

Galina KALDA
Kinga KLIŚ
Politechnika Rzeszowska

ROZWÓJ MAŁEJ ENERGETYKI WODNEJ NA PODKARPACIU

W artykule przedstawiono ogólne informacje o zasobach wodnych w województwie podkarpackim, charakterystyki małej energetyki wodnej i rodzaje elektrowni, obliczenia turbiny wodnej, przybliżonej wartości rocznej produkcji energii i opłacalności inwestycji.

1. Wprowadzenie

Zużycie energii jest jednym z ważniejszych wskaźników rozwoju, m.in. gospodarczego oraz społecznego, więc zapotrzebowanie na energię elektryczną stale rośnie. Należy zwrócić uwagę na to, że do produkcji energii elektrycznej wykorzystuje się przede wszystkim źródła konwencjonalne, czyli paliwa kopalniane, takie jak węgiel, ropa czy gaz ziemny, oraz materiały rozszczepialne (energetyka jądrowa). Te surowce energetyczne pokrywają około 86% zapotrzebowania na energię elektryczną, resztę stanowią tzw. OZE (odnawialne źródła energii). Perspektywa wyczerpania się zasobów konwencjonalnych surowców energetycznych, wzrost ich cen oraz troska o stan środowiska naturalnego skłaniają do zwrócenia uwagi właśnie na niekonwencjonalne źródła energii elektrycznej. Do tych poszukiwanych źródeł należy przede wszystkim energetyka wodna, która jest jednym z głównych krajowych odnawialnych zasobów.

Hydroenergetyka wykorzystuje głównie energię wód śródlądowych, które charakteryzują się dużym natężeniem przepływu oraz spadem. Energetyka wodna pozyskuje energię wód i przetwarza ją na energię mechaniczną i elektryczną za pomocą turbin wodnych i hydrogeneratorów. Warunkiem pozyskania energii potencjalnej wody do napędu turbin jest istnienie w określonym miejscu spadku mierzonego różnicą poziomów wody górnej i dolnej z uwzględnieniem strat przepływu. Najlepszą lokalizacją dla budowy zakładu hydroenergetycznego byłyby więc okolice wodospadu lub przepływowego jeziora znajdującego się w pobliżu doliny. Niestety takie miejsca nieczęsto występują na polskim terenie, dlatego w celu pozyskania spadku podnosi się poziom w rzece za pomocą jazów przegradzających koryto rzeki bądź zapory wodnej przegradzającej dolinę rzeki.

Wielkie systemy piętrzące wymagają sporych kosztów inwestycyjnych, istotny jest również długi czas budowy takiego obiektu. Niemniej jednak zainteresowanie budzi możliwość wykorzystania już istniejących budowli hydrotechnicznych. Mowa tutaj o intensywnym rozwoju energetyki wodnej o małych mocach jednostkowych (do 5 MW), czyli o tzw. małych elektrowniach wodnych (MEW).

Analizując hydroenergetyczne zasoby krajowe, można wyróżnić region podkarpacki, charakteryzujący się dość znacznymi spadami i częstymi krótkookresowymi wezbraniami wody. Energetyka wodna na Podkarpaciu ma więc szansę być znaczącym źródłem energii. Region podkarpacki bogaty jest w małe obiekty, które posiadają duży potencjał, jednak nie rozwijają się stosownie do niego. Znaczący rozwój gospodarczy zapewniłoby odpowiednie zagospodarowanie zlewni rzek w regionie podkarpackim.

2. Ogólne informacje o zasobach wodnych w województwie podkarpackim

Województwo podkarpackie położone jest w południowo-wschodniej części Polski. Od południa teren województwa zamyka granica państwowa ze Słowacją, od wschodu z Ukrainą. Od zachodu i północy sąsiaduje z województwami małopolskim, świętokrzyskim i lubelskim. Powierzchnia województwa wynosi 17,8 tys. km². Wody powierzchniowe na Podkarpaciu zajmują 215,8 km², co stanowi 1,2% ogólnej powierzchni województwa. Ponad 98% powierzchni jest położone w obrębie dorzecza górnej Wisły, więc podstawową sieć rzeczną w województwie tworzy Wisła oraz jej dwa duże dopływy karpackie Wisłoka i San.

