

Energetyka wodna. Polska wobec świata

Autor: Jakub Niechciał

("Energia Gigawat" - 9/2014)

Elektrownie wodne pozyskują energię elektryczną na skutek zamiany energii potencjalnej wody na energię mechaniczną w turbinie, a następnie poprzez generatory w energię elektryczną. Brazylia jest krajem, w którym około 70% energii elektrycznej pozyskiwane jest przez elektrownie wodne. Dla porównania średnia światowa wynosi ok. 16%. Obecna moc zainstalowana w Brazylii to 114GW. Przybliżony całkowity potencjał wód w Brazylii jest oceniany na 260GW. W Polsce gospodarstwa domowe i przemysł zaopatrywane są w energię elektryczną w głównej mierze poprzez spalanie węgla w elektrowniach konwencjonalnych. Podmioty te, ze względu na czas wykorzystania mocy, można podzielić na:

- a) Elektrownie podstawowe (czas pracy- powyżej 4000 godzin/rok),
- b) Elektrownie podszczytowe (czas pracy 2000-4000 godzin/rok),
- c) Elektrownie szczytowe (czas pracy do 2000h).

Tab. 1 Porównanie Polski z krajami o najniższych i najwyższych zasobach wody.

<i>Kraj</i>	<i>Zasoby</i>
Zjednoczone Emiraty Arabskie	0,5 km ³
Arabia Saudyjska	3,2 km ³
Polska	90 km³ (maksymalne)
Norwegia	420 km ³
Chiny	706,4 km ³
Kanada	3308 km ³

W Polsce możliwa do zainstalowania moc waha się w przedziale od 3300 do 4150 MW (teoretycznie), czyli jest około 63 razy mniejsza od potencjału Brazylii (przy czym powierzchnia Polski jest 27 razy mniejsza niż Brazylii). Jest to wartość kilka rzędów niższa niż ma to miejsce w przypadku innych państw, nawet europejskich (tab.1 oraz tab. 2). Elektrownie wodne zamieniają energię potencjalną wody (wynikającą z różnicy poziomów między górnym a dolnym zwierciadłem cieczy) w energię mechaniczną przy użyciu odpowiednich turbin (Kapłana, Francisca, Deriaz), a następnie poprzez generatory w energię

elektryczną. Sprawność elektrowni wodnych jest bardzo wysoka (może sięgać nawet 90% w przypadku elektrowni szczytowo-pompowych). Ich niewątpliwą zaletą w porównaniu do konwencjonalnych elektrowni jest mała liczba osób obsługujących elektrownię wodną. Praktycznie cała elektrownia może być zautomatyzowana a doгляд wystarczy robić zaledwie raz do roku, a wynikające z niej korzyści takie jak: produkcja energii elektrycznej, czy też poprawa aspektów ekologicznych (oczyszczanie wód) sprawiają, że stają się ciekawą alternatywą zwłaszcza dla małych miejscowości.

Tab. 2 Potencjał wykorzystania elektrowni wodnych różni się między poszczególnymi krajami.

Kraj	Obecne możliwości	Szacowana całkowita moc
Brazylia	64 GW (dane 2005)	260 GW
Chiny	200GW (dane 2011)	402 GW

W dalszej części artykułu przedstawione zostaną przykłady jak inne państwa wykorzystały swoje zasoby wodne w tym duże (Chiny) jak i mniejsze terytorialne (Tajwan).

*

Sprawność termodynamiczna elektrowni opalanych węglem szacowana jest na poziomie 50% (w przypadku kotłów na parametry nadkrytyczne). Elektrownie wodne mogą pracować w trybie podstawowym, czyli jako tzw. elektrownie przepływowe – dostarczają wtedy tyle energii elektrycznej ile wynosi w danym czasie przepływ wody przez rzekę. Oczywiście taka elektrownia nie może produkować więcej niż parametry, na które została zaprojektowana. Jeśli więc w rzece na skutek zwiększonych opadów deszczu zwiększy się dostępna objętość wody, a turbina została obliczona tylko na dany zakres, to część przepływu rzeki będzie po prostu niewykorzystana. To jaką turbinę (elektrownie) można na danym obszarze zbudować zależy od kilku czynników m.in. od:

- a) kosztów inwestycyjnych (ilości turbin, generowanej mocy, struktury pomieszczeń),
- b) wielkości jeziora (rzeki),
- c) możliwości korzystania ze źródeł odpadowych (np. wody pracującej w elektrowni kondensacyjnej),
- d) ukształtowania terenu (formacji skalnych).

