

06. ENERGIA ODNAWIALNA

Spis treści:

6.1. Wprowadzenie	1
6.2. Energia słoneczna	3
6.3. Energia wodna	8
6.4. Energia wiatru	11
6.5. Energia geotermalna	15
6.6. Biomasa	20
6.7. Energia biogazu oraz odpadów bytowo -gospodarczych	24

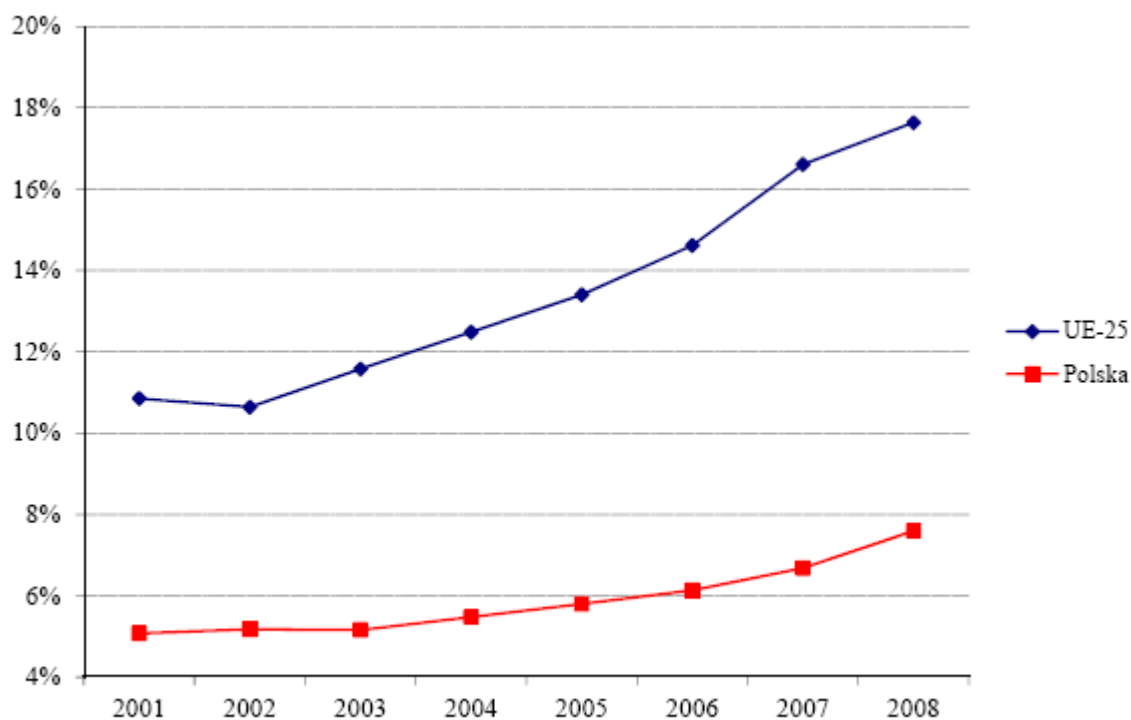
6.1. Wprowadzenie

Tematem niniejszego rozdziału jest ocena stanu aktualnego oraz możliwości wykorzystania zasobów energii odnawialnej na terenie miasta Brzeg. Ustawa Prawo energetyczne (Dz.U. z 2006 r., Nr 89, poz. 625 z późn. zm.) w zakresie odnawialnych źródeł energii nakłada obowiązek zakupu przez przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się obrotem energią elektryczną (w zakresie określonym w Rozporządzeniu) energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii przyłączonych do sieci oraz jej odsprzedaży bezpośrednio lub pośrednio odbiorcom dokonującym zakupu energii elektrycznej na własne potrzeby.

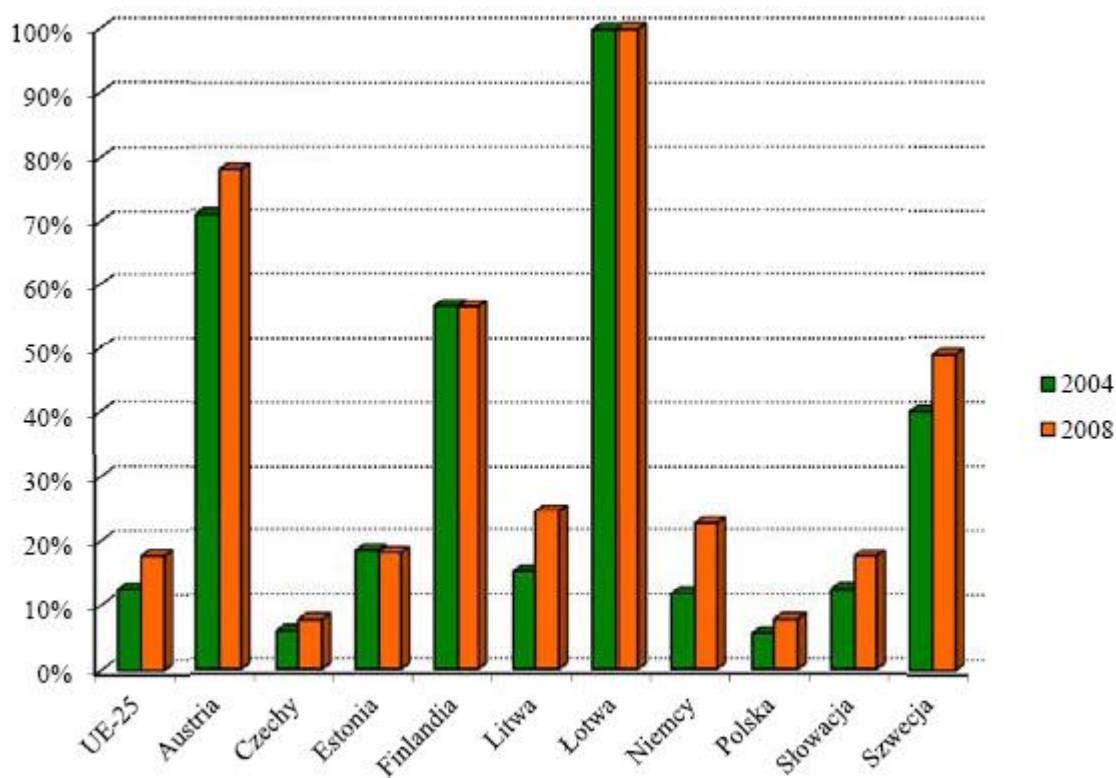
Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii, nowe poziomy obowiązek zakupu energii z odnawialnych źródeł kształtują się następująco:

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

Udział energii ze źródeł odnawialnych w pozyskaniu energii pierwotnej ogółem w UE i Polsce w latach 2001 – 2008 przedstawia rysunek 1. Natomiast na rysunku 2 przedstawiono udział energii z OZE w pozyskiwaniu energii pierwotnej w wybranych krajach UE w latach 2004 -2008.



Rys.1. Udział energii ze źródeł odnawialnych w pozyskaniu energii pierwotnej ogółem w UE i Polsce w latach 2001 - 2008



Rys.2. Udział energii z OZE w pozyskiwaniu energii pierwotnej w wybranych krajach UE w latach 2004 - 2008

6.2. Energia słoneczna

W Polsce generalnie istnieją dobre warunki do wykorzystania energii promieniowania słonecznego przy dostosowaniu typu systemów i właściwości urządzeń wykorzystujących tę energię do charakteru, struktury i rozkładu w czasie promieniowania słonecznego. Największe szanse rozwoju w krótkim okresie mają technologie konwersji termicznej energii promieniowania słonecznego, oparte na wykorzystaniu kolektorów słonecznych. Ze względu na wysoki udział promieniowania rozproszonego w całkowitym promieniowaniu słonecznym, praktycznego znaczenia w naszych warunkach nie mają słoneczne technologie wysokotemperaturowe oparte na koncentratorach promieniowania słonecznego.

Ze względu na fizyko-chemiczną naturę procesów przemianom energetycznych promieniowania słonecznego na powierzchni Ziemi wyróżnić można trzy podstawowe i pierwotne rodzaje konwersji:

- konwersję fotochemiczną energii promieniowania słonecznego prowadzącą dzięki fotosyntezie do tworzenia energii wiązań chemicznych w roślinach w procesach asymilacji,
- konwersję fototermiczną prowadzącą do przetworzenia energii promieniowania słonecznego na ciepło,
- konwersję fotowoltaiczną prowadzącą do przetworzenia energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną.

