

# ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

**WOJCIECH MATUSZEK**

Elektrownie Szczytowo-Pompowe SA

## STAN AKTUALNY I ROZWÓJ HYDROENERGETYKI JAKO ŹRÓDŁO OZE<sup>1)</sup>

Teoretyczne zasoby energii wodnej na świecie szacuje się na około 40 700 TWh/rok, zaś zasoby możliwe do eksploatacji oceniane są na około 14 400 TWh/rok. Największe zasoby energii wodnej występują w Chinach, Rosji, Brazylii, Kanadzie, Kongo, Indiach, USA oraz Indonezji. Najobficiej obdarzona „białym węglem” – w stosunku do powierzchni kontynentu – jest Europa, najskromniej Australia. Na świecie energia rzek zaspokaja około 3 % zapotrzebowania na energię pierwotną. Dotychczas zagospodarowano energetycznie około 15 % całkowitego potencjału energetycznego rzek.

Łączny potencjał hydroenergetyczny świata na początku lat osiemdziesiątych oceniano na 2,2 TW, co teoretycznie pozwoliłoby uzyskać produkcję energii elektrycznej, której równowartość odpowiada 2 mld ton ropy naftowej rocznie lub 5 mln ton ropy na dobę. Szacowano, że w 2000 r. stopień wykorzystania potencjału hydroenergetycznego w świecie wyniósł 35%, tj. 3500 TWh; co stanowiło 15 % światowego zużycia energii elektrycznej.

W zakresie hydroenergetyki w Polsce do OZE zaliczane są wszystkie elektrownie wodne wykorzystujące przepływy naturalne rzek (przepływowe, zbiornikowe) niezależnie od sposobu uzyskania spadku (przyzaporowe, derywacyjne), wielkości spadku i mocy. Nie należą do OZE elektrownie szczytowo-pompowe oraz częściowo elektrownie przepływowe z członem pompowym z uwagi na konieczność zakupu przez nie energii na pompowanie z innych źródeł<sup>2)</sup>.

Polska nie ma zbyt dobrych warunków dla rozwoju hydroenergetyki, co jest wynikiem małych spadków terenu, niezbyt obfitych opadów oraz dużej przepuszczalności gruntów. W układzie hydrograficznym Polski przeważają rzeki nizinne, co ogranicza możliwości uzyskiwania dużych spięrzeń i spadków do kilku procent powierzchni kraju. Również potencjał energetyczny rzek polskich z punktu widzenia przepływów jest ograniczony. Poza samą Wisłą i Odrą oraz terenami górskimi i podgóorskimi zasoby naturalne pozostałych rzek kwalifikują się jedynie do wykorzystania lokalnego w postaci małej energetyki.

### STAN HYDROENERGETYKI W POLSCE

W Polsce potencjał wodno-energetyczny jest nierównomiernie rozłożony na terenie kraju. Przeważająca jego część, bo aż około 68 % występuje w dorzeczu Wisły, z tego aż połowa to potencjał odcinka dolnej Wisły od ujścia Pilicy do morza; zaledwie 17,6 % w dorzeczu Odry; około 2,1 % rzeki Przymorza oraz Warmii i Mazur niezwiązane z dorzeczem Wisły oraz 12,5% mała energetyka. Do rzek o dużym potencjale energetycznym zalicza się Wisłę, Dunajec, San, Bug oraz Odrę, Bóbr i Wartę.

Największa koncentracja istniejących elektrowni wodnych średniej i dużej mocy w Polsce jest na zachodzie i południu kraju; najłabsze zagęszczenie – w Polsce centralnej, a na wschodzie kraju praktycznie nie występują. Najkorzystniejsze pod względem zasobów MEW są rejony południowe Polski (podgórskie), zaś ze względu na istniejącą zabudowę hydrotechniczną także zachodnie i północne.

<sup>1)</sup> Artykuł został zaprezentowany na konferencji „Odnawialne źródła energii – stan aktualny i perspektywy rozwoju”, 16 – 17 marca 2005 r., Kielce.

<sup>2)</sup> §2 Rozporządzenia MGIP z 9.12.2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii (Dz. U nr 267 poz. 2565).

Dla pełniejszego obrazu rozmieszczenia krajowych zasobów energetyki wodnej sporządzono zestawienie ich procentowego udziału w tabelach [1] i [2] poniżej, z pominięciem rzek, których zasoby energetyczne są mniejsze od 1% zasobów krajowych.

