INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 8/1/2010, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 141–152
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Jerzy Machajski, Dorota Olearczyk

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ENERGETYCZNEGO WYKORZYSTANIA ISTNIEJĄCEGO PIĘTRZENIA W KM 10+100 BIEGU RZEKI BIAŁA LĄDECKA

ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF EXISTING DAMMING UP ENRGETISTIC USE IN 10+100 KM OF THE BIAŁA LĄDECKA RIVER COURSE

Streszczenie

W pracy przedstawiono propozycję wykorzystania piętrzenia w km 10+100 biegu rzeki Biała Lądecka. Z uwagi na wymóg nakazujący, aby do roku 2015 w ogólnej produkcji energii elektrycznej kraju członkowskiego UE, 15% pochodziło ze źródeł odnawialnych, na konkretnym przykładzie pokazano jedno z dostępnych źródeł – energetykę wodną, stąd każde dostępne piętrzenie powinno w jakimś stopniu poprawić istniejący w Polsce niekorzystny udział źródeł odnawialnych w bilansie produkowanej energii elektrycznej. Dla piętrzenia w km 10+100 wykazano możliwość uzyskania mocy instalowanej do 100 kW, jak również możliwość zwiększenia piętrzenia o około 0,50 m i mocy instalowanej do około 125 kW. Opisano ujęcie wody i sposób jej doprowadzenia do budynku elektrowni na podstawie krótkiej derywacji. Zwrócono uwagę na wpływ istniejącego piętrzenia na ważną w Kotlinie Kłodzkiej problematykę ochrony przeciwpowodziowej, podkreślono potrzebę spełnienia wymogów ochrony środowiska, w tym zapewnienia swobodnej migracji ryb przez stopień piętrzący.

Słowa kluczowe: źródła odnawialne, potencjał energetyczny, elektrownia wodna

Summary

In the paper a proposal of water damming use in 10+100 km of the Biała Lądecka river course is presented. Considering a compelling requirement that till 2015 in UE member's country 15 % of total energy should come from renewable sources, the real example of one of accessible sources is shown – water power

engineering, hence every available damming up should improve to a certain degree an existing in Poland unfavourable share of renewable sources in balance of produced electric energy. For water damming in km 10 + 100 it was indicated a possibility to obtain a 100 kW of installed power and also a possibility of water damming rise of about 0,50 m with increasing installed power to 125 kW. Water intake and water supply to hydro-electric power station using short approach flume is described. The attention is paid to an influence of existing damming up on important in Kotlina Kłodzka aspects of flood protection, need of requirements fulfilment of environmental protection are emphasized, in this an assurance of fishes free migration through fall-stage.

Key words: *renewable sources, energetistic potential, hydropower plant*

WSTĘP

Rzeka Biała Lądecka zaliczana jest do bardziej zasobnych w wodę rzek Kotliny Kłodzkiej, charakteryzuje się również znaczącym potencjałem energetycznym netto, jak również w miarę stałym na znacznej swojej długości przepływem średnim rocznym, stąd w okresie przed 1945 rokiem na tej rzece i kilku jej znaczniejszych dopływach istniały 93 zakłady o tzw. „sile wodnej", o rozpiętości mocy od 25 do 250 kW. Niestety, w dniu dzisiejszym funkcjonują zaledwie tylko trzy z nich i to wyłącznie w dolnym biegu rzeki Biała Lądecka.

RZEKA BIAŁA LĄDECKA

Rzeka Biała Lądecka, o długości 52,29 km i powierzchni zlewni do przekroju ujściowego równej 311,18 km^2, jest prawostronnym dopływem rzeki Nysy Kłodzkiej i uchodzi do niej w km 135,08 jej biegu. Górna część zlewni jest w znacznym stopniu zalesiona i ma górski charakter, dolna ma charakter podgórski i wykorzystywana jest rolniczo. Rzekę Białą Lądecką zasilają liczne dopływy, spośród których największym jest potok Morawa z dopływami Kamienicą, Kleśnicą i Janówką. Biała Lądecka jest rzeką kontrolowaną w dwóch przekrojach wodowskazowych, przekroju Lądek Zdrój w km 22,88 biegu rzeki Biała Lądecka, o powierzchni zlewni 162,93 km^2 i przekroju Żelazno w km 5,12 biegu rzeki, o powierzchni zlewni 303,19 km^2. Na Białej Lądeckiej zarejestrowano wiele wezbrań powodziowych o mniejszej lub większej skali oddziaływania. Do dnia dzisiejszego największa i najgroźniejsza powódź miała miejsce w lipcu 1997 roku, dla której stany i przepływy wyniosły: wodowskaz Lądek Zdrój – H_{max} = 365 cm, Q_{max} = 425 m^3/s (07.07.1997 g. 20), wodowskaz Żelazno – H_{max} = 430 cm, Q_{max} = 700 m^3/s (07.07.1997 g. 21-22) [Studium 2004].

