na cele energetyczne. Różne źródła szacują, że nadwyżka produkcji słomy wynosi 10-15 mln ton słomy. Bez szkody dla żadnej z gałęzi przemysłu można przeznaczyć na cele energetyczne 30% z tej ilości.

Rośliny energetyczne Potencjał plonotwórczy roślin energetycznych jest kilkukrotnie większy, niż plon słomy pozostającej po zbiorze zbóż lub rzepaku. Z jednego hektara możliwe jest pozyskanie rocznie nawet 30 ton suchej masy. Nic dziwnego, że coraz więcej osób upatruje właśnie w plantacjach energetycznych szansy na zaspokojenie rosnącego popytu na biomasę.

Pożądane cechy roślin energetycznych to:

- niskie wymagania glebowe i klimatyczne
- duży przyrost suchej masy w okresie wegetacyjnym
- wysoka wartość opałowa
- możliwość zmechanizowania czynności agrotechnicznych związanych z prowadzeniem plantacji.

Rośliny, które spełniają powyższe wymagania to np.:



Wierzbowa krzewiasta



Miskant olbrzymi



Ślazier pensylwański



Topinambur



Rdest sachaliński

Spalanie biomasy

W Polsce jest w użyciu kilka milionów kotłów służących do ogrzewania domów jednorodzinnych. Paliwem do tych kotłów jest głównie węgiel i drewno opałowe. Istnieje pilna konieczność wymiany tych kotłów o przestarzałej konstrukcji na nowoczesne kotły opalane drewnem opałowym i paliwem przetworzonym w postaci brykietów i pelet. Do spalania pelet, brykietów i suchych zrębków stosuje się kotły z automatycznym podawaniem paliwa oraz ciągłym sterowaniem procesem spalania poprzez regulację ilości powietrza doprowadzanego do kotłów. Kotły takie cechują się sprawnościami przekraczającymi 90%, elastyczną pracą dopasowaną do zmieniającego się zapotrzebowania na ciepło oraz bardzo niskimi emisjami tlenu węgla.

Kotły takie spełniają oczekiwania użytkownika odnośnie minimum wymagań obsługi, upodabniając je pod tym względem do kotłów olejowych. Na rynku polskim znajduje się kilku krajowych producentów kotłów godnych polecenia oraz kilku przedstawicieli sprzedających kotły renomowanych firm europejskich.



Kocioł zasilany z zasobnika przykotłowego



Kocioł ze spalaniem automatycznym ładowany ręcznie



Kocioł zasilany z magazynu paliwa

Korzyści płynące z wykorzystania biomasy

Do zalet paliw roślinnych możemy zaliczyć:

- odtwarzalność surowca
- ich spalanie nie powoduje dodatkowej emisji dwutlenku węgla, ponieważ ilość tego gazu powstająca przy spalaniu jest równa tej, którą pobierają w procesie fotosyntezy rośliny
- ich spalaniu towarzyszy ograniczona emisja pozostałych gazów cieplarnianych: tlenków siarki i azotu
- pozostały popiół charakteryzuje się korzystnym składem mineralnym i z powodzeniem może być stosowany jako nawóz
- wzrost wykorzystania biomasy prowadzi do uaktywnienia gospodarczego rolnictwa, zmniejszenia bezrobocia w obszarach wiejskich
- produkcyjne wykorzystanie ziem skażonych, mało urodzajnych gleb lub obszarów leżących odłogiem (pod plantacje roślin energetycznych).
- atrakcyjność cenowa paliw biomasowych w porównaniu z paliwami kopalnymi.

Jedną z pierwszych instalacji w województwie pomorskim została zlokalizowana w Marzęcinie k. Nowego Dworu Gdańskiego. Zainstalowano tam kocioł opalany peletami o mocy 300 kW.



Zespół Szkolno-Przedszkolny w Marzęcinie
Autor: Jolanta Chmielewska, ZSP Marzęcino



Kocioł na biomasie, Marzęcino
Autor: Jolanta Chmielewska, ZSP Marzęcino

3 / ENERGIA Z BIOGAZU

3.1. Biogaz rolniczy

Biogazownie rolnicze oparte na procesie fermentacji metanowej, wdrażane na szeroką skalę na całym świecie, znalazły zastosowanie zarówno jako instalacje do biologicznego unieszkodliwiania odpadów organicznych z rolnictwa (na przykład gnojowicy) i przemysłu spożywczego, jak również do wykorzystania biomasy rolniczej do produkcji biogazu, na cele energetyczne i transportowe.

Składniki organiczne wprowadzane do procesu fermentacji nazywane są substratami. Zastosowany proces fermentacji zależy od rodzaju substratów, fermentacja odbywa się w stałej temperaturze, typowo w przedziale od ponad 30 do 40°C i trwa kilka tygodni. Substraty cechuje różna wydajność biogazu wytwarzanego w procesie fermentacji. Kluczowym zagadnieniem dla identyfikacji potencjału produkcyjnego biogazowni i powiązanego z nią bloku kogeneracyjnego jest określenie uzysku biogazu lub metanu (CH_4) z wsadu organicznego. Zawartość metanu w biogazie jest rzędu 50-60%, pozostałym składnikiem biogazu jest CO_2 .

Najbardziej rozpowszechniony system produkcji biogazu „NaWaRo” (Nachwachsende Rohstoffe), wdrażany w Niemczech, wykorzystuje głównie kiszonki z roślin (kukurydzy, traw, buraków itp.), zaś inne substraty (np. gnojownica, ziarno zbóż czy odpady) wykorzystywane są w zależności od uwarunkowań lokalnych. Obecnie liczba biogazowni rolniczych w Niemczech osiąga 6 000, a moc zainstalowana 2 500 MWe.

Główne obiekty typowej biogazowni rolniczej, to:

- obiekty i urządzenia do przechowywania, przygotowania oraz dozowania substratów

Część substratów gromadzi się na terenie biogazowni w zbiornikach, na przykład kiszonkę w szczelnych silosach. Niektóre substraty wymagają rozdrabniania oraz higienizacji lub pasteryzacji w specjalnie do tego celu zaprojektowanych ciągach technologicznych. W formie stałej wprowadzane są do komór fermentacji przy pomocy specjalnych stacji dozujących a materiały płynne mogą być dozowane techniką pompową

- komory fermentacyjne

W zależności od substratów, stosuje się jedną lub dwie komory fermentacyjne. Najczęściej stosowanym obecnie rozwiązaniem konstrukcyjnym komory fermentacyjnej jest żelbetowy, izolowany zbiornik wyposażony w foliowy, gazoszczelny dach samonośny. Zbiornik pełni rolę zarówno fermentatora jak też „zasobnika” biogazu. Jego zawartość jest ogrzewana systemem rur grzewczych z wykorzystaniem ciepła procesowego, powstałego przy chłodzeniu bloku kogeneracyjnego. Bardzo ważną rolę spełniają urządzenia mieszające zainstalowane w komorze. Mieszanie powoduje równomierny rozkład substratów i temperatury w zbiorniku oraz ułatwia uwalnianie się metanu.

- zbiornik magazynowy na pozostałość pofermentacyjną

Przefermentowana zawiesina jest naturalnym nawozem, wykorzystywanym do wzbogacania gleby w substancje pokarmowe i zastępuje nawozy sztuczne. Zawiesina ta nie jest uciążliwa zapachowo.

