

Ekonomiczne aspekty Małych Elektrowni Wodnych - wyszukiwanie optymalnych lokalizacji pod budowę MEW

Adam Dąbrowski

W ciągu ostatnich lat prowadzone są intensywne dyskusje na temat konieczności inwestycji w Odnawialne Źródła Energii (OZE). W tej chwili nie ulega już wątpliwości fakt, że w Polsce musimy zwiększyć udział produkcji energii elektrycznej z alternatywnych źródeł energii w ogólnej jej produkcji. W Polsce do najbardziej popularnych ze względu na uwarunkowania środowiskowe i niskie nakłady finansowe należą elektrownie wiatrowe¹. Mniej rozwijanym sposobem pozyskiwania prądu, który zyskuje powoli na znaczeniu są elektrownie wodne, które choć wymagają większego kapitału początkowego, mogą produkować energię przez dziesiątki lat - a w konsekwencji zwrócić poniesione koszty w dłuższym czasie (jego długość zależy od wielu czynników, jednak mała elektrownia wodna o mocy 1MW generuje roczny przychód rzędu kilku milionów złotych przy poniesionych nakładach od kilkunastu milionów wzwyż²). Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metody wstępnego wyszukiwania obszarów możliwych do wykorzystania na cele hydroenergetyki oraz ich oceny pod względem ekologicznym i ekonomicznym za pomocą metod analizy geoinformacyjnej.

1. Historia Małych Elektrowni Wodnych

W okresie międzywojennym na terenie Polski około 6500 elektrowni wodnych produkowało energię elektryczną³. W kolejnych latach ich liczba malała, w rezultacie czego obecnie sprawnych jest ok. 400 elektrowni o łącznej mocy 40 MW. Według Puchockiego w Polsce wciąż znajduje się ok. 650 obiektów historycznych wykorzystywanych niegdyś do produkcji energii elektrycznej, które po renowacji nadawałyby się do ponownego użytku⁴. Istniejące budowle hydrotechniczne, przy których zlokalizowane są elektrownie wodne, zostały w większości wybudowane w pierwszej połowie XX wieku, zaś niewykorzystywane obiekty uległy zniszczeniu i przed powtórным zagospodarowaniem wymagają intensywnych prac remontowych.

¹ A. Dmowski, *Odnawialne Źródła Energii - możliwości i ograniczenia w warunkach polskich*. Warszawa 2010.

² M. Wilkowski, *Oplacalność elektrowni wodnych*, <http://michalwilkowski.natemat.pl/34985,opłacalność-elektrowni-wodnych>, 11.10.2012.

³ M. Hoffman, *Poradnik M.E.W.*, Warszawa 1992, s. 4.

2. Lokalizacja MEW

Obecnie lokalizacja małych elektrowni wodnych opiera się na wyszukiwaniu istniejących, często zniszczonych, obiektów hydrotechnicznych. Postępowanie takie zmniejsza negatywny wpływ na środowisko, a inwestorowi obniżają się koszty związane z postawieniem nowego piętrzenia oraz wybudowaniem budynku elektrowni. Znalezienie istniejącej zapory na rzece nie jest, niestety, wystarczającym czynnikiem do podjęcia decyzji o lokalizacji inwestycji w tym miejscu.

W celu zlokalizowania nowego miejsca pod budowę elektrowni wodnej należy uwzględnić czynniki przyrodnicze, społeczne, ekonomiczne oraz uwarunkowania prawne. Jako optymalną lokalizację MEW uznaje się inwestycję zgodną z prawem lokalnym, powodującą minimalne negatywne skutki ekologiczne, maksymalne korzyści społeczne oraz jak największą opłacalność ekonomiczną⁵.

Prawne uwarunkowania należy zweryfikować indywidualnie w przypadku każdej lokalizacji poprzez analizę Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego, Planu Gospodarowania Wodami w Dorzeczu oraz konsultację w Regionalnym Zarządzie Gospodarki Wodnej w celu uzyskania informacji na temat przepływu nienaruszalnego danej rzeki. Wykorzystanie wody na cele hydroenergetyki uznaje się wg Prawa Wodnego za szczególny sposób korzystania z wód i jako takie wymaga od inwestora uzyskania pozwolenia wodno-prawnego⁶.

Ograniczanie wpływu elektrowni wodnej na środowisko następuje poprzez inwestycję w ekologiczną technologię (np. przepławki) oraz poprzez wybór miejsca, w którym, po postawieniu zapory, powstanie zbiornik retencyjny, o jak najmniejszej powierzchni i jak największej objętości. Ze względu na duże zmiany ekosystemu nie jest możliwe uzyskanie zezwolenia na budowę piętrzenia w obrębie parków narodowych oraz rezerwatów przyrody. Dozwolone jest natomiast, budowanie ich na terenie obszarów NATURA 2000⁷, ale tylko w sytuacjach uzasadnionych ochroną przyrody lub z udokumentowanym brakiem negatywnego oddziaływania na gatunki i siedliska, z powodu których został utworzony ten obszar⁸.