Przepływy charakterystyczne z przekroju Żelazno przeniesiono do przekroju lokalizacji jazu w km 10+100 metodą interpolacji, które zestawiono w tabeli 1:

$$Q_x = Q_w \left(A_x / A_w \right)^n \tag{1}$$

gdzie:

Q – przepływ w m^3/s,
A – powierzchnia zlewni w km^2,
x i w – indeksy oznaczające odniesienie Q lub A do przekroju niekontrolowanego i kontrolowanego,
n – wskaźnik stopnia redukcji przepływów określony dla Sudetów, jako równy n = 0,57 [Fal, Stachy 1984].

Tabela 1. Przepływy charakterystyczne rzeki Białej Lądeckiej w przekroju wodowskazowym Żelazno oraz w przekroju jazu
Table 1. Specific flows for the Biała Lądecka river in Żelazno gauging station and in the weir section

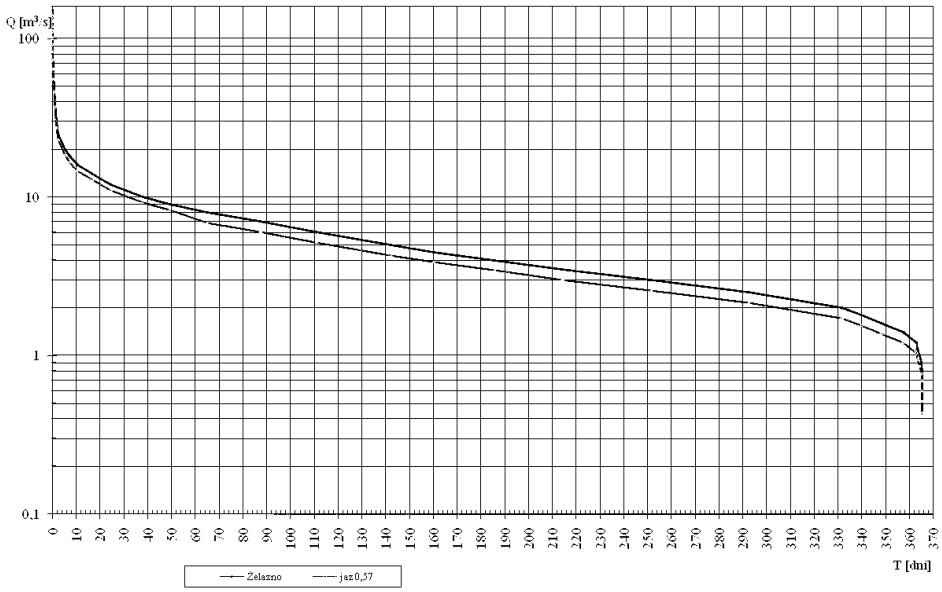
Przekrój	Km biegu	Pow. zlewni	Przepływy charakterystyczne [m^3/s]								
		km^2	NNQ (1991)	SNQ	WNQ	NSQ	SSQ	WSQ	NWQ	SWQ	WWQ (1997)
Żelazno	5+120	303,19	0,280	1,341	2,450	2,950	4,949	8,780	9,690	66,54	700
Jaz	10+100	260,70	0,241	1,153	2,107	2,537	4,255	8,056	8,891	61,05	642

Przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla Żelazna, zaczerpnięte ze [Studium 2004], przeniesiono na przekrój jazu i zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla rzeki Białej Lądeckiej w przekroju wodowskazowym Żelazno oraz w przekroju jazu
Table 2. Discharges with a given probability of excidence for the Biała Lądecka river in Żelazno gauging station and in the weir section

Przekrój	Km biegu	Pow. zlewni	Przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia [m^3/s]						
		km^2	$Q_{10\%}$	$Q_{3\%}$	$Q_{2\%}$	$Q_{1\%}$	$Q_{0,5\%}$	$Q_{0,3\%}$	WWQ (1997)
Żelazno	5+120	303,19	171	281	320	386	453	506	700
Jaz (n = 0,57)	10+100	260,70	157	258	294	354	416	464	642

Uwzględniając fakt, że minimalny okres obserwacji dla określenia warunków hydrologicznych danej rzeki na potrzeby projektu elektrowni wodnej wynosi 15 lat [Hoffmann 1992: Świtajski 2008], wymaganą do analizy krzywą sum czasów trwania przepływów wraz z wyższymi, zestawiono dla obserwacji w przekroju Żelazno i przeniesiono na przekrój jazu (rys. 1).