- obiekty i instalacje techniczne

Proces fermentacji wymaga powiązania obiektów instalacjami technicznymi i sterowany jest automatycznie. Typowo w budynku technicznym umieszczone są:

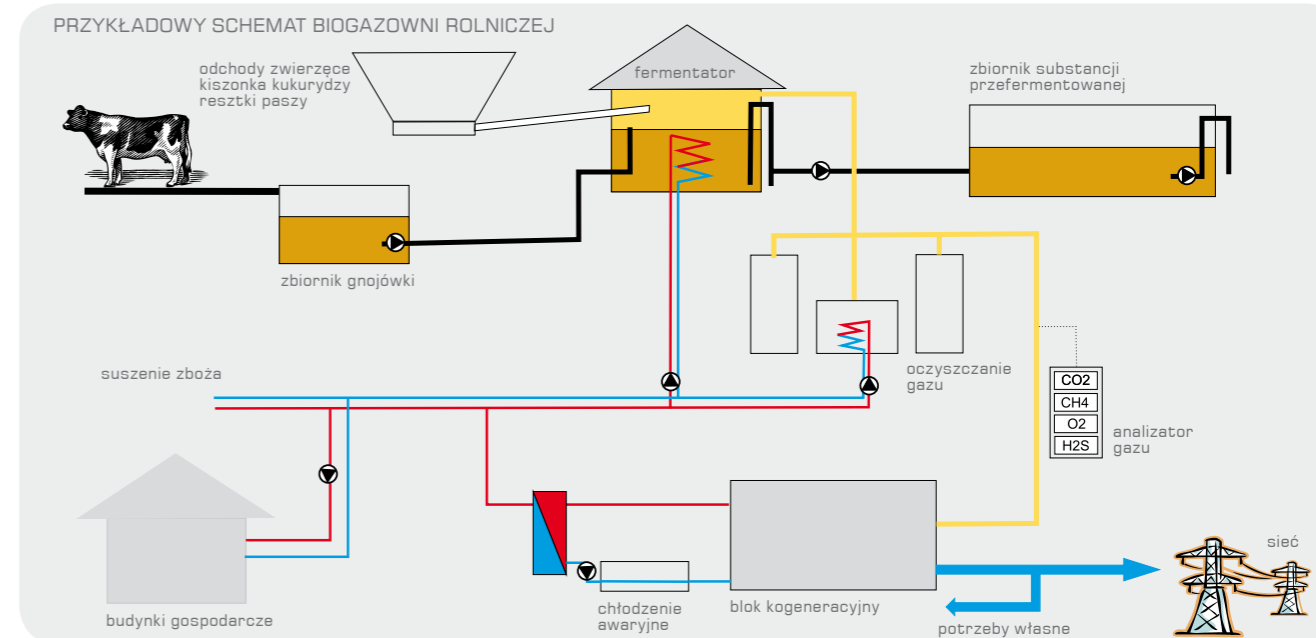
- pompownia obsługująca transport substratów oraz pozostałości pofermentacyjnej pomiędzy poszczególnymi zbiornikami;
- sterownia wraz z pomieszczeniem szaf sterowniczych;
- blok kogeneracyjny przetwarzający energię biogazu na energię elektryczną i ciepło.

Około 20% wytworzonego ciepła i poniżej 10% energii elektrycznej zostanie wykorzystane na potrzeby technologiczne biogazowni. Pozostała część ciepła i energii elektrycznej jest skierowana do odbiorców zewnętrznych.

Charakterystyczne parametry dla typowej biogazowni rolniczej o mocy elektrycznej bloku kogeneracyjnego 500 kWe (moc cieplna ok. 550 kW) są następujące:

- praca biogazowni z blokiem kogeneracyjnym 500 kWe wymaga wytworzenia w biogazowni i zasilania bloku w około 1 milion m^3 metanu rocznie,
- biogazownia wymaga dostaw około 10 tys. ton substratów rocznie (kiszonka kukurydzy i traw, gnojowica). Na wyprodukowanie takiej masy substratów wystarczy ok. 250 ha ziemi,
- biogazownia wymaga terenu ok. 1,5 ha,
- eliminacja paliw kopalnych w kotłowniach obiektów zasilanych w ciepło w biogazowni oraz zastąpienie części produkcji energii elektrycznej w elektrowniach węglowych na skutek pracy biogazowni powoduje obniżenie emisji CO_2 o ok. 5 000 ton rocznie (jest to nazwane emisją uniklioną).

Budowa biogazowni rolniczych jest i będzie wspierana przez specjalne finansowanie. Docelowo, w każdej gminie w Polsce powinna działać przynajmniej jedna biogazownia rolnicza.



Przykładowy schemat biogazowni rolniczej / Źródło: opracowanie własne

3.2. Biogaz z oczyszczalni ścieków

Źródłem biogazu są również oczyszczalnie ścieków. Oczyszczanie ścieków jest skomplikowanym procesem mechaniczno-biologicznym, który każdorazowo jest projektowany odpowiednio do właściwości oczyszczanych ścieków. Biogaz jest wytwarzany w procesie fermentacji osadów ściekowych będących produktem ubocznym z oczyszczania ścieków. W Polsce istnieje duży potencjał techniczny dla wykorzystania biogazu. Ogółem w kraju pracuje ponad 1 700 oczyszczalni przemysłowych oraz ok. 1 500 oczyszczalni komunalnych i budowane są następne. Technologia oczyszczania ścieków wymaga dużego nakładu energetycznego w postaci ciepła i energii elektrycznej, podczas gdy z 1 m^3 osadu (4-5% suchej masy) można uzyskać 10 do 20 m^3 biogazu zawierającego ok. 60% metanu. Biogaz ten stanowić może źródło energii dla lokalnej elektrociepłowni. Obecnie jednak z uwagi na wysokie koszty inwestycyjne nie jest opłacalne ekonomicznie budowanie takich instalacji w każdym obiekcie. Typowo przyjmuje się, że ilość ścieków nie powinna być mniejsza niż 8 000-10 000 m^3 /dobę.

Ścieki z obszaru aglomeracji gdańskiej są kierowane do oczyszczalni „Gdańsk-Wschód” zlokalizowanej poza obszarem zabudowy miejskiej, przy ul. Benzynowej. Oczyszczalnia przyjmuje ścieki z Gdańska, Sopotu, Straszyna oraz gminy Pruszcz Gdański, Kolbudy i Żukowo.

W wyniku oczyszczania ścieków w oczyszczalni „Gdańsk-Wschód” powstają osady ściekowe³, które są podawane do komór fermentacyjnych, gdzie zachodzi proces metanowej fermentacji osadu. Powstający podczas fermentacji biogaz, po oczyszczeniu, wykorzystywany jest na potrzeby energetyczne oczyszczalni tj. spalany w lokalnej kotłowni gazowo-olejowej.



Widok oczyszczalni ścieków „Gdańsk-Wschód”
Źródło: materiały GIWK Sp. z o.o.

³ Źródło: Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna Sp. z o.o.

W wyniku przeprowadzania procesu beztlenowej stabilizacji osadu na oczyszczalni powstaje rocznie około 3 000 000 Nm³ biogazu o wartości opałowej 23 MJ/ Nm³, z czego wykorzystywane na potrzeby własne oczyszczalni jest około 1 600 000 Nm³ rocznie. Pozostałe 1 400 000 Nm³ biogazu spalane są w pochodni (przewiduje się wzrost produkcji metanu do 7 800 000 Nm³). Odwodniony po procesie fermentacji osad nie podlega obecnie dalszej przeróbce i w uzyskanej postaci jest w ograniczonych ilościach przekazywany do wykorzystania na cele rekultywacyjne, do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia oraz do produkcji pasz. Jest magazynowany w przyzmacach.

Prace modernizacyjne na oczyszczalni „Gdańsk-Wschód” przyczynią się do zwiększenia produktywności biogazu. Biogaz ten będzie również wykorzystywany w instalacji skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła.

Zbudowane zostaną 4 moduły kogeneracyjne w oparciu o silnik gazowy z generatorem synchronicznym każdy, o parametrach:

- Moc elektryczna bloku kogeneracyjnego ponad 700 kW;
- Sprawność całkowita bloku kogeneracyjnego ponad 80%;
- Sprawność produkcji energii elektrycznej ponad 40%.

3.3. Biogaz wysypiskowy

Gaz wysypiskowy jest formą biogazu, wytwarzanego w sposób naturalny wewnątrz składowiska odpadów, zawierających związki organiczne podlegające rozkładowi beztlenowemu. Gaz wysypiskowy stanowi znaczną część emisji gazów cieplarnianych w Polsce. W krajowym bilansie metanu (CH₄) stanowi ok. 10%.

Wypływ metanu z wysypiska ma duży wpływ na efekt cieplarniany i odgazowanie składowisk odpadów powinno mieć za zadanie jak największe ograniczenie emisji do atmosfery metanu i innych niebezpiecznych gazów, powstających na wysypisku odpadów. Inne problemy towarzyszące obecności metanu to:

- samozapłon; powstający przy rozkładzie odpadów metan jest przyczyną samoistnego powstawania pożarów, toksyczne składniki dymów są przyczyną zanieczyszczenia powietrza w tym powstawania dioksyn,
- eksplozje; notowano wybuchy na wysypiskach z powodu wysokich stężeń metanu. Metan tworzy mieszaninę wybuchową z powietrzem przy stężeniu 5-15% objętościowych,
- rozkładające się odpady powodują problemy zapachowe wokół wysypiska.

Ekstrakcja gazu wysypiskowego, którego dominującym składnikiem jest metan, pozwala na rozwiązanie wielu z wymienionych problemów oraz na wykorzystanie metanu jako źródła energii.