Na terenie województwa podkarpackiego znajdują się dwa parki narodowe: Bieszczadzki Park Narodowy oraz Magurski Park Narodowy, 93 rezerваты przyrody oraz 10 parków krajobrazowych. Ponadto na terenie województwa występuje 17 obszarów chronionego krajobrazu. Łącznie wszystkie formy ochrony przyrody zajmują 44,5% powierzchni województwa [1].

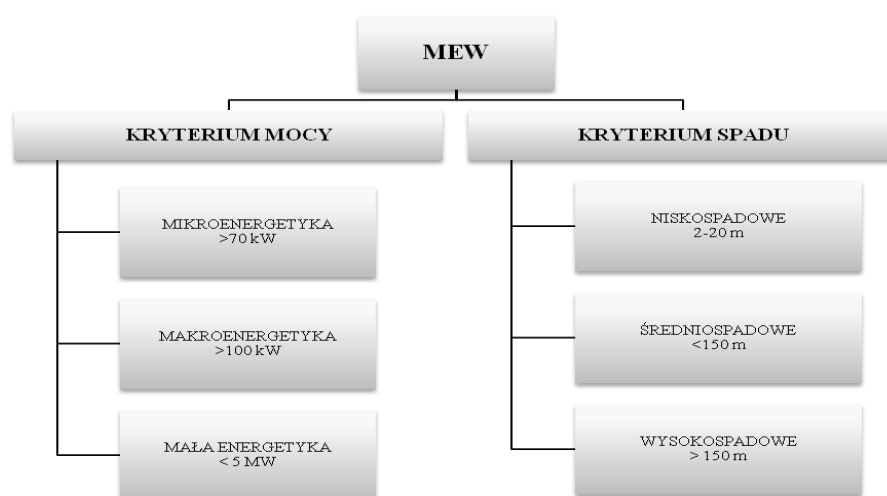
3. Charakterystyka małej energetyki wodnej

Elektrownie wodne to budowle z urządzeniami służącymi do wykorzystania wód płynących. Najstarszymi znanymi siłowniami wodnymi są młyny wodne oraz pompownie. Urządzenia te pracowały jako obiekty stacjonarne, wykorzystywane np. do poruszania młynów wodnych, tartaków oraz jako napęd wind w kopalniach. Energia wody płynącej poruszająca koła i turbiny była przekazywana do pracujących urządzeń za pomocą systemów kół zębatach czy różnego rodzaju przekładni zębatach do czasu wynalezienia sposobu wytwarzania energii elektrycznej. Opanowanie sposobów wytwarzania energii elektrycznej przyczyniło się do radykalnego rozwoju elektrowni wodnych [2].

Elektrownie o dużej mocy, pomimo licznych zalet, posiadają również wiele wad, takich jak: ingerencja w środowisko naturalne, trzykrotnie większe nakłady inwestycyjne w porównaniu z elektrowniami konwencjonalnymi, zmiana struktury hydrologicznej czy zamulanie zbiorników prowadzące do odtleniania i zamierania życia w wodzie. Większość z tych wad energetyki wodnej jest eliminowana właśnie w małej energetyce wodnej. Pojęcie **małej energetyki wodnej** (MEW) można definiować w różny sposób, w zależności od wielkości spadku wody, mocy jednostkowej generatorów czy sumarycznej mocy zainstalowanej. Wytwarzany w nich prąd jest wykorzystywany głównie do celów lokalnych. W Polsce stosuje się określenie małej elektrowni wodnej w odniesieniu do obiektów o mocy zainstalowanej do 5 MW. Są to praktycznie jedyne obiekty hydroenergetyczne, przy czym ich liczba stale rośnie. Zdecydowana ich większość pracuje na sieć państwową, a wielkość napięcia i częstotliwość jest narzucała przez system energetyczny [3].