Rysunek 1. Krzywa sum czasów trwania przepływów wraz z wyższymi na rzece Białej Lądeckiej w przekroju wodowskazowym Żelazno i w przekroju obliczeniowym
Figure 1. Discharges time duration curves for the Biała Ladecka river in Żelazno gauging station and in the weir section

JAZ W KM 10+100

Jaz stały w km 10+100 biegu rzeki Biała Lądecka stanowi przegroda betonowa oparta o przyczółki wpisane w linie brzegu prawego i lewego (rys. 2). Rzędna korony jazu wynosi 343,60 m n.p.m., rzędna linii dna przed progiem 343,34 m n.p.m., światło jazu 35,0 m. Bezpośrednio poniżej progu znajduje się betonowa płyta wypadu o szerokości 4,0 m, położona na rzędnej 342,0 m n.p.m., a dalej występuje nieubezpieczona linia dna rzeki, o rzędnej bezpośrednio poniżej równej 341,28 m n.p.m. Górne stanowisko jazu zaniesione jest rumowiskiem, dolne stanowisko również jest zaniesione rumowiskiem, tworzącym wzdłuż linii brzegu prawego rzeki rozległą łachę piaskowo-żwirową.

Zdolność przepustowa koryta rzeki w obrębie jazu

Zdolność przepustową koryta rzeki w obrębie jazu w km 10+100 biegu rzeki Biała Lądecka oceniono na odcinku od km 10+562 do km 9+759 jej biegu, zamkniętym budowlami komunikacyjnymi, mającymi istotny wpływ na warunki przepływu wielkich wód. Szczególnie most w km 10+562 piętrzy wodę powyżej

i w skrajnych przypadkach prowadzi do jej przelania ponad koroną istniejących tam wałów przeciwpowodziowych [Studium 2004]. Przekrój jazu również wpływa na warunki przepływu wielkich wód, brzeg lewy naturalnie wysoki jest gęsto porośnięty drzewami i krzewami, brzeg prawy zabezpieczony został wałem przeciwpowodziowym, dochodzącym do nasypu drogi wojewódzkiej, umocnionym od km 9+950 kamiennym murem oporowym. W km 9+759 znajduje się kolejny most drogowy, jednoprzęsłowy, mający również wpływ na warunki przejścia wielkich wód.

Z uwagi na wielkość przepływów oraz możliwe ich wyjście na tereny przyległe, wykonano modelowanie matematyczne warunków ich przejścia na wybranym odcinku rzeki Biała Lądecka. Wzięto pod uwagę wpływ mostu drogowego w km 10+562, jak i mostu w km 9+759 biegu rzeki [Jain 2001]. Modelowanie przeprowadzono, wykorzystując model o nazwie HEC-RAS. Wyniki obliczeń odniesione do kilometrażu Białej Lądeckiej zamieszczono w tabeli 3 [Machajski, Olearczyk 2009].

Tabela 3. Wyniki obliczeń dla aktualnego stanu koryta i doliny rzeki Białej Lądeckiej dla wybranych przepływów obliczeniowych i przepływu z lipca 1997 roku
Table 3. Results for present state of Biała Lądecka river bed and valley for chosen computational discharges and discharge from July 1997

Km biegu rzeki	Położenie linii zwierciadła wody w warunkach wystąpienia przepływu o zadanym natężeniu						
	$Q_{10\%}$	$Q_{3\%}$	$Q_{2\%}$	$Q_{1\%}$	$Q_{0,5\%}$	$Q_{0,3\%}$	1997
10+568	347,80	348,04	348,11	348,20	348,28	348,34	348,48
10+556	347,71	347,95	348,03	348,13	348,20	348,26	348,40
10+137	345,01	345,32	345,38	345,50	345,75	345,92	346,23
10+100	**344,50**	**344,87**	**344,94**	**345,05**	**345,21**	**345,24**	**345,54**
10+096	342,35	343,81	343,93	344,15	344,30	344,42	344,75
9+761	342,22	342,71	342,83	343,04	343,20	343,34	343,62
9+757	342,20	342,70	342,82	343,02	343,19	343,32	343,60