Skład odpadów zmienia się w ostatnich latach i staje się podobny do odpadów w Europie Zachodniej. Na większości wysypisk śmieci składowane odpady charakteryzują się dużą zawartością materiałów pochodzenia organicznego. Odpady z gospodarstw domowych zawierają między innymi resztki owoców i żywności, różnego rodzaju produkty pochodzenia organicznego jak papier, tektura, etc. Oprócz tego składuje się inne materiały pochodzenia organicznego jak odpady przemysłowe i pochodzące z rozbiórek. Odpady z gospodarstw domowych stanowią typowo ok. 60% wszystkich odpadów.

Po złożeniu odpadów na wysypisku rozpoczyna się rozkład mikrobiologiczny. Najpierw ma miejsce rozpad tlenowy, przy którym zużywany zostaje dostępny tlen. Po jego całkowitym zużyciu rozpoczyna się rozpad beztlenowy i wytworzony zostaje gaz wysypiskowy. Okres czasu został podzielony w oparciu o przebieg rozpadu na pięć faz.

Faza I – tlenowa:

W trakcie jej trwania niektóre, najbardziej podatne na biodegradację części odpadów ulegają przemianom dzięki tlenowi pierwotnie w nim zawartemu i przenikającemu z otoczenia. W ten sposób tlen zostaje zużyty i wydziela się dwutlenek węgla oraz znacznie podnosi się temperatura. W porównaniu z pozostałymi fazami, czas trwania fazy I jest bardzo krótki.

Faza II i III – fazy przejściowe:

Po zakończeniu etapu tlenowego następuje etap przejściowy, podczas którego rozwijają się warunki silnie beztlenowe. Rozpoczyna się i intensyfikuje wydzielanie metanu.

Faza IV – faza metanowa:

Po kilku latach wydzielanie metanu stabilizuje się (pod warunkiem, że zachowane zostaną odpowiednie warunki otoczenia) i jego koncentracja utrzymuje się będzie na relatywnie stałym poziomie pomiędzy 40÷65 % objętości.

Faza V – faza zaniku:

Intensywność procesu wytwarzania metanu spada, w gazie wysypiskowym rośnie udział azotu. Powstanie możliwość tworzenia w górnych warstwach wysypiska stref tlenowych i wysypisko ustabilizuje się.

Przedstawiona poniżej Tablica pokazuje skalę czasową, dla poszczególnych faz.

FAZA I	godziny – tydzień
FAZA II	1 ÷ 6 miesięcy
FAZA III	3 miesiące ÷ 3 lata
FAZA IV	8 ÷ 40 lat
FAZA V	10 ÷ 40 lat

Typowy skład i własności gazu wysypiskowego są następujące:

SKŁADNIK	SYMBOL	JEDNOSTKA	SPOTYKANE WARTOŚCI	WARTOŚĆ TYPOWA
Metan	CH ₄	%	30-65	45
Dwutlenek węgla	CO ₂	%	20-40	35
Azot	N ₂	%	5-40	15
Pozostałe		%	1-4	<1
Temperatura	t	°C	10-40	20
Wilgotność	φ	%	0-100	100
Gęstość	σ	kg/m ³	1,1-1,28	1,25
Wartość opałowa		MJ/Nm ³	10,8-23,3	16,2

Poziom emisji gazu wysypiskowego zależy od gospodarki odpadami komunalnymi w mieście. Składowanie na wysypisku jest jedynie ostatnim etapem przepływu odpadów. Emisja gazu zależy od składu odpadów, obecności związków organicznych w śmieciach. Można wskazać na następujące metody ograniczenia emisji gazu:

- ograniczenie ilości odpadów

Jest oczywiste, że zmniejszenie ilości odpadów prowadzi bezpośrednio do obniżenia emisji gazu. Dokonać tego można na drodze zmian w zachowaniach konsumenckich oraz przez powtórne/wielokrotne użycie (re-use, recycling).

- segregacja odpadów i kompostowanie związków organicznych

Kompostowanie związków organicznych jest najlepszą metodą zmniejszenia emisji metanu, który nie powstaje w trakcie procesu. Przyjmując, że gdyby 80% substancji organicznej byłoby kompostowane, o tyle zmniejszyłaby się emisja gazu do atmosfery.

- segregacją odpadów i spalanie

Spalanie odpadów powoduje nie tylko brak emisji gazu, ale wytworzona energia cieplna stwarza również możliwość zastąpienia w ten sposób spalane paliwa kopalnego. Do spalania kierowane są inne odpady, nie tylko organiczne co pozwala zastąpić inne paliwa przez energię z gazu, a stąd uzyskiwana może być znaczna redukcja emisji CO₂, większa niż wynikająca tylko ze spalania gazu.

Dla istniejących i nowych składowisk zastosować można:

- uszczelnienie i odgazowanie złoża.

Uzyskany gaz może być zastosowany do produkcji ciepła i energii elektrycznej. Przyjmuje się, że maksymalna ilość gazu odzyskanego w ten sposób z wysypiska wynosi połowę wydzielającego się gazu.

Sposoby ujmowania gazów wysypiskowych dla wysypisk zrehabilitowanych o zakończonej eksploatacji oraz wysypisk czynnych:

Wysypiska zrehabilitowane

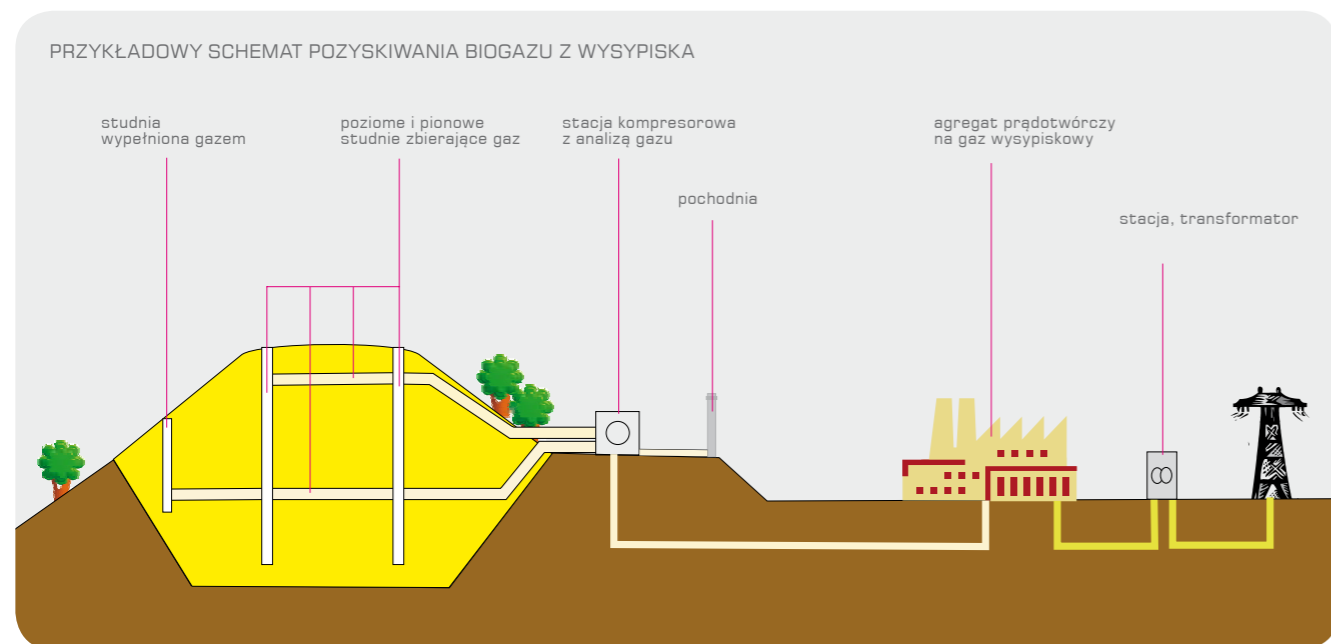
Na powierzchni wysypiska buduje się systemy ujęcia gazu wbudowane w korpus odpadów. Najczęściej są to ujęcia pionowe wykonane metodą wiertniczą, wewnątrz ujęcia znajdują się perforowane rury, wyprowadzająca dopływający gaz do powierzchniowej instalacji gazowej.

Wysypiska eksploatowane

Powinny posiadać zaprojektowany system aktywnego odgazowania wbudowany w korpus odpadów od dołu i rozwijany ku górze w miarę wypełniania wysypiska odpadami. Jest to najtańszy wariant odgazowania wysypisk czynnych.