Rodzaje i podział MEW

Zdecydowaną większość małych elektrowni wodnych stanowią elektrownie przepływowe, których moc zależy od chwilowego przepływu w rzece. Są to tzw. elektrownie podstawowe, charakteryzujące się brakiem albo bardzo małą pojemnością retencji zbiornika, górnego stanowiska stopnia. Do następnej grupy zalicza się tzw. elektrownie podszczytowe, które w górnym stanowisku stopnia posiadają odpowiednią objętość retencionowanej wody, co umożliwia pracę z pełną mocą w okresach szczytowych obciążeń systemu elektroenergetycznego. Poza godzinami szczytowymi pracują one z obniżoną mocą, która jest zależna od wielkości dopływu i możliwości akumulacyjnych zbiornika. Ostatnią, trzecią



Rys. 1. Podział małej energetyki wodnej

grupę stanowią elektrownie szczytowe, które pracują tylko i wyłącznie w czasie występowania szczytowych obciążeń systemu. Warunkiem umożliwiającym taki typ pracy jest posiadanie zbiornika retencyjnego o odpowiedniej objętości użytkowej, w którym są dopuszczone znaczne wahania poziomu wody w ciągu doby. Zazwyczaj w elektrowniach ze zbiornikami retencyjnymi jest możliwy do uzyskania większy spad, niż ma to miejsce w przypadku obiektów przepływowych [4]. W małej energetyce wodnej istnieje podział ze względu na kryterium mocy oraz wysokość spadu wody. Podział ten obrazuje rys. 1.

Zasada działania MEW

Koniecznym warunkiem do pozyskania energii wody jest istnienie w danym miejscu znacznej wysokości piętrzenia. Spiętrzenie jest to geometryczna różnica wysokości między poziomami zwierciadeł wody przed przegrodą (wysokość górna) i za przegrodą spiętrzającą (wysokość dolna). W naturalnych warunkach są wykorzystywane wodospady lub jeziora przepływowe leżące w dolinie. Ponieważ takie miejsca nieczęsto występują w przyrodzie, konieczne jest przeprowadzenie prac hydrotechnicznych polegających na wytworzeniu spiętrzenia poprzez budowę jazu piętrzącego wodę w korycie rzeki lub na budowie zapory piętrzącej wodę w dolinie rzeki.

Najważniejsze urządzenia oraz układy technologiczne wykorzystywane w małych elektrowniach wodnych to:

- ciąg wodny – w jego skład wchodzi: kanał doprowadzający, komora turbinowa, rura ssawna, wylot wody; kanał doprowadzający jest wyposażony w kratę zabezpieczającą przed dostaniem się do turbiny zanieczyszczeń w postaci gałęzi itp.,
- blok energetyczny – w jego skład wchodzi turbina oraz generator; może mieć układ pionowy, poziomy lub skośny,
- pozostałe wyposażenie – to przekładnia łącząca turbinę z generatorem, zawory, urządzenia zabezpieczające, transformator.

4. Parametry energetyczne turbin

Stan ruchu turbiny wyznaczają parametry energetyczne turbiny. Wśród nich można wymienić:

1) **spad turbiny** – spad niwelacyjny H_n określa różnicę poziomów wody górnej i dolnej, spad użyteczny H_u – różnicę energii pomiędzy wlotem i wylotem z turbiny; ogólnie spad użyteczny H_u wyznacza się wzorem [4]:

$$H_u = \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \right) \text{ [m]} \quad (1)$$

2) **natężenie przepływu Q i przełyk turbiny Q_t** – natężeniem przepływu Q określa się objętość wody przepływającej przez dany przekrój w jednostce czasu; przełyk turbiny Q_t to objętość wody doprowadzonej do turbiny w jednostce czasu; w literaturze [2] można znaleźć zalecenia dotyczące zakresów doboru przełyku turbiny Q_t , których wartości zostały opracowane na podstawie analiz projektowanych i zrealizowanych elektrowni:

- elektrownie przepływowe – $Q_t = (0,5-1,0) Q_{sr}$,
- elektrownie przy zbiornikach przepływowych z wyrównaniem dobowym – $Q_t = (1,0-2,0) Q_{sr}$,
- elektrownie przy zbiornikach retencyjnych – $Q_t = (2,0-5,0) Q_{sr}$, gdzie Q_{sr} – przepływ średni roczny rzeki [m^3/s],

3) **moc turbiny** – moc surowa turbiny wynika z przełyku turbiny Q_t i spadcu użytecznego H_u i jest opisana wzorem [4]:

$$N_s = \frac{\gamma \cdot Q_t \cdot H_u}{102} = 9,81 \cdot Q_t \cdot H_u \text{ [kW]} \quad (2)$$

natomiast moc użyteczna N_u jest to moc na wale turbiny, która wynika z mocy surowej N_s i sprawności turbiny η_t , i jest określona wzorem [4]:

$$N_u = \frac{\gamma \cdot Q_t \cdot H_u \cdot \eta_t}{102} = 9,81 \cdot Q_t \cdot H_u \cdot \eta_t \text{ [kW]} \quad (3)$$

4) **sprawność turbiny η_t** – jest to stosunek mocy użytecznej turbiny N_u do mocy surowej N_s ; sprawność ta jest również równa iloczynowi sprawności objętościowej η_v , sprawności hydraulicznej η_h i sprawności mechanicznej η_m ; jest ona wyrażona wzorem [4]:

$$\eta_t = \frac{N_u}{N_s} = \eta_v \cdot \eta_h \cdot \eta_m \quad (4)$$

z kolei sprawność objętościową η_v określa wzór [4]:

$$\eta_v = \frac{Q - \Delta Q_t}{Q_t} \quad (5)$$

gdzie ΔQ_t – straty objętościowe wynikające z niepełnego wykorzystania objętości przepływu wody na skutek przecieków przez szczeliny, np. pomiędzy łopatkami wirnika a obudową; sprawność hydrauliczną η_h wyraża wzór [4]:

$$\eta_h = \frac{H_u - \Delta H_u}{H_u} \quad (6)$$

gdzie ΔH_u – straty hydrauliczne, straty wysokości ciśnienia spowodowane uderzeniem wody o łopatki wirnika, zawirowaniami na krawędziach wylotowych oraz tarcie przy przepływie wody przez kanały łopatkowe kierownicy i wirnika; część energii jest tracona również w rurze ssącej; sprawność hydrauliczna zawiera się w granicach $\eta_h = 0,88-0,95$; sprawność mechaniczną η_m wyraża wzór [4]:

$$\eta_m = \frac{N_h - \Delta N_m}{N_h} \quad (7)$$

gdzie ΔN_m – straty mechaniczne powodowane głównie przez tarcie wału w łożyskach turbiny i dławnicach oraz przez tarcie wirujących części turbiny o wodę; sprawność mechaniczna dla turbiny w dobrym stanie technicznym zawiera się w granicach $\eta_m = 0,98-0,99$; N_h – moc hydrauliczna turbiny [kW],

5) **prędkość obrotowa turbiny** n_t – jest to liczba obrotów, jaką wykonuje wał turbiny w jednostce czasu; wyróżnia się również prędkość rozbiegową n_r , czyli największą prędkość obrotową osiąganą przez turbinę przy nieobciążonym turbozespolu i maksymalnym spadzie [4],

6) **wyróżnik szybkobieżności** n_s – jest to wielkość określająca wirnik turbiny wyrażona wzorem [4]:

$$n_s = \frac{n_t \sqrt{1,36 \cdot N}}{\sqrt[4]{H_u^5}} \quad (8)$$

gdzie: n_t – prędkość obrotowa turbiny [obr/min],

N – moc turbiny [kW],

H_u – spad użyteczny [m].

