

dr Joanna Soltuniak
Uniwersytet Łódzki
e-mail: jsoltuniak@wp.pl

WPLYW SUSZY HYDROLOGICZNEJ NA INWESTYCJE W ENERGETYCE WODNEJ MOŻLIWOŚCI ZAPOBIEGANIA SKUTKOM SUSZY

THE IMPACT OF HYDROLOGICAL DROUGHT ON INVESTMENTS IN HYDROPOWER PLANTS. POSSIBILITIES OF PREVENTING THE EFFECTS OF DROUGHT

Abstract

The article presents issues related to the use of water energy, hydropower potential and ways of its estimation. It was indicated that hydropower generally is considered to be a clean, safe and predictable source of energy. The influence of hydrological drought and possibilities of preventing its effects were analyzed. The paper includes a rating of energy security and economic viability of projects in hydropower plants during drought.

Keywords: hydroelectric potential, hydropower, energy security, hydrological drought, small-scale retention

JEL classification: Q420

Wstęp

Według różnych źródeł systemy hydroenergetyczne wytwarzają 19–30% energii produkowanej na świecie, a w państwach UE hydroenergetyka zaspokaja ok. 17% zapotrzebowania na elektryczność¹. W wielu krajach energia wodna jest głównym źródłem energii, m.in. w Kanadzie, Norwegii, Brazylii, Paragwaju czy Wenezueli. Wytwarzanie energii następuje: z energii wód płynących (wody śródlądowe), z energii fal morskich, z energii pływów morskich. Energia z wody jest

¹ K. Piotrowski, T. Witowski, K. Mondal, *Nowe spojrzenie na hydroenergetykę*, „Czysta Energia” 2007, nr 2, s. 16–19; M. Wilkowski, *Male elektrownie wodne na miarę XXI w.*, „Czysta Energia” 2011, nr 4, s. 38–39.

to odnawialne źródło energii (obok energii słonecznej, geotermalnej, wiatrowej oraz z biomasy).

Największe elektrownie wodne znajdują się w Chinach (Zapora Trzech Przełomów), Paragwaju/Brazylii (zapora Itaipu) oraz w Wenezueli (zapora Guri). Każda z nich charakteryzuje się mocą zainstalowaną ponad 10 tys. MW. Obok tak dużych elektrowni występują również małe obiekty o mocy od kilku do kilkuset kW. W Polsce elektrownie o mocy zainstalowanej poniżej 5 MW zaliczane są do tzw. małych elektrowni wodnych (MEW). Energetyka wodna, zwłaszcza obiekty należące do MEW, powszechnie są uznawane za czyste, bezpieczne i przewidywalne źródła energii.

Susza hydrologiczna

Niżówki w wodach płynących mogą być spowodowane przyczynami zarówno naturalnymi, jak i sztucznymi. Te pierwsze wywołane są deficytem zasilania rzeki spowodowanym brakiem opadów, dużym parowaniem czy długotrwałymi mrozami. Brak opadów sprawia, że rzeki są zasilane wodami podziemnymi, które z czasem też się mogą wyczerpywać. Powodem niżówek może być też retencja śniegowa, która nie daje odpływu oraz głębokie przemarznięcie gruntu, które uniemożliwia dopływ wód podziemnych do rzeki. Do sztucznych przyczyn niżówek można zaliczyć: magazynowanie wody w zbiornikach, pobór wód do systemów nawadniających czy przerzucanie wody kanałami do innych dorzeczy².

Wyróżnia się następujące fazy ewolucji niżówek: susza atmosferyczna, susza glebova oraz susza hydrologiczna, występująca początkowo jako niżówka wody podziemnej, a potem jako niżówka przepływów rzecznych. Każda z faz może minąć po wystąpieniu odpowiednio dużej sumy opadów albo po roztopach śniegu. Pierwszą fazą jest susza atmosferyczna. Może być ona wywołana długo utrzymującą się cyrkulacją antycyklonalną, kiedy występuje niedobór opadów i jednocześnie występuje wysoka temperatura, duża prędkość wiatru, wysokie usłonecznienie oraz niska wilgotność. To powoduje wzrost ewapotranspiracji, ale także wzrost zapotrzebowania na wodę. Gdy sytuacja przedłuża się, następuje susza glebova. Wówczas dochodzi do zmniejszania zasobów wodnych w sferze nawietrznej: wody grawitacyjnej i związanej, co powoduje wysychanie gleby. W dalszym etapie ma miejsce wyczerpywanie się zasobów wodnych sfery nasyconej. Następnie zaczyna się niżówka przepływów rzecznych, gdy rzeki są coraz słabiej zasilane przez wody podziemne. Mniejsze rzeki zasilane przez mało zasobne warstwy wodonośne mogą wręcz zanikać. Zależy to od panujących warunków klimatycznych i geomorfologicznych danej zlewni. Jeśli zasoby wodne nie zostaną zasilone długotrwałymi opadami lub wodą roztopową z retencji śniegowej, to niżówka może

² A. Byczkowski, *Hydrologia*, t. 2, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1996, s. 162–164.

przedłużyć się na następny rok i dalej się rozwijać. Bardzo głębokie niżówki wystąpiły w Polsce w latach 1921, 1951–1954, 1982–1992³.

Suszę charakteryzują m.in.: powolne rozwijanie się, duża rozpiętość czasu trwania liczona w miesiącach lub nawet w latach (przy różnym natężeniu), duży zasięg przestrzenny (zazwyczaj dużo większy niż powodzi) oraz tendencja do przedłużania się, co powoduje, że epicentrum suszy może przemieszczać się z wraz upływem czasu⁴.