Problematyka ochrony przeciwpowodziowej na tym terenie jest złożona [Studium 2004]. Wynika to z doświadczeń powodzi z lipca 1997, w trakcie której cała dolina rzeki Białej Lądeckiej w tym rejonie znajdowała się pod wodą. Po powodzi wykonano obustronne wały przeciwpowodziowe na odcinku rzeki powyżej mostu w km 10+562 oraz wał prawostronny na odcinku od mostu w km 10+562 do km 10+000 biegu rzeki. Podjęte działania mogą okazać się niewystarczające, szczególnie dotyczy to wału prawostronnego poniżej mostu w km 10+562. Ma on koronę usytuowaną zdecydowanie za nisko w stosunku do rzędnych wielkich wód powodziowych, poczynając od $Q_{1\%}$.

Projektowana przebudowa jazu

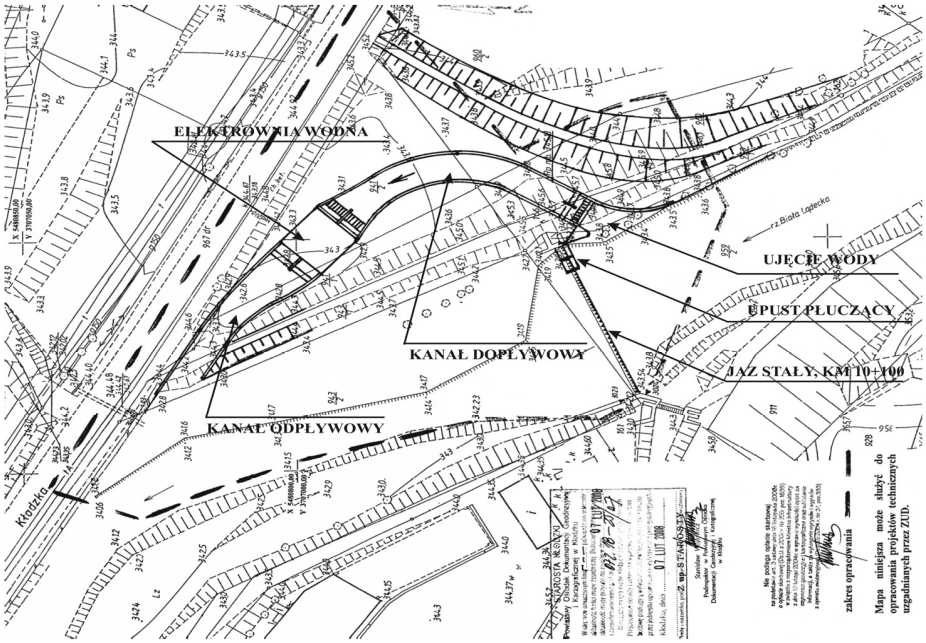
Dla poprawy warunków przepuszczania wielkich wód przez przekrój jazu stałego proponuje się jego przebudowę na ruchomy. Przebudowa polegałaby na obniżeniu rzędnej korony, jej poszerzeniu i wbudowaniu zamknięcia powłokowego o tak dobranej wysokości, aby uzyskać piętrzenie na aktualnie istniejącej rzędnej równej 343,60 m n.p.m., jednakże z możliwością podwyższenia o około 0,50 m. Z uwagi na zanoszenie rumowiskiem górnego stanowiska jazu, konieczne staje się wykonanie upustu płuczącego, z bezpośrednim oparciem na prawobrzeżnym przyczółku betonowym. Światło upustu to dwa otwory o szerokości 2,50 m każdy, z zamknięciami zasuwowymi, o tak dobranej wysokości, aby ich górna krawędź usytuowana była na równi z koroną przebudowanego jazu stałego. Samo zamknięcie zasuwowe powinno umożliwiać swobodny przepływ wody ponad jego górną krawędzią, np. w sytuacji gwałtownego przyboru wód, lub w sytuacji awaryjnej, np. spowodowanej uszkodzeniem napędów zamknięć zasuwowych [Machajski, Olearczyk 2009].