5. Zalety stosowania małych elektrowni wodnych

Rola, jaką w naturalnym środowisku przyrodniczym oraz w gospodarce narodowej pełnią małe elektrownie wodne, które są zlokalizowane głównie na istniejących stopniach wodnych, jest nie do przecenienia. Wiąże się ona nie tylko z technicznym udziałem elektrowni w bilansie energetycznym kraju, ale też ze spełnieniem wielu funkcji ogólnospołecznych [5].

Małe elektrownie wodne:

- wytwarzają czystą energię elektryczną – pod pojęciem czystej energii elektrycznej rozumie się brak jakiejkolwiek emisji gazów czy pyłów oraz brak wytwarzania niebezpiecznych odpadów,
- zużywają na potrzeby własne energię elektryczną w ilości ok. 0,5-1% (w przypadku elektrowni tradycyjnych wartość ta wynosi nawet 10%),

- wymagają jedynie sporadycznego nadzoru technicznego,
- przynoszą minimalne straty przesyłu dzięki wykorzystaniu energii przez lokalnych odbiorców,
- mogą stanowić awaryjne źródło energii w przypadkach uszkodzeń sieci przesyłowej,
- regulują stosunki wodne w okolicy,
- tworzą nowe miejsca pracy, często na terenach słabo zurbanizowanych, np. w agroturystyce czy podczas eksploatacji,
- umożliwiają bieżący monitoring jakości wody,
- sprzyjają hodowli ryb, budowie przepławek,
- umożliwiają rekultywację zbiorników wodnych.

Budowane są także obiekty piętrzące, co skutkuje powstawaniem zbiorników wodnych, ważnych, jeżeli chodzi o retencję powierzchniową, jak i funkcję rekreacyjną. Rozwój małej energetyki wodnej to również oszczędność paliw kopalnianych, mniejszy import paliw płynnych, ochrona środowiska, rozwój gospodarki wodnej, rozwój małej retencji, rozbudowa systemu energetycznego, tańsza energia oraz nowe miejsca pracy.

Milion kWh wyprodukowanej energii elektrycznej zmniejsza zużycie węgla o 800 ton. Każdy 1 000 000 kWh z małych elektrowni wodnych zmniejsza zanieczyszczenie środowiska o 15 ton związków siarki, 5 ton związków azotu, 1500 ton związków węgla oraz 160 ton żużlu i popiołów lotnych [3].

6. Analiza zasobów energii wody w województwie podkarpackim

Zasoby energetyczne województwa podkarpackiego wyrażają się przez potencjał wnoszony przez główne rzeki przepływające przez województwo wraz z ich dopływami. Są to:

- **rzeka San** wraz z dopływami: Hoczewka, Oślawa, Sanoczek, Magierówka, Baryczka, Łubienka, Wiar, Wisznia, Szkło, Lubaczówka, Wisłok, Trzebośnica, Tanew, Bukowka,
- **rzeka Wisłok** wraz z dopływami: Pielnica, Morawa, Lubatówka, Stobnica, Strug, Świerkownica, Mlecza,
- **rzeka Wisłoka** wraz z dopływami: Krempna, Wilsznia, Iwielka, Kłopotnica, Żółków, Ropa, Jasiołka, Czarna, Wielopolka, Tuszynka, Breń,
- **rzeka Ropa** wraz z dopływami: Sękówka, Moszczanka, Lubuszanka, Olaszynka, Bednarka.

Potencjał teoretyczny energii wody

Potencjał teoretyczny wód płynących jest obliczany jako suma energii uzyskanej dla poszczególnych odcinków rzek zlokalizowanych na terenie województwa. Potencjał teoretyczny, określany również jako średni potencjał surowy

P_{sr} , to suma energii uzyskana dla konkretnego odcinka rzeki obliczona ze wzoru [3]:

$$P_{sr} = 8760 \cdot 9,81 \cdot Q_{sr} \cdot H_{sr} \text{ [GWh/rok]} \quad (9)$$

gdzie: Q_{sr} – przepływ średni z wielolecia [m^3/s],

H_{sr} – spad odcinka rzeki na określonej długości [m].

