



Europejski  
Instytut Miedzi  
Copper Alliance



---

# **Energia odnawialna**

## **Wykorzystanie nisz w energetyce wodnej**

Aedan Kernan

Nr ref EIM: EIM05130

## Wstęp

Według obliczeń Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju Przemysłowego, Europa Zachodnia wykorzystuje 87% opłacalnej ekonomicznie mocy w sektorze małych elektrowni wodnych. W Europie Północnej odsetek ten wynosi 95%. Przedsiębiorstwa innowacyjne w segmentach niszowych poszukują jednak w energetyce wodnej możliwości działania, a także swojego dalszego rozwoju.

## Odwrócenie tradycyjnego podejścia

Turbozespół ultraniskospadowy (VLH)<sup>1</sup> wykorzystujący bardzo niskie spady (opatentowany w r. 2003 przez małego producenta turbin wodnych MJ2) zakłada podejście przeciwne do tradycyjnej ekonomiki energetyki wodnej. Większość projektantów turbin Kaplana ogranicza koszty produkcji przez minimalizowanie średnicy wirnika. Zapewnienie stabilnej i wydajnej pracy turbiny wymaga budowania dużych i kosztownych struktur wlotowych i odpływowych. Przy spadzie poniżej 3 m konieczne roboty w zakresie budownictwa lądowego i wodnego są tak kosztowne, że tradycyjny system Kaplana przestaje być opłacalny.

Koncepcja VLH dąży do minimalizacji kosztów inwestycyjnych przez zmniejszenie wymiarów infrastruktury wlotu i odpływu. Osiągnięto to przez maksymalizację średnicy wirnika, umieszczając go przy tym w prostej, samonośnej konstrukcji. Średnice wirnika pięciu produktów firmy MJ2 zawierają się w granicach od 3,15 m do 5 m.

Duża średnica wirnika i mały spad oznaczają, że szybkość obrotowa turbiny jest niska (mniej niż 41 obr/min) a przy tym jest zmienna. Turbina posiada 8 nastawialnych łopatek, których położenie można zmieniać w celu zmaksymalizowania sprawności w warunkach zmiennego przepływu rzeki, lub aby zamknąć przepływ przez kanał. System posiada mechanizm, który umożliwia podniesienie całego urządzenia z wody dla ułatwienia konserwacji.

Zapewnieniu jakości energii elektrycznej służy przemiennik częstotliwości, który umożliwia utrzymanie częstotliwości napięcia wyjściowego 50 Hz (lub 60 Hz) przy zmianach szybkości obrotowej wywołanych zmianami przepływu rzeki i współpracę turbozespołu z siecią. Moc zainstalowana tego rodzaju jednostki wynosi od 100 kW do 500 kW przy natężeniach przepływu już od 2 m<sup>3</sup>/s.

Niska szybkość obrotowa turbiny VLH stanowi dodatkową korzyść dla środowiska. Umożliwia bezpieczną migrację ryb poprzez turbinę. Ostatnio francuskie władze zweryfikowały turbiny VLH jako "przyjazne dla ryb". Jest to ważna aprobata w krajach wysoko rozwiniętych, w których przykładą się dużą wagę do równowagi środowiskowej rzek.

## Kuzynka turbiny wiatrowej

Turbina VLH jest kuzynką turbiny wiatrowej, mówi Leclerc. Koszty instalacji turbin wiatrowych i turbin VLH są zbliżone. Cena za kilowat mocy zmienia się w zależności od dostępnego spadku, konfiguracji VLH i wymaganej infrastruktury, ale zazwyczaj zawiera się w przedziale od 3000 EUR/kW do 6000 EUR/kW.

Turbiny VLH z ich prostym, odpornym mechanizmem mają niższe koszty operacyjne i są bardziej niezawodne niż turbiny wiatrowe. Przewyższają także turbiny wiatrowe pod względem współczynnika wykorzystania mocy zainstalowanej. Dla małej turbiny VLH współczynnik ten zwykle przekracza 50%. Z drugiej strony turbiny VLH są przywiązane do geografii rzeki. Korzyści skali, jakie można uzyskać przez przyłączenie do sieci dużej liczby turbin wiatrowych w jednej lokalizacji, nie są dostępne w przypadku turbin VLH.

"Turbina VLH nie ma bezpośredniej konkurencji", mówi Leclerc, "ale istnieją alternatywy". Gdy spadek jest relatywnie duży, konkurencyjną alternatywą są konwencjonalne turbiny Kaplana. Im mniejszy spadek, tym turbiny VLH są bardziej konkurencyjne w stosunku do tradycyjnych turbin Kaplana. Dla przepływów mniejszych niż 6 m<sup>3</sup>/s, śruba Archimedesowa staje się konkurencyjna wobec turbiny VLH, mówi Leclerc.