KONCEPCJA ELEKTROWNI WODNEJ

Teren dostępny na potrzeby projektowanej MEW należy uznać za trudny. Jedyną możliwą lokalizacją jest brzeg prawy rzeki Biała Lądecka, około 50 m poniżej jazu. Jest to teren odgrodzony od koryta rzeki wałem przeciwpowodziowym oraz nasypem drogi wojewódzkiej nr 392, o rzędnych 343,0–344,0 m n.p.m., odpowiadającym rzędnym wzdłuż linii brzegu prawego rzeki. Wielkość terenu przewidzianego do zabudowy jest wystarczająca, z możliwością swobodnego wyprowadzenia wody z elektrowni kanałem odpływowym poprowadzonym wzdłuż nasypu drogi, z nawiązaniem do istniejącego muru oporowego. Kanał dopływowy do budynku elektrowni będzie przecinał wał przeciwpowodziowy, stąd konieczne będzie jego przełożenie z doprowadzeniem i nawiązaniem wysokościowym do nasypu drogi wojewódzkiej nr 392. Sam budynek MEW zostanie zlokalizowany w bezpośredniej bliskości tej drogi [Machajski, Olearczyk 2009]. Proponowane rozwiązania pokazano na rysunku 2.

Wybór przełyku instalowanego

Wybór przełyku instalowanego MEW stanowi istotną część decyzji dotyczącej energetycznego wykorzystania istniejącego piętrzenia, jako podstawa kalkulacji możliwej do uzyskania rocznej produkcji, a w jej wyniku zaplanowania całej inwestycji pod kątem ekonomicznym, w tym wyjściowych nakładów inwestycyjnych.



Rysunek 2. Propozycja rozwiązań projektowych
Figure 2. Proposal of design solutions

Gdyby bazować na przepływie średnim rocznym z wielolecia, to do dyspozycji w km 10+100 biegu rzeki Biała Lądecka byłby przepływ SSQ = 4,225 m^3/s, trwający 140 dni w roku, odpowiednio przepływ NSQ = 2,537 m^3/s trwający 250 dni w roku oraz przepływ WSQ = 8,056 m^3/s trwający tylko 50 dni w roku, który można zakwalifikować do lat przeciętnych. W sytuacji występowania lat suchych, przypływ najbardziej interesujący to SNQ = 1,153 m^3/s, trwający 365 dni w roku lub przepływ WNQ = 2,107 m^3/s trwający 290 dni w roku. Analiza powyższych przepływów skłania do wyboru przełyku instalowanego elektrowni na poziomie 5,0 m^3/s, zasilającego dwie turbiny, pierwszą o przełyku instalowanym w zakresie 1,80–2,20 m^3/s, drugą w zakresie 2,50–3,50 m^3/s.

Wybór spadu obliczeniowego

Na potrzeby wyboru spadu obliczeniowego wykonano kilka krzywych pomocniczych. Krzywą wydatku dolnego stanowiska określono dla przekroju zlokalizowanego w km 10+065, a więc około 35 m poniżej jazu stałego. Krzywą wydatku przekroju określono dla przepływów występujących na stosunkowo krótkich odcinkach rzek [Kubrak, Nachlik 2003]. Natężenie przepływu (Q) dla poszczególnych założonych napełnień przekroju obliczeniowego określono ze wzoru o następującej postaci:

$$Q = A\, v_{śr} = A \frac{1}{n} R_h\, I_{zw}^{1/2} \quad [m/s] \tag{2}$$

gdzie:

A – pole przekroju obliczeniowego przy danym napełnieniu,
$v_{śr}$ – średnia prędkość przepływu wody przy danym napełnieniu koryta,
n – współczynnik szorstkości; $n = 0{,}040$, R_h – promień hydrauliczny,
I_{zw} – lokalny spadek linii zwierciadła wody, przyjęto $I_{zw} = 0{,}005072$.

Uzyskana z obliczeń krzywa stanowiła podstawę oceny zdolności przepustowej jazu stałego, w warunkach przepływu swobodnego, stanowiła też miarę oceny stopnia możliwego jego zatopienia [Machajski, Olearczyk 2009].