W okresie suszy gospodarka, zwłaszcza rolna, przemysłowa i komunalna, jak też i sektor ubezpieczeniowy narażone są na bardzo duże straty. Susza powoduje niszczenie upraw roślin oraz zmniejszenie zasobów wody dla potrzeb bytowych i komunalnych. Wpływa na zwiększone prawdopodobieństwo pożarów, erozji, burz pyłowych, itd. Podczas suszy znacznie ograniczony może być zakres korzystania z wód w związku z turystyką, sportem oraz rekreacją. Występują także problemy z transportowym i rybackim wykorzystaniem wód. W przypadku suszy bardzo utrudnione jest energetyczne wykorzystanie wód. Niektóre elektrownie wodne mogą nie pracować, inne pracują w ograniczonym zakresie. Istotne jest to, że duży zasięg przestrzenny oraz długi czas trwania suszy mogą powodować, że skutki suszy są olbrzymie i niekorzystne następstwa nakładają się na siebie. To może być bardzo dotkliwe i kosztowne dla ludności, gospodarki, jak i dla całego ekosystemu.

Warunki rozwoju hydroenergetyki w Polsce

Warunki hydrologiczne Polski nie pozwalają na szeroki rozwój energetyki wodnej. Polska jest krajem o niewielkich zasobach wodnych ogółem. Terytorium kraju charakteryzuje się mniejszymi opadami i większą ewapotranspiracją w stosunku do państw sąsiednich, co powoduje mniejszy sumaryczny odpływ rzeczny⁵. Na większości terenów wyżynnych i nizinnych Polski średnioroczne opady wynoszą ok. 500–700 mm. Są też w Polsce rejony, zajmujące kilkanaście procent powierzchni kraju, na których średnioroczne opady wynoszą mniej niż 500 mm, co jest zbliżone do wielkości sumy opadów w bardzo suchych regionach Europy. Zasoby wód rzecznych wynoszą 60 mld m³/rok, co odpowiada odpływowi jednostkowemu 5 l/s/km², a średnia w Europie wynosi 9,5 l/s/km². Zasoby wodne w przeliczeniu na jednego mieszkańca wynoszą 1700 m³/rok. To klasyfikuje Polskę na 22. miejscu w Europie⁶.

³ Tamże.

⁴ http://posucha.imgw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=56.

⁵ W. Mioduszewski, *Czy Polska jest krajem ubogim w wodę?*, „Gospodarka Wodna” 2008, nr 5, s. 186–193.

⁶ Ministerstwo Środowiska, *Polityka ekologiczna Polski na lata 2009–2012 z perspektywą do 2016 r.*, Monitor Polski z 2009 r., nr 34, poz. 501.

Potencjał hydroenergetyczny Polski jest niewielki w stosunku do powierzchni kraju. Potencjał hydroenergetyczny teoretyczny (uwzględniający warunki naturalne i klimatyczne) w Polsce ocenia się na 25 TWh/rok, zaś potencjał hydroenergetyczny techniczny (uwzględniający dostępne technologie) na 12 TWh, a ekonomiczny (uwzględniający mechanizmy wsparcia wykorzystania odnawialnej energii i jej bieżące ceny) na 8,5 TWh⁷. Dla porównania w Chinach potencjał teoretyczny szacowany jest na 6083 TWh, techniczny na 2474 TWh i jest on wykorzystywany w 71%. Z kolei w Norwegii potencjał teoretyczny wynosi 600 TWh, a techniczny – który jest wykorzystany w 86% – 240 TWh⁸. W Czechach potencjał teoretyczny wynosi 13,1 TWh, techniczny 3,4 TWh, przy czym jest on wykorzystywany w 70,1%. W krajach europejskich przeciętny poziom wykorzystania hydroenergetycznego potencjału technicznego wynosi ok. 47%⁹. Dla przykładu można podać, że jego wykorzystanie w Niemczech wynosi 70%, we Francji – 82%, na Słowacji – 59%, w Szwajcarii – 92%, w Austrii – 69%, Hiszpanii – 79%¹⁰. W Polsce wykorzystanie potencjału wynosi tylko 17%¹¹. Warto jeszcze dodać, że w niektórych krajach znaczące jest wykorzystanie energetyki wodnej do produkcji energii. W Norwegii 99% energii pochodzi z hydroelektrowni, w Brazylii to 84%, w Wenezueli – 74%, w Kanadzie – 59%, w Szwecji – 49%¹². Dla porównania można podać, że w Polsce (głównie z uwagi na niesprzyjające warunki) jedynie 2% wyprodukowanej energii pochodzi z elektrowni wodnych.

Stan rozwoju hydroenergetyki w Polsce

Pierwsze elektrownie wodne na ziemiach polskich były budowane w końcu XIX w. W latach 1925–1935 liczba młynów i elektrowni wodnych w kraju wynosiła ok. 8 tys.¹³ Po II wojnie światowej ich liczba znacznie spadła na skutek polityki prowadzonej przez ówczesne władze. Obiekty hydroenergetyczne były

⁷ J. Steller, „Energetyka Wodna w Polsce – niepojęte wyzwanie”, Międzynarodowa Konferencja Naukowa zorganizowana przez PAN Instytut Maszyn Przepływowych, Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i przedsiębiorczości w Łomży: „Stan pozyskania odnawialnych źródeł energii w Polsce”, materiały konferencyjne, 2009.

⁸ *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series*, vol. 1: *Power Sektor*, International Renewable Energy Agency, June 2012, s. 12–13.

⁹ E. Malicka, *Istotne problemy gospodarki wodnej w świetle ramowej dyrektywy wodnej*, „Energetyka Wodna” 2012, nr 1, s. 20–22.

¹⁰ <http://www.ptm.pl/praktyka/warsztat-wyceny/male-elektrownie-wodne-warto-cenic-wartosc>.

¹¹ E. Malicka, *Istotne problemy...*

¹² *Renewable Energy Technologies...*, s. 14.

¹³ E. Malicka, *Niewykorzystany potencjał*, „Biuletyn TRMEW” 2010, nr 13.

likwidowane. W 1968 r. było tylko ok. 200 małych elektrowni wodnych. Ponowny rozwój energetyki wodnej nastąpił od lat 80. XX w., po zatwierdzeniu uchwały w sprawie rozwoju małej energetyki wodnej¹⁴. W 2012 r. było 770 elektrowni wodnych, z których ok. 600 MEW należy do prywatnych właścicieli¹⁵. Obecnie w Polsce istnieje kilkanaście elektrowni wodnych o mocy większej niż 5 MW. Większe elektrownie są zwykle zlokalizowane w górach i na pogórzach, z kolei MEW często znajdują się na terenach nizinnych¹⁶.