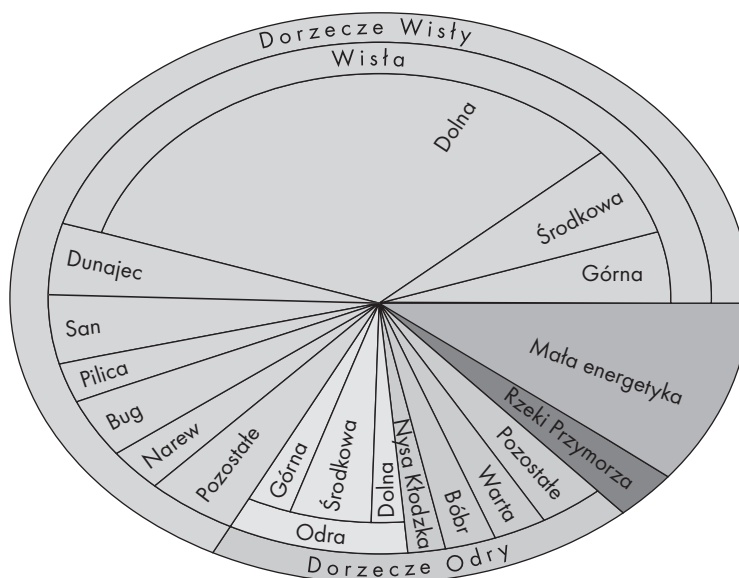
Tabela 1

## Procentowe rozmieszczenie krajowych zasobów wodno-energetycznych (potencjał techniczny)

Lp.	Wyszczególnienie	% zasobów krajowych
1	<b>Wisła</b>	<b>45,2</b>
2	w tym: dolna	33,6
3	środkowa	7,8
4	górna	3,8
5	Dunajec	6,0
6	San	5,2
7	Pilica	1,2
8	Bug	2,3
9	Narew	1,3
10	pozostałe rzeki dorzecza Wisły	6,7
11	<b>DORZECZE WISŁY</b>	<b>67,9</b>
12	<b>Odra</b>	<b>9,3</b>
13	w tym: dolna	1,8
14	środkowa	4,4
15	górna	3,1
16	Nysa Kłodzka	1,0
17	Bóbr	2,3
18	Warta	2,6
19	pozostałe rzeki dorzecza Odry	2,4
20	<b>DORZECZE ODRY</b>	<b>17,6</b>
21	<b>RZEKI PRZYMORZA</b>	<b>2,0</b>
22	<b>MAŁA ENERGETYKA</b>	<b>12,5</b>
23	<b>RAZEM krajowe zasoby</b>	<b>100,0</b>

Tabela 2

## Wykres struktury rozmieszczenia zasobów wodnoenergetycznych w Polsce



**Moce zainstalowane (rok 2003)<sup>3)</sup>**

<b>Moc zainstalowana w KSE</b>	<b>35 419 MW</b>
Elektrownie wodne zawodowe ogółem:	2 146 MW
w tym szczytowo-pompowe i z członem pompowym	1 673 MW
przepływowe	473 MW
Źródła odnawialne (prywatne - MEW, biogaz, biomasa, wiatrowe)	139 MW
w tym prywatne MEW	59 MW

**Produkcja energii elektrycznej (2003)<sup>3)</sup>**

<b>Ogółem w KSE</b>	<b>151 630 GWh</b>
Elektrownie wodne szczytowo-pompowe i z członem pompowym	1 777 GWh
Źródła odnawialne	1 697 GWh
w tym wodne	1 516 GWh
pozostałe	181 GWh
<b>Zużycie ogółem – 141 470 GWh</b>	

**Uwaga:** W roku 2003 łączna produkcja elektrowni wodnych wyniosła 3 293 GWh, w tym 1516 GWh z dopływu naturalnego. Na przykład w roku 2001 wielkości te wynosiły odpowiednio 4 043 GWh i 2243 GWh. Różnice te wynikają z uwarunkowań hydrologicznych.

W 2003 roku produkcja elektrowni wodnych razem z elektrowniami szczytowo-pompowymi i z członem pompowym stanowiła tylko około 2,2 % ogólnej wyprodukowanej energii elektrycznej. Produkcja energii z wody płynącej (bez dopompowywanej) – tj. OZE – stanowiła zaledwie 1 % wyprodukowanej w 2003 roku energii w systemie (w 2001 roku około 1,4 %); wśród źródeł odnawialnych około 90 % stanowi produkcja z elektrowni wodnych.

Moc zainstalowana w elektrowniach wodnych stanowiła w 2003 około 6 % mocy całego systemu. Na dzień 31.12.2002 r. czynnych było w Polsce łącznie 128 elektrowni wodnych o łącznej mocy 2146 MW i produkcji energii w roku 2003 – 3 110 GWh, w tym 18 elektrowni o mocy > 5 MW (moc 2012 MW i produkcja 2 747 GWh)<sup>3)</sup>.

Wśród Małych Elektrowni Wodnych (MEW) zarejestrowanych jest 516 prywatnych elektrowni wodnych o mocach głównie poniżej 100 kW o łącznej mocy zainstalowanej 58,96 MW i produkcji 181359 MWh<sup>3)</sup>.

## OSZACOWANIE POTENCJAŁU TECHNICZNEGO WYKORZYSTANIA ZASOBÓW ENERGETYCZNYCH RZEK W POLSCE

Dla oszacowania potencjału energetycznego rzek najistotniejsze znaczenie mają przepływy rzeki, które ze względu na znaczną zmienność w czasie, można określić na podstawie wieloletnich ciągów obserwacji dla przeciętnego roku o średnich warunkach hydrologicznych. Rzeczywiste możliwości wykorzystania zasobów energetycznych są znacznie mniejsze. Związane jest to z wieloma ograniczeniami i stratami, z których najważniejsze to:

- Nierównomierność naturalnych przepływów w czasie;
- Naturalna zmienność spadów, w tym zmienność spadów wynikająca z gospodarki wodnej w zbiornikach;
- Sprawność urządzeń;
- Istniejące warunki terenowe (zabudowa);
- Bezwrotny pobór wody dla celów nieenergetycznych;
- Konieczność zapewnienia minimalnego przepływu wody w korycie rzeki poza elektrownią.

Podane wyżej ograniczenia i straty powodują zmniejszenie potencjału teoretycznego, uzyskany zaś wynik określany jest jako potencjał techniczny.

<sup>3)</sup> Według *Statystyki elektroenergetyki polskiej 2003*, opracowanie Agencji Rynku Energii SA.

Tabela 3

Zasoby energii wodnej rzek Polski i możliwości ich technicznego wykorzystania<sup>4)</sup>