Dobrze zlokalizowane małe elektrownie wodne generują dla społeczeństwa zdecydowane korzyści. Produkcja energii elektrycznej z odnawialnego źródła energii jest istotna z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego państwa oraz polityki Unii Europejskiej, zgodnie z którą Polska powinna generować 15% swojej energii elektrycznej z OZE do 2020 roku. Jako inny pozytywny

⁵ J. Engel, M. Jelonek, *Środowiskowe kryteria lokalizowania MEW*, materiał roboczy, 1.12.2010.

⁶ Prawo Wodne Dz. U. 2001 r. nr 115.

⁷ Obszary NATURA 2000 stanowią system ochrony dziedzictwa naturalnego w Unii Europejskiej. Ochronie podlegają obszary specjalnej ochrony ptaków oraz specjalne obszary ochrony siedlisk (<http://natura2000.gdos.gov.pl/>).

⁸ P. Kowalczyk, P. Nieznański, R. Stańko, F. M. Mas, M. B. Sanz., *Natura 2000 a gospodarka wodna*, Warszawa 2009.

wpływ na społeczeństwo zaliczyć można funkcję rekreacyjną oraz przeciwpowodziową. Zbiornik retencyjny ma zdolność przechowywania nadmiaru wody płynącej, która może zaszkodzić leżącym wzdłuż rzeki terenom zabudowanym i obszarom rolniczym. Ustawienie elektrowni wodnych w kaskadzie podwyższa bezpieczeństwo przeciwpowodziowe pozwalając w dużym stopniu regulować przepływ w trakcie wezbrań wody.

Inwestycja w elektrownię wodną jest tym bardziej opłacalna im więcej wytwarza energii elektrycznej przy jak najmniejszym koszcie. Najdroższym jej etapem jest zbudowanie zapory oraz budynku elektrowni wodnej z tego też powodu preferowane jest lokalizowanie MEW w miejscach istniejącej infrastruktury hydrotechnicznej, którą można wyremontować. Moc elektrowni jest w dużej mierze zależna od zastosowanej technologii, jednak roczna produkcja energii elektrycznej zależy przede wszystkim od czynników środowiskowych: różnicy poziomów wody powyżej i poniżej piętrzenia oraz średniego rocznego przepływu wody, a te można z powodzeniem analizować wykorzystując Systemy Informacji Geograficznej.

3. Możliwości wykorzystania Systemów Informacji Geograficznej podczas lokalizowania MEW

W celu znalezienia lokalizacji spełniającej wskazane kryteria najlepiej jest skorzystać z tzw. Systemów Informacji Geograficznej (GIS). Pozwalają one, m.in. efektywnie analizować duże obszary w poszukiwaniu optymalnych miejsc pod inwestycję.

Organy administracji samorządowej niezmiernie rzadko wydają pozwolenie na budowę zbiornika retencyjnego tylko i wyłącznie do produkcji energii elektrycznej. Zbiornik wodny pełniący tylko taką funkcję stanowi niewystarczającą korzyść dla społeczeństwa biorąc pod uwagę szkody jakie niesie niezbędne przekształcenie środowiska przyrodniczego. Analizy geoinformacyjne pozwalają określić, czy na obszarze zainteresowania występuje potrzeba związana z innymi funkcjami jakie może pełnić zbiornik wodny. Poprzez symulację fali powodziowej można określić stopień zagrożenia okolicznych terenów oraz wielkość zbiornika wodnego, który mógłby ograniczyć szkody poprzez gromadzenie nadwyżki wody. Posiadając informację na temat lokalizacji zbiorników wodnych wykorzystywanych na cele rekreacyjne można stworzyć rastrową mapę odległości od nich, żeby określić, które miasta są najbardziej odległe i czy postawienie nowego zbiornika wpłynęłoby na poprawę warunków życia społeczeństwa.

W celu wyliczenia opłacalności ekonomicznej inwestycji należy w pierwszej kolejności określić roczną produkcję energii elektrycznej, a co za tym idzie, wyliczyć przepływ średni

roczny w miejscach niemonitorowanych. Jedną z metod zalecaną przez Europejskie Stowarzyszenie Małych Elektrowni Wodnych ESHA jest interpolacja przepływu ważona powierzchnią⁹. Wykorzystanie systemów geoinformacyjnych pozwala na zautomatyzowanie procedury i wyliczenie wartości dla każdego miejsca wzdłuż rzeki. Z drugiej strony, ekonomiczna efektywność zależy od minimalizacji kosztów, do których można zaliczyć postawienie zapory oraz przyłączenie do sieci energetycznej. Analizy GIS pozwalają sprawnie wyznaczyć długość zapory oraz odległość do Głównego Punktu Zasilającego (GPZ).