---

<sup>1</sup> Ang. Very Low Head

## Możliwości rynkowe

Pracująca jednostka wytwórcza VLH jest całkowicie zanurzona pod powierzchnią rzeki. Pozwala to na cichą pracę i zmniejsza wizualne oddziaływanie na otoczenie. Cechy te, w połączeniu ze zwartą infrastrukturą, otworzyły dla turbin VLH możliwości zastosowań w miejscach, gdzie niewielkie rozmiary, bezgłośna praca i widoczność, są istotnym aspektem, np. w centrum miasta. Tutaj turbina VLH przyciąga zainteresowanie inwestorów nawet, jeżeli spad przekracza 3,5 m i turbina Kaplana mogłaby być bardziej ekonomiczna.

W centrum Grenoble, w Alpach Francuskich, firma MJ2 zainstalowała ostatnio na rzece ze spadem 4,2 m zespół czterech turbin VLH o łącznej mocy 2 MW. Trudne warunki wynikające z charakteru lokalizacji wymagały wzmocnienia konstrukcji turbin VLH przeznaczonych dla Grenoble, w tym wału, łożysk i mechanizmu łopatek, co podniosło koszty.

Korzyści mogą być większe, jeżeli na użytek systemu VLH można wykorzystać istniejącą infrastrukturę. Firma MJ2 uruchamia obecnie turbinę VLH o mocy 300 kW w kanale wlotowym wielkoskalowej elektrowni wodnej we Francji. Takie możliwości istnieją także na wylotach dużych elektrowni wodnych. Powszechną praktyką jest zachowanie kilku metrów spad na wyjściu turbin Francisa, aby chronić urządzenia przed powodzią. W następnym roku ta sama firma zainstaluje na Tahiti turbinę VLH wykorzystującą zaledwie 2,5-metrowy spad na wyjściu turbiny Francisa. Duże jazy lub śluzy na rzekach lub kanałach stwarzają podobne możliwości instalowania turbin VLH bez większych inwestycji w infrastrukturę.

Oczywiście MJ2 nie jest jedyną firmą na rynku, która stara się wykorzystać tę niszę. Dział małych turbin firmy Voith Hydro zainwestował ostatnio w rozbudowę swojego ośrodka produkcyjnego w Austrii. Istnieją także możliwości instalowania systemów przepływowych w celu wykorzystania istniejącej infrastruktury wielkoskalowych elektrowni wodnych.

Jeszcze inną możliwością jest wykorzystanie na użytek turbin VLH istniejącej infrastruktury układów chłodzenia dużych elektrowni ciepłych. Elektrownie te zużywają miliony litrów wody, często morskiej, i mają spadek 2-3 m na odpływie. Wytwarzanie energii elektrycznej z ciepłej słonej wody stanowi wyzwanie dla MJ2, ale firma podjęła kilka wstępnych studiów wykonalności w celu rozważenia tego zagadnienia. Marc Leclerc określa to, jako "perspektywę" na przyszłość.

## Przyszłe rynki

Firma MJ2 i jej spółki siostrzane opracowały również interesujące zastosowanie dla przyszłości – mikrosieci pracujące wyspowo i zasilane z pojedynczej jednostki VLH. "Wydzielona sieć będzie funkcjonować wykorzystując przemiennik częstotliwości w bardzo szczególny sposób", mówi Leclerc.

Przemiennik częstotliwości będzie stosowany do natychmiastowej regulacji mocy wyjściowej systemu w odpowiedzi na zmiany poboru mocy z pasywnej niskonapięciowej sieci pracującej wyspowo. Otwiera to drogę do tworzenia w krajach rozwijających się mikrosieci opartych na generacji ze źródeł VLH, gdzie nie ma możliwości przyłączenia do większej sieci.

System ten, podobnie jak wiele innych rozwiązań inteligentnych sieci (smart grid) został zamodelowany. Obecnie firma MJ2 chciałaby sprawdzić go w warunkach eksploatacyjnych.

"Poszukujemy stanowiska demonstracyjnego w pobliżu naszej bazy we Francji, gdzie moglibyśmy zainstalować nasz pierwszy system. W Europie niełatwo znaleźć miejsce, gdzie wydzielona sieć ma sens. Nie mamy ochoty robić prób 10 000 kilometrów od domu".

Chociaż sieci pracujące wyspowo, zasilane z jednostki VLH mogą być atrakcyjnym rozwiązaniem technicznym dla społeczności pozbawionej dostępu do sieci elektrycznej w odległych częściach krajów rozwijających się, ekonomiczna opłacalność takiej inwestycji jest często wątpliwa.