Obszar lub rzeka	ZASOBY TEORETYCZNE		ZASOBY TECHNICZNE		
	w GWh	Udział w całości zasobów w %	w GWh	Stopień wykorzystania teoretycznych zasobów energii w %	Udział w całości zasobów w %
<b>Dorzecze Wisły</b>	<b>16 457</b>	<b>71,5%</b>	<b>9270</b>	<b>56,3%</b>	<b>77,6%</b>
w tym: Wisła górna	1 238	5,4%	518	41,8%	4,3%
Wisła środkowa	2 691	11,7%	1067	39,7%	8,9%
Wisła dolna	5 376	23,4%	4592	85,4%	38,4%
Dopływy lewobrzeżne					
Nida	64	0,3%	38	59,4%	0,3%
Pilica	316	1,4%	170	53,8%	1,4%
Bzura	44	0,2%	33	75,0%	0,3%
Brda	180	0,8%	119	66,1%	1,0%
Wda	95	0,4%	64	67,4%	0,5%
Wierzyca	65	0,3%	39	60,0%	0,3%
pozostałe	128	0,6%	50	39,1%	0,4%
Dopływy prawobrzeżne					
Soła	282	1,2%	90	31,9%	0,8%
Skawa	130	0,6%	66	50,8%	0,6%
Raba	193	0,8%	64	33,2%	0,5%
Dunajec	1 433	6,2%	814	56,8%	6,8%
Wisłoka	239	1,0%	126	52,7%	1,1%
San	1 124	4,9%	714	63,5%	6,0%
Wisłok	202	0,9%	74	36,6%	0,6%
Wieprz	131	0,6%	66	50,4%	0,6%
Bug <sup>5)</sup>	649	2,8%	309	47,6%	2,6%
Narew	436	1,9%	179	41,1%	1,5%
Drwęca	94	0,4%	60	63,8%	0,5%
Inne małe rzeki	1 346	5,9%	–	–	–
<b>Dorzecze Odry</b>	<b>5 966</b>	<b>25,9%</b>	<b>2 400</b>	<b>40,2%</b>	<b>20,1%</b>
w tym: Odra górna	748	3,3%	429	57,4%	3,6%
Odra środkowa	1 045	4,5%	596	57,0%	5,0%
Odra dolna	1 009	4,4%	248	24,6%	2,1%
Dopływy lewobrzeżne					
Nysa Kłodzka	365	1,6%	134	36,7%	1,1%
Bóbr	591	2,6%	320	54,1%	2,7%
Kwisa	138	0,6%	45	32,6%	0,4%
Nysa Łużycka	345	1,5%	76	22,0%	0,6%
pozostałe	176	0,8%	44	25,0%	0,4%
Dopływy prawobrzeżne					
Warta	1 032	4,5%	351	34,0%	2,9%
Gwda	91	0,4%	43	47,3%	0,4%
Drawa	79	0,3%	43	54,4%	0,4%
pozostałe	338,0	1,5%	70	20,7%	0,6%
<b>Rzeki Przymorza</b>	<b>582</b>	<b>2,5%</b>	<b>280</b>	<b>48,1%</b>	<b>2,3%</b>
Rega	64	0,3%	30	46,9%	0,3%
Parsęta	64	0,3%	29	45,3%	0,2%
Słupia	88	0,4%	40	45,5%	0,3%
Pasłęka	61	0,3%	40	65,6%	0,3%
Łyna	112	0,5%	66	58,9%	0,6%
pozostałe	193	0,8%	75	38,9%	0,6%
<b>CAŁY KRAJ</b>	<b>23 005</b>	<b>100%</b>	<b>11 950</b>	<b>51,9%</b>	<b>100%</b>

<sup>4)</sup> Opracowanie Energoprojekt Warszawa SA- 2005 r.<sup>5)</sup> Rzeki częściowo lub całkowicie graniczne

**Potencjał techniczny (netto)** jest pomniejszony w stosunku do potencjału brutto o współczynnik uwzględniający stopień wykorzystania spad i przepływu wody oraz sprawność stosowanych urządzeń (turbozespołu). Jest to potencjał, który można pozyskać w wyniku realizacji wszystkich budowli piętrzących i elektrowni możliwych do wykonania ze względów technicznych, biorąc pod uwagę potrzeby innych użytkowników (pobory wody dla innych celów).

W tabeli 3 na stronie 7 zestawiono wielkości potencjału teoretycznego i technicznego rzek Polski.

W zestawieniu nie ujęto zasobów tzw. małej energetyki, które szacowane są wg różnych materiałów źródłowych na 1700 GWh/a, w tym około 500 GWh/a stanowią zasoby tzw. mikroenergetyki, w obiektach o mocy instalowanej mniejszej od 100 kW. W związku z tym, łączne zasoby wodno-energetyczne kraju wynoszą:

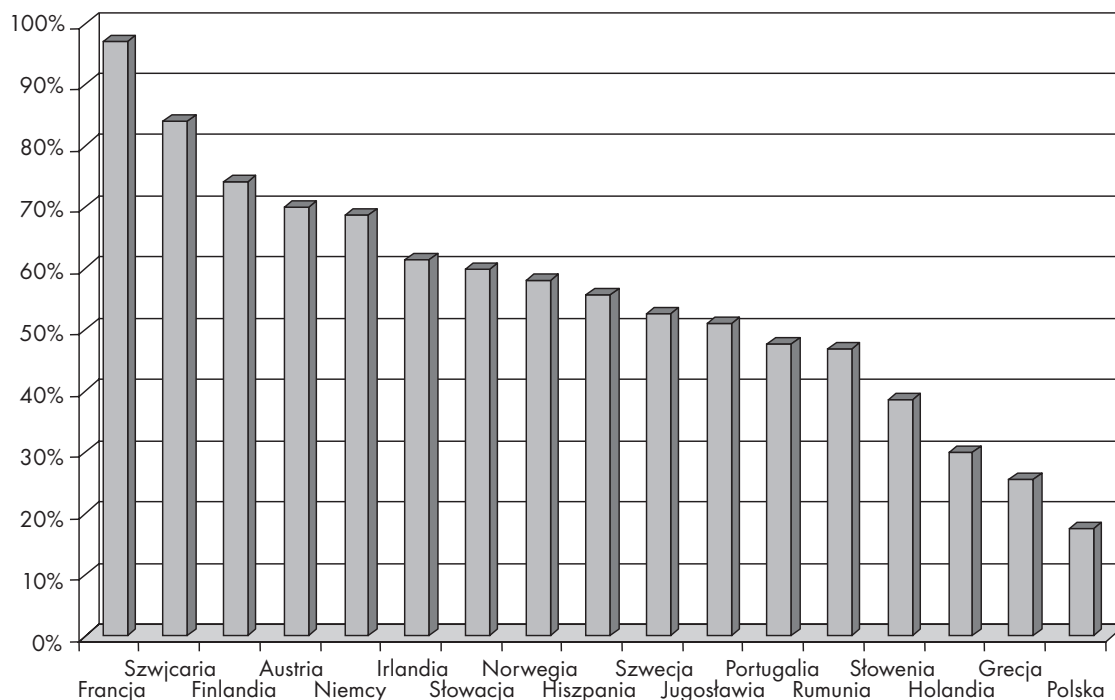
$$11\,950 + 1\,700 = 13\,650 \text{ GWh/a.}$$