Z punktu widzenia wykorzystania energii promieniowania słonecznego w kolektorach płaskich najistotniejszymi parametrami są roczne wartości nasłonecznienia (insolacji) - wyrażające ilość energii słonecznej padającej na jednostkę powierzchni płaszczyzny w określonym czasie.

Na rysunku poniżej i w tabeli poniżej pokazano rozkład sum nasłonecznienia na jednostkę powierzchni poziomej wg Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej dla wskazanych rejonów kraju, w tym obszaru miasta Brzeg.



Rys.3. Rejonizacja średniorocznych sum promieniowania słonecznego całkowitego padającego na jednostkę powierzchni poziomej w kWh/m²/rok

Liczyby na rysunku wskazują całkowite zasoby energii promieniowania słonecznego w ciągu roku dla wskazanych rejonów kraju. Dla miasta Brzeg roczna gęstość promieniowania słonecznego waha się w granicach 962 – 985 kWh/m².

Roczna gęstość promieniowania słonecznego w Polsce na płaszczyznę poziomą waha się w granicach 950 - 1250 kWh/m², natomiast średnie usłonecznienie wynosi 1600 godzin na rok. Warunki meteorologiczne charakteryzują się bardzo nierównym rozkładem promieniowania słonecznego w cyklu rocznym. Około 80 % całkowitej rocznej sumy nasłonecznienia przypada na sześć miesięcy sezonu wiosenno-letniego, od początku kwietnia do końca września, przy czym czas operacji słonecznej w lecie wydłuża się do 16 godz./dzień, natomiast w zimie skraca się do 8 godzin dziennie.

Tab.1. Potencjalna energia użyteczna w kWh/m²/rok w wyróżnionych rejonach Polski

Rejon	Rok (I-XII)	Półrocze letnie (IV-IX)	Sezon letni (VI-VIII)	Półrocze zimowe (X-III)
Pas nadmorski	1076	881	497	195
Wschodnia część Polski	1081	821	461	260
Centralna część Polski	985	785	449	200
Zachodnia część Polski z górnym dorzeczem Odry	985	785	438	204
Południowa część polski	962	682	373	280
Połud.niowo-zachodnia część polski obejmująca obszar Sudetów z Tuchowem	950	712	393	238

Źródło: Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej

Nie wszystkie regiony Polski cechują się wysokim udziałem energii słonecznej. Dla potrzeb pozyskiwania energii słonecznej wykonano podział przydatności poszczególnych regionów dla energetyki wykorzystującej energię słoneczną. Wyróżniono 11 regionów: I - Nadmorski; II - Pomorski; III - Mazursko - Siedlecki; IV - Suwalski; V - Wielkopolski; VI - Warszawski; VII - Podlasko - Lubelski; VIII - Śląsko - Mazowiecki; IX - Świętokrzysko-Sandomierski; X - Górnśląski; XI - Podgórski.



Rys.4. Regiony Polski wykorzystujące energię słoneczną

Energię słoneczną można wykorzystać do produkcji energii elektrycznej i do produkcji ciepłej wody. Z tego też względu wyróżniamy dwie metody jej przetwarzania: heli termiczną oraz helioelektryczną.

Metoda heli termiczna polega na przemianie promieniowania słonecznego w ciepło, doprowadzane następnie do turbiny napędzającej generator, wytwarzający energię elektryczną. Elementami w niej stosowanymi są heliostaty, czyli zwierciadła ogrzewane energią Słońca, kierujące odbite promienie na absorber. Absorber umieszczony jest centralnie na wysokiej wieży i składa się z rurek ogniskujących na sobie odbite od heliostatów promieniowanie słoneczne. Wewnątrz rurek absorbera krąży czynnik roboczy (sód, lit, azotan potasu), którego pary napędzają turbinę. Moc znamionową elektrowni słonecznych określa się w warunkach znormalizowanych, za które uznano napromieniowanie 1 kW/m^2 przy temperaturze $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Elektrownie słoneczne charakteryzują się wysokimi kosztami eksploatacyjnymi, co powoduje, że większe nadzieje wiąże się z wykorzystaniem energii słonecznej w małych instalacjach do produkcji gorącej wody przy pomocy kolektorów słonecznych. Są to urządzenia energetyczne, które zaabsorbowaną energię promieniowania słonecznego przetwarzają w energię cieplną, tzw. konwersja termiczna.

Kolektory słoneczne umieszczone na dachu domu umożliwiają ogrzanie wody do $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, co wystarcza przy ogrzewaniu podłogowym. Stosowane są układy wykorzystujące współpracę dachowych kolektorów słonecznych i pompy ciepła wspomagane niekiedy ogrzewaczem elektrycznym na tanią nocną energię elektryczną. Kolektory słoneczne podgrzewające wodę do temperatury około $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ wykorzystywane są zarówno w rolnictwie, jak i do ogrzewania basenów kąpielowych oraz do wytwarzania ciepłej wody użytkowej tam, gdzie nie ma systemów ciepłowniczych. Udział konwersji termicznej w bilansie energetycznym kraju jest na razie marginalny i nie odgrywa znaczącej roli (szacuje się go na poniżej 1%).

Metoda helioelektryczna polega ona na bezpośredniej przemianie energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną za pomocą ogniw fotoelektrycznych. Ogniwa takie przemieniają w energię nie tylko bezpośrednie promieniowanie słońca, lecz także promieniowanie rozproszone (przy zachmurzeniu).

Ogniwa fotoelektryczne są wykonane z krystalicznego krzemu, arsenku galu lub siarczku kadmu. Przodują w ich budowie USA, Japonia, Francja. Energia słoneczna pozyskiwana metodą fotowoltaiczną znajduje w naszym życiu coraz to szersze zastosowanie. Na co dzień spotkać się z nią możemy korzystając chociażby z kalkulatorów kieszonkowych, lampek ogrodowych, czy sygnalizacji drogowej. Obecnie można nawet spotkać prototypy

samochodów zasilanych z baterii słonecznych umieszczonych na dachu, które osiągają prędkości nawet do 130 km/h.

Oprócz metod heliologicznej i helioelektrycznej istnieje jeszcze trzecia metoda pozyskiwania energii ze Słońca, a mianowicie **fotosynteza**. Polega ona na asymilacji przez rośliny, przy pomocy światła słonecznego, dwutlenku węgla z powietrza. Dzięki temu tworzy się energia biomasy, która może być później przekształcona na energię cieplną, elektryczną lub paliwa płynne. Elektrownie słoneczne odznaczają się wysokimi kosztami eksploatacyjnymi, co powoduje, że większe nadzieje wiąże się z wykorzystaniem energii słonecznej w małych instalacjach, do produkcji ciepłej wody. Kolektory słoneczne umieszczone na dachu domu umożliwiają ogrzanie wody do 40 °C, co przy ogrzewaniu podłogowym wystarcza do ogrzania całego domu. Jest to najmniej znana forma energii przy jednocześnie znacznym jej potencjale. W szerokości geograficznej Europy środkowej promieniowanie na płaszczyznę kolektora pochyloną pod kątem 45° w kierunku południowym wynosi rocznie 1200 kW/m². W Polsce mamy do czynienia z bardzo nierównym rozkładem promieniowania słonecznego w cyklu rocznym. Około 80 % całkowitej rocznej sumy nasłonecznienia przypada na sześć miesięcy wiosenno-letnich.

Obecnie w użytkowaniu znajduje się 50-60 kolektorów powietrznych i cieczowych o łącznej powierzchni ok. 6000 m², pracujących przez 300-600 godzin rocznie każdy i wykorzystywanych do suszenia zbóż oraz podgrzewania wody użytkowej. Ogniwa fotowoltaiczne, które przetwarzają bezpośrednio energię słoneczną na energię elektryczną, praktycznie w naszym kraju nie są obecnie stosowane. Potencjał techniczny dla wykorzystania energii słonecznej jest bardzo znaczny i wynosi rocznie 1340 PJ. Wykorzystywane jest zaledwie 0,01 PJ, czyli zaledwie 0,0008 %.

