

POTENCJALNE NIEKONWENCJONALNE ŹRÓDŁA ENERGII WYBRANYCH OBSZARÓW PÓŁNOCNEGO MAZOWSZA

Adam S. LEBIEDOWSKI

*Joint Research Center of European Commission, Institute for the Protection and the Security of the Citizen
Via E. Fermi 1, 21020 Ispra (VA) Italy, e-mail: adam.lebiedowski@jrc.it*

Streszczenie: Artykuł analizuje możliwości pozyskiwania energii z niekonwencjonalnych źródeł dla wybranego, zdefiniowanego obszaru Polski – Północnego Mazowsza. Analizie poddano potencjalne zasoby energii słonecznej, energii pozyskiwanej z wiatru oraz z wód geotermalnych. Bazując na potencjalnych zasobach analizowanego terenu określono ilość energii możliwej do pozyskania z tych źródeł.

Słowa kluczowe: energia odnawialna, źródła energii niekonwencjonalnej, Północne Mazowsze.

1. WSTĘP

Niekonwencjonalne źródła energii, to głównie: energia słoneczna, energia promieniowania jądra Ziemi, energia wiatrów, energia fal morskich, energia pozyskiwana ze spadku hydraulicznego wód powierzchniowych płynących - zwana często białą energią oraz energia pozyskiwana z procesów biochemicznych w wyniku rozkładu materii roślinnej i zwierzęcej. Ostatni rodzaj energii możliwy do wykorzystania jest rezultatem przemiany energii Słońca i Ziemi. Jest to ta sama energia, którą otrzymuje się z surowców kopalnianych: węgla, ropy naftowej i gazu.

Każdy z wymienionych wyżej rodzajów energii, zgodnie z naczelną zasadą rządząca zjawiskami przyrody w otaczającej nas części kosmosu, ulega rozproszeniu – entropii. Może ona jednak być wykorzystana przez człowieka w różnych fazach swojego istnienia. Dlatego, energię Słońca można przetworzyć na energię cieplną i elektryczną. Na energię elektryczną można, jak wiadomo, przetworzyć również energię wiatru, fal morskich, płynącej wody i gazów pofermentacyjnych a tę z kolei, na energię cieplną, której również nieograniczonym źródłem w warunkach ziemskich jest, na razie, energia promieniowania jądra Ziemi.

2. OGÓLNE POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE ANALIZOWANEGO TERENU

Analizowany teren stanowiący część Północnego Mazowsza wyznaczają współrzędne długości geograficznej wschodniej pomiędzy południkami 20°00' i 21°00' i szerokość geograficzną północną o współrzędnych 52°40' – 53°20'. Teren ten przedstawiony został na załączonym wycinku północno-wschodniej mapy Polski (rys 1).



Rys. 1. Analizowany obszar Polski [1]
Fig. 1. Analysed region of Poland [1]

Zgodnie z międzynarodową siatką podziału terytorialnego Polski na arkusze map powierzchni cząstkowych, dzieli się on na 16 części: cztery pasy równoleżnikowe od numeru XXV do XXVIII i cztery pasy południkowe o numerach od 25 do 28. Każdy element cząstkowy powierzchni ma wymiary bliskie 17x18km (306 km²), a ogólna powierzchnia analizowanych 16 arkuszy terenu przyjęta do obliczeń, wynosi 4900 km² [1].

Pod względem fizyczno-geograficznym analizowane obszary są podobne. Leżą one w dolinie rzeki Wkry - w części centralnej i rzeki Orzyc - w części północno-wschodniej (około 10%). Obie rzeki są prawymi dopływami Bugo-Narwi. Wysokościowo cały obszar jest słabo zróżnicowany. Wchodzi on w skład makroregionu Niziny Północnomazowieckiej obejmując częściowo mezoregiony: Równinę Raciąską, Wzniesienia Mławskie, Wysoczyznę Ciechanowską i Równinę Kurpiowską – w części północno-wschodniej.