Duże elektrownie wodne często są elektrowniami szczytowo-pompowymi. Należą do nich m.in. obiekty w Żarnowcu, Porąbce-Żar, Żydowie, w Solinie czy Niedzicy. Ich łączna moc zainstalowana wynosi 1350 MW. Z kolei wszystkie elektrownie wodne charakteryzują się łączną mocą zainstalowaną ok. 2100 MW. W ostatnich latach najwięcej hydroelektrowni wybudowano na terenach Pomorza¹⁷.

Perspektywy rozwoju hydroenergetyki w Polsce w kontekście dawnej zabudowy hydrotechnicznej i hydroenergetycznej

Stowarzyszenia branżowe wskazują, że istnieją perspektywy rozwoju hydroenergetyki w Polsce, m.in. wynikające z historycznych przesłanek: na ziemiach polskich w latach 20. XX w. istniało aż 8 tys. młynów i siłowni wodnych, które

wraz ze zbiornikami wodnymi [...] tworzyły na rzekach systemy kaskad, zapobiegając obniżaniu poziomu wody w okresie suszy, a także przesuszaniu miejsc podmokłych i środowisk przybrzeżnych. Miejsca takie, dzięki różnorodnej głębokości i obecności roślin wodnych, stanowiły ważną ostoję dla różnorodnych organizmów żywych¹⁸.

Zwracają uwagę, że w okresie powojennym

naturalna retencja została zniszczona poprzez postępujący rozwój gospodarczy i zajmowanie nowych terenów pod uprawy rolne. Proces ten doprowadził m.in. do zaniku mokradeł i teras zalewowych¹⁹.

Ze względu na to, że jednym ze sposobów przeciwdziałania skutkom susz i powodzi jest spowolnienie odpływu oraz retencjonowanie wody na terenie zlewni, to wydaje się, że odtwarzanie starych młyńskich piętrzeń i zbiorników

¹⁴ Uchwała nr 192 Rady Ministrów w sprawie rozwoju małej energetyki wodnej z dnia 7 września 1981 r., Monitor Polski z 1981 r., nr 24, poz. 214.

¹⁵ A. Ślusarczyk, *Poskramiacze rzek*, „Newsweek” 2009, nr 1/09, s. 22–23; www.ure.pl.

¹⁶ J. Kaflik, T. Pyrcioch, *Znaczenie energii odnawialnej z MEW*, „Czysta Energia” 2008, nr 12.

¹⁷ J. Steller, *Energetyka Wodna...*

¹⁸ *TRMEW: Polska nadal nie jest odpowiednio przygotowana na suszę* (list przedstawicieli Stowarzyszenia TRMEW z sierpnia 2015 r.), <http://biznesalert.pl/trmew-polska-nadal-nie-jest-odpowiednio-przygotowana-na-susze>

¹⁹ Tamże.

może być bardzo pożądane dla tych celów, jak też może służyć dalszemu rozwojowi energetyki odnej. Również można się spotkać z poglądami, że polityka w zakresie gospodarki wodnej jest skupiona na stanie wód oraz ich ochronie i nie poświęca wystarczająco dużo miejsca kwestiom rozwoju gospodarczego, w tym wykorzystaniu potencjału hydroenergetycznego rzek w Polsce czy ochronie rzek przed suszą. Stwierdza się, że gdyby można było budować piętrzenia, to zapobiegłoby to pewnym efektem suszy, ale też umożliwiłoby rozwój małej hydroenergetyki²⁰.

Europejskie Stowarzyszenie Małej Energetyki Wodnej (ang. *European Small Hydropower Association* – ESHA) koordynuje Projekt „*Restor Hydro*”, związany z tworzeniem mapy młynów i inwentaryzacją historycznych obiektów elektrowni wodnych w celu wskazania potencjalnych lokalizacji do budowy nowych elektrowni wodnych. Stwierdzono, że w Polsce istnieje ok. 6 tys. takich miejsc, gdzie kiedyś były lub są młyny, tartaki, koła wodne czy jazy²¹. Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej (KZGW) przygotował opracowanie o istniejących obiektach piętrzących o wysokości piętrzenia powyżej 0,7 m w Polsce, będących własnością Skarbu Państwa. Zaznaczono, że istnieje 14 420 takich obiektów, przy których znajduje się tylko 651 MEW. Obliczono, że stopień wykorzystania energetycznego istniejących piętrzeń wynosi zaledwie 4,5%²². Według szacunków KZGW na zinwentaryzowanych obiektach mogłoby powstać ok. 2 tys. MEW²³. Inne źródła wskazują nawet na istnienie w Polsce ok. 30 tys. potencjalnych lokalizacji pod budowę MEW²⁴.

Według badań wykonanych na zlecenie KZGW obecnie w Polsce 3848 piętrzeń administrują Wojewódzkie Zarządy Melioracji i Urządzeń Wodnych (WZMiUW), a 2920 – Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej (RZGW). Lasy Państwowe, starostwa, jednostki samorządu terytorialnego, spółki Skarbu Państwa zarządzają łącznie 2518 piętrzeniami. W stosunku do ponad 5 tys. obiektów nie ustalono właściciela²⁵. Dwie trzecie piętrzeń wodnych jest zlokalizowanych w dorzeczu Odry²⁶.

²⁰ <http://www.rynekinfrastruktury.pl/wiadomosci/co-grozi-malym-elektrowniom-wodnym-51162.html>.

²¹ E. Malicka, *Projekt Restor Hydro*, „Energetyka Wodna” 2012, nr 3, s. 3–4.

²² E. Malicka, *Hydroenergetyczne wykorzystanie istniejących obiektów piętrzących wodę w Polsce*, „Energetyka Wodna” 2013, nr 2.