Potencjał techniczny energii wody

Potencjał techniczny jest to potencjał możliwy do uzyskania poprzez budowę elektrowni wodnych na istniejących obiektach piętrzących, których stan techniczny oraz warunki hydrologiczne, takie jak minimalna wysokość spadów oraz przepływ roczny średni, pozwalają na realizację inwestycji. Jako kryterium przydatności przyjmuje się minimalną wysokość spadów na poziomie 1,6 m oraz przepływ roczny średni nie mniejszy niż $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Potencjał techniczny jest znacznie mniejszy od teoretycznego, ponieważ wiąże się z różnymi ograniczeniami i stratami, wśród których najważniejsze to:

- nierównomierność naturalnych przepływów w czasie,
- sprawność stosowanych urządzeń,
- bezzwrotne pobory wody do celów nieenergetycznych,
- konieczność zapewnienia minimalnego przepływu wody w korycie rzeki poza elektrownią.

Największa liczba istniejących piętrzeń, które mogłyby być wykorzystane do celów energetycznych, znajduje się w powiecie sanockim, na czele ze zbiornikiem wodnym Besko–Sieniawa (wraz z istniejącą już elektrownią wodną). Wśród największych sztucznych zbiorników niewykorzystywanych energetycznie można wymienić zalew w Wilczej Woli (gmina Dzikowiec, powiat kolbuszowski) oraz zalew Ożanna (powiat leżajski). Największe znaczenie energetyczne wśród planowanych dużych zbiorników retencyjnych będzie posiadać zbiornik Kąty–Myscowa (Krempna) o powierzchni 427 ha i wysokości zapory ponad 40 m [1].

Zasoby energetyczne wód w województwie podkarpackim

W tabeli 1. zestawiono zasoby energetyczne, teoretyczne oraz użyteczne obliczone dla głównych rzek województwa podkarpackiego, z podziałem na powiaty [6].

Tabela 1. Zasoby energetyczne, teoretyczne oraz użyteczne na rzekach województwa podkarpackiego, na podstawie [6]

Powiat	Rzeki uwzględnione w potencjale hydrogeneracji	Teoretyczny potencjał energii w strudze rzeki [GWh/rok]	Moc średnia użyteczna hydrogeneracji w powiatach [MW]	Użyteczna technicznie hydrogeneracja w powiatach [GWh/rok]
Brzozowski	San, Wisłok	91	2,6	22
Dębicki	Wisłoka z ujściem rzeki Wielopolka	84	2,3	20
Jarosławski	San z ujściem rzek Lubaczówka, Szkło, Wisznia	98	2,74	23
Jasielski	Wisłoka z ujściem rzeki Jesiołka, Ropa	71	1,93	17
Krośnieński	Wisłok	22	0,62	5
Leski	San z ujściem rzeki Hoczewka i zaporą Myczkowce	165	4,64	40
Leżajski	San, Wisłok	21	0,59	5
Mielecki	Wisłoka z ujściem rzeki Tuszynka	70	1,93	17
Niżański	San z ujściem rzeki Tanew	196	5,5	47
Przemyski	San z ujściem rzeki Wiar	197	5,53	47
Przeworski	San, Wisłok z ujściem rzeki Mleczka	17	0,46	4
Rzeszowski	San, Wisłok z ujściem rzeki Strug	60	1,65	14
Sanocki	San z ujściem rzeki Oślawa, Wisłok	173	4,85	42
Stalowowlowski	San z ujściem rzeki Bukowa	117	3,29	28
Strzyżowski	Wisłok z ujściem rzeki Stobnica	18	0,5	4
Σ		1400	39,13	335