Klimat tego obszaru kształtowany jest przez warunki typowe dla Regionów: X – Zachodniomazurskiego, XI – Środkowomazurskiego i XVIII – Środkowomazowieckiego w części wschodniej i południowo-wschodniej [5]. W regionach tych dni z pogodą bardzo ciepłą o temperaturze od 15,1 do 25°C występują przez 35 do 40 dni w ciągu roku, natomiast dni z pogodą dość mroźną o temperaturze poniżej -15°C przez 8 do 10 dni w ciągu roku. Średnia temperatura powietrza w ciągu roku waha się od 7 do 8°C a w miesiącu lipcu od 17 do 18°C.

Opady atmosferyczne, średnie roczne, oscylują wokół wartości 650 mm przy minimalnych w granicach 400-450mm i maksymalnych w przedziale 800-900 mm z wyraźną przewagą wyższych wartości w strefie północnej analizowanego obszaru.

3. POTENCJALNE ELEMENTY NOŚNIKÓW ENERGII

3.1. Promieniowanie słoneczne

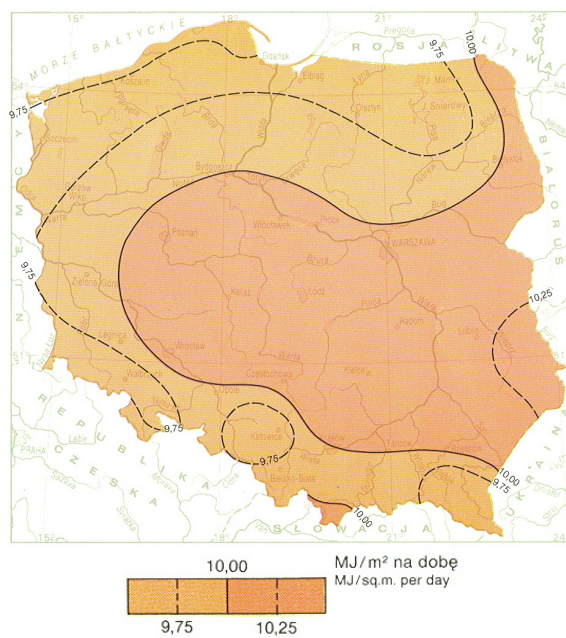
Promieniowanie słoneczne, zgodnie, ze stosowaną metodyką jego oceny przez geofizyków, jest sumą promieniowania dochodzącego do powierzchni Ziemi bezpośrednio od tarczy słonecznej i promieniowania rozproszonego przez atmosferę. Jego wartość sumaryczna jest zdeterminowana położeniem geograficznym obszaru obserwacji.

W przypadku terytorium Polski obserwacje promieniowania słonecznego dokonywane są podobnie jak w innych regionach kuli ziemskiej, w stacjach meteorologicznych. Do oceny poziomu tego promieniowania w analizowanym obszarze Mazowsza posłużono się wynikami badań opracowanymi przez K. Miare, J. Paszyńskiego i J. Grzybowskiego [4]. Ich rezultaty za okres 1956 – 1975r obrazuje załączona mapa średniego całkowitego promieniowania słonecznego w roku (rys. 2).

Analiza rozkładu intensywności tego promieniowania na obszarze Północnego Mazowsza wykazuje, że wynosi ono 9,75-10 MJ/m² na dobę, osiągając granicę górną 10 MJ/m² na dobę w części obszarów południowych.

Średnio w ciągu doby, w okresie roku, przejmowane jest więc przez obszar 4900 km² 4,778·10¹⁰ MJ/d względnie 1,99·10⁹ MJ/h lub 5,53 ·10⁵ MJ/s, czyli 5.53·10⁵ MW.