²³ Ministerstwo Środowiska, *Projekt Polityki Wodnej Państwa do roku 2030 (z uwzględnieniem etapu 2016)*, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, 2010, kzgw.gov.pl.

²⁴ P. Lantecki, *Szacowanie potencjału OZE*, „Czysta Energia” 2007, nr 10.

²⁵ E. Malicka, *Hydroenergetyczne wykorzystanie...*

²⁶ R. Brzeziński, M. Bonisławska, *Oddziaływanie wybranych budowli hydrotechnicznych na drożność i jakość wód rzeki Krąpiel*, „Gospodarka Wodna” 2010, nr 1.

Sytuacja wód województwa łódzkiego oraz działania zmierzające do zmniejszania efektów suszy

W województwie łódzkim przeważają obszary nizinne. Teren jest generalnie ubogi w wody powierzchniowe. Spowodowane to jest głównie położeniem wododziałowym I rzędu pomiędzy zlewniami Wisły i Odry, niskimi sumami opadów rocznych oraz dużą przepuszczalnością gruntów, która utrudnia retencję wody. Spadki koryt rzecznych są niewielkie. Stosunkowo dużo jest krótkich cieków wodnych i zdarza się, że latem niektóre z nich wysychają²⁷. Odływ jednostkowy, określający zasobność obszaru w wodę, w północno-zachodniej części województwa wynosi mniej niż 3 l/s/km², w północno-wschodniej mniej niż 4 l/s/km², w południowej poniżej 5 l/s/km². Porównując te dane ze średnim odpływem jednostkowym z terenu Polski wynoszącym 5,6 l/s/km² okazuje się, że przeciętne odpływy w województwie są dużo niższe²⁸.

W *Raporcie o stanie środowiska przyrodniczego województwa łódzkiego...* zaznacza się, że na tym terenie występuje silna presja antropogeniczna na rzeki. Przejawia się ona głównie znaczną zabudową ich dolin (zwłaszcza na terenach zurbanizowanych), a ponadto wylesianiem i wierceniem studni. Istniejąca stosunkowo gęsta sieć kanalizacji deszczowej, kolektorów kanalizacyjnych i różnego rodzaju przewodów w terenie powoduje wiele niekorzystnych zjawiska, takich jak: zmniejszanie retencji terenowej, przesuszanie obszaru zlewni przez obniżenie wód podziemnych i związany z tym brak zasilania cieków wodami podziemnymi w czasie niskich przepływów, zwiększenie szybkości przyboru wody, zwiększenie zanieczyszczenia rzek oraz wzrost zagrożenia powodziowego²⁹. Na to ostatnie wpływa również zły stan budowli retencyjnych i piętrzących³⁰. Najwyższe przepływy rzeczne zwykle występują wczesną wiosną i są związane z roztopami. Z kolei najniższe przepływy często się pojawiają na przełomie lata i jesieni³¹. Przepływy w rzekach województwa są bardzo zmienne. Uzależnione są od sumy opadów i ich rozkładu. Wielkość przepływu zmienia się również w zależności od zmian w ob-

²⁷ *Wojewódzki Program Ochrony i Rozwoju Zasobów Wodnych dla województwa łódzkiego*, wykonany przez Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska Biprowodmel sp. z o.o. w Poznaniu: <http://www.bip.melioracja.lodzkie.pl/data/other/wojprochrzaswod.pdf>.

²⁸ *Plan nawodnień rolniczych dla województwa łódzkiego*, wykonany przez Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska Biprowodmel sp. z o.o. w Poznaniu, <http://www.bip.melioracja.lodzkie.pl/data/other/plannawodnienrolniczych-tomiv.pdf>.

²⁹ *Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim*, praca zbiorowa, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi Wydział Środowiska i Rolnictwa Łódzkiego Urzędu Wojewódzkiego, Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Łodzi, Łódź 2008, s. 14, <http://www.wios.lodz.pl>.

³⁰ E. Klima, A. Janiszewska, A. Rochmińska, *Prognoza oddziaływania na środowisko projektu regionalnego programu operacyjnego województwa łódzkiego na lata 2007–2013*, Łódź, sierpień 2006, www.rpo.lodzkie.pl.

³¹ *Wojewódzki Program Ochrony i Rozwoju Zasobów Wodnych...*

szarze zlewni związanych z wycinką drzew, pokryciem fragmentów terenu zlewni nieprzepuszczalną warstwą, poborem wód itd. Zasoby wód stojących stanowią głównie sztuczne zbiorniki. Naturalne zbiorniki są niewielkich rozmiarów. Woda jest też gromadzona na terenach torfowo-bagiennych. W różnych opracowaniach dotyczących województwa łódzkiego wskazuje się na słabo rozwiniętą sieć rzeczną, słabą naturalną retencję, konieczność budowy zbiorników retencyjnych. Z tego względu władze województwa przewidują działania w zakresie zwiększenia naturalnej retencji wodnej metodami nietechnicznymi. Planują odtwarzanie terenów zalewowych i innych obszarów podmokłych, zalesienia, zadrzewienia, roślinne pasy ochronne wzdłuż rzek, ochronę oczek wodnych, stawów wiejskich, mokradel itp. Jeśli te działania nie przyniosą rezultatu, to jest planowane wdrożenie technicznych metod związanych z budową małych zbiorników wodnych, jazów, zastawek, budową lub przebudową mającą na celu poprawę stanu technicznego urządzeń wodnych, wałów przeciwpowodziowych, stopni wodnych, regulację cieków³².

W województwie obecnie istnieje 40 elektrowni wodnych. Wszystkie należą do MEW. Poza dwoma największymi usytuowanymi przy dużych zbiornikach wodnych: Jeziorsko i Zalewie Sulejowskim wszystkie, pozostałe mają moc zainstalowaną nie większą niż 200 kW.