Geoinformacja usprawnia nie tylko obliczenia, ale również umożliwia prezentację wyników w formie map, wykresów i tabel. Dzięki obiektywnemu i czytelnemu przedstawieniu oceny oddziaływania elektrowni na środowisko można ograniczyć jej negatywny wpływ na otoczenie oraz przyspieszyć inwestycję.

Obliczanie przepływów

Jednym z pierwszych kroków podczas wyszukiwania lokalizacji pod budowę MEW jest wyznaczenie średnich rocznych przepływów na długości całego ciek. Jest to niezbędne do wyliczenia wielkości produkowanej energii. Istnieje kilka sposobów wyznaczania średniego rocznego przepływu w niemonitorowanym punkcie, jednak większość wymaga, aby przeprowadzone zostały badania terenowe. Podejście to nie pozwala na automatyczne wyliczenie charakterystyki przepływu na większym odcinku rzeki. Matematyczną metodą, którą można zastosować w systemach GIS, a która pozwala na automatyzację obliczeń, jest interpolacja liniowa (za pomocą wzoru liniowej regresji) ważona powierzchnią. By skorzystać z tej metody potrzebna jest wiedza o wielkości przepływu w monitorowanych punktach (pozyskana z IMGW) oraz z jakiej powierzchni spływa woda do każdego niemonitorowanego punktu (wyliczona za pomocą odpowiednich narzędzi GIS)¹⁰.

Posiadając dane dot. przepływu w punktach monitorowanych i wielkości powierzchni z jakiej spływa woda do poszczególnych komórek rastra (uzyskana za pomocą narzędzia "Flowaccumulation"¹¹) wyznacza się wzór liniowej regresji, który służy interpolacji przepływu średniego rocznego. W tabeli 1 ukazano wartości przepływów na rzece Gwda.

⁹ M. Hoffman, *op.cit.*, s. 12 - 28.

¹⁰ A. Dąbrowski, *Koncepcja lokalizacji małych elektrowni wodnych na przykładzie rzeki Gwda*, Praca magisterska, Poznań 2012.

¹¹ Narzędzie wyliczające akumulację spływu powierzchniowego. Dla każdej komórki cyfrowego modelu terenu obliczane jest z ilu komórek sąsiednich spływa woda do komórki centralnej.

Tabela 1. Średnie roczne przepływy w monitorowanych punktach na rzece Gwda

Nazwa wodowskazu	Flowaccumulation [ilość komórek]	Średni roczny przepływ [m ³ /s]
Gwda Wielka	471812	2,98
Ptusza	2219180	11,33
Piła	5075220	26,93

Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 1. Zlewnie cząstkowe dla punktów wodowskazowych

Źródło: Opracowanie własne.

Z podanych w Tabeli 1 wartości można wyliczyć wzory liniowych regresji pomiędzy wodowskazami oraz wzory służące do ekstrapolacji przepływu powyżej i poniżej miejsc monitorowanych. Poniżej przedstawiono wzory dla podanych odcinków rzeki:

Od źródła Gwdy do punktu Gwda Wielka (Górny bieg rzeki):

$$y = 0.00000631961720532057 \cdot x$$

Od punktu Gwda Wielka do punktu Ptusza (Środkowy bieg rzeki 1):

$$y = 0.00000478293937924886 \cdot x + 0.725023038474545$$

Od punktu Ptusza do punktu Piła (Środkowy bieg rzeki 2):

$$y = 0.00000546036647175979 \cdot x - 0.778309616683866$$

Od punktu Piła do ujścia Gwdy (Dolny bieg rzeki):

$$y = 0.00000530701161883049 \cdot x$$

Zapory wodne

Najbardziej efektywne elektrownie wodne występują przy budowłach piętrzących wodę. Postawienie zapory na rzece skutkuje powstaniem zbiornika retencyjnego, który w sposób znaczący oddziałuje na środowisko, jednocześnie jednak zwiększając produkcję energii elektrycznej, zabezpieczając elektrownię przed gwałtownymi zmianami w dostawie energii do sieci energetycznej oraz zabezpieczając leżące poniżej piętrzenia miasta przed powodzią. Systemy Informacji Geograficznej na podstawie cyfrowego modelu terenu pozwalają wyliczyć podstawowe charakterystyki projektowanych zbiorników, takich jak np. ich objętość, czy powierzchnia oraz wyznaczenie obszarów zagrożonych zalaniem.