Biorąc pod uwagę warunki klimatyczne rozpatrywanych regionów to pełne wykorzystanie energii promieniowania słonecznego może być brane pod uwagę w dniach z pogodą słoneczną, których liczba na tym obszarze jest niewielka bo waha się od 29,6 do 28,6 dni w roku. Na okres wiosenno-letni przypada średnio 23,4 dni słonecznych przy średniej energii promieniowania w tym okresie od 12,5 MJ/m²d w kwietniu do 18 MJ/m²d w lipcu [4]. Przy średniej długości dnia równej 12h i średniej wartości energii pozyskiwanej w dni słoneczne rzędu 15 MJ/m²d, można oczekiwać możliwości uzyskania około 1,72·10¹² MJ energii. Wykorzystując ją tylko w 20% dla celów gospodarczych, to uzyska się potencjał równy 3,44·10¹¹ MJ lub ponad 9,55·10⁷ MWh. Zakładając wykorzystanie w tym samym stopniu średniego rocznego promieniowania docierającego na rozpatrywany obszar czyli energię 9,75 MJ/m²d uzyska się 1,74·10¹³ MJ energii lub 9,69·10⁸ MWh. Energia ta wykorzystana w 100% może być teoretycznie wystarczająca do podgrzania 8,33·10¹⁰ m³ wody od temperatury początkowej 10°C do temperatury 60°C.



Rys. 2. Średnie całkowite promieniowanie słoneczne w roku [5]
Fig. 2. Annual average solar irradiance [5]

Zużywając do tych samych celów energię potencjalnego promieniowania Słońca w okresie wiosna-lato równą 3,44·10¹¹ MJ można by przy 100% sprawności wymien-

ników ogrzać $1,64 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ wody czyli $1,64 \text{ km}^3$ od temperatury 10°C do temperatury 60°C .

Objętość $1,64 \text{ km}^3$ wody stanowi w tym przypadku przeszło 3,15% średnich rocznych zasobów wód powierzchniowych Polski [7].

Energia potencjalna promieniowania słonecznego przypadająca na analizowany obszar w okresie rocznym stanowi równoważność zużycia jej przez ponad 242 mln statystycznych Polaków względnie ponad 40 mln statystycznych obywateli Norwegii zużywających ponad 25 MWh energii elektrycznej na mieszkańca na rok przyjmując, że w Polsce wskaźnik zużycia jest ośmiokrotnie niższy [2].

Wydaje się, że dość realne, z punktu widzenia gospodarczego, może być zagospodarowanie nie więcej niż 1% energii Słońca dostarczanej na analizowany obszar. Pozwoliłoby to wówczas na pokrycie rocznego zapotrzebowania na nią dla teoretycznie ponad 500 000 mieszkańców, tj. 10 miast wielkości Ciechanowa, który jest największym miastem na obszarze Północnego Mazowsza. Nie należy jednak zapominać, że wykorzystanie energii słonecznej nawet w tak niewielkiej ilości wiązałoby się z instalacją paneli, które przy ich sprawności np. 50% zajmowałyby obszar o powierzchni rzędu 2%, co praktycznie pociągnęłoby za sobą konieczność wyeliminowania z użytkowania prawie 100 km^2 z jakiegokolwiek innego wykorzystania gospodarczego lub rekreacyjnego.