Płaskie kolektory mogą być stosowane z powodzeniem we wszystkich szerokościach geograficznych naszego kraju. Warunki nasłonecznienia Polski nie wykazują większych różnic z Niemcami, czy środkową i północną Francją, natomiast są korzystniejsze niż na przykład w Wielkiej Brytanii czy krajach skandynawskich. Oferta kompletnej instalacji dla 3-4 osób korzystających z ciepłej wody: 6000-9000 zł. Wymagania stawiane instalacji C.O. wykorzystującej w maksymalnym stopniu energię słoneczną do ogrzewania mieszkania to przede wszystkim zastosowanie dużej powierzchni kolektorów (dla domku o powierzchni 100 m²). W polskich warunkach powierzchnia kolektorów słonecznych powinna wynosić minimum 25 m², optymalna powierzchnia 50 m². Przy zastosowaniu 25 m² kolektorów, koszt instalacji wynosi 25000 zł. Mogą wystąpić dodatkowe koszty przy zwiększonej powierzchni grzejników

o co najmniej 2000-3000 zł w stosunku do tradycyjnego rozwiązania. Dodatkowy zbiornik buforowy, co najmniej 500 l to dodatkowy koszt około 5000 zł. W przypadku zastosowania kotła kondensacyjnego to dodatkowy koszt, droższy od zwykłego o około 3500 zł. Rozbudowana automatyka pogodowa to również dodatkowy koszt około 2500 zł. Zwiększony zasobnik ciepłej wody, co najmniej 300 l to dodatkowy koszt około 2500 zł. Wykonanie instalacji kolektora to dodatkowy koszt około 2000 zł. Razem dodatkowy koszt na wykonanie instalacji c.o. wynosi 40500 zł. Możliwe oszczędności mogą osiągnąć kwotę 2800-3200 zł/rok; Czas zwrotu wynosi: 12,6 lat.

Zastosowanie kolektorów słonecznych:

- w rolnictwie,
- ciepła woda,
- baseny kąpielowe,
- suszenie zbóż,
- C.O.

Obecne wykorzystanie energii słonecznej nie ma większego znaczenia w gospodarce energetycznej tak wojewódzkiej jak i w skali lokalnej. Jednak na terenie województwa opolskiego a tym samym miasta Brzeg powstają pierwsze instalacje wykorzystujące energię solarną. Przewiduje się, iż tego typu solarne instalacje będą jednym z kierunków rozwoju OZE na terenie miasta Brzeg.

6.3. Energia wodna

Podstawowym warunkiem dla pozyskania energii potencjalnej wody jest istnienie w określonym miejscu znacznego spadku dużej ilości wody. Dlatego też budowa elektrowni wodnej ma największe uzasadnienie w okolicy istniejącego wodospadu lub przepływowego jeziora leżącego w pobliżu doliny. Miejsca takie jednak nie często występują w przyrodzie, dlatego też w celu uzyskania spadku wykonuje się konieczne budowle hydrotechniczne. Najczęściej stosowany sposób wytwarzania spadku wody polega na podniesieniu jej poziomu w rzece za pomocą jazu, czyli konstrukcji piętrzącej wodę w korycie rzeki lub zapory wodnej - piętrzącej wodę w dolinie rzeki. Do rzadziej stosowanych sposobów uzyskiwania spadku należy obniżenie poziomu wody dolnego zbiornika poprzez wykonanie koniecznych prac ziemnych. W przypadku przepływowej elektrowni wodnej jej moc chwilowa zależy ściśle od chwilowego

dopływu wody, natomiast elektrownia wodna zbiornikowa może wytwarzać przez pewien czas moc większą od mocy odpowiadającej chwilowemu dopływowi do zbiornika.

W naszym kraju udział energetyki wodnej w ogólnej produkcji energii elektrycznej wynosi zaledwie 1,5 %. Teoretyczne zasoby hydroenergetyczne naszego kraju wynoszą ok. 23 tys. GWh rocznie. Zasoby techniczne szacuje się na ok. 13,7 tys. GWh/rok. Wielkość ta to niemal 10 % energii elektrycznej produkowanej w naszym kraju. Powyższe dane obejmują jedynie rzeki o znaczących przepływach. Przy uwzględnieniu pozostałych rzek, kwalifikujących się jedynie do budowy małych elektrowni wodnych (MEW), ich wartość jeszcze wzrośnie.

Potencjalne realne wykorzystanie zasobów wodno-energetycznych wiąże się z wieloma ograniczeniami i stratami, z których najważniejsze to:

- nierównomierność natężenia przepływu w czasie,
- naturalna zmienność wysokości spadu,
- sprawność stosowanych urządzeń do przetwarzania energii wody w mechaniczną,
- bezzwrotne pobory wody dla celów nieenergetycznych,
- konieczność zapewnienia min. przepływu wody w korycie rzeki poza elektrownią.

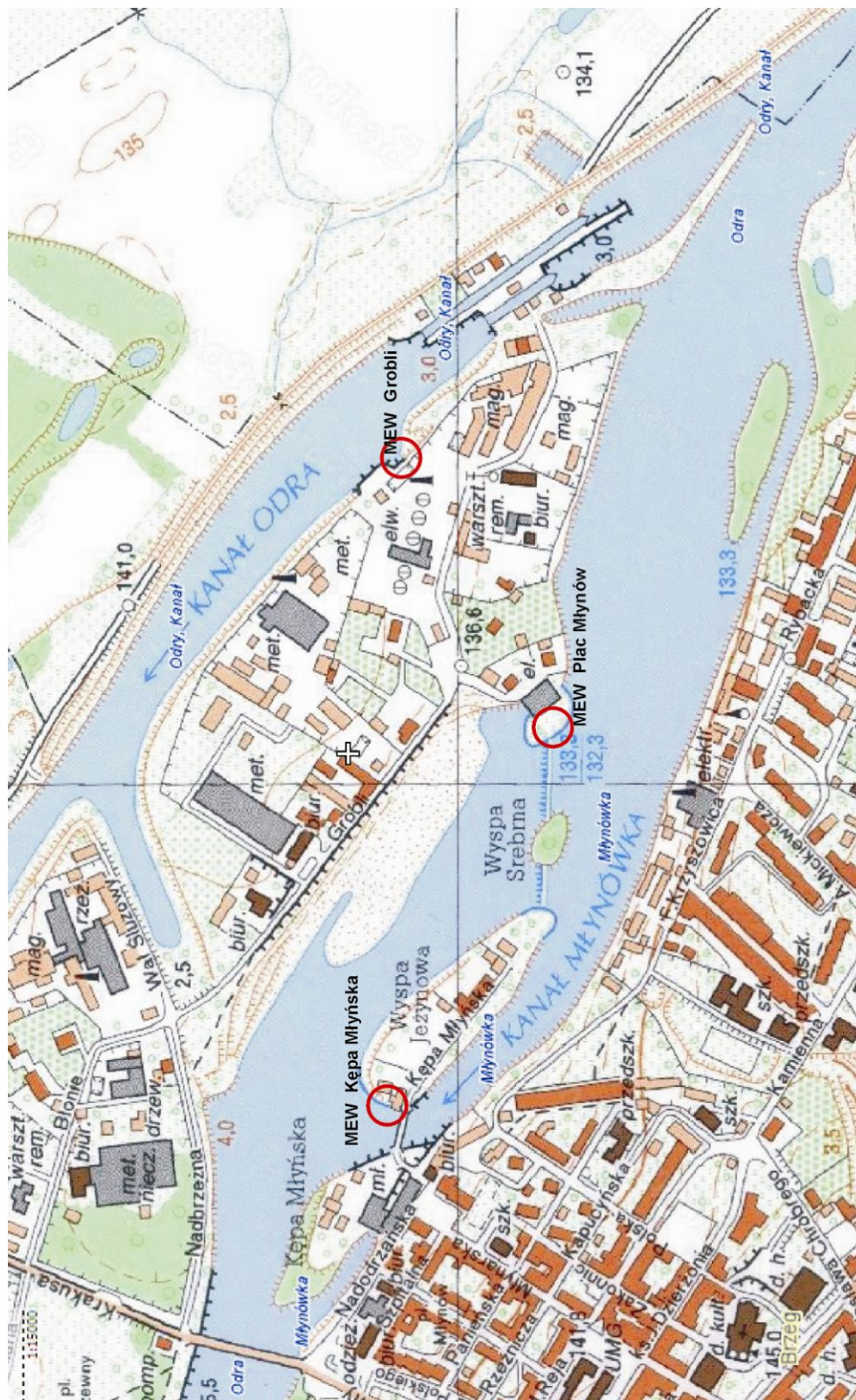
Powyższe ograniczenia powodują, że rzeczywisty potencjał (zwany technicznym) jest znacznie mniejszy od teoretycznego. Stosunkowo duże nakłady inwestycyjne na budowę elektrowni wodnej powodują, że celowość ekonomiczna ich budowy szczególnie dla MEW (Małych Elektrowni Wodnych) na rzekach o małych spadkach jest często problematyczna. Koszt jednostkowy budowy MEW, w porównaniu z większymi elektrowniami jest bardzo wysoki. Dlatego też podjęcie decyzji o jej budowie musi być poprzedzone głęboką analizą czynników mających wpływ na jej koszt z jednej strony oraz spodziewanych korzyści finansowych z drugiej. Dla przykładu nakłady inwestycyjne dla mikroelektrowni o mocy do 100 kW wynoszą od 1900 do 2500 zł/kW.