Niemniej jednak, uwzględniając aktualne warunki budowy elektrowni wodnych ograniczające ich realizację ze względów ekonomicznych i ochrony przyrody praktycznie zasoby należy oszacować maksymalnie na: **około 8 000 GWh/a.**

#### STOPIEŃ WYKORZYSTANIA HYDROENERGETYKI W POLSCE NA TLE KRAJÓW EUROPEJSKICH

W porównaniu z innymi krajami, w Polsce potencjał jest niewielki. Potencjał energetyczny, określony w poprzednim rozdziale jest wykorzystywany w około 11 % (2003), co stawia nas na ostatnim miejscu w Europie (we Francji niemal w 100 %).

**Tabela 4**  
**Stopień wykorzystania potencjału technicznego hydroenergetyki w wybranych krajach Europy w 1999 roku (bez elektrowni szczytowo-pompowych)<sup>6)</sup>**



<sup>6)</sup> Na podstawie World Atlas & Industry Guide 2000 – Hydropower & Dams.

W tabeli 5 przedstawiono produkcję w elektrowniach wodnych i udział produkcji danego kraju na tle Europy. Jak wynika z przedstawionego zestawienia Polska z produkcją 2,1 TWh/a posiada znikomy udział hydroenergetyki w Europie, w której najsilniejszą pozycję w tym zakresie mają kraje skandynawskie i Francja.

Tabela 5

**Produkcja elektrowni wodnych**

lp.	Kraj	Produkcja w GWh/a	Udział w produkcji Europy w %
1	Norwegia	116 259	20,6%
2	Francja	69 800	12,4%
3	Szwecja	68 300	12,1%
4	Włochy	51 636	9,2%
5	Hiszpania	39 000	6,9%
6	Austria	37 560	6,7%
7	Szwajcaria	34 485	6,1%
8	Rumunia	18 798	3,3%
9	Niemcy	17 200	3,1%
10	Ukraina	15 900	2,8%
11	Finlandia	14 602	2,6%
12	Jugosławia	13 772	2,4%
13	Portugalia	11 675	2,1%
14	Polska	2 100	0,4%
15	pozostałe kraje	52 545	9,3%
<b>16</b>	<b>Europa bez Rosji i Turcji</b>	<b>563 632</b>	<b>100%</b>
<b>17</b>	<b>Europa z Rosją i Turcją</b>	<b>763 361</b>	

Uwaga: W tabeli podana jest produkcja bez elektrowni Szczytowo-Pompowych.

**KIERUNKI ROZWOJU ENERGETYKI WODNEJ W POLSCE**

Rozwój energetyki wodnej, pomimo jej wielu zalet ograniczony jest małą efektywnością ekonomiczną oraz względami środowiskowymi (dolna Wisła). Możliwości rozwoju energetyki wodnej charakteryzujące aktualne działania inwestycyjne w tej dziedzinie związane z dużymi elektrowniami sprowadzają się głównie do utrzymania i modernizacji istniejących obiektów. Powstają nieliczne elektrownie o mocy < 5 MW przy istniejących spiętrzeniach.

Realizowane obecnie elektrownie przy istniejących stopniach to:

- Na górnej Wiśle – EW Smolice o mocy 2,0 MW realizowane przez ZEW Niedzica SA (wcześniej także EW Łączany 2,5 MW),
- Przy istniejących stopniach wodnych na górnej Odrze – EW Krapkowice o mocy 1,26 MW realizowane przez EGO Odra Sp. z o.o. (wcześniej także EW Januszkowice 1,4 MW i EW Krępna 1,26 MW),
- Ponadto w ramach budowanego stopnia wodnego EW Rakowice o mocy 2 MW realizowana przez ESP SA.

Prace modernizacyjne zakończono w EW Solina, EW Myczkowce, EW Rożnów, a obecnie prowadzone są w EW Dychów, EW Czaniec; w najbliższych planach EW Koronowo, EW Żur i inne.

Praktycznie jedynymi obiektami hydroenergetycznymi, których ilość stale wzrasta, głównie za sprawą inwestorów prywatnych, są małe elektrownie wodne – MEW. W ostatnich latach najwięcej hydroelektrowni, wykorzystujących z reguły istniejące spiętrzenia, przybyło na terenach byłych województw: olsztyńskiego, gdańskiego, śląskiego i bydgoskiego.

Rozwój energetyki wodnej w perspektywie roku 2010/2020 może przebiegać w trzech następujących kierunkach:

- I. Budowa nowych stopni wodnych wraz z elektrowniami,
- II. Wykorzystanie istniejących budowli piętrzących do budowy elektrowni,
- III. Modernizacja i renowacja istniejących obiektów.

**Budowa nowych stopni wodnych** z elektrowniami wodnymi napotyka na ogromne trudności i niezrozumienie organizacji oraz osób zajmujących się ochroną przyrody. Tymczasem w polskich warunkach klimatycznych zwiększenie możliwości retencji wody powinno być jednym z priorytetowych zadań polityki ekologicznej państwa. W przypadku zastosowania lokalnego piętrzenia wód rzecznych, oprócz efektów przeciwpowodziowych i energetycznych można uzyskać szereg innych korzyści jak: zabezpieczenie retencji wody pitnej, rozwój transportu wodnego, dodatkowe przejścia mostowe, wyższe plony roślin dzięki wzrostowi poziomu wód gruntowych, rozwój turystyki i rekreacji.

Największe zasoby wodno-energetyczne w kraju zlokalizowane są na Dolnej Wiśle (około 1/3 całości zasobów Polski). Projektowana tam kaskada stopni piętrzących i elektrowni wodnych Wyszogród – Tczew (bez Włocławka 7 stopni), według ostatniego, rozpatrywanego w 1989 roku wariantu dałaby dodatkową moc rzędu 1180 MW, produkcja w roku średnim około 3500 GWh/a.