Koncentrujemy się na poprawie mocy wyjściowej turbin VLH w celu obniżenia kosztu jednostkowego. Przez instalowanie większych generatorów możemy zwiększyć moc uzyskiwaną z mniejszych turbin. Turbina DN 3550 miała moc ograniczoną do 400 kW, teraz może osiągnąć 500 kW. Turbina DN 3150 miała moc ograniczoną do 340 kW, teraz można z niej uzyskać 400 kW. Koszty planowania, zarządzania i infrastruktury dla turbin o mocach 100 kW i 500 kW są zbliżone, mówi Leclerc.

To jest dojrzała technologia, dodaje. Czynnikiem, który mógłby faktycznie obniżyć koszty produkcji jest wolumen produkcji. Na tym skupia się większość prac rozwojowych w MJ2.

Od 2011 r. firma MJ2 inwestuje w zdolność do odlewania elementów i w pełniejszą standaryzację w całym zakresie swojej produkcji. Przedsiębiorstwo uprzemysłowiło produkcję własnych generatorów, opracowano prasy wykrojnikowe do wykrawania kształtek ze stali magnetycznej.

"Nasze maszyny zapewniają wypadkową sprawność 80% – "od wody do drutu". Poprawienie tej wartości wymagałoby szeroko zakrojonych prac badawczo-rozwojowych i prawdopodobnie znacznie zwiększyłoby wydatki", mówi Leclerc. "Naszym dążeniem jest, aby maszyny były tańsze i łatwiejsze w produkcji tak, abyśmy mogli rozszerzyć działalność na nowe rynki przez produkcję podzespołów i montaż urządzeń na miejscu".

Rozwój ten obejmuje również aspekty towarzyszące zastosowaniom jak np. zdolność systemu do uporania się z wysokim poziomem osadów lub żwiru, albo przystosowanie maszyn do pracy w ekstremalnych warunkach takich, jak Kanadyjska zima, kiedy temperatury spadają do  $-40^{\circ}\text{C}$ , a 40 cm warstwa lodu pokrywa zespół VLH.

## Dotychczasowe rynki

Większość źródeł energii, napędzających pierwszą rewolucję przemysłową jest dostępnych do dzisiaj, ale nie są one wykorzystywane. W 1927 r w Niemczech było ponad 35 000 młynów i turbin wodnych, które są nadal czynne. W Anglii zarejestrowano 25 000 i szacuje się, że około 100 000 jest nadal czynnych we Francji.

Przeprowadzony w roku 2002 przegląd energetyki wodnej w Unii Europejskiej stwierdził, że wielkość mocy elektrowni wodnych, która może być wykorzystana technicznie – jakkolwiek nie ekonomicznie – wynosi 100 GW, co odpowiada produkcji 450 TWh rocznie.

Poza Europą istnieje wielokrotnie więcej małych, niewykorzystywanych źródeł energii wodnej. W Pakistanie jest 63 000 km dużych kanałów irygacyjnych ze spadami od 0,3 m do 2,5 m na każde kilka kilometrów, które stanowią potencjał między 5 GW a 15 GW. Tysiące kilometrów podobnych kanałów irygacyjnych znajdują się także w Indiach, Australii, Stanach Zjednoczonych i w innych krajach. Przegląd dokonany w Stanach Zjednoczonych roku 2004 szacuje, że możliwe jest wykorzystanie – nie zawsze w sposób ekonomiczny – istniejących lokalizacji dla niskospadowych małych elektrowni wodnych o potencjale około 21 GW oraz około 26 GW dla małych elektrowni wysokospadowych.

Jest raczej wątpliwe czy wiele z tych, kiedyś odgrywających ważną rolę, źródeł energii zostanie przywróconych do eksploatacji. Chociaż elektrownie wodne z turbinami VLH otwierają pewne nisze, to jednak mają ograniczenia ekonomiczne.

"Nie możemy zapewnić ich większej elastyczności ani zdolności adaptacji do różnych warunków", mówi Marc Leclerc. "Nie możemy obniżyć kosztu i jednocześnie utrzymać tę samą konstrukcję. Opanowanie niskiego spadu oznacza ujarzmienie wielkich przepływów, a wielkie przepływy oznaczają duże maszyny. Mamy do czynienia z dziesiątkami metrów sześciennych na sekundę, więc nasze maszyny są duże i ciężkie. Nasza branża ma problem z ciężarem i ceną za kilogram. Jeżeli maszyna jest ciężka, to jest także droga. Nie ma sposobu, żeby tego uniknąć".