Na terenie miasta Brzeg zlokalizowane są instalacje OZE wykorzystujące energię wód w postaci Małych Elektrowni Wodnych MEW.

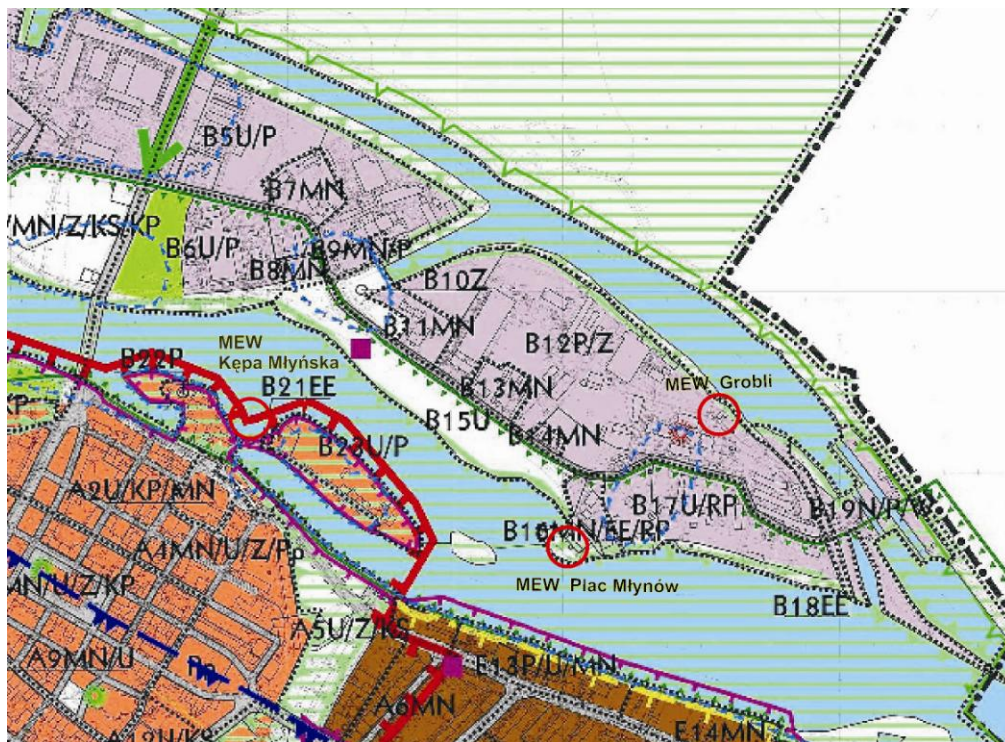
Należą do nich:

- MEW Plac Młynów o mocy ok. 0,2 MW,
- MEW Grobli o mocy ok. 1,5 MW,
- MEW Kępa Młyńska o mocy ok. 0,2 MW.

Łączna moc przyłączeniowa elektrowni –1,9 MW.



Rys.5. Elektrownie wodne zlokalizowane na terenie miasta Brzeg

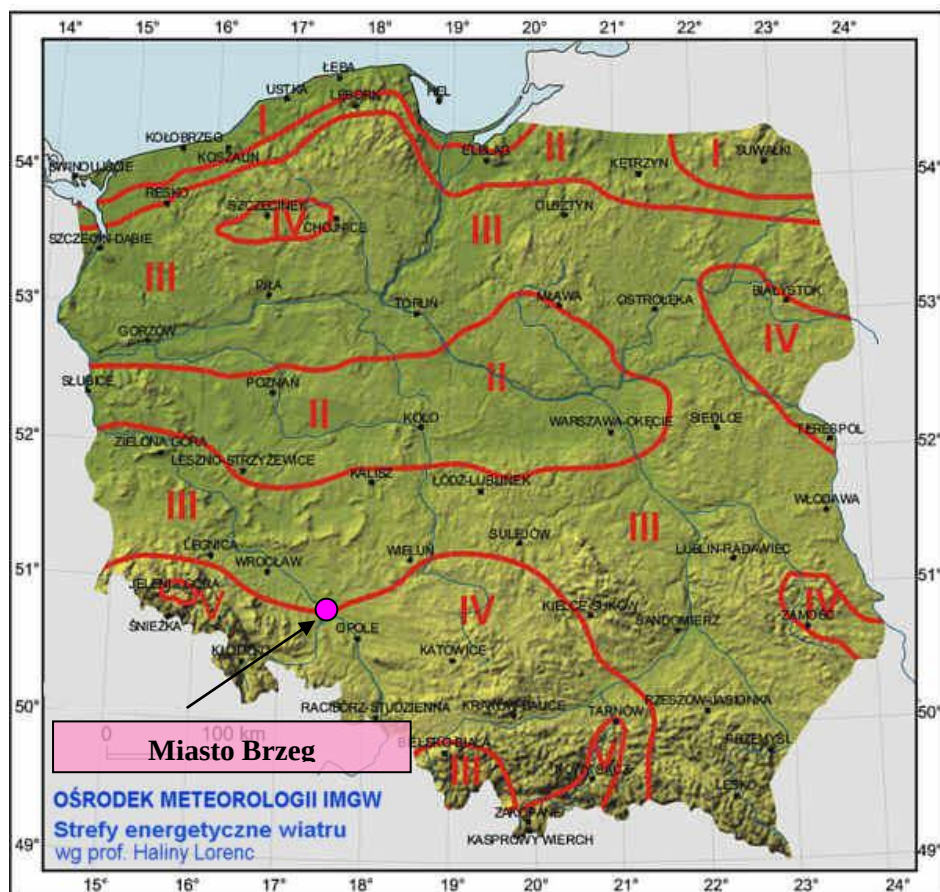


Rys.6. Elektrownie wodne zlokalizowane na terenie miasta Brzeg

4. Energia wiatru

Energetyka wiatrowa wzięła swój początek w Danii, gdzie wybudowano pierwsze duże farmy wiatrowe. Z czasem jednak idea pozyskiwania energii wiatru zaczęła się rozprzestrzeniać na inne kraje. Obecnie największe osiągnięcia w tej dziedzinie mają Niemcy i Stany Zjednoczone. Eksperci z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej uważają, że 40 % terytorium Polski spełnia warunki do produkcji energii z wiatru. Teren ten obejmuje Nizinę Szczecińską, pasmo łądu wzdłuż wybrzeża Bałtyku od Koszalina do rejonu Suwałk. W Polsce centralnej dobre wiatry odnotowywane są w Gnieźnie, na Pomorzu i Mazowszu, jak również na południu kraju - w Beskidzie i rejonie Bieszczad. Należy więc uznać, że Polska ma niewiele gorsze warunki do rozwoju energetyki wiatrowej, a niżeli Niemcy.

Tam jednak moc zainstalowanych siłowni wiatrowych jest 500 razy większa a niżeli w Polsce. Szacuje się, iż przy odpowiednich mechanizmach finansowania tych inwestycji oraz zapewnieniu zbytu wyprodukowanej energii posiadamy dogodne warunki na zainstalowanie elektrowni wiatrowych o łącznej mocy 3000 MW.



Rys. 5. Strefy energetyczne wiatru

Wadą elektrowni wiatrowych mogą być emitowane dźwięki oraz ich ujemny wpływ na otoczenie. Dlatego też niezwykle ważnym jest ich właściwa lokalizacja przygotowana w oparciu o solidne oceny oddziaływania inwestycji na środowisko. Wiele państw rozważa obecnie budowę farm wiatrowych wysuniętych na platformach w głąb morza.

Obecnie na terenie Województwa Opolskiego nie występują elektrownie wiatrowe o mocy mającej wpływ na system elektroenergetyczny. W stanie istniejącym funkcjonuje jedynie elektrownia wiatrowa w Jemielnicy, mająca 3 turbiny o mocy 3x 125 KW. Jednak w najbliższym horyzoncie czasowym ten stan może się zmienić, gdyż praktycznie cały obszar regionu opolskiego pokryty jest planowanymi przyłączeniami tego typu instalacji.