Tabela 6

## Parametry techniczne elektrowni Kaskady Dolnej Wisły

Lp.	Stopień wodny	Km biegu rzeki	Rzędna piętrzenia m npm	Elektrownia			
				Spad max m	Przełyk instalowany m <sup>3</sup> /s	Moc instalowana MW	Produkcja GWh/a
1	Wyszogród	586	72,0	8,0	2400	174	483
2	Płock	619	64,0	6,7	2250	126	407
3	Włocławek	675	57,3	11,3	2190	162	700
4	Ciechocinek	708	46,0	8,5	2250	162	483
5	Solec Kujawski	757	37,5	7,5	2300	145	413
6	Chełmno	806	30,0	8,0	2350	159	440
7	Opalenie	864	22,0	10,0	2400	206	720
8	Tczew	905	12,0	12,0	2400	206	561
	<b>Razem</b>	–		<b>72,0</b>	–	<b>1 340</b>	<b>4 207</b>
	<b>Razem bez Włocławka</b>					<b>1 178</b>	<b>3 507</b>

Parametry poszczególnych elektrowni kaskady zestawiono w tabeli poniżej:

Podstawowym efektem budowy Kaskady będzie produkcja energii elektrycznej ekologicznie czystej i odnawialnej, mogącej spełniać w systemie energetycznym ważną funkcję regulacyjną i interwencyjną. Efekty energetyczne są ściśle powiązane z podstawowymi celami gospodarki wodnej, takimi jak:

- Zaopatrzenie ludności miast i osiedli w wodę,
- Zaopatrzenie rolnictwa w wodę dla regulacji stosunków wodnych dla rolnictwa oraz na cele technologiczne,
- Pobory dla przemysłu, dla którego woda stanowi często składnik gotowego produktu, a niemal zawsze jest środkiem niezbędnym do procesów technologicznych,
- Obowiązek zapewnienia przepływu nienaruszalnego w rzece,
- Zapewnienie dla żeglugi gwarantowanych głębokości żeglugowych,
- Ochrona kraju przed powodzią, gdzie dla skutecznego zniwelowania niebezpieczeństwa powodzi konieczne jest utrzymanie w zbiornikach retencyjnych odpowiedniej rezerwy powodziowej.

Obecnie z programu Kaskady Dolnej Wisły planowana jest budowa jednego stopnia z elektrownią – Nieszawa (Ciechocinek) – podpierającego istniejący stopień Włocławek i zabezpieczającego przed katastrofą ekologiczną; projektowana tam elektrownia o zmniejszonej mocy około 90 MW wyprodukuje rocznie energię w ilości około 400 GWh.

Ponadto planowana jest budowa EW Malczyce na Odrze (około 10 MW, produkcja energii około 50 GWh). Energia elektryczna w ilości około 450 GWh pochodząca z tych elektrowni zwiększyłaby w istotny sposób ilość energii uzyskiwanej w Polsce z odnawialnych źródeł. W ramach programu Odra 2006 planowana jest budowa zbiorników przeciwpowodziowych<sup>7)</sup>:

- Racibórz na Odrze (w pierwszym etapie jako zbiornik suchy) – bez elektrowni,
- Kamieniec Ząbkowicki na Nysie Kłodzkiej – rozpatrywana elektrownia wodna o mocy 2,2 MW,
- zbiorniki w zlewni rzeki Kaczawy:
  - Rzymówka na Kaczawie – zbiornik suchy,
  - Grobla na rzece Nysa Mała – wariant suchy i mokry; w tym drugim rozpatrywana jest elektrownia o mocy 7÷14 kW,
  - Pielgrzymka na rzece Skora – planowana elektrownia o mocy 14 kW.

Na ukończeniu jest zbiornik Świnna Poręba na Skawie (planowana elektrownia:  $H_{\max} = 33$  m, moc 3 780 kW, produkcja około 18 GWh/a), w dalszych planach zbiornik Wielowieś Klasztorna na Prośnie (planowana elektrownia:  $H_{\max} = 10$  m, moc 840 kW, produkcja około 3,2 GWh/a).

Drugim kierunkiem rozwoju hydroenergetyki jest **wykorzystanie istniejących spiętrzeń** do budowy elektrowni wodnych. Istnieje kilkadziesiąt stopni wodnych wybudowanych dla celów żeglugowych (górną Wisła i górną Odra) oraz dla innych potrzeb gospodarki wodnej (Nysa Kłodzka, Mała Panew i inne) niewykorzystanych energetycznie.

Charakterystyczną cechą tych elektrowni jest ich mała jednostkowa moc (1000÷2000 kW) oraz niskie spadki (2÷5 m). Z tych względów, aby stały się one obiektami zainteresowań inwestorów, muszą być budowane według specjalnych, oszczędnych rozwiązań technologicznych i hydrotechniczno-budowlanych.

Prace studialne prowadzone w latach 80. miały na celu ocenę możliwości wykorzystania istniejących piętrzeń oraz planowanych zbiorników i stopni wodnych dla potrzeb MEW w wyniku czego, oszacowano efektywne zasoby przy zinwentaryzowanych istniejących spiętrzeniach na około 400 GWh/a (około 600 obiektów) zaś około 550÷600 GWh/a (ponad 400 obiektów) przy planowanych<sup>8)</sup>. Wyliczono, że łącznie z elektrowni budowanych przy istniejących i planowanych spiętrzeniach (wraz z MEW) można by uzyskać dodatkowo około 1000 GWh energii. Przy znacznym ograniczeniu planowanych obiektów podaną wielkość należy zrewidować. Uwzględniając już wykorzystane w MEW około 181 GWh, szacuje się, że dodatkowo uzyskać można realnie około 300 GWh.

Trzecim kierunkiem działań nad wykorzystaniem energetycznego potencjału rzek Polski jest **modernizacja i renowacja istniejących elektrowni wodnych**.