Wybrane techniczne aspekty pracy elektrowni wodnych związane z suszą

Do budowy elektrowni wodnej zwykle wykorzystuje się piętrzenia istniejące, głównie zapory i jazy, które są budowane w celach przeciwpowodziowych, regulacyjnych, retencyjnych czy rekreacyjnych. Obecnie przegrodzenie koryta rzeki jest możliwe wtedy, gdy służy celom stanowiącym nadrzędny interes społeczny albo stanowi korzyść dla środowiska wodnego lub społeczeństwa. Przykładowo w energetyce do celów publicznych zaliczane są urządzenia służące do przesyłu energii elektrycznej. Samo wytwarzanie energii nie jest celem publicznym. Z kolei celem publicznym w gospodarce wodnej jest budowa i utrzymanie należących do Skarbu Państwa obiektów oraz urządzeń służących ochronie środowiska, regulacji przepływów i ochrony przed powodzią, regulacji i utrzymania wód dla celów melioracji, zbiorników i innych urządzeń stanowiących zaopatrzenie w wodę³³. Z tego względu elektrownie wodne wykorzystują piętrzenia już istniejące. Jednakże warto zaznaczyć, że część istniejących piętrzeń z różnych powodów nie może być wykorzystana hydroenergetycznie.

³² E. Klima, A. Janiszewska, A. Rochmińska, *Prognoza oddziaływania...*

³³ S. Wójcik-Jackowski, J. Kamiński, *Rozwój energetyki wodnej w południowo-wschodniej Polsce w świetle obowiązujących planów w gospodarce wodnej*, „Polityka Energetyczna” 2012, t. 15, z. 2.

Budowle i urządzenia hydrotechniczne i hydroenergetyczne są projektowane z wytrzymałością obliczoną na określone prawdopodobieństwo wystąpienia bardzo wysokich przepływów³⁴. Aby określić moc i przyszłą produkcję energii, trzeba poznać dokładne stany i przepływy wody, określić spad, sprawność urządzeń i ciężar właściwy wody. Wielkości przepływów mogą charakteryzować się dużą zmiennością zarówno w skali pojedynczego roku, jak i wielu lat. Zmieniają się one ponadto z biegiem rzeki. Uzależnione są głównie od: zasilania rzeki, geometrii zlewni, gęstości sieci rzecznej, pokrycia terenu zlewni, rzeźby terenu, przepuszczalności podłoża. Nieprawidłowy opis charakterystyki przepływów wody może prowadzić do niepełnego wykorzystania potencjału energetycznego lokalizacji. Dla konkretnej lokalizacji powinno się pozyskać wieloletnie wiarygodne dane hydrologiczne lub przynajmniej ich szczegółowe opracowanie bądź przeprowadzić samodzielne pomiary (ciąg pomiarowy powinien obejmować przynajmniej jeden rok). Na ich podstawie określa się krzywą sum czasu trwania przepływów, która wyznacza przedział czasu, w którym natężenie przepływu jest równe bądź większe od ustalonej wartości. Służy ona obok wielkości przepływu nienaruszalnego i przepływu technicznego minimalnego do sparametryzowania urządzeń elektrowni, tak aby mogły one pracować przez jak najdłuższy czas w ciągu roku³⁵. Przygotowanie właściwych danych wyjściowych jest niezwykle ważne dla inwestycji. Decyduje o przyszłej produkcji energii i związanymi z tym przychodami. Wykorzystanie potencjału teoretycznego zależy od sprawności urządzeń elektrowni wodnej. Energię, jaką można uzyskać przy wykorzystaniu potencjału wodnego, można określić według następującego wzoru:

$$E = N_e * q * g * H * Q_{sr} * t,$$

gdzie:

N_e – sprawność elektrowni (iloczyn sprawności turbiny, generatora i transformatora),

q – gęstość wody,

g – przyspieszenie ziemskie,

H – spad,

Q_{sr} – średni przepływ wody,

t – czas pracy elektrowni w roku (elektrownia jest wyłączana w czasie ekstremalnych przepływów i prac konserwacyjno-remontowych)³⁶.

³⁴ J. Steller, A. Henke, M. Kaniecki, *Jak zbudować małą elektrownie wodną? Przewodnik inwestora*, Wydawnictwo Europejskie Stowarzyszenie Małej Energetyki Wodnej (ESHA), Bruksela–Gdańsk 2010; M. Butkowski, *Energetyka wodna podstawowym źródłem energii odnawialnej w Polsce*, [w:] J. Kalotka (red.), *Materiały z VI Ogólnopolskiego Seminarium „Odnawialne Źródła Energii”*, Instytut Technologii i Eksploatacji – PIB w Radomiu, Radom 2010.

³⁵ M. Lis, *Proces inwestycyjny MEW – ustalenie przepływu wody, właściwe określenie mocy i produkcji MEW*, „Biuletyn TRMEW” 2011, nr 16.

³⁶ J. Iwan, *Studium badawczo-rozwojowe problemów turbin wodnych małej energetyki*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2006; J. Rduch, *Wybór rodzaju turbiny dla mikroelektrowni*

Całą zainstalowaną moc elektrowni wodnej często trudno w pełni wykorzystać. Zwykle elektrownia pracuje ze zmienną mocą w ciągu poszczególnych dni i miesięcy, ale wielkość produkcji energii jest często przewidywalna w zależności od prognoz przepływów wodnych. Zwiększone przepływy wodne są często związane z roztopami albo z ulewnymi deszczami. Pracę elektrowni utrudniają różne zjawiska, np. pojawienie się niektórych form lodu na rzece. Znacznym problemem są także śmieci, liście oraz inne ciała stałe płynące wraz z wodą, które mogą zatykać kraty elektrowni. Susze hydrologiczne w oczywisty sposób wpływają na zmniejszenie przepływów wody w rzekach i przez to na mniejszą produkcję energii. Warto jednakże zwrócić uwagę na to, że poza zmniejszonymi przepływami w tym okresie i przez to mniejszą produkcją energii, występuje również zmniejszenie sprawności urządzeń elektrowni (urządzenia są projektowane dla spadów i przepływów najdłużej trwających – wtedy pracują one z największą sprawnością). Zatem negatywny efekt suszy kumuluje się.