W Polsce brak jest gotowych map wiatru przydatnych dla energetyki wiatrowej, które można by wykorzystać przy planowaniu elektrowni wiatrowych.

Do wykorzystania energii wiatru nadaje się teren, dla którego średnia roczna prędkość wiatru na 70 m n.p.g. jest nie mniejsza niż 6 m/s. Bardzo istotnym i zarazem trudnym elementem jest weryfikacja możliwości budowy farmy.

Przy planowaniu budowy elektrowni wiatrowych ważne jest uzyskanie wstępnej zgody urzędów i instytucji, rozpatrzenie dopuszczalności inwestycji w porozumieniu z ekspertami z zakresu ochrony środowiska.

Uzyskanie odpowiednich technicznych warunków przyłączenia do sieci i zawarcie umowy przyłączeniowej oraz zawarcie kontaktu na sprzedaż wyprodukowanej energii stanowi ważny element przygotowania inwestycji. Z jednej lokalizacji pomiarowej można wykonać charakterystykę wiatrową dla obszaru o promieniu do 10- 20 km w terenie płaskim.

Najczęściej budowanymi obecnie siłowniami są elektrownie wiatrowe o mocy 1,6 MW i 2 MW. W wyniku postępu technicznego w konstrukcji siłowni wiatrowych dotychczasowa prędkość startowa 4 m/s zostanie obniżona do 2,5 m/s, czas eksploatacji rocznej zwiększy się z 1400 do 1800 (2000) godzin, a przedział błędów w obliczeniach produkcji energii oraz dyspozycyjność eksploatacyjna zostanie poprawiona o około 3-4 punkty procentowe. W rezultacie planowanych do wprowadzenia do ustawodawstwa środków pomocowo – prawnych i finansowych dla energetyki wiatrowej, spodziewany jest gwałtowny wzrost inwestycji tego rodzaju. Pomoc powinna zaskutkować szybkim postępem technicznym, który równie szybko zmniejszy różnice kosztów i doprowadzi do uzyskania stanu konkurencyjności naturalnej w energetyce wiatrowej.

Energia elektryczna wyprodukowana w siłowniach wiatrowych uznawana jest za energię czystą, proekologiczną, gdyż nie emituje zanieczyszczeń materialnych do środowiska ani nie generuje gazów szklarniowych. Siłownia wiatrowa ma jednakże inne oddziaływanie na środowisko przyrodnicze i ludzkie, które bezwzględnie należy mieć na uwadze przy wyborze lokalizacji. Dlatego też lokalizacja siłowni i farm wiatrowych podlega pewnym ograniczeniom. Jest rzeczą ważną, aby w pierwszej fazie prac tj. planowania przestrzennego w gminie zakwalifikować bądź wykluczyć miejsca lokalizacji w aspekcie wymagań środowiskowych i innych, wyprzedzająco względem opomiarowania wiatrowego i oferowania lokalizacji inwestorom kapitałowym. W ten sposób postępując uniknie się zbędnych kosztów, straty czasu oraz otwartego konfliktu z mieszkańcami i ekologami.

Wstępna analiza lokalizacyjna powinna obejmować:

- określenie minimalnej odległości od siedzib ludzkich w aspekcie hałasu (w tym infradźwięków),
- wymogi ochrony krajobrazu w odniesieniu do obszarów prawnie chronionych np. parków narodowych, parków krajobrazowych, rezerwatów przyrody itp.,

- wymogi ochrony środowiska przyrodniczego, tj. w aspekcie siedlisk zwierzyny i ptactwa, tras przelotu ptaków i itp.

Analiza ta odnosi się tak do samej siłowni wiatrowej jak i dróg dojazdowych, linii energetycznych napowietrznych lub kablowych wyprowadzenia mocy, oraz innych urządzeń towarzyszących (np. GPZ).

Na tym etapie kwalifikacji należy również odnieść się do wymogów lotnictwa oraz władz wojskowych, jak również wnikliwie zbadać stan prawny własności gruntów pod zabudowę.

W obecnych warunkach występujących w gminie siłownia wiatrowa (farma) może pojawić się jako inwestycja:

- komunalna (inwestorem jest samorząd),
- przedsiębiorstwo produkcyjne w formule Partnerstwa Publiczno- Prywatnego,
- inwestycja firmy zewnętrznej w oparciu o kapitał własny tej firmy.

Trzeci przypadek jest najmniej ryzykowny i przynosi najniższe profity. Organ gminy jedynie musi stworzyć wymagane warunki, aby inwestor zdecydował się na zaangażowanie swoich środków finansowych w danej gminie. Ten przypadek jest najliczniejszy jak dotąd w Polsce.

Gmina może mieć następujące korzyści z elektrowni wiatrowych na swoim terenie:

- zysk z produkcji energii zielonej,
- udział w części zysku z produkcji energii zielonej (PPP i inwestor kapitałowy),
- sprzedaż działki (inwestor kapitałowy),
- renta dzierżawna z działki (inwestor kapitałowy),
- podatek od wartości instalacji energetycznej.

Po wstępnych uzgodnieniach lokalizacyjnych można przystąpić do określania warunków wiatrowych. Prace takie wykonuje firma posiadająca odpowiednie certyfikaty oraz sprzęt i oprogramowanie. Koszty wykonania mapy cyfrowej terenu, opomiarowania i obróbki danych ponieść może gmina jak i ujawniony inwestor kapitałowy. Należy korzystać z pomocy dla gminy z Wojewódzkim Funduszu Ochrony Środowiska, lub w Funduszu celowym Urzędu Marszałkowskiego Województwa Opolskiego wsparcia rozwoju energetyki wiatrowej z głównym przeznaczeniem do pokrywania kosztów opomiarowania wiatru w gminach. Pozyskanie inwestora jest tym łatwiejsze im lepiej jest przygotowana gmina na taką inwestycję.

Na terenie Brzegu nie zainstalowano jak do tej pory żadnej instalacji wykorzystującej energię wiatru. Teren miejski, w tym teren miasta Brzeg jest niekorzystny dla takiego typu instalacji OZE i w przyszłości ten kierunek rozwoju OZE może być wielce utrudniony.

6.5. Energia geotermalna

Geotermia wysokotemperaturowa (głęboka)

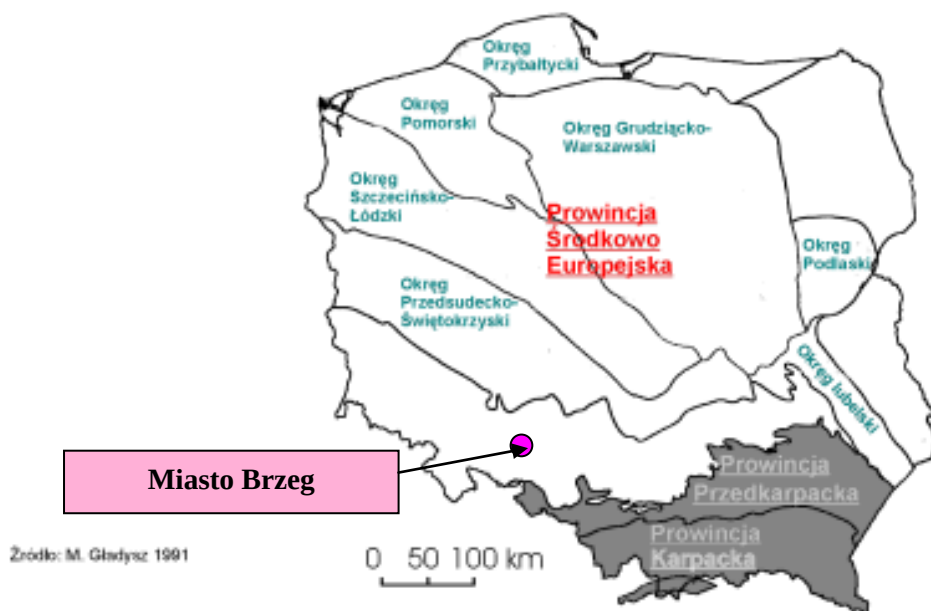
Polska należy do państw posiadających duże zasoby energii geotermalnej o niskiej entalpii (czyli zasoby wód geotermalnych). W opinii wielu naukowców i specjalistów, energia geotermalna powinna być traktowana jako jedno z głównych odnawialnych źródeł energii w naszym kraju. Polska posiada duże zasoby wód geotermalnych. Można je spotkać w skałach budujących przeważającą część naszego kraju. Do praktycznego zagospodarowania nadają się obecnie wody występujące na głębokościach do 3 - 4 km. Temperatury wód w złożach osiągają 20 – 130 °C.