Historia energetyki wodnej sięga czasów starożytnych Chin i Indii. Wtedy powstały pierwsze prymitywne koła wodne. Nie miały one dużej sprawności. Maksymalna sprawność wynosiła ok. 35%, zazwyczaj jednak plasowała się ona na poziomie kilku czy kilkunastu procent. Oczywiście nie były to wielkoformatowe koła zębate jakie możemy obecnie podziwiać w wielu mniejszych miejscowościach, zwłaszcza tych na zachodzie Europy. Pierwsze wykorzystanie koła wodnego na skalę przemysłową udało się wykonać dopiero w XVIII w. Wówczas energia wodna z kół wodnych miała zastosowanie m.in.: w kuźniach,

gdzie wspomagały procesy wytopu miedzi oraz szabel. Pierwsza turbina wodna będąca podstawą dzisiejszych modeli była turbiną skonstruowaną przez Fourney'a w 1827-34. Przełom nastąpił między XIX i XX w. Na skutek zaistnienia przemysłu elektrotechnicznego możliwy stał się rozwój turbin (sprawność wzrosła wówczas do 55-85%). Współcześnie turbiny osiągają moc do 700 MW (dla porównania elektrownia podstawowa opalana węglem - 1000 MW w nowoczesnych obiektach). Małe elektrownie wodne mają kilka zalet:

- utleniają wodę,
- utrzymują w czystości brzeg rzeki,
- stabilizują przepływy (mikrorotacje),
- nawadniają brzegi, czego skutkiem jest powiększenie populacji ryb, wzrost liczby ptaków.

Energetyka wodna na przykładzie wybranych państw świata

Energia wodna jest źródłem czystej energii odnawialnej nie produkującej żadnego gazu cieplarnianego, jednakże, związane są z nią pewne aspekty społeczne, środowiskowe i ekonomiczne. Silnie eksploatowana jest zwłaszcza w krajach najbardziej rozwiniętych. Energia elektryczna pochodząca z elektrowni wodnych stanowi ok. 16% światowej produkcji. Niektóre kraje zapotrzebowanie na energię elektryczną zaspokajają przede wszystkim w elektrowniach wodnych. Są to przykładowo:

- Norwegia - 98,9%,
- Brazylia - 83,4%,
- Kanada - 57,9%.

W Polsce możliwe jest zagospodarowanie ok. 200 MW w tzw. małych elektrowniach wodnych. Elektrownie takie budowane są na rzekach, których potencjał energetyczny nie przekracza 10 MW (tab. 3). W systemie elektroenergetycznym Polski zainstalowanych jest 19-naście elektrowni wodnych o mocy większej od 5 MW, w tym trzy elektrownie z pompowaniem i trzy elektrownie pompowe (tab. 4). Duże elektrownie wodne w Polsce znajdują się m.in. w Dychowie, Brzegu Dolnym, Piłchowicach, Bobrowicach, Włocławku, Solinie, Myszkowicach, Dębie, Żydowie, Żarnowcu. W polskich elektrowniach wodnych zazwyczaj eksploatowane są turbiny Kaplana, ze względu na stosunkowo niskie spady (czyli różnice między zwierciadłem górnym a dolnym elektrowni) wynoszące do 15 m. Takie układy mogą pracować zarówno w układzie pionowym, jak i poziomym. Konstrukcja zależy w głównej mierze od ukształtowania terenu i rodzaju podłoża pod fundamenty elektrowni.

Tab. 3 Energia pochodząca z polskich rzek.

Potencjał energetyczny rzek polskich	Techniczny potencjał rzek	Procentowy udział
Wisła z dorzeczem	1058 MW	78%
Odra z dorzeczem	275 MW	20%
rzeki Pomorza	32 MW	2%