Zorganizowane odgazowanie wysypiska winno posiadać zorganizowany system zbiorczy ujmowanego gazu oraz system jego wykorzystania, najlepiej na cele energetyczne.

Ilość gazu, jaka generuje się w korpusie odpadów komunalnych zależy głównie od ilości zdeponowanych odpadów, składu morfologicznego odpadów i wieku wysypiska. Ilość gazu możliwa do pozyskania zależy od konstrukcji podłoża wysypiska i stosowania technologii wspomagających sprawności systemu odgazowania.



Przykładowy schemat pozyskiwania biogazu z wysypiska
Źródło: opracowanie własne na podstawie: www.rener.pl

Odpady komunalne z Gdańska oraz część odpadów przemysłowych i budowlanych składowane są na wysypisku w Szadółkach. Wysypisko jest eksploatowane od 1973 r. Na wysypisku zgromadzono kilka milionów m³ odpadów. Odpady dostarczane były na wysypisko przez lata bez segregacji.

W 1998 r. w Szadółkach wykonano odgazowanie powierzchni ok. 15 ha i uruchomiono elektrownię zasilaną gazem ze składowiska. Gaz ujmowany w systemie 40 studni jest podawany do dwóch gazowych zespołów prądowórczych o mocy elektrycznej 200 kW każdy. Instalację zaprojektowano na wydobycie ok. 1,6 mln m³ gazu w ciągu roku. Produkcja energii elektrycznej wynosi około 3 000 MWh/rok.

Wskaźnik wpływu gazu wysypiskowego na efekt cieplarniany jest znaczny, gdyż potencjał tworzenia efektu cieplarnianego metanu jest 23-krotnie większy od wpływu CO₂.

Obniżenie emisji gazów cieplarnianych dzięki pracy elektrowni w Szadółkach w wyniku uniknięcia samoistnej emisji metanu ze składowiska oraz wykorzystania energetycznego biogazu wynosi około 40 tys. ton CO₂ eq/rok (równoważnika emisji CO₂).

4 / ENERGIA PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO

4.1. Kolektory słoneczne

Największym źródłem energii odnawialnej, a jednocześnie źródłem najtańszym i najbardziej dostępnym dla nas jest Słońce. Energia promieniowania słonecznego jest też energią, która z punktu widzenia ochrony środowiska jest najbardziej „czystą” postacią energii. Możemy ją pozyskać bez emisji jakichkolwiek zanieczyszczeń do środowiska naturalnego. Energia ta już od wieków wykorzystywana jest przez ludzi np. do suszenia płodów rolnych.

Niestety wadą tej energii, przynajmniej w naszym klimacie, jest to, że jej podaż jest bardzo nierównomierna i to zarówno w okresie roku, jak i w ciągu dnia. Najwięcej energii Słońce dostarcza nam latem. Aż 80% tej energii przypada u nas na okres wiosenno-letni (kwiecień – wrzesień)! I to, że Słońce świeci tylko w ciągu dnia i że najwięcej energii słonecznej jest wtedy, gdy niebo jest bezchmurne, to chyba też „jest jasne jak słońce”.

Nasz rejon, jak i cały pas nadmorski ma zdecydowanie najkorzystniejsze w Polsce warunki na wykorzystanie energii słonecznej. Wyróżniającym się jest też region podlasko-lubelski, ze względu na częsty napływ suchych mas powietrza z Ukrainy. Najmniej korzystne warunki obserwuje się w regionach: podgórskim, suwalskim, warszawskim i górnośląskim. W regionach górnośląskim i warszawskim na stopień wykorzystania energii słonecznej rzutują zanieczyszczenia powietrza pochodzenia przemysłowego, natomiast w regionie podgórskim wpływ ma specyficzny typ zachmurzenia.

Do czego możemy więc wykorzystać energię promieniowania słonecznego?

Do ogrzewania nie za bardzo – wtedy kiedy potrzebujemy najwięcej ciepła do ogrzewania słońce świeci najślabiej. Ale są inne potrzeby i są to potrzeby całoroczne – dużo ciepła potrzebujemy do podgrzania wody, tej wody która służy nam potem jako ciepła woda np. do mycia. I tu energia słoneczna sprawdza się bardzo dobrze, chociaż nie bez pewnych trudności, gdyż maksymalne zużycie ciepłej wody w obiektach mieszkalnych przypada na godziny poranne i wieczorne, natomiast maksimum natężenia promieniowania słonecznego występuje ok. godz. 14-tej.

Jak pozyskujemy energię promieniowania słonecznego?

Istnieje bardzo wiele rozwiązań technicznych pozwalających na pozyskiwanie energii słonecznej. Ogólnie systemy wykorzystujące energię promieniowania słonecznego można podzielić na: systemy pasywne (bierne) i aktywne (czynne).

Systemy bierne to systemy, w których zmiana energii promieniowania słonecznego w ciepło użyteczne odbywa się w sposób naturalny wykorzystując zjawiska promieniowania, przewodzenia i konwekcji. Systemy te są bardzo proste i nie wymagają dużych nakładów finansowych.

Wyobraźmy sobie przeszkloną werandę albo modne ostatnio tzw. ogrody zimowe i mroźny, ale słoneczny dzień. Wychodzimy na taką werandę, w której nie ma grzejnika, a tam... cieplej niż w ogrzewanym domu. Weranda została ogrzana energią słoneczną. To jest właśnie system bierny.

Dziś już buduje się budynki, które zostały zaprojektowane tak, aby maksymalnie wykorzystać energię słoneczną do naturalnego ogrzewania budynku. Nie można mówić o tzw. budynku pasywnym, jeżeli jego struktura nie została tak ukształtowana, aby budynek w największym stopniu korzystał w sposób pasywny z energii słonecznej. Odbiornikami ciepła w takim budynku mogą być duże południowe okna i masywne elementy we wnętrzu budynku (na przykład mury ceglane czy stropy betonowe) lub szklarnie (cieplarnie) zespolone z budynkiem.

Systemy aktywne to systemy, w których zmiana energii promieniowania słonecznego na energię użyteczną odbywa się w specjalnych urządzeniach np. kolektorach słonecznych (w nich następuje przemiana energii promieniowania słonecznego na energię cieplną nazywana też konwersją fototermiczną) czy ogniwach fotowoltaicznych (tu energia promieniowania słonecznego przetwarzana jest na energię elektryczną nazywana też konwersją fotoelektryczną). Są to układy typowo instalacyjne i można je skojarzyć z tradycyjnymi systemami energetycznymi. Istnieją też **systemy kombinowane (semiaktywne)** uważane za ulepszone systemy bierne. Energia cieplna przekazywana jest w nich przez powietrze, które rozprowadzane jest po budynku kanałami (podobnie jak w ogrzewaniu powietrznym). Ruch powietrza wymuszają wentylatory.

Kolektory słoneczne

Możemy spotkać się z następującymi rodzajami konstrukcji kolektorów słonecznych:

- kolektory skupiające,
- kolektory płaskie,
- kolektory rurowe (tubowe) próżniowe : heatpipe (rurka ciepła) i przepływowe.

Kolektory dzielimy też ze względu na rodzaj czynnika roboczego na:

- cieczowe,
- powietrzne,
- cieczowo-powietrzne.



Kolektory skupiające
Źródło: www.wikipedia.org



Kolektory płaskie
Źródło: www.termospec.pl



Kolektory próżniowe
Źródło: www.biawar.pl

Kolektory montujemy na dowolnych dostępnych powierzchniach niezacienionych. Najczęściej są to dachy, bo nie zabiera nam to dodatkowego miejsca a energia słoneczna najlepiej dociera do odbiornika. Może to być również teren wokół zasilanego obiektu. Pojawily się już też kolektory fasadowe montowane na ścianach budynku.

Warunkiem ograniczającym w lokalizacji kolektorów może być brak możliwości ustawienia kolektorów w odpowiednim kierunku światła czy w odpowiednim nachyleniu do poziomu.

Jeśli chodzi o kierunek światła to, aby uzyskać maksymalną sprawność kolektorów należy zamontować je tak, by były zorientowane na południe. Dopuszcza się odchylenie kąta azymutu w granicach $\pm 30 \div 45^\circ$. Przy większym odchyleniu kolektora od kierunku południowego ich wydajność ulega szybkiemu obniżeniu.