Jeśli elektrownia jest zbudowana na kanale derywacyjnym, to w rzece musi zostać zachowany przynajmniej przepływ biologiczny. Wówczas w przypadku występowania suszy może nie wystarczyć wody do działania elektrowni. Z kolei jeśli elektrownia jest zbudowana na jazie i można wykorzystać przepływ biologiczny, a urządzenia elektrowni są do tego dostosowane, to wówczas elektrownia może pracować (choć z wytwarzaną małą mocą). Niezależnie od tego, czy elektrownia wodna pracuje, czy jej praca jest ograniczona lub jej brak, właściciele elektrowni wodnych ponoszą różnego rodzaju koszty. Często należą do nich m.in.: koszty spłaty pożyczki i odsetek, opłaty lokalne, opłaty za usługi księgowo-owe, koszty związane z prowadzeniem działalności, w tym składki ZUS, opłaty za przyłącze elektryczne i za przyłącze internetowe, a także za abonament internetowy związany ze zdalną obsługą niektórych funkcji elektrowni. Dochodzą do tego różne koszty związane z utrzymywaniem terenu wokół obiektu (koszenie traw na skarpach, sprzątanie nieczystości płynących wraz z wodą, sprzątanie terenu wokół obiektu) i konserwacją urządzeń elektrowni, aby utrzymać je w należytych stanie.

Bezpieczeństwo energetyczne

Jednym z głównych zadań państwa jest zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego. Bezpieczeństwo energetyczne według ustawy Prawo energetyczne jest to

wodnych, „Czysta Energia” 2008, nr 2; M. Pająk, *Analiza eksploatacyjna Małej Elektrowni Wodnej Domaniów*, [w:] J. Kalotka (red.), *Materiały z VI Ogólnopolskiego Seminarium...*, s. 89–95.

stan gospodarki umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska³⁷.

W literaturze bezpieczeństwo energetyczne określa się też jako

zabezpieczenie możliwości dostępu do zasobów energetycznych potrzebnych dla kontynuacji rozwoju gospodarczego kraju³⁸.

Związane jest ono z dostępem do źródeł energii wraz ze stabilnymi i przystępnymi cenami zakupu, płynnością dostaw bez występowania nagłych, istotnych przerw, niewystępowaniem monopolizacji dostawcy oraz dostępem do zasobów energii w perspektywie długoterminowej³⁹. Utożsamia się je też z bezpieczeństwem podaży energii rozumianym jako ciągłe i niezakłócone dostawy nośników energii rozważane w długim terminie, przy cenach zadowalających i producentów, i konsumentów⁴⁰. W potocznym znaczeniu bezpieczeństwo energetyczne dla konsumentów oznacza tanie i niezawodne dostawy energii⁴¹. Zakłócenia w bezpieczeństwie energetycznym są związane z wpływem różnych czynników o charakterze politycznym, ekonomicznym, środowiskowym, technicznym i społecznym⁴². W przypadku jeśli elektrownia wodna jest głównym źródłem energii, to susza hydrologiczna może stanowić duże zagrożenie dla bezpieczeństwa energetycznego. W wielu regionach na świecie, w których energetyka odnawialna ma znaczny udział, utrzymywane są również rezerwowe moce produkcyjne oparte na tradycyjnych surowcach energetycznych typu węgiel, ropa czy gaz. Ponadto coraz częściej tworzone są systemy energetyczne oparte na różnych odnawialnych surowcach, które są względem siebie substytucyjne w zależności od ich podaży. Jedynie w przypadkach awarii lub wyjątkowo niekorzystnych warunków meteorologiczno-hydrologicznych zasilane są one tradycyjnym wytwarzaniem energii.

Jednakże gdy energetyka wodna ma duży udział w wytwarzaniu energii i nie jest zastępowana innymi źródłami energii, to mogą wynikać problemy z produkcją energii, gdy te obiekty z różnych względów nie pracują. Czasem pojawiają się

³⁷ Art. 1, pkt 16, Ustawa Prawo energetyczne z 10 kwietnia 1997 r. (Dz.U. z 2006 r. nr 89, poz. 625 z późn. zm.).

³⁸ R. Uberman, *Własność państwowa przedsiębiorstw sektora paliwowo-energetycznego w kontekście polityki bezpieczeństwa energetycznego*, „Polityka Energetyczna” 2011, t. 14, z. 1.

³⁹ Tamże.

⁴⁰ W. Suwała, *Problemy ekonomiczne modelowania systemów paliwowo-energetycznych*, „Polityka Energetyczna” 2010, t. 13, z. 2, s. 435–448; B. Fiedor, *Normatywne, a ekonomiczne ujęcie regulacji publicznej w gospodarce rynkowej z uwagami dotyczącymi sektora elektroenergetycznego*, [w:] U. Zagóra-Jonszta (red.), *Dokonania współczesnej myśli ekonomicznej. Ekonomia instytucjonalna – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2006, s. 229.

⁴¹ T. Skoczkowski, *Bezpieczeństwo energetyczne Polski – potrzeba szerszego spojrzenia*, „Czysta Energia” 2009, nr 3, s. 24–27.

⁴² K. Prandecki, *Odnawialne źródła energii a bezpieczeństwo energetyczne*, „Ekonomia i Środowisko” 2011, nr 2(40).

informacje o problemach w wytwarzaniu prądu przez elektrownie wodne, spowodowanych deficytem wody wywołanym przez susze. Przykładowo tak jest w Wenezueli, gdzie ok. 65% energii pochodzi z elektrowni wodnych. Głównym źródłem wytwarzania energii jest największa elektrownia wodna kraju znajdująca się przy zaporze Guri o mocy zainstalowanej 10 055 MW. Jest to też jedna z największych elektrowni wodnych na świecie. Ze względu na suszę i niski stan wody w zbiorniku największa elektrownia wodna pracowała przy znacznie zmniejszonej mocy na przełomie 2009 i 2010 r. Wówczas wystąpiła konieczność reglamentowania prądu. Podobna sytuacja miała miejsce w 2016 r. Ze względu na niesprzyjające warunki (suszę i niski poziom wody w zbiorniku, stąd niemożność produkcji energii) władze kraju podjęły kolejny raz decyzję o okresowym ograniczaniu dostaw prądu. Wiązało się to m.in. ze skróceniem tygodnia pracy, a także krótszym czasem otwarcia sklepów oraz ograniczeniem oświetlenia miejsc publicznych. Dużym zaskoczeniem jednakże jest to, że Wenezuela, kraj bogaty w ropę naftową, nie wykorzystuje swoich zasobów surowców energetycznych, aby przeciwdziałać sytuacji kryzysowej⁴³.