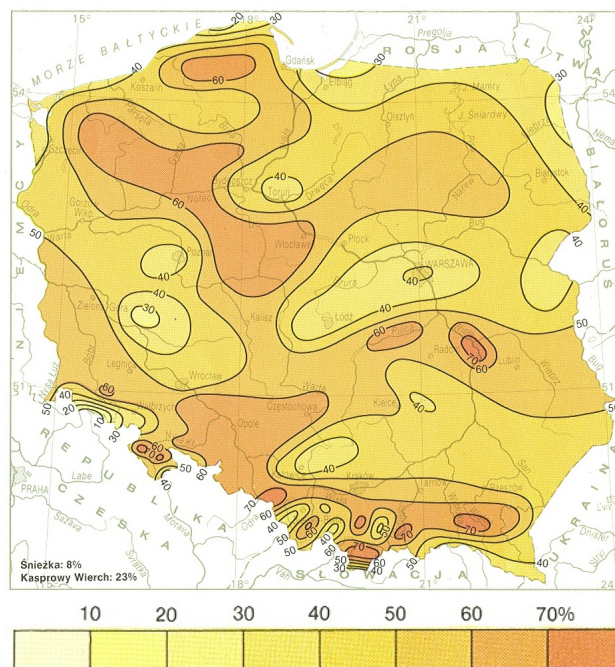
3.2. Potencjalna energia wiatru

Obszar Polski pozostaje pod wpływem oddziaływania typowych dla Europy Środkowej sytuacji synoptycznych kształtujących klimat tego regionu. Nad Polskę ścierają się bowiem wpływy klimatu oceanicznego wywołane cyklonami niżowymi tworzącymi się nad Atlantykiem i zjawiska antycyklonowe – wyżowe wschodnie i południowo-wschodnie klimatu kontynentalnego. Oddziaływania te powodują częste i zmienne zawirowania mas powietrza, co ma wpływ na obserwowane kierunki i prędkości wiatru nad obszarem Polski. Obserwacje szybkości i kierunku wiatru w Polsce dokonywane są w ponad 120 posterunkach meteorologicznych. Na ich podstawie zostały opracowane mapy częstości występowania wiatrów w czterech podstawowych sektorach Polski [6]. Przy ustalaniu prędkości kierunków i częstotliwości występowania wiatru z 8 kierunków charakterystycznych, można też wykorzystać program komputerowy opracowany w IMiGW przydatny do sporządzania róży wiatrów dla dowolnego obszaru [2].

Dla oceny ogólnej zasobności energetycznej wiatrów pod uwagę bierze się najczęściej wiatry o prędkości od $4,0 \text{ m/s}$. Są to wiatry klasyfikowane wg skali Beauforta jako 3° – wiatr łagodny (gentle breeze) o prędkości w przedziale $3,4 - 5,4 \text{ m/s}$. Za wiatr silny uważa się wiatr o prędkości większej od 10 m/s (6° w skali Beauforta) a za wiatr bardzo silny wiatr o prędkości powyżej 15 m/s (8° w ska-

li). Wiatr o prędkości mniejszej od $2,0 \text{ m/s}$ a więc słaby (2° w skali Beauforta – light breeze) nie jest brany pod uwagę jako potencjalne źródło energii.

Średnie roczne częstości ciszy i słabego wiatru o prędkości poniżej 2 m/s występujące w Polsce przedstawia rys. 3.



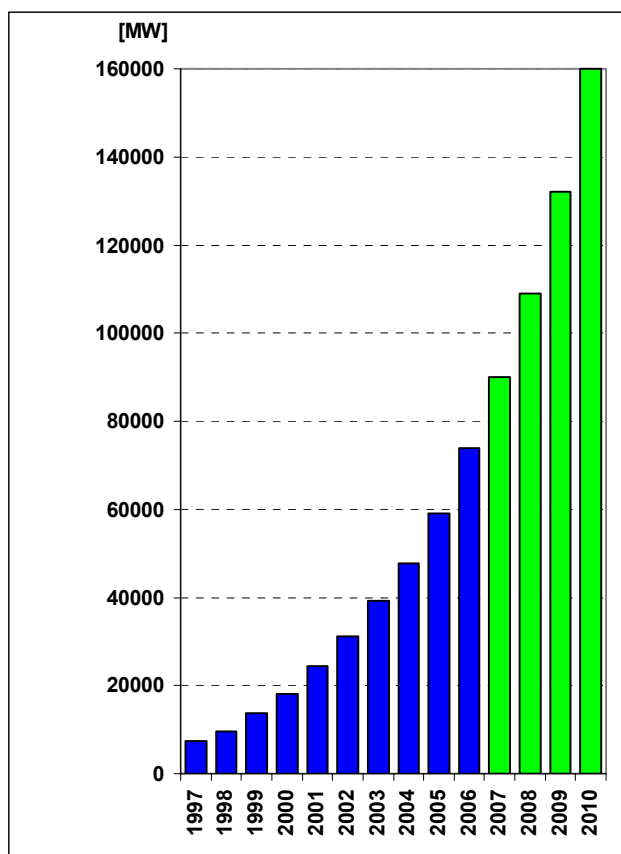
Rys. 3. Średnia roczna częstość ciszy i słabego wiatru o prędkości poniżej 2 m/s [5]