Jeśli chodzi o nachylenie do poziomu, to największą sprawność kolektorów uzyskuje się, gdy promienie słoneczne padają prostopadle do jego płaszczyzny. Ze względu na to, że kąt padania promieni słonecznych zależy od pory dnia i roku, płaszczyzna kolektorów powinna zostać ustawiona odpowiednio do położenia słońca podczas okresu występowania największego napromieniania.

Optymalne nachylenie kolektorów dla instalacji ciepłej wody użytkowanych przez cały rok w warunkach polskich wynosi $30 \div 60^\circ$.

Kolektor to jednak tylko urządzenie, które przetwarza energię słoneczną na energię cieplną, czyli pełni podobną funkcję jak kotłownia. Musimy jakoś włączyć to urządzenie w układ odbiorczy ciepła.

Najprostsze, a więc i najtańsze w wykonaniu, układy do przygotowania ciepłej wody stosuje się tam, gdzie energii słonecznej jest najwięcej. Wystarczy wybrać się na wakacje w rejon śródziemnomorski albo dalej na południe, żeby zobaczyć jak dachy są dosłownie „usiane” kolektorami słonecznymi. Poniżej przykład takiego układu z Betlejem w Izraelu.

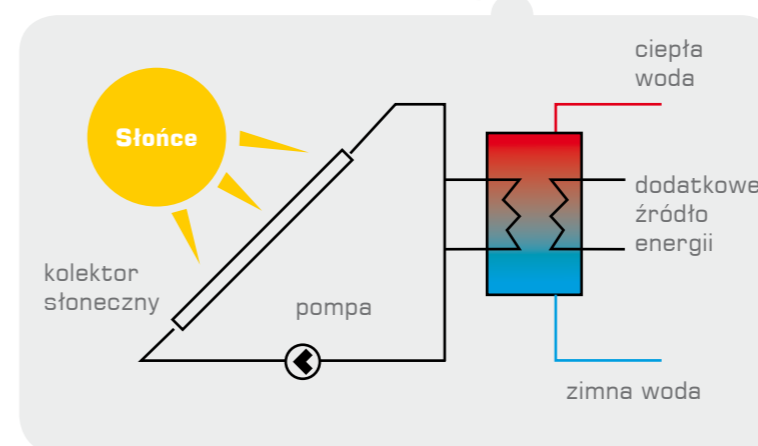
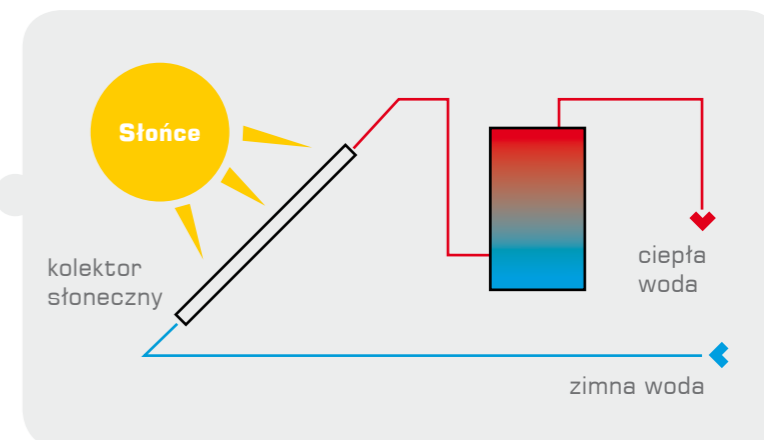


Zdjęcie: Anna Pawlak, BAPE

Jak to działa?

Taki układ jak na rysunku obok nie zdałby egzaminu w naszym klimacie. Energii słonecznej może zabraknąć albo odwrotnie – jest jej w danym momencie zbyt dużo.

Musimy więc przewidzieć zarówno wspomagające źródło ciepła jak i zbiornik do magazynowania ciepła (lub przygotowanej ciepłej wody). I tak powstaje nam najprostszy układ do przygotowania wody:



Dodatkowym źródłem ciepła wspomagającym instalację słoneczną może być zarówno źródło konwencjonalne (energia elektryczna, kotłownia gazowa i olejowa, sieć ciepłownicza itp.) jak i niekonwencjonalne (np. pompy ciepła pozyskujące energię z gruntu lub wód gruntowych). Takie układy z dwoma źródłami ciepła nazywamy hybrydowymi lub bivaletnymi.

I na koniec trochę liczb i ciekawostek:

- do wyprodukowania ciepłej wody na potrzeby jednego mieszkańca potrzeba $1 \div 2 \text{ m}^2$ kolektora (taka powierzchnia pozwala na pokrycie $40 \div 70\%$ rocznego zapotrzebowania ciepła na przygotowanie ciepłej wody, zaś w miesiącach letnich zapewni prawie 100% energii potrzebnej do podgrzewu wody),
- na każdy 1 m^2 kolektorów musimy przewidzieć $50 \div 100 \text{ dm}^3$ pojemności zasobnika,
- właściwie dobrana instalacja słoneczna do ogrzewania powinna pokrywać potrzeby w $20 \div 30\%$,
- niestety na wszystkich etapach pozyskiwania energii słonecznej występują straty ciepła. Pewna część docierającego do kolektorów promieniowania słonecznego jest tracona na skutek odbicia i absorpcji. Wielkość tych strat wyznacza tzw. sprawność optyczną kolektorów. Podczas ogrzewania kolektorów oddają one ciepło do otoczenia na skutek przewodnictwa cieplnego, wypromieniowania i konwekcji. Dalsze straty generowane są w procesie przesyłu i magazynowania ciepła. Ogólnie tracone jest $40 \div 70\%$ energii słonecznej (sprawność $30 \div 60\%$).



Kolektory słoneczne na budynku DPS Stegna
Źródło: materiały własne

Na Pomorzu mamy już bardzo wiele instalacji słonecznych. Montowane są one zarówno w budynkach mieszkalnych jak i użyteczności publicznej (np. sanatorium „Leśnik” w Sopocie, Harcerski Ośrodek Morski w Pucku, Dom Pomocy Społecznej „Mors” w Steganie). Poniżej kolektory na dachu budynku Domu Pomocy Społecznej „Mors” w Steganie.

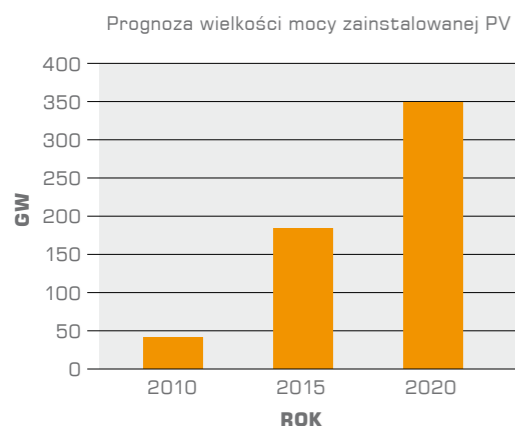
Od połowy 2010 r. osoby fizyczne i wspólnoty mieszkaniowe mogą uzyskać z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej 45% dopłatę do zakupu i montażu kolektorów słonecznych do ogrzewania wody użytkowej.

4.2. Ogniwa fotowoltaiczne

Stan obecny i perspektywy rozwoju

Energia słoneczna dopływa do Ziemi w ilościach wielokrotnie przekraczających zapotrzebowanie. Obliczono⁴, że dla zaspokojenia potrzeb w zakresie energii elektrycznej dla Europy wystarczy pokryć ogniwami fotowoltaicznymi 0,34% jej obszaru, co odpowiada wielkością obszarowi Holandii. Samo wykorzystanie dla ogniw fotowoltaicznych dostępnych dachów i fasad umożliwiłoby wytworzenie 40% potrzebnej energii elektrycznej. Gęstość promieniowania słonecznego docierającego do Ziemi wynosi od 800 do 2300 kWh/m² rocznie. Średnia wartość dla Europy wynosi 1200 kWh/m²rok, a dla Polski – 1000 kWh/m²rok.

Światowa moc zainstalowanych systemów PV wynosiła w końcu 2010 r. 36 GW. Moc zainstalowana w Europie – 28 GW. Ocenia się, że do 2015 r. w świecie będzie pracować 180 GW, a w Europie 100 GW instalacji PV. Możliwe jest także osiągnięcie 350 GW światowej produkcji do 2020 roku.