Ocenę zdolności przepustowej budowli przeprowadzono w zakresie wody brzegowej, każda większa woda wychodzi poza koryto i od strony brzegu prawego opiera się o wał przeciwpowodziowy i dalej o nasyp drogi wojewódzkiej nr 392, chroniony w rejonie zbliżenia z korytem rzeki murem oporowym kamiennym. Do obliczeń przyjęto kształt progu prostokątny, o następujących parametrach: szerokość korony $\delta = 0{,}70$ m, wysokość progu od strony wody górnej $p_g = 0{,}26$ m, wysokość progu od strony wody dolnej $p_d = 1{,}53$ m.

Natężenie przepływu wody przez próg przelewowy o profilu prostokątnym określono ze wzoru o postaci jak niżej [Obliczenia 1986]:

$$Q = \sigma_z\, \varepsilon\, C\, b\, H_o^{3/2} \tag{3}$$

gdzie:

σ_z – współczynnik zatopienia, przyjmowany z wykresu pomocniczego,
ε – współczynnik dławienia bocznego, dla budowli jednoprzęsłowych $\varepsilon = 1{,}0$,
C – współczynnik wydatku,
H_o – wysokość energii strumienia wody przed progiem przelewu.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń zdolności przepustowej jazu stałego w km 10+100 biegu rzeki Białej Lądeckiej pokazują, że dla każdej przyjętej do obliczeń grubości warstwy przelewającej się wody przelew, będzie pracował jako niezatopiony.

Spady obliczeniowe określono w całym zakresie przepływów objętych krzywą sum czasów trwania wraz z wyższymi (rys. 1). Z krzywej pokazanej na rysunku 3 wynika, że dostępne spady oscylują wokół 2,0 m, nieznacznie przekraczając tę wartość dla przepływów zdecydowanie najmniejszych. Stosownie do dobranego przełyku instalowanego elektrowni w wysokości $Q_i = 5$ m^3/s, do określenia mocy projektowanej elektrowni wzięto pod uwagę przepływy w zakresie od najmniejszego dla jednej turbiny równego 1,80 m^3/s i maksymalnego dla dwóch turbin równego 5 m^3/s.

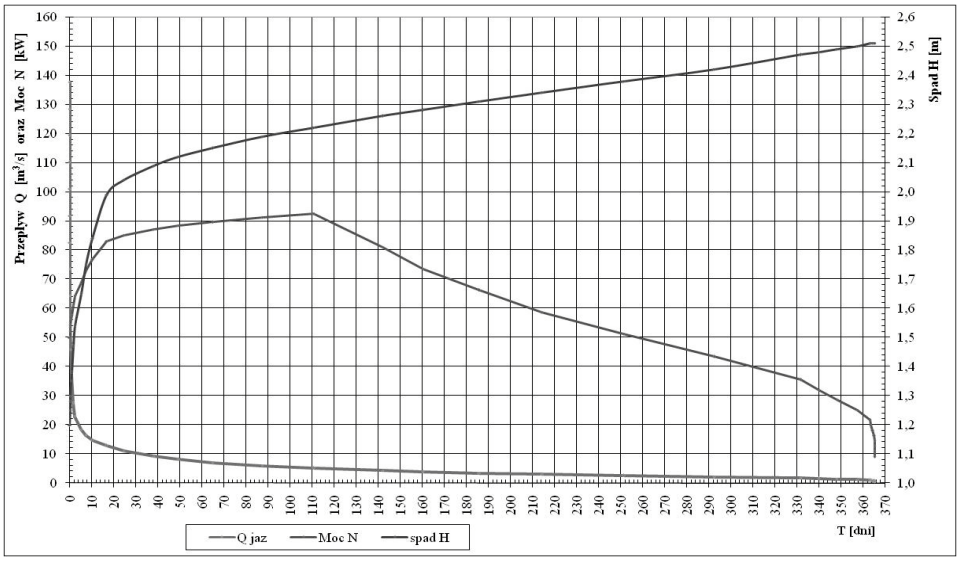
Określenie mocy instalowanej

Projektowaną elektrownię wodną należy zaliczyć do typu przepływowego, dla której wartość oddawanej mocy zależy od chwilowego natężenia przepływu w rzece [Świtajski 2008]. Elektrownia taka nazywana jest też elektrownią podstawową, bowiem pracuje w podstawie wykresu obciążenia dobowego systemu. Cechą charakterystyczną tego typu elektrowni jest brak zbiornika górnego, zwykle tworzonego przez piętrzenie przegrodą wstawioną w przekrój koryta rzeki. Możliwą do uzyskania moc elektrowni dla poszczególnych przepływów występujących w rzece, jak i wynikowych spadów, można określić ze wzoru o postaci:

$$N_{Et} = 9{,}81\, \Sigma\eta\, H_t\, Q_{Et} \quad (kW) \tag{4}$$

gdzie:

- N_{Et} – chwilowa moc elektrowni przy danym przepływie,
- $\Sigma\eta$ – iloczyn sprawności poszczególnych urządzeń (turbina, przekładnia, generator);
- H_t – wielkość spadu netto przy danym przepływie w m,
- Q_{Et} – wielkość chwilowego przepływu wody przez turbiny elektrowni w m^3/s.