Podobna sytuacja miała miejsce na Bałkanach, gdzie kilka krajów korzysta w znacznym stopniu z prądu wytwarzanego w elektrowniach wodnych. W 2012 r., kiedy wystąpiła w tym regionie największa susza od kilkudziesięciu lat, niemożliwe okazało się utrzymywanie produkcji energii na oczekiwanym poziomie. Wstrzymano wówczas częściowo dostawy energii dla firm i ograniczono jej zużycie przez mieszkańców⁴⁴.

W Polsce z podobną sytuacją znacznego ograniczenia produkcji energii przez elektrownie wodne ze względu na suszę (choć znacznie na mniejszą skalę) mieliśmy do czynienia w 2015 r. Część elektrowni wodnych wówczas nie pracowała ze względu na brak wody, a wiele innych pracowało z mniejszą mocą. Przykładowo w elektrowni wodnej we Włocławku na sześć znajdujących się tam turbin działały tylko dwie.

Podsumowanie

Susza jest zjawiskiem bardzo negatywnie oddziałującym na wiele działań gospodarki. Wydaje się istotne, aby przynajmniej w pewnym stopniu zapobiegać jej skutkom, chociażby przez system małej retencji. W przypadku wystąpienia suszy energetyka wodna staje się ograniczonym źródłem produkcji energii. Dla właścicieli elektrowni wodnych, podobnie jak dla wielu innych przedsiębiorców wykorzystujących naturalne zasoby wodne, przedłużanie czasu trwania suszy

⁴³ <http://wmeritum.pl/wenezuela-pozbawiona-pradu-od-tygodnia-powodem-susza-oraz-bledne-planowanie-sieci-energetycznej/138648> .

⁴⁴ <http://tvnmeteo.tvn24.pl/informacje-pogoda/swiat,27/najwieksza-susza-od-40-lat-rozlozyla-przemysl-energetyczny,38450,1,0.html> .

może być znaczącym problemem. Wówczas często ponoszą oni straty związane ze swoją działalnością. Warto też zwrócić uwagę na aspekt, że pomimo, iż energetyka wodna jest bezpiecznym i przewidywalnym źródłem energii, to w przypadku suszy może być zachwiane bezpieczeństwo energetyczne. Dotyczy to sytuacji, gdy istnieje znaczny udział produkcji energii z elektrowni wodnych w systemie energetycznym i system nie jest wspomagany konwencjonalnym wytwarzaniem energii lub substytucyjnym wytwarzaniem energii przez inne odnawialne źródła.

Bibliografia

- Brzeziński R., Bonisławska M., *Oddziaływanie wybranych budowli hydrotechnicznych na drożność i jakość wód rzeki Krąpiel*, „Gospodarka Wodna” 2010, nr 1, s. 34–43.
- Butkowski M., *Energetyka wodna podstawowym źródłem energii odnawialnej w Polsce*, [w:] J. Kalotka (red.), *Materiały z VI Ogólnopolskiego Seminarium „Odnawialne Źródła Energii”*, Instytut Technologii i Eksploatacji – PIB w Radomiu, Radom 2010.
- Byczkowski A., *Hydrologia*, t. 2, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1996.
- Fiedor B., *Normatywne a ekonomiczne ujęcie regulacji publicznej w gospodarce rynkowej z uwagami dotyczącymi sektora elektroenergetycznego*, [w:] U. Zagóra-Jonszta (red.), *Dokonania współczesnej myśli ekonomicznej. Ekonomia instytucjonalna – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2006.
- Hydropower; Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series*, vol. 1: *Power Sektor*, International Renewable Energy Agency, June 2012.
- Iwan J., *Studium badawczo-rozwojowe problemów turbin wodnych małej energetyki*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2006.
- Kafflik J., Pyrcioch T., *Znaczenie energii odnawialnej z MEW*, „Czysta Energia” 2008, nr 12, s. 24–24.
- Klima E., Janiszewska A., Rochmińska A., *Prognoza oddziaływania na środowisko projektu regionalnego programu operacyjnego województwa łódzkiego na lata 2007–2013*, Łódź, sierpień 2006, www.rpo.lodzkie.pl
- Lantecki P., *Szacowanie potencjału OZE*, „Czysta Energia” 2007, nr 10, s. 34–35.
- Lis M., *Proces inwestycyjny MEW – ustalenie przepływu wody, właściwe określenie mocy i produkcji MEW*, „Biuletyn TRMEW” 2011, nr 16, s. 22–24.
- Malicka E., *Hydroenergetyczne wykorzystanie istniejących obiektów piętrzących wodę w Polsce*, „Energetyka Wodna” 2013, nr 2, s. 23–24.
- Malicka E., *Istotne problemy gospodarki wodnej w świetle ramowej dyrektywy wodnej*, „Energetyka Wodna” 2012, nr 1, s. 20–22.
- Malicka E., *Niewykorzystany potencjał*, „Biuletyn TRMEW” 2010, nr 13, s. 4–6.
- Malicka E., *Projekt Restor Hydro*, „Energetyka Wodna” 2012, nr 3, s. 3–4.
- Mielczarski W., *Analiza projektów legislacyjnych wchodzących w skład pakietu klimatyczno-energetycznego pod względem spełnienia przesłanek art. 175 ust. 2 lit. C Traktatu ustanawiającego Wspólnotę Europejską*, [w:] *Pakiet klimatyczno-energetyczny – analityczna ocena propozycji Komisji Europejskiej*, Urząd Komitetu Integracji Europejskiej, Departament Polityki Integracyjnej, Warszawa, grudzień 2008.
- Ministerstwo Środowiska, *Polityka ekologiczna Polski na lata 2009–2012 z perspektywą do 2016 r.*, Monitor Polski z 2009 r. nr 34, poz. 501.
- Ministerstwo Środowiska, *Projekt Polityki Wodnej Państwa do roku 2030 (z uwzględnieniem etapu 2016)*, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, 2010, kzgw.gov.pl.
- Mioduszewski W., *Czy Polska jest krajem ubogim w wodę?*, „Gospodarka Wodna” 2008, nr 5.