7. Obliczenie turbiny wodnej w regionie podkarpackim

Zbiornik wodny w miejscowości Ożanna na rzece Złotej został oddany do eksploatacji w 1978 roku. Budowa tego zbiornika miała na celu poprawę warunków wilgotnościowych przyległego terenu, wyrównanie przepływów rzeki Złotej, zabezpieczenie wody do celów gospodarczych i przeciwpożarowych okolicznych wsi, powstrzymanie erozji dennej rzeki Złotej, hodowlę ryb oraz umożliwienie rekreacji i uprawianie sportów wodnych. Zapora ziemna o rzędnej ko-

rony 175,40 m n.p.m., zlokalizowana w 5,6 km rzeki Złotej, stanowi element piętrzący zbiornika. Powierzchniowy upust zbiornika stanowi betonowy jaz stały o wysokości piętrzenia 2,30 m i szerokości przelewu 15 m. Objętość zbiornika przy rzędnej piętrzenia 172,90 m n.p.m. wynosi 252 tys. m³. Powierzchnia zalewu wynosi 18 ha, przy średniej głębokości zbiornika równej 1,40 m i długości ok. 950 m.

Parametry hydroenergetyczne zbiornika:

- przepływ średni roczny – 1,03 m³/s,
- spad niwelacyjny – 2,30 m.

Dobór turbiny wodnej

Wstępnego doboru turbiny wodnej można dokonać na podstawie nomogramów. Dla zadanej wartości spadu H [m] i natężenia przepływu Q [m³/s] można oszacować wielkość turbiny i jej przybliżone parametry ruchu. Na podstawie nomogramu dla przepływu średniego rocznego $Q_{sr} = 1,03$ m³/s oraz spadu $H_w = 2,30$ m dobrano turbinę rurową kielichową o następujących parametrach:

- średnica wirnika turbiny $D = 650$ mm,
- prędkość obrotowa $n = 375$ obr/min,
- moc na wale turbiny $N \approx 20$ kW.

Parametry energetyczne turbiny

1. **Natężenie przepływu i przelęg turbiny.** Przelęg turbiny obliczono na podstawie zależności:

$$Q_t = 1,3 \cdot Q_{sr} = 1,34 \text{ m}^3/\text{s} \quad (10)$$

gdzie Q_{sr} – przepływ średni roczny, $Q_{sr} = 1,03$ m³/s.

2. **Sprawność turbiny.** Sprawność turbiny obliczono ze wzoru (4):

$$\eta_t = \eta_v \cdot \eta_h \cdot \eta_m = 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,92,$$

gdzie: η_v – sprawność objętościowa, $\eta_v = 0,98$,

η_h – sprawność hydrauliczna, $\eta_h = 0,95$,

η_m – sprawność mechaniczna, $\eta_m = 0,99$.

3. **Moc turbiny.** Moc surową turbiny obliczono ze wzoru (2) i otrzymano $N_s = 21,26$ kW.

Moc użyteczną (moc na wale turbiny) obliczono według wzoru (3), otrzymując $N_u = 19,60$ kW.

4. **Moc elektrowni wodnej.** Moc elektrowni wodnej obliczono ze wzoru:

$$P_{el} = 9,81 \cdot H_u \cdot Q_t \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_s = 18,81 \text{ kW},$$

gdzie: η_t – sprawność turbiny, $\eta_t = 0,92$,
 η_g – sprawność generatora, $\eta_g = 0,97$,
 η_s – sprawność systemu, $\eta_s = 0,99$.

5. Moc przekazywana do sieci. Moc oddawana do sieci jest to moc wytwarzana przez elektrownię, pomniejszona o moc na potrzeby własne, takie jak np. napęd regulatora łopatek turbiny, napęd pompy oleju, oświetlenie, ogrzewanie budynku, zasilanie układów automatyki. Moc na potrzeby własne przyjęto na poziomie 1% mocy elektrowni. Obliczono następującą moc przekazywaną do sieci:

$$P_{el} = 18,62 \text{ kW}.$$

6. Przybliżona wartość rocznej produkcji energii. Zakładając czas wykorzystania mocy zainstalowanej elektrowni $t = 5000$ h, energię wyprodukowaną przez MEW obliczono ze wzoru:

$$E = t \cdot P_{el} = 5000 \cdot 18,81 = 94050 \text{ kWh/rok}.$$

8. Obliczenie dotyczące opłacalności inwestycji

Zaokrąglając moc małej elektrowni wodnej do 20 kW i roczną produkcję energii elektrycznej do 100000 kWh/rok oraz zakładając cenę 1 kWh = 0,45 zł, można obliczyć zysk w ciągu roku: 100000 kWh/rok · 0,45 zł = 45000 zł/rok.