Rysunek 3. Krzywa sum czasów trwania mocy elektrowni
Figure 3. Power time duration curve of hydro-electric power station

Dysponując krzywą sum czasów trwania przepływów wraz z wyższymi (rys. 1), krzywą wydatku dolnego stanowiska, krzywą sum czasów trwania spadów (rys. 3), korzystając ze wzoru podanego powyżej, określamy krzywą sum czasów trwania mocy elektrowni (rys. 3).

Analiza wykresu pokazanego na rysunku 3 wskazuje, że możliwe jest uzyskanie mocy projektowanej elektrowni w wysokości około 100 kW, oczywiście dla najbardziej korzystnej sytuacji hydrologicznej na rzece Biała Lądecka. Należy jednak podkreślić, że dominującą mocą będzie rząd 60–80 kW, uzyskiwanych przez pracę jednej turbiny.

Obiekty elektrowni wodnej

Ogólną koncepcję rozwiązań stopnia pokazano na rysunku 2. Zaproponowano rozwiązanie z krótką derywacją kanałową, z maksymalnym odsunięciem budynku elektrowni od przekroju jazu i ujęcia wody tak, aby możliwe było uzyskanie większego spadu od tego, jaki występuje na jazie. Tym samym obiekty przebudowanego stopnia to: jaz stały z wbudowanym ruchomym przęsłem płuczącym (alternatywnie na koronie rozpatrywać można zamontowanie zamknięcia powłokowego o wysokości 0,50 m), ujęcie wody na brzegu prawym rzeki, kanał dopływowy o długości około 50 m, budynek elektrowni wodnej i kanał odpływowy o długości około 40 m.

Obliczenia hydrauliczne przekroju wlotowego ujęcia wody wykonuje się, przyjmując prędkość wlotową, dobraną stosownie do specyfiki pracy ujęcia wody [Budziło, Wieczysty 2001]. Ponieważ przedmiotowe ujęcie zasilać będzie kanał dopływowy elektrowni wodnej z maksymalnym przepływem $Q = 5\ m^3/s$, stąd przyjęto niewielką prędkość tak, aby wytworzona wysokość prędkości była jak najmniejsza i nie wpływała na stratę spadu netto. Przyjęto prędkość wlotową równą 0,650 m/s, co daje wysokość prędkości 0,02476 m i odpowiednio napełnienie na wlocie do przekroju ujęcia wody równe 1,575 m (343,575 m n.p.m.).

Projektuje się kanał dopływowy żelbetowy o przekroju prostokątnym, o szerokości w dnie 5,0 m, poprowadzony ze spadkiem podłużnym dna równym $I_d = 0$. Woda dopływać będzie do budynku elektrowni poprzez wytworzony samoczynnie spadek linii zwierciadła wody. Wykonane obliczenia hydrauliczne kanału dopływowego pozwoliły na określenie napełnienia na jego końcu, tuż przed kratami, zainstalowanymi na wlocie do komór turbinowych, a określona w ten sposób rzędna stanowi wyjściowe położenie zwierciadła wody, niezbędne dla określenia spadu netto przy danej wielkości dopływu do MEW. Obliczenia te wykonano z zastosowaniem równania Bernoulliego [Jain 2001], dla wielu przekrojów przyjętych na długości kanału dopływowego. Wyniki obliczeń dla kanału dopływowego, przy przepływie $Q = 5\ m^3/s$, pokazano w tabeli 4.