Fig. 3. Annual average frequency of calm and weak winds with the speed below 2 m/s [5]

Na obszarze Północnego Mazowsza, w rozpatrywanym rejonie, cisza i słaby wiatr występuje przez 40 do 50% dni w roku. Należy zwrócić uwagę, że okresy ciszy i występowania słabego wiatru przez okres 40-50% dni w roku są na obszarze Polski dominujące. To powoduje że Polska uznawana jest za strefę o niskim potencjale energii wiatrowej. W pozostałych okresach można się jednak spodziewać wiatrów co najmniej łagodnych i umiarkowanych tj. średnio o prędkości $4-5 \text{ m/s}$. Wiatry takie są nośnikiem energii szacowanej na $250-750 \text{ kW}$ z 1 km^2 [3].

Ponieważ wiatry bardzo silne, o prędkościach 15 m/s , zdarzają się na terenie Północnego Mazowsza średnio 2% w okresie roku a wiatry silne, o prędkościach powyżej 10 m/s występować mogą średnio przez 30% dni w roku [5], dlatego można szacować, że potencjał energetyczny analizowanego, wydzielonego obszaru tego regionu może być nośnikiem energii rzędu $1,225 \cdot 10^6$ do $3,675 \cdot 10^6 \text{ kW}$. Przy założeniu, że można ją uzyskać w okresie 40% dni w roku stanowi to potencjał mocy na poziomie $4,3 \cdot 10^9 - 1,29 \cdot 10^{10} \text{ kWh}$ względnie $4,3 \cdot 10^6$ do $1,29 \cdot 10^7 \text{ MWh}$. Praktyczne jej zagospodarowanie rzędu 1%, to potencjał $4,3 \cdot 10^4$ do $1,29 \cdot 10^5 \text{ MWh}$ na rok.

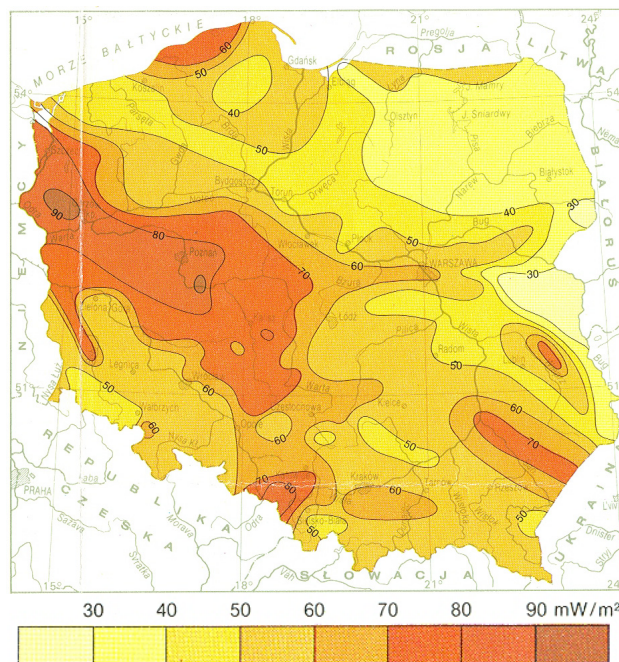
W warunkach polskich energetyka bazuje w 90% na kopalnych surowcach energetycznych – węglu kamiennym i brunatnym. Powszechnie uważa się, że sprawność produkcyjna elektrowni konwencjonalnych jest porównywalna do sprawności elektrowni wiatrowych [8]. Obecny potencjał ferm polskich wytwórców energii wiatrowej nie przekracza jednak 130 MW podczas gdy w Danii jest równy 3000 MW. Wzrost mocy instalowanych elektrowni wiatrowych od roku 1996 do 2000 wzrósł w Europie ponad trzykrotnie a do 2005 prawie dziesięciokrotnie [9].