Działania w tym kierunku dotyczą dwóch grup elektrowni. Do pierwszej grupy można zaliczyć **elektrownie o dużej mocy** typu Solina, Rożnów czy Dychów. Renowacja tych elektrowni polegająca głównie na modernizacji i wymianie urządzeń technologicznych doprowadzi do zwiększenia mocy i w niewielkim stopniu produkcji.

Do drugiej grupy należy kilkadziesiąt **elektrowni wodnych o małych mocach** do 10 MW, o czasie eksploatacji ponad 80 lat. Wymagają one pilnej renowacji i modernizacji z uwagi na ich stan techniczny. Likwidacja tych elektrowni spowodowałaby nie tylko utratę około 200 GWh energii z odnawialnego źródła, ale poważnie zakłócona zostałaby hydrologia rzek oraz warunki przyrodnicze koryt i dolin rzek.

Odbudowa i renowacja tego typu elektrowni najsprawniej i najefektywniej przebiega w Zespole Elektrowni Wodnych Dychów SA należącym do spółki **Elektrownie Szczytowo-Pompe SA**. W latach 1990 – 2001 odbudowano i zmodernizowano 8 elektrowni na rzekach Nysa Łużycka i Bóbr o łącznej produkcji około 35 GWh/a.

Pomimo wykorzystania istniejących budowli i infrastruktury modernizacja istniejących, wyeksploatowanych elektrowni wodnych nie zawsze jest ekonomicznie uzasadniona.

Pozostaje duża ilość tego typu elektrowni wymagających pilnej odbudowy i renowacji, położone głównie w województwach północno-zachodnich i południowo-zachodnich. Nie podjęcie działań w tej dziedzinie spowoduje utratę znacznej ilości energii pochodzącej z odnawialnych źródeł.

<sup>7)</sup> Według [www.programodra.pl](http://www.programodra.pl)

<sup>8)</sup> Opracowanie Energoprojekt Warszawa SA: *Studium terenowe możliwości wykorzystania energetycznego zasobów małych cieków wodnych w Polsce*.

W wyniku czego, nastąpi pogorszenie bilansu energii z tych źródeł.

Zakłada się, że moc aktualnie istniejących elektrowni wodnych przepływowych może być zwiększona o 20 – 30%<sup>9)</sup> poprzez modernizację hydrozespołów, co jednak nie wpłynie znacząco na wzrost produkcji związanej ze wzrostem sprawności stosowanych nowoczesnych hydrozespołów wodnych.

## WARUNKI POZYSKANIA ENERGII Z KRAJOWYCH ŹRÓDEŁ – PRAWNO-EKONOMICZNE ASPEKTY ROZWOJU HYDROENERGETYKI

Rozwój elektrowni wodnych jest ograniczony warunkami prawnymi, lokalizacyjnymi, wymogami terenowymi i geomorfologicznymi oraz potencjałem kapitałowym inwestora. Najwięcej funduszy pochłania budowa obiektów hydrotechnicznych piętrzących wodę (jaz, zaporą). Charakterystyczne dla elektrowni wodnych są znikome koszty eksploatacji (wynoszące średnio około 0,5÷1% łącznych nakładów inwestycyjnych rocznie) oraz wysoka sprawność energetyczna (90÷95%).

Polska leży na terenach o niewielkich zasobach wodnych, których wykorzystanie dla celów energetycznych jest poważnie ograniczone (w niektórych krajach jak np. w Norwegii elektrownie wodne pokrywają zapotrzebowanie na energię elektryczną prawie w 100%). Ze względu na deficyty wody (szczególnie w okresie niskich stanów) przy istniejącej i planowanej zabudowie rzek, priorytet mają zagadnienia gospodarki wodnej.

Najważniejsze zadania gospodarki wodnej określone na str. 39 wskazują na konieczność racjonalnego i kompleksowego wykorzystania zasobów wodnych, jednocześnie ograniczają możliwości pełnego wykorzystania zasobów wodnych dla celów energetycznych.

Zaniechano budowy wielu piętrzeń i zbiorników retencyjnych, planowanych w latach 70÷80. związanych z zaopatrzeniem przemysłu, rolnictwa, ludności w wodę, które można by wykorzystać energetycznie; nieliczne obiekty piętrzące budowane są głównie dla ochrony przed powodzią.

Elektrownie wodne charakteryzują się specyficznymi cechami techniczno-ekonomicznymi mającymi istotny wpływ na uzasadnienie celowości realizacji tych inwestycji. Do podstawowych należą:

- Stosunkowo wysokie nakłady inwestycyjne,
- Niskie koszty eksploatacyjne,
- Brak kosztów zmiennych – paliwa,
- Długi okres użytkowania.

Wysokie nakłady inwestycyjne powodują, że w okresie spłaty kredytu występują wysokie koszty kapitałowe. W takim przypadku z pewnością sytuację poprawiają preferencyjne, niskoprocentowane kredyty NFOŚiGW i WFOŚiGW.

W przypadku budowy nowych stopni wodnych, w których jednym z elementów piętrzących jest elektrownia, koszt robót budowlanych (w tym budowli piętrzących) stanowi 40 do 80% kosztów całkowitych. Budowla piętrząca jest bardzo kosztownym elementem stopnia, dlatego też inwestorzy starają się raczej wykorzystać istniejące budowle hydrotechniczne. Nakłady inwestycyjne na budowę elektrowni wodnych są ściśle uwarunkowane warunkami lokalizacyjnymi, do których należą:

- Warunki geologiczno-inżynierskie (grodze, zakres odwodnienia, zakres stosowania ścianek szczelnych konstrukcyjnych itp.),
- Powiązanie z istniejącą budowlą piętrzącą (dodatkowy filar działowy, zabezpieczenie budowli piętrzącej z uwagi na różnice w posadowieniu, zapewnienie dodatkowego dojazdu i dojazdu do stopnia, spełnienie dodatkowych wymagań głównego użytkownika stopnia itp.)
- Możliwość dzierżawy gruntu lub konieczność wykupu od osób prywatnych,
- Konieczność wycinki drzew i krzewów,
- Występowanie kolizyjnych budowli i instalacji (cieki wodne, rowy melioracyjne, obwałowania, instalacje itp.)
- Możliwości powiązania z siecią elektroenergetyczną.