Wyróżniono trzy prowincje geotermalne, w skład których wchodzi rozległe geologiczne baseny sedymentacyjne zawierające liczne zbiorniki wód geotermalnych. Łączna ich powierzchnia wynosi ok. 250 000 km² - ok. 80 % powierzchni kraju (Ney i Sokołowski 1987):

- Prowincja Niziny Polskiej,
- Prowincja Przedkarpacka,
- Prowincja Karpacka.

Interesujące warunki posiadają również Sudety, gdzie wody geotermalne występują w zeszczelinowanych partiach skał krystalicznych i metamorficznych prekambriu i paleozoiku.

Okręgi geotermalne Polski



Rys. 6. Okręgi geotermalne Polski



Rys.7.

Polska – funkcjonujące (1), budowane (2) ciepłownicze zakłady geotermalne oraz uzdrowiska stosujące wody geotermalne (3) w 2005 r. (podział na prowincje i regiony geotermalne wg J.Sokołowskiego red. 1995)

Pomimo dużej i korzystnej bazy zasobowej, energia geotermalna stosowana jest w Polsce jeszcze w bardzo ograniczonym zakresie. Kluczową dziedziną jej zastosowania powinno być ciepłownictwo, co pozwoliłoby na znaczne ograniczenie ilości spalania tradycyjnych paliw i eliminację jego negatywnych skutków. Według danych z 2008 r, zainstalowana moc cieplna wszystkich instalacji wykorzystujących energię geotermalną w Polsce wynosi ok. 171 MWt, a produkcja ciepła osiąga ponad 838 TJ/ r. (tabela 2). Poza ciepłowniami geotermalnymi, (ok. 82 MWt i 306 TJ w 2008 r.), w największym stopniu do podanych liczb przyczynił się w ostatnim okresie rozwój wykorzystania pomp ciepła bazujących na cieple gruntu i płytkich wód gruntowych (przede wszystkim indywidualne budynki mieszkalne, ale także obiekty biurowe i użyteczności publicznej): ok. 80 MWt i ok. 500 TJ/2008. Oprócz ciepłownictwa, wody geotermalne są stosowane w lecznictwie i rekreacji, w pojedynczych przypadkach odzyskuje się z nich dwutlenek węgla i lecznicze sole mineralne, a także stosowane są w systemie kaskadowego zagospodarowania ciepła geotermalnego (ogrodnictwo szklarniowe i pod osłonami foliowymi w podgrzewanej glebie, suszenie drewna, hodowla ryb ciepłolubnych).

Tab.2. Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce

Sposób wykorzystania	Zainstalowana moc cieplna MW	Zużycie ciepła TJ/r
Centralne ogrzewanie i ciepła woda użytkowa*	82,8	306,5
Balneoterapia i pływanie	6,8	26,9
Szklarnie, uprawy w podgrzewanej glebie, hodowla ryb ciepłolubnych, suszenie drewna	1,0	4,0
Inne – odzysk CO ₂ , Soli mineralnych	0,3	1,0
Pompy ciepła bazujące na cieple gruntu i płytkich wód**	~80,0	~500
RAZEM	170,9	838,4

*w tym 23,56 MWt i 74,45TJ/r z absorpcyjnych pomp ciepła, **dane orientacyjne

Źródło: Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce, 2008 rok (wg: Kępińska)

Na terenie miasta Brzeg nie zainstalowano jak do tej pory żadnej instalacji geotermalnej gdyż obecny stan rozpoznania wód geotermalnych nie jest wystarczający dla określenia opłacalności inwestycji.

Budowa instalacji geotermalnej będzie uzasadniona, gdy występują złoża geotermalne do wykorzystania i równocześnie występuje wzrost zapotrzebowania na ciepło a istniejące kotły

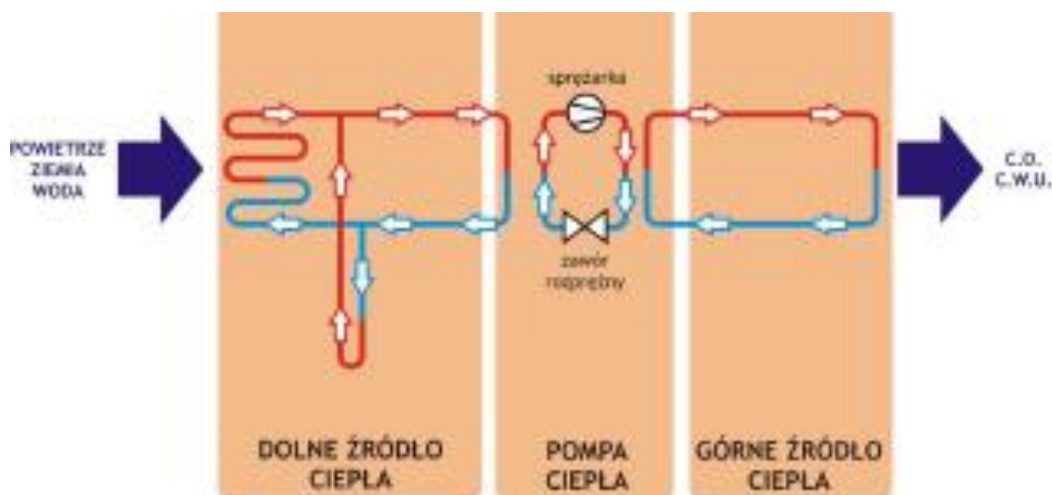
niskosprawne są niewystarczające. Kompletną modernizację źródła ciepła wskazane jest połączyć z zastosowaniem kolektorów słonecznych i pomp ciepła. W pracach wstępnych należy przeprowadzić szczegółowe rozpoznanie geologiczne na podstawie materiałów archiwalnych.

Przy rozpoczynaniu nowych inwestycji, w szczególności o powierzchniach ogrzewanych ponad 1000 m² oraz modernizacji niskosprawnych źródeł ciepła należy przeanalizować wykorzystanie energii z odnawialnych źródeł. W rozwoju energetyki gminnej należy każdorazowo w procesach inwestycyjnych i modernizacyjnych uwzględniać dążenie do wzrostu produkcji energii ze źródeł odnawialnych tak, aby w 2025 roku osiągnąć jej poziom przynajmniej 20% w globalnej produkcji.

Przy inwestycjach w zakresie OZE należy każdorazowo zapewnić należne wsparcie finansowe.

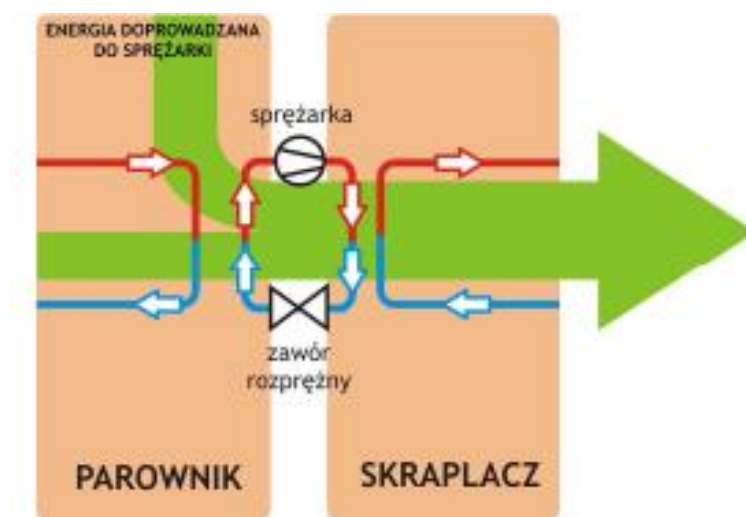
Geotermia niskotemperaturowa (płytką)

Tak jak w całej Europie istnieją bardzo dobre warunki do rozwoju tzw. płytkiej energetyki geotermalnej bazującej na wykorzystaniu pomp ciepła, w których obieg termodynamiczny odbywa się w odwrotnym cyklu Carnota. Upraszczając, zasada działania pompy ciepła przedstawiona jest na poniższym schemacie.