Rys. 4. Całkowita zainstalowana moc elektrowni wiatrowych na Świecie i prognozy na 1997-2010 [10]
 Fig. 4. World wind energy installed capacity [MW] and prediction 1997-2010 [10]

3.3. Wody termalne jako źródło energii

Występowanie wód termalnych głębokich na Niziu Polskim jest bezpośrednio związane z istnieniem uskoku tektonicznego wywołanego nasunięciem się platformy paleozoicznej na płytę prekambryjską. W utworzonej bruzdzie zwanej strefą Teisseyre'a – Tornquista zalegają, stosunkowo płytko (3-6 km), pokłady wód juwenilnych, których temperatura może się wahać od 20-72°C [5].



Rys. 5. Rozkład strumienia ciepłego [5]
 Fig. 5. Heat flux distribution [5]

Strumień ciepły płynący z jądra Ziemi, który jest odpowiedzialny za wartość energii ciepłej zawartej w utworach skalnych skorupy ziemskiej i w wodach termalnych, jest wyraźnie związany z miąższością pokrywy osadowej z okresu neogenu która na obszarze Północnego Mazowsza ma grubość rzędu 150-250 m a ogólna, spoczywająca na płycie prekambryjskiej około 4 km.

Potencjalne zasoby wód termalnych Północnego Mazowsza występują w utworach jury dolnej i mają temperaturę od 20 do 50°C. Wartość energii strumienia ciepłego na tym terenie można szacować od 50 mW/m² w strefie południowej do 40 mW/m² w części północnej przy ogólnej miąższości pokrywy osadowej w tych strefach rzędu 4 km. Obszar Północnego Mazowsza cechują też silne anomalie magnetyczne, których wartość można oceniać na 500 do 1000 nT podczas gdy w strefie zalegania w Polsce warstw osadów o miąższości 6-12 km strumień ten ma wartość bliską 0 nT [5].

Energia strumienia ciepłego Ziemi może być, jak wiadomo, przedmiotem zainteresowania gospodarczego, jako źródło energii wykorzystywanej w systemach pomp ciepłych. Z obszaru 4900 km², z analizowanego terenu Północnego Mazowsza promieniuje strumień energii równy 245 MW. Potencjał zasobności energetycznej wód termalnych na analizowanym obszarze nie był dotychczas badany. Południowe strefy Północnego Mazowsza są jednak określane jako perspektywiczne do poszukiwań wód geotermalnych [1].

4. PODSUMOWANIE

Potencjał niekonwencjonalnych źródeł energii, wydzielonego do analizy obszaru Północnego Mazowsza, jest ogromny. Potencjał ten przekracza potrzeby gospodarcze obecnej infrastruktury antropogennej tego regionu nastawionej na gospodarkę rolną z niewielkim zakresem pełnienia funkcji usługowych dla przemysłu spożywczego i rolnego.

Dyspozycyjne źródła energii tkwiące tylko w tym obszarze mogą się jednak stać przedmiotem zainteresowania w przypadku ożywienia w najbliższym czasie promowania usług agro- i eko- turystycznych. Przyszłościowo, po poważnym rozwinięciu programu samowystarczalności energetycznej regionów i ograniczeniu wykorzystywania do pozyskiwania energii surowców kopalnych, cały region mógłby być też wykorzystany jako baza przetwórcza energii słonecznej. Analizowany „skrawek” Ziemi Mazowieckiej może też stać się teoretycznie źródłem energii dla całej Polski w okresach planowanych przestojów elektrowni konwencjonalnych.