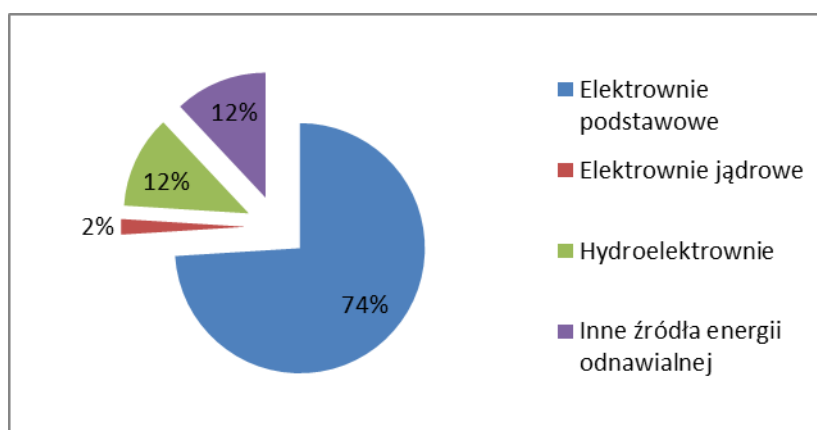
Na wiejskich, górzystych obszarach Indii, oddalonych od wielkich miast bardzo często dostawy energii elektrycznej pochodzącej z tradycyjnych elektrowni są nieregularne i znikome. W regionach tych gęstość sieci elektroenergetycznej jest niska, co powoduje, że nieopłacalne staje się stawianie tradycyjnych elektrowni. A należy pamiętać, że cały tamtejszy region jest obecnie silnie rozrastającą się gospodarką. Wzrost gospodarczy Indii w 2008r. wyniósł 9% (Chin- 10,4%). Zapotrzebowanie na energię dla 1,2 miliarda ludzi jest ogromne. Przewiduje się, że przez następne 25 lat cały kontynent azjatycki będzie miał wzrost na poziomie 1,7%. Prognozy dla Chin wynoszą 5% zaś dla Indii 4,7% rocznie.

Ten złożony politycznie i klimatycznie tygiel narodów musi oczywiście w miarę wzrostu ludności i poziomu dobrobytu wytwarzać coraz większą ilość energii elektrycznej. W dwóch zespołach miejskich (Mumbai, Delhi) mieszka 38 mln osób. Jest to tyle, ile wynosi ludność Polski. W Indiach, mimo sporego skoku cywilizacyjnego na początku lat 90, w rolnictwie wciąż pracuje około 60% populacji spośród liczącej 500 mln osób zdolnych do pracy, zaś jak szacują indyjskie dane 25% ludności żyje poniżej granicy ubóstwa. Wciąż rosnący sektor przemysłowy zatrudnia jedynie około 12% ludności.

Tab. 4. Przykład produkowanej mocy przez polskie elektrownie wodne na tle elektrowni Merikoski (Finlandia).

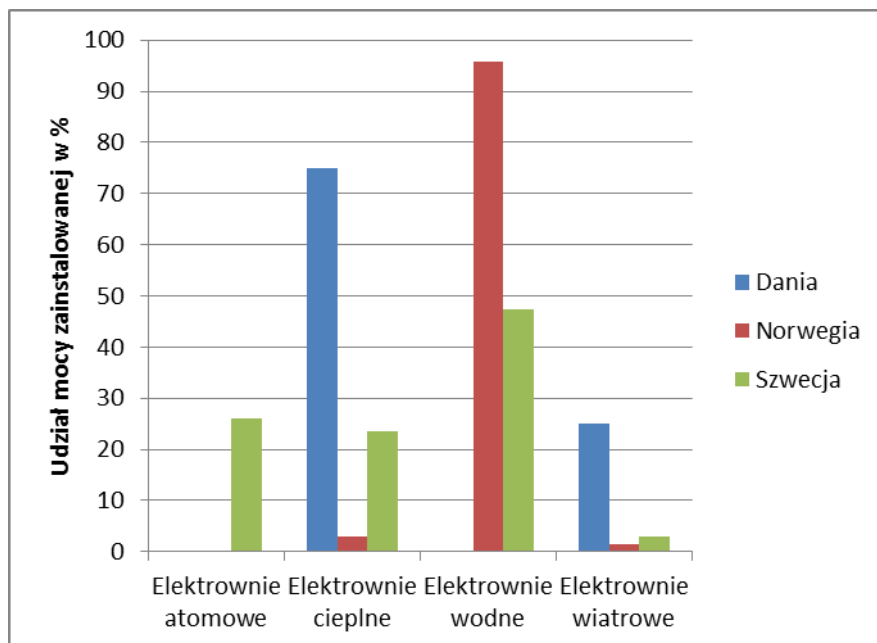
Elektrownia	Moc	Zapotrzebowanie energetyczne	Rodzaj turbin
Elektrownia wodna Merikoski	39,2 MW (przy średnim przepływie 240 m ³ /s i spadzie 15m)	1/3 zapotrzebowania miasta	Turbiny Kaplana
Elektrownia Bobrowice	2 MW (przełyk 23,5m ³ , spad 14,5 m)	6 300 000 kWh/rok	Turbiny Francisa
Elektrownia wodna Oława II	580 kW (przełyk 20 m ³ /s, spad 3,5m)	2 000 MWh/rok	Turbiny śmigłowe
Elektrownia Czchów	9 MW (przy przepływie 130m ³ /s i spadzie 12,5m)	[-]	Turbiny Kaplana
Elektrownia wodna Sromowce Wyżne	2x 520 kW (spad 3,4-10,3m)	[-]	Turbiny Kaplana