Należy pamiętać, że **obciążanie inwestora kosztami budowy piętrzenia przy realizacji elektrowni czynią inwestycję nieefektywną.**

<sup>9)</sup> W Strategii rozwoju energetyki odnawialnej z 2000 roku.

Tabela 7

## Przykładowa procentowa struktura nakładów na elektrownię małej mocy

L.p.	Wyszczególnienie	Udział w %
<b>1</b>	<b>Nakłady bezpośrednie:</b>	
a)	Roboty budowlano-montażowe (GRI):	<b>58,5</b>
	- urządzenia elektryczne	5,1
	- urządzenia mechaniczne	5,4
	- budowlano-hydropowiatkowe	41,9
	- dokumentacja wykonawcza	4,0
	- przygotowawcze, regulacyjno-kontrolne	2,1
b)	Turbozespoły z oprzyrządowaniem	<b>29,0</b>
<b>2</b>	<b>Nakłady pośrednie:</b>	<b>12,5</b>
	- ubezpieczenie	0,5
	- nadzór inwestycji (własny i inspektorzy)	2,7
	- odsetki okresu budowy	2,7
	- dzierżawa gruntu	0,1
	- koszty wspólne	3,3
	- inne	3,2
<b>3</b>	<b>RAZEM</b>	<b>100,0</b>

W ostatnich latach, zgoda na budowę i użytkowanie elektrowni wodnej warunkowana jest często spełnieniem różnego rodzaju warunków technicznych i ekonomicznych stawianych przez gospodarza rzeki i urzędów piętrzących (RZGW i WZMiUW). Stawiane są wymagania częściowego ponoszenia przez elektrownie kosztów utrzymania budowli piętrzących a nawet ich modernizacji, budowy przepławki, bądź wykonania innych zadań związanych z ochroną środowiska. Wymagania udziału w kosztach eksploatacyjnych stopnia stawiane są zarówno w stosunku do nowobudowanych elektrowni, jak również będących w eksploatacji. Obciążenie elektrowni (często dość wysokimi) kosztami utrzymania stopni i odcinków rzek powoduje pogorszenie opłacalności uzyskiwania energii z odnawialnych źródeł.

W tabeli 8 przedstawiono nakłady inwestycyjne i jednostkowe dla kilkunastu obiektów w zależności o mocy zainstalowanej elektrowni wodnej, z kolei w tabeli 9 dla celów porównawczych przedstawiono nakłady jednostkowe, jakie występują przy większości inwestycji hydroenergetycznych.

Tabela 8

Moc obiektów w funkcji nakładów inwestycyjnych elektrowni wodnych w ciągu ostatnich kilku lat<sup>10)</sup>

Moce obiektów	Nakłady całkowite i jednostkowe (ceny pozycja styczeń 2005 r.)		
	W mln zł	W tys. zł/kW	W tys. zł/MWh
Do 1 MW	2,5 – 7	8 – 15,5	1,5 – 2,5
1-5 MW	16 – 25	8 – 17	2,2 – 3
POWYŻEJ 5 MW	Powyżej 30	5 – 11,5	1,4 – 2,3

Udział nakładów na hydrozespoły w całkowitych nakładach ww. elektrowni waha się w granicach 25÷60%. Im wyższa moc, tym udział nakładów na turbozespoły wzrasta.

<sup>10)</sup> Na podstawie opracowania Energoprojekt Warszawa SA.

Tabela 9

## Jednostkowe nakłady inwestycyjne dla elektrowni wodnych

Przykładowe elektrownie wodne	Nakłady jednostkowe W tys. zł/kW			Nakłady jednostkowe na elektrownię zł/ MWh
	Cały stopień	w tym elektrownia	% udziału hydrozespołu w nakładach na elektrownię	
Duże elektrownie przepływowe	10 ÷ 18	5 ÷ 9	45 ÷ 60	1700 ÷ 2000
Małe elektrownie o mocy poniżej 5 MW, spad >10 m	–	6 ÷ 10	25 ÷ 30	1400 ÷ 2300
Jak wyżej spad < 10 m	–	8 ÷ 17	25 ÷ 40	2000 ÷ 3000
Mikroelektrownie do 100 kW	10 – 14	3 ÷ 6	Różny	600 ÷ 1200
Modernizacja elektrowni	–	1,5 ÷ 10	70 ÷ 80	1000 ÷ 3000

Koszty stałe wytwarzania w elektrowniach wodnych obejmują:

- amortyzację (średnio dla nowo budowanych 5 ÷ 6%, dla modernizacji około 8%),
- opłaty za eksploatację,
- ubezpieczenie majątku,
- podatki lokalne, ewentualnie opłaty za korzystanie ze siłprądu,
- remonty (stanowią średnio od 0,4 do 2% od nakładów inwestycyjnych),
- opłaty za dzierżawę gruntów,
- ochrona majątku,
- wynagrodzenia,
- zużycie materiałów i energii, pozostałe.

Analizując koszty wytwarzania w elektrowniach wodnych można oszacować, że bez kosztów finansowych w okresie spłaty kredytu, w okresie odpisów amortyzacyjnych wahają się one od około 200 zł/ MWh dla małych elektrowni, do około 150 zł/MWh dla elektrowni powyżej 10 MW; po zamortyzowaniu analogicznie od 140 zł/MWh do około 40 zł/MWh.