Koszt budowy MEW w 1 kWh wynosi od 3 do 4 tys. zł: 20 kW · 4000 zł = 80000 zł.

Koszty eksploatacji można założyć ok. 1%: 80000 zł + 800 zł = 80800 zł.

Orientacyjna stopa zwrotu tej inwestycji wynosi odpowiednio: 80800 zł/45000 zł/rok = 1,8 lat. Orientacyjna stopa zwrotu tej inwestycji wynosi zatem niecałe 2 lata.

9. Podsumowanie

Rozwój energii odnawialnej, a więc też energetyki wodnej, wynika z potrzeby realizacji zobowiązań międzynarodowych. Udział energii z OZE w bilansie energii w 2020 roku dla Polski ma wynosić 15% [7]. Obecnie elektrownie wodne są jednym z najistotniejszych producentów energii elektrycznej z OZE. Ponieważ budowa dużych elektrowni wodnych jest utrudniona barierami finansowymi i uwarunkowaniami środowiskowymi, rozwój energetyki wodnej w dużym stopniu skupia się przede wszystkim na budowie małych elektrowni wodnych.

Rozwój małej energetyki wodnej w województwie podkarpackim może przynieść spore korzyści społeczno-gospodarcze. Uzyskiwana w ten sposób

energia elektryczna ma duże znaczenie dla ochrony środowiska. Rocznie zaoszczędza się tysiące ton węgla i unika emisji szkodliwych substancji, takich jak dwutlenek siarki, tlenek azotu czy dwutlenek węgla. Elektrownie wodne umożliwiają regulację biegów rzek oraz budowę zbiorników wodnych, co wpływa na wyrównywanie przepływów i zmniejszenie ryzyka występowania powodzi. Rzeki są oczyszczane z rumowiska, zwiększa się natlenienie, powstają nowe powierzchnie wodne związane z turystyką i rekreacją.

Potencjał wytwarzania energii elektrycznej na rzekach województwa podkarpackiego umożliwia budowę małych elektrowni wodnych o mocy nieprzekraczającej 1 MW. Całkowity, teoretyczny potencjał dopływów głównych rzek regionu podkarpackiego Sanu, Wisłoka, Wisłoki oraz Ropy ma wartość ponad 1400 MWh/rok. Średnia moc użyteczna hydrogeneracji w powiatach wynosi 39,13 MW, natomiast potencjał techniczny – ponad 335 GWh/rok.

Literatura

- [1] Podkarpacka Agencja Energetyczna, Strategia Rozwoju OZE w województwie podkarpackim, Rzeszów 2010.
- [2] Depczyński W., Szamowski A.: Budowle i zbiorniki wodne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
- [3] Lewandowski M.W.: Proekologiczne odnawialne źródła energii, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
- [4] Hoffmann M.: Małe elektrownie wodne – poradnik, Wydawnictwo Nabba, Warszawa 1992.
- [5] Puchowski B.K.: Rola małych elektrowni wodnych w środowisku, Czysta Energia, nr 9/2002, s. 10-11.
- [6] Sumera J.: Dane z analizy zasobów energii wody na obszarze województwa podkarpackiego, Analiza opracowana w ramach projektu „Baza danych odnawialnych źródeł energii województwa podkarpackiego”, Rzeszów 2008.
- [7] Malicka E.: Deklaracja na rzecz rozwoju energetyki wodnej, Czysta Energia nr 1/2010, s. 33.

SMALL-SCALE WATER POWER INDUSTRY DEVELOPMENT IN PODKARPATSKI REGION

S u m m a r y

The paper represents general information about water power in Podkarpatski region, characteristics of water power industry and types of power stations, water turbine designing, power cost estimate and investment warranty.