Rys. 8. Zasada działania pompy ciepła

Kluczowym elementem jest obieg pośredni stanowiący właściwą pompę ciepła i przedstawiony na poniższym schemacie.



Rys. 9. Obieg pośredni pompy ciepła

Jak widać zasada działania pompy ciepła jest identyczna do zasady działania lodówki, z tą różnicą, że zadania pompy i lodówki są przeciwne - pompa ma grzać, a lodówka chłodzić. W parowniku pompy ciepła czynnik roboczy wrząc odbiera ciepło dostarczane z obiegu dolnego źródła (gruntu), a następnie po sprężeniu oddaje ciepło w skraplaczu do obiegu górnego źródła (obieg centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej). Ponieważ wrzenie czynnika roboczego odbywa się już przy temperaturach poniżej -43°C dlatego pompa ciepła może pobierać ciepło z gruntu nawet przy jego minusowych temperaturach. Tym samym pompa ciepła jest całorocznym źródłem ciepła. Wraz z obniżaniem się temperatury dolnego źródła (gruntu) zmniejsza się oczywiście efektywność pompy, ale praca układu jest kontynuowana. Rośnie wówczas zużycie energii elektrycznej niezbędnej do pracy sprężarki, obiegów dolnego i górnego źródła ciepła oraz układu sterowania. Współczesne gruntowe pompy ciepła posiadają współczynnik efektywności COP sięgający 4-5, co oznacza, że w warunkach umownych zużywając 1 kWh energii elektrycznej dostarczają 4-5 kWh energii cieplnej.

W Polsce pompę ciepła instaluje się w jednym na pięćdziesiąt nowo budowanych domów, w Szwecji w 95%, w Szwajcarii w 75%, w Austrii, Niemczech, Finlandii i Norwegii w co trzecim budowanym domu. Instalacje kotłowe wymienia się na pompy ciepła również w starych domach. W przodującej pod tym względem Szwecji już niemal połowę (700 000)

wszystkich domów wyposażono w pompę ciepła. Zainteresowanie pompami ciepła jest w Polsce bardzo duże, ale istotną barierą są dość wysokie koszty instalacji. W krajach europejskich władze państwowe lub/i lokalne wspierają inwestorów chcących instalować w pompy ciepła. We Francji od podatku osobistego można odpisać 50% kosztów zakupu pompy ciepła. W Szwecji, Niemczech, Szwajcarii i wielu innych krajach europejskich są różnorodne systemy ulg i zachęt finansowych, zmniejszających o kilkadziesiąt procent koszty inwestycyjne, a niekiedy również koszty eksploatacyjne. Można spodziewać się, że również w Polsce pojawią się skuteczne systemy wsparcia, a wtedy nastąpi znaczące przyspieszenie w instalowaniu pomp ciepła, w tym również na terenie miasta Brzeg.

6.6. Biomasa

Biomasa stanowi trzecie, co do wielkości na świecie, naturalne źródło energii. 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).

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 roku biomasa to stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, a także części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji (Dz. U. Nr 267, poz. 2656).

Jako surowiec energetyczny wykorzystywana jest głównie biomasa pochodzenia roślinnego, powstała w procesie fotosyntezy.

Główne rodzaje biomasy wykorzystywanej na cele energetyczne:

- drewno i odpady z przerobu drewna: drewno kawałkowe, trociny, wióry, zrębki, kora itp. ,
- rośliny pochodzące z upraw energetycznych: rośliny drzewiaste szybko rosnące (np. wierzby, topole, eukaliptusy), wieloletnie byliny dwuliścienne (np. topinambur, ślaziołek pensylwański, rdesty), trawy wieloletnie (np. trzcina pospolita, miskanty),

- produkty rolnicze oraz odpady organiczne z rolnictwa: np. słoma, siano, buraki cukrowe, trzcina cukrowa, ziemniaki, rzepak, pozostałości przerobu owoców, odchody zwierzęce,
- frakcje organiczne odpadów komunalnych oraz komunalnych osadów ściekowych ,
- niektóre odpady przemysłowe, np. z przemysłu papierniczego.

Obecny udział biomasy w zaspokojeniu światowych potrzeb energetycznych wynosi 14 % i bazuje głównie na odpadach z rolnictwa i leśnictwa oraz bezpośredniego wykorzystania lasów. W przyszłości większy udział będą miały uprawy roślin energetycznych zakładane na gruntach marginalizowanych.

Biomasa jest podstawowym źródłem energii odnawialnej wykorzystywanym w Polsce, jej udział w bilansie wykorzystania OZE wynosi 98 %. Do stopniowego wzrostu udziału energii ze źródeł odnawialnych, przyczyniło się między innymi znaczące zwiększenie wykorzystania drewna i odpadów drewna, uruchomienie lokalnych ciepłowni na słomę oraz odpady drzewne i wykorzystanie odpadów z przeróbki drzewnej.

Tab.3 . Właściwości poszczególnych rodzajów biomasy

PALIWO	WARTOŚĆ ENERGETYCZNA [MJ/kg]	ZAWARTOŚĆ WILGOCI [%]
Drewno kawałkowe	11-22	20-30
Zrębki	6-16	20-60
Pelety	16,5-17,5	7-12
Słoma	14,4-15,8	10-20

Źródło: Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej EC BREC

Polska posiada znaczne zasoby biomasy. Jej potencjał techniczny wg różnych danych, jest szacowany na poziomie od 200 do ok. 900 PJ rocznie. I tak np. według Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej EC BREC obecny potencjał techniczny biomasy w Polsce szacowany jest na ok. 755 PJ/rok, jednak w stosunku do możliwości zasoby biomasy są wykorzystywane tylko w 12 %.

Obecnie w Polsce biomasa wykorzystywana w przemyśle energetycznym pochodzi z dwóch gałęzi gospodarki: rolnictwa i leśnictwa. Branże te zbierają w Polsce biomasę równoważną pod względem kalorycznym, 150 mln tonom węgla. Wartości opałowe produktów biomasy na tle paliw konwencjonalnych wynoszą:

- słoma żółta 14,5 MJ/kg,

- słoma szara 15,2 MJ/kg,
- drewno odpadowe 13 MJ/kg,
- pellet 19 MJ/kg,
- etanol 25 MJ/kg,
- węgiel kamienny średnio około 25 MJ/kg,
- gaz ziemny 35 MJ/kg,
- olej opałowy 42 MJ/kg.

Energię z biomasy można uzyskać poprzez:

- spalanie biomasy roślinnej (np. drewno, odpady drzewne z tartaków, zakładów meblarskich i in., słoma, specjalne uprawy energetyczne),
- wytwarzanie oleju opałowego z roślin oleistych (np. rzepak) specjalnie uprawianych dla celów energetycznych,
- fermentację alkoholową trzciny cukrowej, ziemniaków lub dowolnego materiału organicznego poddającego się takiej fermentacji, celem wytworzenia alkoholu etylowego do paliw silnikowych,
- beztlenową fermentację metanową odpadowej masy organicznej (np. odpady z produkcji rolnej lub przemysłu spożywczego).

Najpoważniejszym źródłem biomasy są odpady drzewne i słoma. Uwzględniając obecne zasoby drewna opałowego i odpadów drzewnych - z leśnictwa, sadownictwa, przemysłu drzewnego oraz miejskich terenów zielonych, potencjał techniczny energii w nich zawartej szacuje się na 270 PJ (10^{15} J) rocznie.

Część odpadów drzewnych wykorzystuje się w miejscu ich powstawania (przemysł drzewny), głównie do produkcji ciepła lub pary użytkowanej w procesach technologicznych. W przypadku słomy, szczególnie cenne energetycznie, a zupełnie nieprzydatne rolnictwie, są słomy rzepakowa, bobikowa i słonecznikowa. Rocznie polskie rolnictwo produkuje ok. 25 mln ton słomy.

W ostatnim czasie obserwuje się zainteresowanie uprawą roślin energetycznych takich jak np. wierzba energetyczna. Jest to krzewiasta forma wierzby z rodziny *Salix viminalis*. Opracowano wiele genotypów tej rośliny, przyjmując jako wiodącą cechę maksymalnie szybki i duży przyrost masy drzewnej. Uprawiane odmiany charakteryzują się około 10-12-krotnie większym

rocznym przyrostem biomasy niż las naturalny w naszych warunkach klimatyczno - glebowych. Roślinę tę można uprawiać prawie na wszystkich rodzajach gleb.