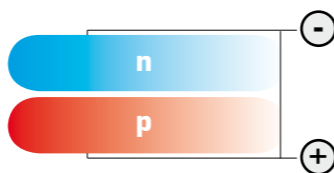


Coraz większa produkcja sprzyja ciągłemu obniżaniu cen i rozwojowi nowych technologii. W ostatnich 5 latach ceny systemów PV spadły o 40%. Oczekuje się, że do roku 2015 obniżą się o kolejne 40%, co spowoduje, że w ciągu następnych 5 lat ceny energii słonecznej dla gospodarstw domowych staną się konkurencyjne w wielu krajach europejskich.

Źródło: EPIA

Zasada działania

Podstawową częścią instalacji są ogniwa fotowoltaiczne, w których różnica potencjału powstaje wskutek pochłaniania energii słonecznej na nie padającej. Dzieje się to w taki sposób, że energia słoneczna w postaci fotonu wybija elektrony z półprzewodnikowej płytki typu „n” (negative), które mogą przepływać do półprzewodnikowej płytki typu „p” (positive). Zjawisko jest znane od 1883 roku, od jego odkrycia przez francuskiego uczonego Becquerela, który w swoim ogniwie użył półprzewodnikowego selenu i złota.



Technologie

Moduły z krystalicznego krzemu (mono i multi) – 80% rynku

- czystość krzemu 99,999999 %
- grubość półprzewodników (250÷40 µm)

Moduły cienkowarstwowe

- amorficzny krzem (a-Si) – 1 µm
- wielowarstwowa cienka folia krzemowa (a-Si/ µc-Si) – 3 µm
- tellurek kadmu – CdTe
- mieszanka Copper, Indium (Gallium), Selenium - CIGS

Oprócz wymienionych ciągle pojawiają się nowe technologie, takie jak CPV (Concentrator PV) i OPV (Organic PV).

Typowe moduły produkowane są w przedziale 60 ÷ 350 W, w rozmiarach do kilku m² w zależności od technologii i sprawności.

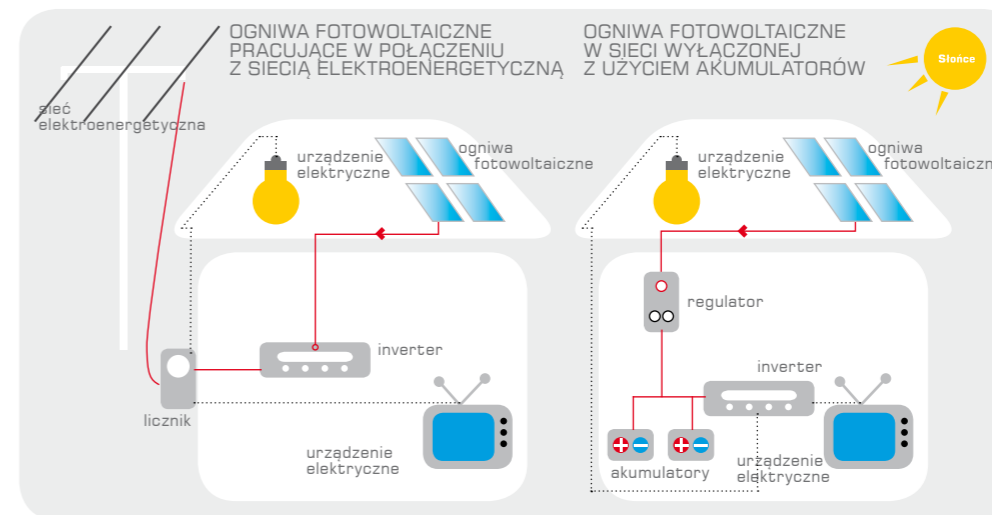
⁴ Źródło: EPIA – European Photovoltaic Industry Association

Sprawność wykorzystania promieniowania słonecznego dla wybranych technologii

sprawność [%]	TECHNOLOGIA						
	krzem krystaliczny		cienkowarstwowe			CPV	
	mono	multi	a-Si	CdTe	a-Si/ µc-Si	CIGS	
	13+19	11+15	4-8	10+11	7+9	7-12	25

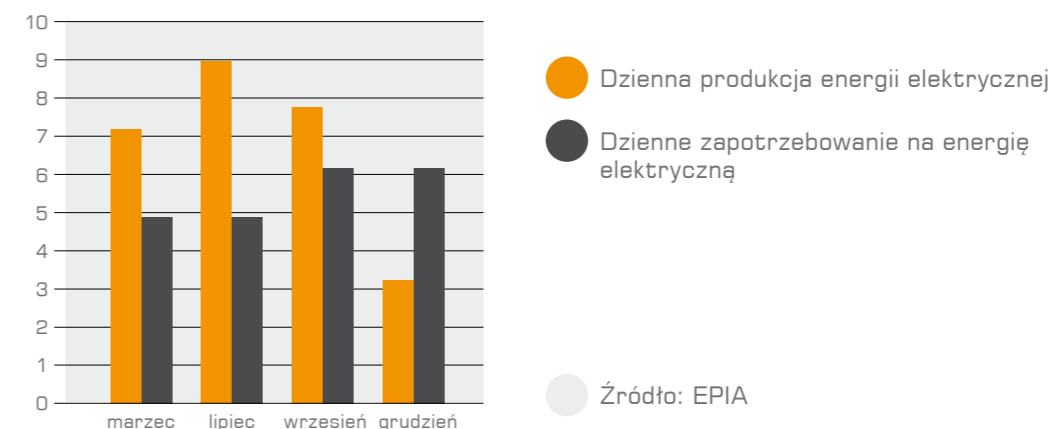
Ekonomika przedsięwzięcia

Ogniwa fotowoltaiczne mogą pracować w połączeniu z siecią elektroenergetyczną lub w sieciach wydzielonych z wykorzystaniem akumulatorów. W jednym i drugim przypadku odpowiednie napięcie i częstotliwość prądu wymagane przez odbiorniki zapewniają przetworniki prądu stałego na zmienny (inwertery).



Źródło: materiały własne

Dla poniższego przykładu obliczeń przyjmuje się, iż roczne zużycie energii elektrycznej przez gospodarstwo domowe wynosi 2000 kWh, co odpowiada średniemu zużyciu na dobę w wysokości 5,5 kWh.



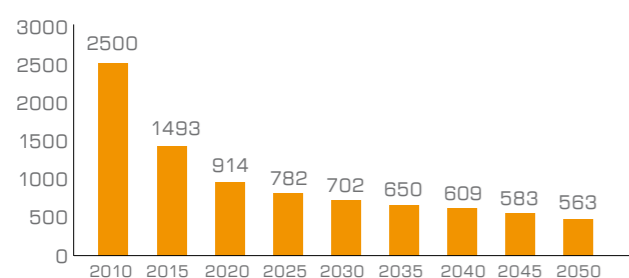
Źródło: EPIA

Uwzględniając to, że latem zapotrzebowanie na energię elektryczną jest mniejsze, a zimą większe, a promieniowanie słoneczne odwrotnie system w warunkach polskich winien być wyposażony co najmniej w ogniwa fotowoltaiczne o mocy 2,5 kWp (p oznacza moc szczytową) i powierzchni 20 m². Koszt takiej instalacji wynosi na początku 2011 r. 30 000 zł, w tym 22 000 zł moduły fotowoltaiczne, 5 000 zł inwerter, a 3 000 zł montaż.

Licząc, że wykorzystanie instalacji osiągnie 25 lat, w tym czasie system wytworzy 50 000 kWh energii elektrycznej, a jej koszt będzie wynosił 30 000 zł / 50 000 kWh= 0,6 zł/kWh. Koszt energii elektrycznej zakupionej od dystrybutorów energii w taryfie G11 w tym samym czasie wynosi 0,485 zł/kWh. To jest odpowiedź na pytanie dlaczego wykorzystanie ogniw fotowoltaicznych w naszym kraju jest takie małe. Szacuje się, że moc zainstalowana na wszystkich modułów PV wynosi 1,3 MW. Ministerstwo Gospodarki opracowuje nowy system wsparcia, który umożliwi rozwój energetyki słonecznej również w Polsce.

Producenci instalacji PV przewidują obniżenie ceny modułów z obecnych 2,5 €/Wp do poziomu 0,7 €/Wp i cenę wytwarzania energii w systemach fotowoltaicznych do 0,08 ÷ 0,05 €/kWh w miarę wzrostu produkcji i rozwoju technologii.