Tabela 4. Obliczenia hydrauliczne kanału dopływowego elektrowni przy przepływie $Q = 5{,}0\ m^3/s$

Table 4. Hydraulic calculations of water supply flume of hydro-electric power station for discharge $Q = 5{,}0\ m^3/s$

$Q = 5{,}0\ m^3/s$, $B = 5{,}0$ m, $L = 50$ m, $I_d = 0$, $n = 0{,}014$									
Lp.	h; m	A; m^2	v; m/s	E; m	ΔE; m	I_e; -	$I_{e\ śr}$; -	ΔL; m	ΣΔL
1	1.575	7,875	0,6349	1,5986		0,0000828			0,0
					0,000941		0,0000830	11,330	
2	1,574	7,870	0,6353	1,5977		0,0000833			11,330
					0,00101		0,0000832	12,139	
3	1,573	7,865	0,6357	1,5967		0,0000831			23,469
					0,000981		0,0000831	11,805	
4	1,572	7,860	0,6361	1,5957		0,0000831			35,274
					0,000951		0,0000832	11,430	
5	1,571	7,855	0,6365	1,5947		0,0000833			46,704
					0,000921		0,0000834	11,048	
6	1,570	7,850	0,6369	1,5938		0,0000834			57,752

Problematyka ochrony środowiska

Elektrownie wodne zaliczane są do obiektów proekologicznych tym bardziej, jeżeli planuje się ich budowę na podstawie istniejących od kilkudziesięciu lat piętrzeń. Na przyległym terenie wykształca się wówczas specyficzny ekosystem gruntowo-wodny, którego nie powinno się naruszać. Dla analizowanej sytuacji wymóg ten zostanie w pełni spełniony, gdyż nie zostanie zmieniona rzędna korony jazu stałego, zostanie jedynie wbudowany w przekrój jazu upust płuczący, dający możliwość płukania górnego stanowiska jazu i wynoszenia gromadzącego się tam rumowiska.

PODSUMOWANIE

Zawsze powinno się rozważać możliwość energetycznego wykorzystania istniejących stopni wodnych, ważne jest jednak ekonomiczne oraz ekologiczne uzasadnienie budowy elektrowni wodnych. Zazwyczaj jest tak, że potrzebna jest pewna ingerencja w istniejące rozwiązania obiektu, choćby z uwagi na coraz częściej podkreślaną potrzebę oceny jego wpływu na warunki przejścia wielkich wód powodziowych, jak również potrzebę oceny wpływu na warunki migracji ryb. Przedmiotowy obiekt stanowi taki przykład, gdzie staje się konieczna ingerencja w istniejące jego rozwiązania, ale tak wykonana, że nie wpłynie na zmianę warunków gruntowo-wodnych w jego najbliższym otoczeniu.

BIBLIOGRAFIA

Budziło B., Wieczysty A. *Projektowanie ujęć wody powierzchniowej*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Kraków 2001.

Fal B., Stachy J. *Regionalne wartości wskaźnika stopnia redukcji przepływów maksymalnych w Polsce*. Przegląd Geofizyczny. Rocznik XXIX, zeszyt 4/1984. PWN Warszawa.

Hoffmann M. *Małe elektrownie wodne – poradnik*. Wydawnictwo Nabba Sp. z o.o. Warszawa 1992.

Jain S.C. *Open-channel flow*. John Wiley & Sons, Inc. New York 2001.

Kubrak J., Nachlik E. *Hydrauliczne podstawy obliczania przepustowości koryt rzecznych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2003.

Machajski J., Olearczyk D. *Analiza możliwości energetycznego wykorzystania piętrzenia rzeki Biała Lądecka w km 10+100 jej biegu w miejscowości Ołdrzychowice Kłodzkie*. Wrocław 2009.

Obliczenia hydrauliczne przelewów budowli wodno-melioracyjnych. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych. PWRiL, Warszawa 1986.

Studium ochrony przed powodzią Kotliny Kłodzkiej ze szczególnym uwzględnieniem miasta Kłodzka. Wrocławska Agencja Rozwoju Regionalnego. Wrocław, grudzień 2004.

Świtajski M. *Mała energetyka wodna*. Inżynier Budownictwa nr 4/2008, s. 66–70.

Dr inż. Jerzy Machajski
Instytut Geotechniki i Hydrotechniki
Politechnika Wrocławska
50-370 Wrocław, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27
tel. 71 320 39 40, e- mail: Jerzy.Machajski@pwr.wroc.pl
Dr inż. Dorota Olearczyk
Instytut Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
50-363 Wrocław, Plac Grunwaldzki 24
tel. 71 320 55 47, e-mail: Dorota.Olearczyk@up.wroc.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Jerzy Kowalski*