Podstawową jej właściwością jest to, że we wczesnym okresie wegetacji akumuluje większą część węgla w łodygach, a w późniejszym okresie w korzeniach. Wierzbę ścina się w zależności od przeznaczenia, co dwa-trzy lata. Całkowity okres użytkowania plantacji ocenia się na 25-30 lat.

Po tym czasie potencjał genetyczny wierzby maleje i powinno się rozpocząć uprawę od początku. Biomasa wierzbową zarówno świeżą - wilgotną, jak i przesuszoną może być przeznaczona do celów grzewczych. Drewno wierzbowe można spalać - wówczas sprawność wytworzonego ciepła nie będzie zbyt wysoka, ale można ją także zgazowywać i wytworzony gaz przeznaczać do ogrzewania, wówczas sprawność grzewcza jest wielokrotnie większa.

Uzyskana biomasa może być stosowana jako opał na użytek własny, lub dostarczana do elektrociepłowni, kotłowni itp. w postaci zrębków, bądź też w formie uszlachetnionej poprzez brykietowanie. Wartość kaloryczna 0,5 tony suchej biomasy odpowiada wartości kalorycznej jednej tony mialu węglowego, natomiast koszt wytworzenia jest o połowę niższy.

Wierzba jest najefektywniejszą z roślin używanych do oczyszczania gleb z metali ciężkich, związków toksycznych i innych poprzez wbudowanie ich w swoją biomasę. Z powodu tych właściwości stosowana jest jako zielony pas ochronny wokół szkodliwych zakładów przemysłowych, autostrad, wysypisk śmieci itp. Korzenie wierzby wyłapują ponad 80 % zanieczyszczeń. Energię biomasy pozyskuje się również poprzez produkcję biogazu. Powstaje on w wyniku fermentacji beztlenowej odpadów zwierzęcych, osadów ściekowych i odpadów organicznych. W czasie fermentacji beztlenowej nawet do 60% biomasy zamieniane jest w biogaz. Może on być wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej, ciepłej, elektrycznej i ciepłej w jednostkach skojarzonych oraz jako paliwo do pojazdów i urządzeń a także w procesach technologicznych.

W Polsce wytwarzanych jest rocznie 25 mln ton słomy zbożowej i rzepakowej oraz siana. Również rocznie pozyskiwane jest w lasach 2,5 mln m³ drewna opałowego, a Generalna Dyrekcja Lasów Państwowych szacuje, iż drugie tyle pozostaje niewykorzystane w lasach ze względu na ograniczony popyt. Spalane w piecach odpady drzewne oraz trociny pozwalały uzyskać energię mechaniczną dla napędu maszyną parową traka, dawały ciepło dla przytartaczno osiedla oraz energię elektryczną z małego generatora. W Polsce zarejestrowanych jest obecnie ponad 700 składowisk odpadów. Na większości z nich nie ma kontroli emisji gazów wysypiskowych. Około 100 dużych składowisk odpadów komunalnych

nadaje się bardzo dobrze do zorganizowanego odzysku gazów wysypiskowych. Już dzisiaj łączna moc instalacji wytwarzających energię z wykorzystaniem gazu wysypiskowego daje 5,44 MW energii elektrycznej oraz 3,5 MW energii cieplnej.

6.7. Energia biogazu oraz odpadów bytowo-gospodarczych

Biogaz powstaje w procesie beztlenowej fermentacji odpadów organicznych, podczas której substancje organiczne rozkładane są przez bakterie na związki proste. W procesie fermentacji beztlenowej do 60 % substancji organicznej zamienianej jest w biogaz. Zgodnie z przepisami obowiązującymi w Unii Europejskiej składowanie odpadów organicznych może odbywać się jedynie w sposób zabezpieczający przed niekontrolowanymi emisjami metanu. Gaz wysypiskowy musi być spalany w pochodni lub w instalacjach energetycznych, a odchody zwierzęce fermentowane.

Biogaz jest gazem będącym mieszaniną głównie metanu i dwutlenku węgla, Otrzymywany jest z odpadów roślinnych, odchodów zwierzęcych i ścieków, może być stosowany jako gaz opałowy. Wykorzystanie biogazu powstałego w wyniku fermentacji biomasy ma przed sobą przyszłość. To cenne paliwo gazowe zawiera 50-70 % metanu, 30-50 % dwutlenku węgla oraz niewielką ilość innych składników (azot, wodór, para wodna). Wydajność procesu fermentacji zależy od temperatury i składu substancji poddanej fermentacji. Na przebieg procesu fermentacji korzystnie wpływa utrzymanie stałej wysokiej temperatury, wysokiej wilgotności (powyżej 50 %), korzystnego pH (powyżej 6,8) oraz ograniczenie dostępu powietrza. Prawidłowa temperatura fermentacji wynosi 30-35 °C dla bakterii mezofilnych i 50-60 °C dla bakterii termofilnych. Utrzymanie takich temperatur w komorach fermentacyjnych zużywa się od 20-50 % uzyskanego biogazu.

Biogaz o dużej zawartości metanu (powyżej 40 %) może być wykorzystany do celów użytkowych, głównie do celów energetycznych lub w innych procesach technologicznych.

Biogaz wykorzystywany do celów energetycznych powstaje w wyniku fermentacji:

- odpadów organicznych na wysypiskach śmieci,
- odpadów zwierzęcych w gospodarstwach rolnych,
- osadów ściekowych w oczyszczalniach ścieków.

Biogaz może być wykorzystywany na wiele różnych sposobów. Gaz wysypiskowy może być dostarczany do sieci gazowej, wykorzystywany jako paliwo do pojazdów lub w procesach technologicznych. Biogaz może być spalany w specjalnie przystosowanych kotłach, zastępując gaz ziemny. Uzyskane ciepło może być przekazywane do instalacji centralnego ogrzewania. Energia elektryczna wyprodukowana w silnikach iskrowych lub turbinach może być sprzedawana do sieci energetycznych. Biogaz jest również wykorzystywany w układach skojarzonych do produkcji energii elektrycznej i ciepła.

Zalety wynikające ze stosowania instalacji biogazowych:

- produkowanie „zielonej energii”,
- ograniczanie emisji gazów cieplarnianych poprzez wykorzystanie metanu,
- obniżanie kosztów składowania odpadów,
- zapobieganie zanieczyszczeniu gleb oraz wód gruntowych, zbiorników powierzchniowych i rzek,
- uzyskiwanie wydajnego i łatwo przyswajalnego przez rośliny nawozu naturalnego,
- eliminacja odorów.

Dużym zainteresowaniem cieszy się wykorzystanie biogazu pochodzącego z oczyszczalni ścieków. W Polsce od 1994 roku zainstalowano 30 biogazowni, a ich całkowita moc wynosi 14,5 MW energii elektrycznej oraz 24,4 MW energii cieplnej.

Wykorzystanie biogazu z oczyszczalni ścieków WiK Brzeg Sp. z o.o.

Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Brzegu Sp. z o.o. wykorzystuje gaz z oczyszczalni ścieków do produkcji energii. Przedsiębiorstwo posiada koncesję na wytwarzanie energii elektrycznej w agregatach prądotwórczych oczyszczalni, wydaną przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki Nr WEE/1129/18507/W/3/2008/MOS z 11.06.2008 r.

Biogazowa funkcjonuje w układzie:

- ujęcie biogazu,
- odwadnianie, oczyszczanie mikrobiologiczne ze związków siarki,
- magazynowanie w zbiorniku biogazu,
- ostateczne wykorzystanie w agregatach prądotwórczych z odzyskiem ciepła ze spalin lub spalenie w pochodni (interwencyjne).



Rys. 9. Lokalizacja oczyszczalni ścieków w Brzegu

Tab.1. Wykaz instalacji na terenie województwa opolskiego wykorzystujących biogaz

Miasto	Typ działalności – branża	Moc [MW]		Produkcja biogazu [m ³ /rok]	Produkcja roczna energii [GWh/rok]	
		elektryczna	ciepła		elektrycznej	cieplnej
Kędzierzyn - Koźle	oczyszczalnia ścieków	-	3*0,25	230 000	-	1,02
Opole	oczyszczalnia ścieków	0,562	0,64	1,6x106	3,60	4,12
Nysa	oczyszczalnia ścieków	0,135	2*0,35	720 000	0,72	2,69
Brzeg	oczyszczalnia ścieków	3*0,1	-	-	0,89	1,11
RAZEM					5,21	8,94

Źródło: „Odnawialne źródła energii w województwie opolskim” E. Głodek, i W. Kalinowski, 2011 r.