Programy rozwoju turystyki na tym obszarze mogą również w sposób racjonalny rozbudzić zainteresowanie budową siłowni wiatrowych na potrzeby indywidualnych gospodarstw i ośrodków. Obiecująca może się okazać w tym przypadku budowa siłowni wiatrowych małych mocy 1,3 do 6 kW o poziomym wirniku względnie o wirniku pionowym. Obiecujące, na użytek indywidualny, jest też stosowanie turbin z wirnikami pionowymi typu Savoniusa, pomimo iż charakteryzują się one dużo mniejszą sprawnością niż turbiny z wirnikami poziomymi. Można je montować na stosunkowo niewielkiej wysokości 6 - 8m. Dla potrzeb indywidualnych odbiorców stosowanie turbin wiatrowych typu przemysłowego, sprawdzonych pod względem technicznym, ale montowanych na wysokich kolumnach 30-40 m, nie jest wskazane. Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne takich urządzeń są duże a i wydajności znamionowe przekraczają potrzeby nawet dużych odbiorców indywidualnych.

5. WNIOSKI

- Analiza niekonwencjonalnego potencjału energetycznego wydzielonego obszaru Polski, stanowiącego niecałe 1,6% jej powierzchni, pozwala stwierdzić, że największe jej zasoby tkwią w promieniowaniu słonecznym.

- Energia promieniowania słonecznego, której potencjalną zasobność ustalono, na obecnym etapie rozważań w sposób uproszczony i ogólny, wykorzystywana tylko w 1% mogłaby pokryć zapotrzebowanie na nią 30 milionów współczesnych obywateli Polski przy założeniu że zużywają oni rocznie około 4 MWh energii.

- Energia promieniowania słonecznego powinna stać się przedmiotem zainteresowania przede wszystkim odbior-

ców przemysłowych gdyż jej zagospodarowanie wymaga zaangażowania dużych środków kapitałowych i organizacyjnych.

- Zasobność potencjalna energii wiatru jest na analizowanym obszarze Północnego Mazowsza stosunkowo niska ale możliwa do łatwiejszego wykorzystania przez rozproszonych użytkowników indywidualnych a szczególnie w rolnictwie.

- Zasoby energii tkwiącej w źródłach wód geotermalnych na obecnym etapie wymagają wstępnych badań ale może ona być wykorzystaną w gospodarce komunalnej ośrodków miejskich względnie w gminach.

- Rozeznanie zasobności wód geotermalnych a także możliwości ich zagospodarowania, nie tylko na analizowanym obszarze, wymagają wsparcia finansowego ze strony państwa względnie organizacji lobbystycznych a także ponadpaństwowych.

- Problem wykorzystania niekonwencjonalnych źródeł energii, będący obecnie w Polsce przedmiotem zainteresowania raczej hobbistów powinien także uzyskać znaczące wsparcie między innymi ze strony Banku Ochrony Środowiska, jako beneficjenta wielu programów proekologicznych.

SELECTED SOURCES OF RENEWABLE ENERGY IN THE AREA OF NORTH MAZOVIA

Summary: This paper aims to describe some sources of renewable energy present in the area of North Mazovia. It presents in the simplified way the amount of energy which can be obtained from solar, wind and geothermal sources of energy.

Literatura

- [1] Atlas geosynoptyczny Polski, praca zbiorowa. Wydawnictwo Agat-Print, Kraków 1994.
- [2] Lebedowski M. *Uzbrojenie terenu*. Wyd. Politechniki Łódzkiej. Łódź, 2004.
- [3] Lewandowski M.W. *Proekologiczne źródła energii odnawialnej*. WNT. Warszawa. 2002.
- [4] Miara K., Paszczyński J., Grzybowski J. *Zróżnicowanie przestrzenne bilansu promieniowania na obszarze Polski*. Przegląd Geograficzny, T.59, 1987
- [5] Narodowy Atlas Polski. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Wyd. Główny Geodeta Kraju, Warszawa 1994.
- [6] Ozga-Zielińska M., Brzeziński J. *Hydrologia stosowana*. PWN. Warszawa 1994.
- [7] Szpindor A. *Gospodarka Wodna*. PWN, Warszawa 1974.
- [8] Utkin M. *Turbiny wiatrowe*. Młody Technik. Nr 26, 2006 27-29.

[9] Węglewski M. *Walka z wiatrakami*. Newsweek, Nr 20, 2006 48-49.

[10] Wikipedia – The Free Encyclopedia (www.wikipedia.org).