Przewidywana zmiana cen instalacji PV €/kWp



Źródło: EPIA

KOSZT INSTALACJI PV-2,5 KWP	PRODUKTYWNOŚĆ 25-LETNIA	CENA JEDNOSTKI ENERGII
zł	kWh	zł/kWh
30 000	50 000	0,6

5 / GEOTERMIA I POMPY CIEPŁA

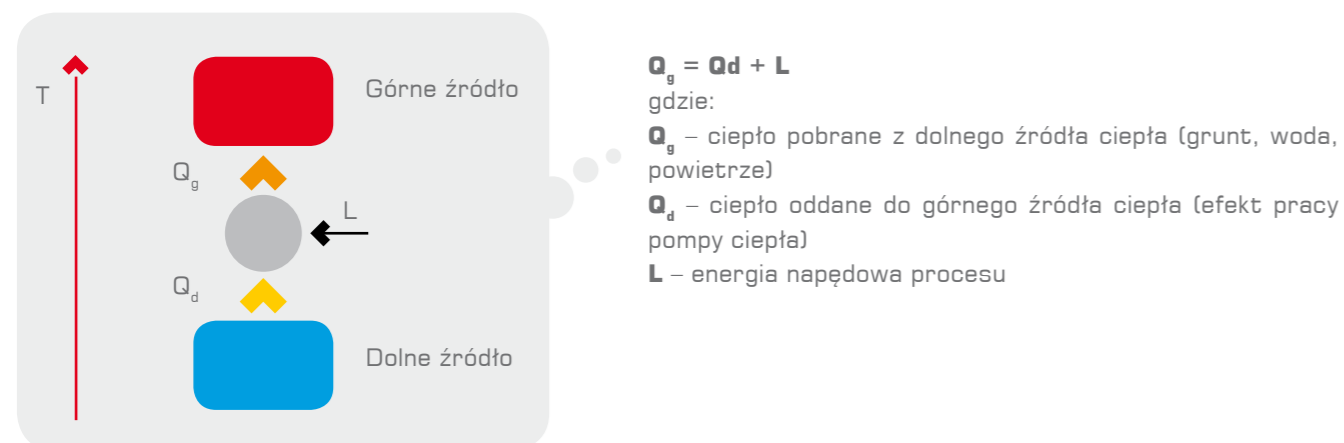
Energia geotermalna lub geotermia to jeden z rodzajów odnawialnych źródeł energii. Zasoby tej energii, zasilane z wnętrza ziemi są dla nas praktycznie niewyczerpalne. Największe zasoby energii geotermalnej znajdują się w obszarach działalności wulkanicznej bądź sejsmicznej. W obszarach tych woda wnikająca w głąb ziemi, podgrzewa się do znacznych temperatur. W wyniku tego wędruje do powierzchni ziemi jako gorąca woda geotermalna i może być bezpośrednio wykorzystana.

Zasoby wód geotermalnych można spotkać w skałach budujących znaczną część naszego kraju przede wszystkim na terytorium Niżu Polskiego, Sudet i Podhala. Do praktycznego zagospodarowania nadają się obecnie wody geotermalne występujące na głębokościach do 3000-4000 m. Temperatury wód w takich złożach osiągają od 30 do 130°C. Przykładem wykorzystania wód geotermalnych do ogrzewania jest Geotermia Podhalańska, która dostarcza ciepło do większości domów w Zakopanem.

Wraz z rozwojem techniki oraz obniżeniem kosztów pozyskania gorących wód z większych głębokości udział geotermii w ogrzewaniu będzie wzrastał.

Ciepło niskotemperaturowe z płytszych warstw ziemi wykorzystane może być w pompach ciepła. Pompa ciepła wymusza przepływ ciepła z obszaru o niższej temperaturze (dolnego źródła ciepła Q_d) do obszaru o wyższej temperaturze (górnego źródła ciepła Q_g). Niezbędna dla wymuszenia przepływu ciepła praca L wykonywana jest typowo przez silnik elektryczny napędzający sprężarkę pompy ciepła. Pompa ciepła wymaga wykorzystania przemian fazowych – parowania i skraplania – czynnika w zamkniętym obiegu; przepływ czynnika wymusza typowo sprężarkę. Pompy ciepła działają podobnie jak urządzenia chłodnicze, pracują w wyższym zakresie temperatur i mogą być wykorzystane, jako urządzenia rewersyjne do chłodzenia.

Bilans energetyczny pompy ciepła przedstawiono poniżej.



Skuteczność energetyczna pompy ciepła określana jest przez współczynnik wydajności grzewczej pompy ciepła COP (Coefficient of Performance) COP:
 $COP = Q_g / L$

Dla typowych przypadków, COP wynosi od 3 do 4. Współczynnik COP jest tym wyższy, im niższa jest różnica temperatur pomiędzy górnym i dolnym źródłem ciepła.

Typowo, pompa ciepła wymusza przepływ ciepła z warstwy gruntu o temperaturze ok. 10°C do obszaru o wyższej temperaturze, na przykład do wnętrza budynku o temperaturze 20°C. Dla ogrzania budynku, pompa dostarcza ciepło w postaci ciepłej wody lub ciepłego powietrza, o temperaturze ok. 40°C.

Pompa ciepła dostarcza ciepło o stosunkowo niskiej temperaturze. Wymaga zastosowania specjalnych systemów ogrzewania, na przykład ogrzewania podłogowego. Nadaje się do podgrzania ciepłej wody na cele użytkowe. Pompy ciepła stosowane są również w systemach odzysku ciepła: wykorzystać można powietrze usuwane z pomieszczeń, jako źródło zasilania pompy ciepła do podgrzania powietrza nawiewanego lub ciepłej wody.

Praca pompy ciepła wymaga dostarczenia energii do napędu urządzeń, typowo energii elektrycznej. Jednak uzysk ciepła jest typowo 3-4 krotnie wyższy od zużycia energii elektrycznej do napędu pompy. Z tego powodu pompa ciepła jest urządzeniem, które podnosi efektywność wykorzystania energii elektrycznej. Jest formą odnawialnego źródła energii w tym zakresie, w jakim dostarcza więcej energii do ogrzewanego obszaru niż energia wykorzystana do wytwarzania energii elektrycznej.

Pompa ciepła, dla budynków na obszarach poza zasięgiem systemów ciepłowniczych i zasilanych w gaz ziemny może stanowić atrakcyjną metodę ogrzewania. Typowym zewnętrznym źródłem ciepła jest wymiennik gruntowy: poziomy wymiennik ciepła umieszczony w gruncie lub pionowe sondy wiercone na głębokość 50-100. Dobór zewnętrznego źródła ciepła jest dobierany indywidualnie. Ze względu na stosunkowo niską temperaturę wody podgrzewanej w pompie ciepła, decyzja o zastosowaniu pompy ciepła powinna być podjęta w trakcie projektowania nowego, dobrze zaizolowanego budynku.

Pompa ciepła doskonale współpracuje z kolektorami słonecznymi do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Jak dla każdego budynku, decyzja o wyborze źródła ciepła powinna być poprzedzona analizą techniczną i ekonomiczną. Pompy ciepła zostały zainstalowane między innymi, w budynku szkoły podstawowej w Cedrach Małych. Instalacja pomp ciepła została poprzedzona termomodernizacją budynku, w którym wymieniono okna, ocieplono ściany zewnętrzne i ocieplono stropodach.

Budynek szkoły w Cedrach Wielkich
Źródło: materiały własnePompy ciepła o mocy 120 kW
Źródło: materiały własne

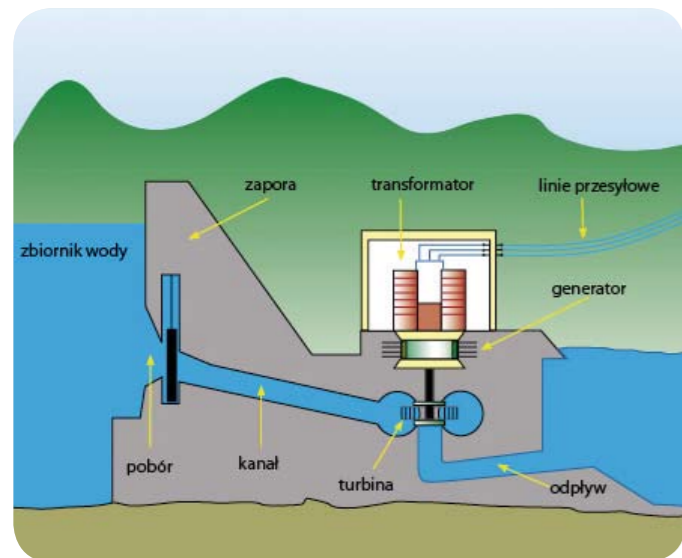
6 / ENERGIA WODNA

Obecnie w Polsce energia płynącej wody jest najlepiej rozpoznany odnawialnym źródłem energii. Przed wojną, a nawet jeszcze w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku, na naszych rzekach pracowało ponad 7 tysięcy małych siłowni wodnych. Były to nie tylko elektrownie wodne, ale siłownie: przede wszystkim młyny i kuźnie, papiernie, czy tartaki.