Aby zminimalizować koszty inwestycyjne wynikające z budowy zapory, należy postawić piętrzenie w miejscu, które jest jednocześnie wąskie i wysokie. Innymi słowy należy zlokalizować dolinę rzeki. W tym celu sugeruje się zastosować klasyfikację form terenu Weiss'a, która na podstawie indeksu pozycji topograficznej (TPI) umożliwiła wyznaczenie doliny rzecznej z cyfrowego modelu terenu¹².

Produkcja energii elektrycznej

Produkcja energii elektrycznej z hydroenergetyki uwarunkowana jest mocno przepływem oraz różnicą poziomów wody pomiędzy zwierciadłem wody górnej (zbiornika retencyjnego), a zwierciadłem wody dolnej (poniżej piętrzenia). Precyzyjne określenie energii oddawanej do sieci energetycznej nie jest możliwe na bazie tych dwóch czynników ze względu na zróżnicowaną sprawność urządzeń generujących energię elektryczną. Współczynnik układu generującego prąd, na którą składa się sprawność turbiny, generatora, przekładni oraz transformatora szacuje się pomiędzy 70% a 90%¹³. Dla celów projektowych stosuje się następujący wzór do

¹² A. D. Weiss, *Topographic Position Index and Landforms Analysis*, http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf, 13.03.2012.

¹³ J. Steller, *Jak zbudować małą elektrownię wodną? Przewodnik inwestora*, Warszawa 2010.

oszacowania produkcji energii elektrycznej¹⁴:

$$E = 9,81 \cdot h \cdot s \cdot \eta \cdot 8760 [kWh]$$

E - produkcja energii Elektrycznej

h - spad netto

s - przepływ średnioroczny

η - ogólna wydajność elektrowni wodnej

4. Podsumowanie

W wyniku intensywnego eksploatowania zasobów naturalnych istnieje silna potrzeba rozwijania odnawialnych źródeł energii takich jak małe elektrownie wodne. Nie należy jednak zapominać, że pojęcie „odnawialne” nie jest równoznaczne z „ekologiczne”. Równocześnie trzeba pamiętać, że lokalizacja miejsc do budowy elektrowni wodnych nie może być podyktowana wyłącznie czynnikami przyrodniczymi.

Władza administracyjna zezwala na budowę piętrzeń tylko w przypadkach, gdy decyzja ta jest podyktowana względami bezpieczeństwa lub społecznymi, w związku z czym warto wykorzystywać narzędzia GIS do przekonywania urzędów administracji publicznej, o znaczeniu piętrzenia na rzekach, na których występuje wysokie ryzyko powodziowe, by następnie lokalizować przy nowopowstałych piętrzeniach elektrownie wodne.

Systemy Informacji Geograficznej znacząco usprawniają proces wyszukiwania nowych lokalizacji pod budowę małych elektrowni wodnych. Wszystkie charakterystyki MEW można zobrazować za pomocą map oraz przy użyciu porównań tabelarycznych wybrać potencjalnie najlepsze obszary. Analizy geoinformacyjne usprawniają proces wyszukiwania czyniąc go bardziej obiektywnym i skutecznym.

¹⁴ Tamże.

Streszczenie

W związku z dynamicznym wzrostem zapotrzebowania na energię elektryczną stale rozwijane są alternatywne źródła jej pozyskiwania. W niniejszym artykule autor koncentruje się na małych elektrowniach wodnych ze względu na ich niewykorzystywany potencjał w Polsce. Przeważający nizinny charakter ukształtowania terenu nie sprzyja budowaniu elektrowni na rzekach górskich, jednak wciąż występują tu niewykorzystywane na potrzeby energetyki rzeki nizinne, na których można zainstalować tzw. małe elektrownie wodne. Aby zlokalizować optymalne miejsce pod budowę elektrowni należy nie tylko brać pod uwagę aspekty ekonomiczne, ale również ekologiczne i społeczne. Niniejszy artykuł poświęcony jest tematyce racjonalnego wyszukiwania lokalizacji pod ich budowę z wykorzystaniem Systemów Informacji Geograficznej.

Summary

Due to a rapid increase in electricity demand alternative sources of energy are being developed over the world. In this article the author concentrates on small hydropower plants due to its still unused potential. Mountainous rivers are unsuitable in Poland, but there is still a large amount of energy from flatland rivers that can be used to produce electricity. Willing to locate a new site for power plant it is crucial to take into consideration not only economical but also ecological and social aspects of such an investment. This article presents an overview of a new method based on geographic information systems that has been developed to search for new locations that fulfill requests of decision - makers.