Można, więc zauważyć, że tak intensywna zmiana dokonana w ciągu zaledwie dekady musi wiązać się ze skokowym wzrostem zapotrzebowania na energię elektryczną. Jednym z proponowanych rozwiązań jest budowa małych elektrowni wodnych, jednakże główną przeszkodą jest wysoki koszt początkowy tradycyjnych turbin wodnych. Rozwój każdego kraju zależy od dostępności energii elektrycznej i jej zużycia na jednego mieszkańca, które jest uważane za jeden ze wskaźników standardu życia obecnej cywilizacji. W Indiach ze 138 mln gospodarstw wiejskich, do tej pory tylko 56% jest zelektryzowanych. Istnieje jedynie 6 stanów, w których dostęp do energii elektrycznej przekracza 75%. Są to jednak obszary zurbanizowane (tylko 6% z nich to prowincjonalne to tereny wiejskie). Indie są dość bogate w naturalne źródła energii takie jak: węgiel kamienny, brunatny czy gaz ziemny, ale co ważniejsze posiadają ogromne zasoby energii wodnej (rys. 1). Obecnie Indie skłaniają się ku rozwiązaniom małych elektrowni wodnych, w szczególności o mocy 3-10 kW. Taka elektrownia jest w stanie zapewnić energię elektryczną dla zamkniętych społeczności liczącej od 40 do 500 osób. Prowadzone badania wykazały, że takie elektrownie mają sprawność rzędu 60%. Jest to wynik stosunkowo niski w porównaniu np. z turbinami Francis, które są w stanie osiągnąć sprawność na poziomie 70-85%.



Rys. 1 Wykorzystanie poszczególnych rodzajów elektrowni w Indiach.

Roczne przepływy rzek Indii szacowane są na $1675 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (1675 km^3), z czego źródła mogące zostać użyte do produkcji elektrycznej w elektrowni wodnej wynoszą ok. $555 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (555 km^3). Koszty komponentów elektromechanicznych w dużych elektrowniach wodnych stanowią ok. 20% całkowitych kosztów, ale w mikroelektrowni udział ten jest większy i waha się w przedziale 35%-40% absolutnych nakładów projektu. Stąd główną przeszkodą w realizacji tej koncepcji jest wysoki początkowy nakład pieniężny. W Chinach elektrownie wodne mają kluczowe znaczenie. Wyprodukowanie energii elektrycznej dla kilku miliardów ludzi jest zadaniem czasochłonnym i skomplikowanym. Obecnie Chiny cierpią na głód energetyczny. W 2003r. państwo to przesunęło się na drugie miejsce w światowej konsumpcji ropy naftowej. Przewiduje się, że do 2020r. Chiny będą miały ok. 15% udziału w światowej konsumpcji energii.



Rys. 2. Produkcja energii elektrycznej w krajach skandynawskich.

Na początku lat 70. XX wieku wskaźnik ten był na poziomie 5%. Bogate zasoby węgla w Chinach nie są jednak w stanie zaspokoić znacznego wzrostu zapotrzebowania na energię, stąd też na obszarze państwa chińskiego usytuowano największą elektrownie wodną na świecie (tab. 5).

Norwegia to kraj wykorzystujący energię wody w dużym stopniu (rys. 2). Choć z szelfu kontynentalnego Morza Północnego ma obfite zasoby ropy i gazu ziemnego, to duża część wydobycia jest eksportowana. Norweski sektor energii elektrycznej jest zdominowany przez duże zasoby wodne. Moc produkowana przez elektrownie wynosi ok. 15,73 GW z czego aż 15,5 GW (dane 2005) wytwarzanych jest właśnie przez elektrownie wodne. Podobnie zresztą jak w wielu innych krajach zachodnich, Norwegia budowała elektrownie wodne na dużą skalę. Największy skok w tej sekcji energetycznej datuje się na okres od 1940 do 1980r.

Tab. 5. Największe elektrownie wodne na świecie.