- Pająk M., *Analiza eksploatacyjna Małej Elektrowni Wodnej Domaniów*, [w:] J. Kalotka (red.), *Materiały z VI Ogólnopolskiego Seminarium „Odnawialne Źródła Energii”*, Instytut Technologii i Eksploatacji – PIB w Radomiu, Radom 2010.
- Piotrowski K., Witowski T., Mondal K., *Nowe spojrzenie na hydroenergetykę*, „Czysta Energia” 2007, nr 2, s. 16–19.
- Plan nawodnień rolniczych dla województwa łódzkiego, wykonany przez Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska Biprowodmel sp. z o.o. w Poznaniu, www.bip.melioracja.lodzkie.pl/data/other/plannawodnienrolniczych-tomiv.pdf.
- Prandecki K., *Odnawialne źródła energii a bezpieczeństwo energetyczne*, „Ekonomia i Środowisko” 2011, t. 2, s. 196–215.
- Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim*, praca zbiorowa, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi Wydział Środowiska i Rolnictwa Łódzkiego Urzędu Wojewódzkiego, Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Łodzi, Łódź 2008, www.wios.lodz.pl.
- Rduch J., *Wybór rodzaju turbiny dla mikroelektrowni wodnych*, „Czysta Energia” 2008, nr 2, s. 36–38.
- Skoczkowski T., *Bezpieczeństwo energetyczne Polski – potrzeba szerszego spojrzenia*, „Czysta Energia” 2009, nr 3, s. 24–27.
- Steller J., *Energetyka Wodna w Polsce – niepojęte wyzwanie*, Międzynarodowa Konferencja Naukowa zorganizowana przez PAN Instytut Maszyn Przepływowych, Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i przedsiębiorczości w Łomży: „*Stan pozyskania odnawialnych źródeł energii w Polsce*”, materiały konferencyjne, 2009, s. 69–84.
- Steller J., Henke A., Kaniecki M., *Jak zbudować małą elektrownie wodną? Przewodnik inwestora*, Wydawnictwo Europejskie Stowarzyszenie Małej Energetyki Wodnej (ESHA), Bruksela–Gdańsk 2010.
- Suwała W., *Problemy ekonomiczne modelowania systemów paliwowo-energetycznych*, „Polityka Energetyczna” 2010, t. 13, z. 2, s. 435–448.
- Ślusarczyk A., *Poskramiacze rzek*, „Newsweek” 2009, nr 1/09, s. 22–23.
- TRMEW: Polska nadal nie jest odpowiednio przygotowana na susze*, <http://biznesalert.pl/trmew-polska-nadal-nie-jest-odpowiednio-przygotowana-na-susze>.
- Uberman R., *Własność państwowa przedsiębiorstw sektora paliwowo-energetycznego w kontekście polityki bezpieczeństwa energetycznego*, „Polityka Energetyczna” 2011, t. 14, z. 1, s. 29–56.
- Uchwała nr 192 Rady Ministrów w sprawie rozwoju małej energetyki wodnej z dnia 7 września 1981 r., Monitor Polski z 1981 r., nr 24, poz. 214.
- Ustawa Prawo energetyczne z 10 kwietnia 1997 r. (Dz.U. z 2006 r., nr 89, poz. 625 z późn. zm.).
- Wilkowski M., *Małe elektrownie wodne na miarę XXI w.*, „Czysta Energia” 2011, nr 4, s. 38–39.
- Wojewódzki Program Ochrony i Rozwoju Zasobów Wodnych dla województwa łódzkiego, wykonany przez Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska Biprowodmel sp. z o.o. w Poznaniu, www.bip.melioracja.lodzkie.pl/data/other/wojprochrzaswod.pdf.
- Wójcik-Jackowski S., Kamiński J., *Rozwój energetyki wodnej w południowo-wschodniej Polsce w świetle obowiązujących planów w gospodarce wodnej*, „Polityka Energetyczna” 2012, t. 15, z. 2 s.103–114.
- http://posucha.imgw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=56.
- www.ptm.pl/praktyka/warsztat-wyceny/male-elektrownie-wodne-warto-cenic-wartosc.
- www.rpo.lodzkie.pl.
- www.rynekinfrastruktury.pl/wiadomosci/co-grozi-malym-elektrowniom-wodnym-51162.html.
- <http://tvnmeteo.tvn24.pl/informacje-pogoda/swiat,27/najwieksza-susza-od-40-lat-rozlozyla-przemysl-energetyczny,38450,1,0.html>.
- www.ure.pl.
- <http://wmeritum.pl/wenezuela-pozbawiona-pradu-od-tygodnia-powodem-susza-oraz-bledne-planowanie-sieci-energetycznej/138648>.

Streszczenie

W artykule zostały zaprezentowane kwestie związane z energetyką wodną, potencjałem hydrologicznym i sposobami jego szacowania. Wskazano, że woda ogólnie uważana jest za czyste, bezpieczne i przewidywalne źródło energii. Przeanalizowano wpływ suszy hydrologicznej i możliwości zapobiegania jej skutkom. Artykuł zawiera ocenę bezpieczeństwa energetycznego oraz efektywności ekonomicznej projektów w elektrowniach wodnych w czasie suszy.

Słowa kluczowe: potencjał hydroenergetyczny, energetyka wodna, bezpieczeństwo energetyczne, susza hydrologiczna, mała retencja