Do naszych czasów w stanie umożliwiającym wykorzystanie lub odbudowę urządzeń wodno-energetycznych dostrawo ok. 700 stopni wodnych. Obecnie odbudowywane stopnie wykorzystuje się najczęściej do instalacji turbiny wodnej, ponieważ przetworzenie energii wody na energię elektryczną daje możliwość wyboru co do sposobu jej wykorzystania: do napędu kół młyńskich, młynów papierniczych, czy też do zasilenia komputera⁵.

Do najczęstszych rozwiązań technicznych należą:

- elektrownie przepływowe – budowane na wartkich rzekach, gdzie wykorzystuje się nurt do napędu turbiny połączonej z generatorem energii elektrycznej;



Schemat elektrowni wodnej
Źródło: www.agroenergetyka.pl

- elektrownie szczytowo-pompowe – w których wykorzystuje różnicę poziomów między zbiornikiem wody górnym a dolnym; w okresach wysokiego zapotrzebowania na energię jest ona produkowana za pomocą wody z górnego zbiornika; w okresach nocnych „poza szczytem” woda z dolnego zbiornika jest pompowana do zbiornika górnego; w związku z tym taka elektrownia nie jest w pełni odnawialnym źródłem energii.

Wytworzona energia elektryczna przekazywana jest do sieci elektroenergetycznych.

Największą w województwie pomorskim, a jednocześnie w Polsce, elektrownią wykorzystującą energię zakumulowaną w wodzie jest elektrownia szczytowo-pompowa w Czymanowie nad jeziorem Żarnowieckim.

Górny zbiornik wodny elektrowni stanowi zbiornik Czymanowo – sztuczne jezioro o powierzchni 122 ha i pojemności 13 milionów metrów sześciennych wybudowane w miejscu dawnej wsi Kolkowo. Zbiornik dolny stanowi natomiast Jezioro Żarnowieckie.

Elektrownia wyposażona jest w cztery jednakowe hydrozespoły odwracalne o mocy:



4 x 200 MW = 800 MW dla pracy pompowej
4 x 179 MW = 716 MW dla pracy turbinowej

Źródło: www.wikipedia.org

⁵ Źródło: Katarzyna Trojanowska, materiały własne

Małe elektrownie wodne

W okolicach Trójmiasta położone są elektrownie na Raduni, Wierzycy, Słupi i Łupawie. Najwięcej jest ich na Raduni – dziewięć. Tak intensywne wykorzystanie rzek Pomorza bierze się stąd, iż są to rzeki o... podgórnym charakterze przepływu, a więc o dużym spadzie, bystrym nurcie, płynące po podłożu trudno przepuszczalnym, dlatego przegrodzenie ich zmniejsza ryzyko wystąpienia powodzi. Większość z nich zbudowano w uprzednim wieku.

Elektrownie wodne na Raduni od góry w dół rzeki, w nawiasie podano rok budowy:

Rutki	0,54 MW	(1910 r.)
Łapino	2,296 MW	(1925 r.)
Bielkowo	7,200 MW	(1923 r.)
Straszyn	2,411 MW	(1910 r.)
Prędziszyn	0,872 MW	(1938 r.)
Kuźnice	0,781 MW	(1935 r.)
Juszkowo	0,232 MW	(1937 r.)
Pruszcz I	0,100 MW	(1921 r.)
Pruszcz II	0,250 MW	(2005 r.)

Na Wierzycy:

Czarnocińskie Piec	0,136 MW	(1906 r.)
Owidz	0,250 MW	(1911 r.)
Kolincz	0,407 MW	(1912 r.)
Stocki Młyn	0,360 MW	(1908 r.)

Ogółem 13 elektrowni wodnych o łącznej mocy zainstalowanej 15 MW i produkcji rocznej energii elektrycznej: ok. 40 000 MWh.



Budynek elektrowni w Straszynie, fot. Katarzyna Trojanowska

7 / BIOPALIWA TRANSPORTOWE

Biopaliwa to nazwa ogólna dla paliw stosowanych w transporcie, które są otrzymywane z upraw takich jak rzepak, pszenica czy buraki cukrowe oraz z odpadów organicznych jak zużyte oleje, odpady żywności oraz obornik. Wytworzone biopaliwa ciekłe dodawane do innych paliw nazywane są biokomponentami.

Występują trzy główne biopaliwa:

Biodiesel – jest to paliwo zbliżone do oleju napędowego, które może być stosowane w postaci mieszanki z olejem napędowym, w większości konwencjonalnych silników diesla. Paliwo to jest produkowane z olejów roślinnych takich jak rzepakowy, słonecznikowy lub zużytego oleju spożywczego.

Bioetanol – może być mieszany w niewielkiej ilości z benzyną stosowaną w konwencjonalnych silnikach benzynowych. Wyższe domieszki bioetanolu są stosowane jedynie w specjalnie przystosowanych pojazdach. Etanol jest otrzymywany w procesie fermentacji cukrów pozyskanych z roślin takich jak buraki cukrowe lub pszenica.

Biometan – jest produktem fermentacji odpadów organicznych, takich jak obornik czy odpady żywności. Gaz otrzymany w tym procesie rozkładu odpadów jest oczyszczany do 95% metanu i może być stosowany w pojazdach zaprojektowanych do stosowania gazu ziemnego.

Prowadzone są prace nad biopaliwami II generacji, gdzie biopaliwa produkowane będą z biomasy (słoma, odpady drzewne).

Głównymi zaletami biopaliw jest to, że do ich produkcji wykorzystywane są odnawialne zasoby energii, zmniejszone jest zużycie surowców naturalnych (ropy naftowej, gazu ziemnego) oraz że emisja gazów cieplarnianych w całym cyklu produkcji i zużycia biopaliw jest niższa w porównaniu z paliwami kopalnymi.

Biopaliwa mogą być produkowane lokalnie. Biopaliwa prowadzą do ograniczenia emisji węgla w transporcie, jak również uniezależnienia Polski i Europy od importu ropy.

Unia Europejska planuje stopniowe zwiększanie udziału biopaliw w zużyciu paliw transportowych. Obecnie w każdym litrze benzyny i oleju napędowego jest 5-7% biokomponentów i zawartość ta rośnie. Coraz szerzej stosowane są pojazdy, w których stosować można czyste biopaliwa lub paliwa transportowe z udziałem biokomponentów ponad 10%.

W Polsce stosowanie biopaliw jest wspierane przez system zachęt finansowych dla producentów i użytkowników. Polska dzięki potencjałowi rolnictwa może być eksporterem biopaliw do innych krajów Unii Europejskiej.

Przykładem pierwszych rozwiązań stosowania biopaliw były autobusy napędzane biodieslem w wielu miastach europejskich. Spowodowało to znaczne obniżenie emisji zanieczyszczeń, w tym groźnych substancji rakotwórczych. Charakterystyczny dla tych rozwiązań jest zapach frytek wydzielający się z rury wydechowej.

W Słupsku jeżdżą autobusy zasilane bioetanołem. Szereg innych miast rozważa zastosowanie autobusów zasilanych biopaliwami.

8 / ZAŁĄCZNIK – UŻYTECZNE LINKI

Mapa odnawialnych źródeł energii

<http://www.ure.gov.pl/uremapoze/mapa.html>

Prawo energetyczne

http://www.ure.gov.pl/portal/pl/25/17/Ustawa_z_dnia_10_kwietnia_1997_r__Prawo_energetyczne.html

Rozwój rynku biopaliw w Polsce i Europie

<http://www.bape.com.pl/LinkClick.aspx?fileticket=AmbTJ99aUwA%3d&tabid=168&mid=546>

Poradnik użytkownika pelet drzewnych

<http://www.bape.com.pl/LinkClick.aspx?fileticket=BSJbkgaqeHM%3d&tabid=312&mid=697>

Dyrektywa 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych

http://www.bape.com.pl/Portals/0/Dyrektywa2006_32_WE.pdf

Polityka energetyczna Polski do 2030 r.

<http://www.mg.gov.pl/Gospodarka/Energetyka/Polityka+energetyczna>