Kraj	Moc	Rok budowy
Chiny (Zapory Trzech Przełomów)	18,2 GW	2007
Brazylia (Itaipu)	12,6 GW	1984
Kolumbia (Grand Coulee)	10,0 GW	1942
Wenezuela (Guri)	10,0 GW	1968
Brazylia (Tucuruí)	7,5 GW	1985
Rosja (Sajano-Suszenskaja)	6,4 GW	1980
Rosja (Krasnojarska)	6,0 GW	1963

Przemysłowa baza gospodarcza składa się głównie z sektorów energochłonnych takich jak: hutnictwo, chemiczna rafinacja ropy, przemysłu celulozowo-papierniczego i mineralnego. Wszystkie te działy pobierają ok. 55% ogólnego zapotrzebowania na energię elektryczną, co stanowi około 70 TWh (8GW). Należy oczywiście pamiętać, że Norwegia jest krajem o stosunkowo małej liczbie mieszkańców- ok. 5 mln. Stąd też potrzeby energetyczne tego państwa są znacznie mniejsze niż w przypadku Polski czy Niemiec. Ze wszystkich krajów skandynawskich to właśnie Norwegia ma największy odsetek mocy wytwarzanej w elektrowniach wodnych. Druga pod tym względem jest Szwecja, która pozyskuje z tej formy energii 55%. Z krajów skandynawskich, praktycznie tylko Dania wciąż polega na konwencjonalnych źródłach energii. Obecnie Szwecja w swoich planach przewiduje zwiększony udział energii jądrowej. Oznacza to, że w najbliższych latach udział procentowy zostanie zwiększony około dwukrotnie. Warto dodać, że ok. 25% energii zaspokajającej 9,6 mln mieszkańców Szwecji pozyskuje się z trzech elektrowni jądrowych (łącznie 10 reaktorów).

Tajwan jest silnie uzależniony od importu paliw kopalnych. Tylko 3,9% energii elektrycznej zostało wygenerowane przez elektrownie wodne (2009 r.). Średnie obciążenie Tajwanu wynosiło prawie 27 GW (maksymalne 33 GW). Jest to skutek szybkiej industrializacji i wzrostu gospodarczego pomiędzy 1950 a 1990, co określane było jako cud tajwański (Taiwan Miracle). W okresie tym gospodarka Tajwanu zmieniała kierunek rozwoju z rolnictwa na przemysł, a następnie na elektronikę i informatykę. Tajwan jest obecnie wiodącym producentem technologii informacyjnej i jest krajem silnie uprzemysłowionym. Zwiększenie industrializacji prowadzi nie tylko do wzrostu dochodów, ale również do większego zużycia energii elektrycznej. Zapotrzebowanie na nią jest najniższe w lutym, szczyty zaś przypadają na miesiące lipiec i sierpień. Jednostki klimatyzacyjne są wszechobecne w Tajwanie. Wynika to oczywiście z klimatu - średnia temperatura latem wynosi ok. 27°C. Północne krańce kraju mają jeszcze wyższe temperatury - sięgają one nawet 35°C. Klimatyzacja pochłania około 30% zużycia energii w Tajwanie w miesiącach letnich. W godzinach szczytu obciążenia, odsetek ten może skoczyć nawet do 40%. Z przeprowadzonych analiz wynika, że energia pochodząca od elektrowni wodnej na rzece Kaoping jest niestała w ciągu roku. Poziom rzeki w porze suchej zmienia się od 15-25% do nawet 82% w porze mokrej. Takie zmiany strumienia rzeki powodują nierównomierny rozkład energii wody.

*

W Polsce potencjał energetycznego wykorzystania wody jest nieporównywalnie mniejszy w porównaniu do innych krajów. Wynika to oczywiście z warunków klimatycznych, średnich opadów deszczu, ukształtowania terenu. Najbardziej opłacalnym wykorzystaniem rzek w Polsce byłyby elektrownie kaskadowe produkujące energię szczytową, kiedy zapotrzebowanie na energię jest największe (czyli rano i wieczorem). Dodatkowo budowa kilku elektrowni wodnych ze zbiornikami o wyrównaniu co najmniej rocznym, jest w stanie poprawić stan rzek, jak również w znacznym stopniu uchronić przed powodzią, ponieważ takie zbiorniki mogą zatrzymać falę powodziową do 500 godzin (około 21 dni). Polska nie posiada jednak wystarczającej ilości wody, która umożliwiłaby pracę podstawową elektrowni.

Rozsądnym rozwiązaniem jest, więc budowa elektrowni szczytowo-pompowych, które w dzień produkują energię elektryczną, w nocy zaś akumulują wodę poprzez pompoturbiny, które podnoszą wodę ze zwierciadła dolnego do górnego. Dodatkową zaletą jest wyrównanie obciążenia dobowego. Sprawia to, że elektrownie konwencjonalne nie muszą obniżać sprawności bloków. Najlepszymi zbiornikami są jeziora, które zapewniają stabilność dopływów do elektrowni wodnej.