**Jednocześnie należy zwrócić uwagę na aspekt całkowicie pomijany w analizach a określany jako korzyści utracone przez inwestora z tytułu funkcji, jakie spełniają wybudowane elektrownie wodne oprócz efektów strictly energetycznych, a mianowicie: stabilizacja stanów wody, zaopatrzenie w wodę, ochrona przeciwpowodziowa i inne. Inwestor nie uzyskuje z tego tytułu żadnych przychodów poprzez np. opłaty na jego rzecz; natomiast musi ponosić koszty utrzymania budowli piętrzących i modernizacji kanałów, które nie są związane bezpośrednio z elektrownią.**

W obecnych warunkach formalnoprawnych modernizowanie budowli piętrzących powoduje znaczne obniżenie efektywności projektów budowy elektrowni wodnych, w związku z czym należy dążyć do sytuacji, w której koszty związane z taką modernizacją będą przeniesione w całości bądź części na podmioty zewnętrzne, tj. Skarb Państwa (RZGW), zakłady wodociągowe, gminy i inne.

## KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z ROZWOJU ENERGETYKI WODNEJ

Zalety elektrowni wodnych:

- Wytwarzanie czystej ekologicznie energii elektrycznej wykorzystując naturalne, odtwarzalne źródło energii wody płynącej w ciekach – elektrownie wodne nie zanieczyszczają powietrza atmosferycznego spalinami, pyłami, popiołami, nie wytwarzają ścieków zanieczyszczających glebę i wodę;
- Zużywanie niewielkich ilości energii na potrzeby własne, około 0,5 – 1%, przy około 10% w przypadku elektrowni tradycyjnych;
- Stosunkowo długi czas wykorzystania w ciągu roku mocy instalowanej; w zależności od charakterystyki hydrologicznej rzeki, dla elektrowni przepływowych o przełyku instalowanym około SSQ jest to nawet do około 5500÷6500 h/a;
- Charakteryzują się niewielką pracochłonnością – przy pełnej automatyzacji są praktycznie bezobsługowe, do ich obsługi wystarcza sporadyczny nadzór techniczny, np. dla MEW tzw. dyżur domowy;

- Energia z MEW może być wykorzystywana przez lokalnych odbiorców tak, że można mówić o minimalnych stratach przesyłu;
- Mają wpływ na bezpieczeństwo krajowego systemu elektroenergetycznego - mogą stanowić awaryjne źródło energii w przypadku uszkodzenia sieci przesyłowej;
- Odbudowa zniszczonych urządzeń piętrzących na małych ciekach w związku z realizacją MEW reguluje stosunki wodne w najbliższej okolicy, co ma pozytywny wpływ na produkcję rolną i leśną;
- Praca elektrowni ma korzystny wpływ na biosferę, ze względu na wymieszanie i natlenienie wody (aeracja), co jest korzystne dla procesu samooczyszczania się wody i dla życia biologicznego
- Budowa stopnia piętrzącego /jazu/ powoduje powstanie zbiornika wodnego, który stając się cennym elementem krajobrazu może decydować o rozwoju turystyki i rekreacji w danym regionie;
- Pobudzają aktywność w regionie (nowe miejsca pracy, obiekty towarzyszące);
- Budowla piętrząca stwarzająca możliwość retencji przepływu rzeki może również w pewnym stopniu osłabić wielkość zatapiania okolic w przypadku występowania powodzi, a tym samym zmniejszyć wielkość szkód powodziowych.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Ocenia się, że z elektrowni wodnych, bez realizacji planowanej Kaskady Dolnej Wisły można uzyskać w perspektywie roku 2010 dodatkowo nie więcej niż 300÷400 GWh/a energii elektrycznej (maksymalnie około 80 MW w małych elektrowniach o mocach głównie poniżej 2 MW). W przypadku korzystnej sytuacji powyższa wielkość w perspektywie roku 2010 może wzrosnąć do około 750÷850 GWh/a (budowa EW Nieszawa-Ciechocinek i EW Malczyce łącznie około 100 MW). Wtedy jej udział w całkowitej wyprodukowanej energii w systemie wzrośnie maksymalnie do około 3 000 GWh/a, tj. do około 2% (odniesienie do roku 2001 o korzystniejszych warunkach hydrologicznych). Realizując w całości planowaną Kaskadę Dolnej Wisły wielkość produkcji energii „zielonej” z elektrowni wodnych ma szansę wzrosnąć dodatkowo o około 3 000 GWh/a, tj. do sumarycznej wielkości około 6000 GWh/a (około 4% całkowitej produkcji energii).

Rozwój elektrowni wodnych ograniczony jest przede wszystkim warunkami prawnymi, w tym dużą ingerencją Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej w zakresie ponoszenia przez inwestorów kosztów niezwiązanych bezpośrednio z przychodami uzyskiwanymi z budowy elektrowni wodnych, gdzie najczęściej funduszy pochłania budowa obiektów hydrotechnicznych piętrzących wodę (jaz, zaporą). Z tego względu plany budowy wielu zbiorników retencyjnych opracowywane w latach 70÷80. zdecydowanie się zdezaktualizowały. Zaniechano budowy wielu piętrzeń związanych z zaopatrzeniem przemysłu, rolnictwa, ludności w wodę, które można by wykorzystać energetycznie.

Biorąc powyższe pod uwagę w celu dotrzymania wymogom UE w zakresie udziału OZE w bilansie energetycznym Polski, oprócz nakierowania polityki państwa na tor proinwestycyjny, należy doprowadzić do zmian w działaniach instytucji lokalnych, środowiskowych i procedur administracyjnych, które na obecnym etapie nie sprzyjają rozwojowi hydroenergetyki.

Szczególny nacisk należy w tym względzie położyć na edukację, gdzie istnieje niedostateczny zakres programów nauczania, uwzględniających odnawialne źródła energii, w szkolnictwie podstawowym i ponadpodstawowym, jak również brak programów edukacyjno-szkoleniowych dotyczących odnawialnych źródeł energii adresowanych do inżynierów, projektantów, architektów, przedstawicieli sektora energetycznego, bankowości i decydentów. Jednocześnie istnieje spora bariera informacyjna odnośnie procedur postępowania przy przystępowaniu i realizacji inwestycji w OZE oraz standardowych kosztów cyklu inwestycyjnego, jak również korzyści ekonomicznych, społecznych i ekologicznych związanych z realizacją inwestycji z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii.

Co więcej, brak jest stosownych unormowań prawnych określających w sposób **jednoznaczny** program i politykę w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii.