



**Anna Dubel\***

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

## INTERPRETACJA WARTOŚCI EKONOMICZNEJ WODY W KONTEKŚCIE TEORII OCZEKIWANEJ UŻYTECZNOŚCI

### Streszczenie

Woda jest podstawowym składnikiem organizmów żywych na ziemi, podstawą ich żywienia, ważnym siedliskiem i zasobem wykorzystywanym w procesach produkcji. Równocześnie woda, zmieniająca stany skupienia i krążąca w przyrodzie, może stawać się niebezpiecznym żywiołem powodującym zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi, ich mienia i stanu ekosystemów. Dynamika zmienności ilości zasobów wodnych i sama ich ilość na danym obszarze stanowią zagrożenie dla funkcjonowania ekosystemów i gospodarowania. To zagrożenie manifestuje się poprzez powodzie, susze czy niedobory wody. W artykule podjęto problematykę definiowania i szacowania wartości ekonomicznej zasobu, jakim jest woda, przez pryzmat teorii oczekiwanej użyteczności. Dokonano przeglądu literatury w zakresie określania wartości ekonomicznej wody. Przedstawiono podstawowe założenia teorii oczekiwanej użyteczności oraz jej implikacje dla określania wartości ekonomicznej wody. W tym celu zidentyfikowano rodzaje użytkowników wód, dla których zdefiniowano funkcje użyteczności zgodnie z założeniami teorii oczekiwanej użyteczności. Przeprowadzono dyskusję nad możliwościami wykorzystania tych funkcji użyteczności w procesach podejmowania decyzji dotyczących zasobów wodnych.

**Słowa kluczowe:** wartość ekonomiczna, zasoby wodne, teoria oczekiwanej użyteczności

---

\* Adres e-mail: [adubel@zarz.agh.edu.pl](mailto:adubel@zarz.agh.edu.pl).

## Wprowadzenie

Woda, będąc wszechobecnym składnikiem przyrody, jest równocześnie dobrem ekonomicznym (występującym w ograniczonych ilościach w odróżnieniu od dobra wolnego), konsumpcyjnym, w zależności od sytuacji i warunków może być dobrem rynkowym i nierynkowym, jest zasobem wspólnym (konkurencyjnym w konsumpcji, zasadniczo bez możliwości wyłączenia z niej kogokolwiek), a ze względu na swoje kluczowe znaczenie w pełnieniu funkcji środowiska (zapewniania trwałości procesów życiowych, dostarczania bezpośrednio konsumowanych dóbr i usług, czy pełnienia roli odbiornika zanieczyszczeń), jest traktowana w wielu gospodarkach jako dobro publiczne.

Zasoby wodne można sklasyfikować na wiele różnych sposobów, na przykład jako zasoby wód podziemnych i powierzchniowych. Ponadto, woda zgromadzona w roślinach (*green water* w odróżnieniu od *blue water*) również stanowi istotny element całości istniejących zasobów wodnych. Dla różnych grup interesariuszy można określić użyteczność tego zasobu, a następnie na tej podstawie próbować go wycenić.

W jaki sposób można określić wartość wody? Zasadniczo wartość ekonomiczna określana jest podczas wymiany dóbr ekonomicznych, użytecznych dla konsumentów. Wyrazem wartości ekonomicznej jest cena ustalana na rynku w procesie równoważenia podaży i popytu. W przypadku dóbr nierynkowych (niebędących przedmiotem wymiany rynkowej) ustalenie ich wartości jest utrudnione i opiera się na konstrukcji rynków zastępczych lub hipotetycznych. Określenie wartości ekonomicznej bazuje na wycenie pieniężnej zmierzającej do ustalenia wartości ekonomicznej wycenianych zasobów środowiska, w tym ekosystemów, i polega ono na inwentaryzacji zasobów, a następnie określeniu ich znaczenia w kontekście użyteczności oraz przypisania tym nierynkowym dobrom wartości pieniężnej. Dyskusja na temat możliwości i sposobów wyceny zasobów środowiska naturalnego toczy się w literaturze naukowej od wielu lat (Brouwer i in., 2013; McCauley, 2006; Costanza i in., 2014; Kronenberg, 2012; Kumar, 2010). Woda jest specyficznym dobrem, które może być przedmiotem bezpośredniej wymiany rynkowej (woda pitna). Jednak, nie będąc zasadniczo przedmiotem wymiany rynkowej, nie posiada ceny. Równocześnie usługa dostarczania tego zasobu do konsumentów ma swoją cenę, związaną z kosztami ich dostarczania, bez uwzględniania kosztów zasobowych.

Ceny dostarczania usług wodnych są zazwyczaj regulowane lub nadzorowane przez państwo.

Wykorzystanie ekonomiczne wody w gospodarce jest kluczowe praktycznie we wszystkich sektorach. Największe pobory wody na potrzeby gospodarki narodowej i ludności w latach 1974–2014 w Polsce były przeznaczane na cele przemysłowe ok. 8 km<sup>3</sup> rocznie, następnie na cele eksploatacji sieci wodociągowej ok. 2 km<sup>3</sup> rocznie oraz do nawodnień w rolnictwie, leśnictwie i na potrzeby stawów rybnych ok. 1 km<sup>3</sup> rocznie (GUS, 2015).

Polska posiada jedno z najmniejszych zasobów wodnych w Europie – kształtują się one na niskim poziomie 1–1,7 tys. m<sup>3</sup> *per capita* na rok (Rekacewicz, 2008), co czyni z nich społecznie istotny zasób ograniczony.

Teoria oczekiwanej użyteczności próbuje wyjaśniać podejmowanie decyzji w warunkach ryzyka. Ryzyko w zakresie zasobów wodnych dotyczy ich ilości i jakości. Niska jakość zasobów wodnych wpływa negatywnie na ekosystemy wodne i zależne od wód oraz na ich dostępną i wykorzystywaną ekonomicznie ilość. Ilość zasobów wodnych w czasie na danym obszarze może być ekstremalnie wysoka (wezbranie, powódź) lub niska (susza meteorologiczna, glebowa czy hydrologiczna) oraz może prowadzić do przejściowych lub permanentnych niedoborów wody.

Celem artykułu jest zdefiniowanie teoretycznych funkcji oczekiwanej użyteczności dla określonych interesariuszy korzystających z zasobów wodnych, które mogą być przydatne w procesach podejmowania decyzji.

## 1. Przegląd literatury w zakresie określania wartości ekonomicznej wody

Ramowa Dyrektywa Wodna WE/60/2000 (RDW) wskazuje na istotność określania wartości ekonomicznej wody i przeprowadzanie analizy kosztów i korzyści w odniesieniu do użytkowania zasobów wodnych (art. 5 i 9 RDW, Aneks III RDW i dokumenty WATERCO). Ponadto, dokumenty strategiczne w zakresie implementacji RDW promują całkowitą wartość ekonomiczną usług ekosystemów (*Total Economic Value of Ecosystem Services*) jako istotną kategorię ekonomiczną, która powinna być brana pod uwagę w ocenie planowanych działań w zakresie gospodarki wodnej. Równocześnie od wielu lat prowadzone są badania nad właściwym podejściem do ujęcia aspektów środowiskowych w tego typu analizach (Fromm, 2000). Uważa się, iż analiza ekonomiczna powinna wspierać oceny alternatyw, wskazując

ewentualne dysproporcje pomiędzy działaniami i efektami oraz powinna być stosowana zasada zanieczyszczający płaci (Miłaszewski, Walczykiewicz, 2004).

Zasady zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi przyjęte w Dublinie w 2001 wskazują, iż woda ma wartość ekonomiczną we wszystkich konkurencyjnych wobec siebie rodzajach użytkowania i powinna być traktowana jako dobro ekonomiczne (Rhine, 2020, 2001), stąd można szacować jej wartość w kontekście użyteczności.

## 2. Podstawowe założenia teorii oczekiwanej użyteczności

Użyteczność, czyli zdolność danego dobra do zaspakajania potrzeb, określaną również jako zadowolenie, satysfakcję lub korzyść konsumenta z użytkowania danego dobra, można określić za pomocą funkcji użyteczności ( $U(x)$ ). Zgodnie z założeniami teorii wyboru konsumenta, konsumenci maksymalizują swoją funkcję użyteczności całkowitej, czyli zadowolenie z dotychczasowej konsumpcji danego dobra, które wzrasta wraz ze wzrostem ilości konsumowanego dobra. Jednak zgodnie z prawem malejącej użyteczności krańcowej, przyrosty tej satysfakcji są coraz mniejsze.

Podczas gdy teoria użyteczności dotyczy wyboru konsumenta spośród nielosowych alternatyw, teoria oczekiwanej użyteczności dotyczy opisywania i modelowania wyboru konsumenta, gdy wybiera on pomiędzy alternatywami niepewnymi. Teoria oczekiwanej użyteczności (*expected utility hypothesis*) uwzględnia ryzyko dotyczące realizacji zdefiniowanych alternatyw w przyszłości. Stanowi ona hipotezę w teorii ekonomii dotyczącą postępowania osób w warunkach ryzyka. Według tej teorii (von Neumann, Morgenstern, 1944; Samuelson, 1950) indywidualne osoby dokonują wyboru maksymalizując wartość oczekiwaną (spodziewany wynik) funkcji użyteczności zdefiniowanej na zbiorze alternatyw, które zrealizują się z pewnym znanym prawdopodobieństwem. Funkcja oczekiwanej użyteczności, w ujęciu dyskretnym, przyjmuje postać:

$$E(U) = \sum_{i=1}^n p_i U_i,$$

gdzie:

- $p_i$  – prawdopodobieństwo wystąpienia  $i$ -tego zdarzenia losowego,
- $U_i$  – użyteczność wystąpienia  $i$ -tego zdarzenia losowego.

Kiedy jednostki przywiązują większą wagę do ewentualności utraty danego dobra niż do możliwości uzyskania tego dobra przy prawdopodobieństwie wystąpienia każdego z tych zdarzeń wynoszącym 50%, mówimy o niechęci (awersji) do ryzyka (Ministerstwo Środowiska, 2015) W odwrotnej sytuacji mamy do czynienia ze skłonnością do ryzyka (postawa podejmowania, szukania ryzyka).

Główne krytyki teorii oczekiwanej użyteczności sformułowane na podstawie przeprowadzonych eksperymentów (Allais, 1953; Ellsberg, 1961; Khanemann, Tversky, 1979) wskazują, iż ludzie nie dążą do maksymalizacji wartości oczekiwanej funkcji użyteczności dla niepewnych alternatyw, lecz wolą pewne, chociaż niższe zyski, od wyższych obarczonych niepewnością (efekt pewności). Równocześnie jednak w sytuacji jedynie negatywnych prognoz nie unikają oni ryzyka (efekt odbicia) oraz upraszczają skomplikowane problemy skupiając się zwykle na tym, co różni dane alternatywy, a nie na tym, co je łączy (efekt izolacji). Ponadto, ludzie starają się unikać formułowania oceny na temat wartości prawdopodobieństw. Poczynione obserwacje doprowadziły do prób wyjaśnienia preferencji konsumentów w warunkach ryzyka, takich jak: teoria perspektywy (Khanemann, Tversky, 1979), zakładająca m.in. różne funkcje oceny dla pozytywnych i negatywnych alternatyw, czy koncepcja oczekiwanego żalu (*expected regret concept*), zakładająca minimalizację kosztów utraconych możliwości zamiast maksymalizacji zysków (korzyści, oczekiwanej użyteczności).

### **3. Implikacje teorii oczekiwanej użyteczności dla określania wartości ekonomicznej wody**

Jak wskazano w poprzednim rozdziale, teoria oczekiwanej użyteczności odnosi się do zachowań osób czy podmiotów podejmujących decyzje w warunkach ryzyka i zakłada, iż racjonalnie będą oni dążyli do maksymalizacji wartości oczekiwanej. Jakie znaczenie dla określania wartości ekonomicznej wody może mieć teoria oczekiwanej użyteczności? Dla korzystających z zasobów wodnych ich dostępność w przyszłości w niektórych warunkach może być obciążona niepewnością. Na przykład problemem decyzyjnym w produkcyjnym gospodarstwie rolnym może być to, czy inwestować w systemy nawadniania czy też polegać na opadach naturalnych. Produkcja energii w elektrowni wodnej zależna jest od zarządzania wodą na zbiorniku, ale i od zdarzeń losowych, jak nadmiar lub niedobór opadów w czasie.

Aby dokonać interpretacji wartości ekonomicznej wody w kontekście teorii oczekiwanej użyteczności należy:

- zdefiniować problemy decyzyjne dla każdego z interesariuszy,
- określić rodzaje niepewności dotyczące zasobów wodnych, z jakimi mają do czynienia ich użytkownicy,
- określić, jakie inne zdarzenia (ryzyka), niezwiązane z zasobami wodnymi, mogą wpływać na wartość ekonomiczną zasobów wodnych,
- zdefiniować cele dla interesariuszy i wartości oczekiwane,
- zidentyfikować użyteczności (w wymiarze pozytywnym – przyrost korzyści i negatywnym – straty) dla zdarzeń losowych, jeśli ich dotyczą,
- określić prawdopodobieństwa realizacji danych użyteczności.

Powyższe działania prowadzą do konceptualizacji funkcji oczekiwanej użyteczności.

#### **4. Próba ujęcia wartości ekonomicznej wody w ramach teorii oczekiwanej użyteczności**

W tej części pracy podjęto próbę zdefiniowania i określenia elementów funkcji oczekiwanej użyteczności (takich jak prawdopodobieństwo danego zdarzenia losowego i użyteczność) dla wybranych typów interesariuszy korzystających z tych zasobów. W tabeli 1 ujęto wybrane zmienne tej funkcji dla wybranych interesariuszy. Wskazano również, czy i w jaki sposób (pozytywny lub negatywny) dane zdarzenie losowe jest bezpośrednio użyteczne dla interesariusza w kontekście zidentyfikowanych celów, jak zaspokajanie potrzeb, maksymalizacja zysku czy ochrona ekosystemów. Nie określano (nie szacowano) wartości użyteczności ani wysokość prawdopodobieństw.

W tabeli 1 poszczególne wpływy określono dla ogólnych sytuacji, jednak w pewnych szczególnych przypadkach użyteczność danego rodzaju zdarzenia losowego może być inna. Przykładowo założono, iż wystąpienie powodzi nie będzie miało wpływu na korzystanie z wody przez gospodarstwa domowe i przedsiębiorstwa produkcyjne. Założenie to będzie prawdziwe w sytuacji korzystania przez nich z sieci wodno-kanalizacyjnej, która nie zostanie uszkodzona w wyniku zdarzenia i w dalszym ciągu będzie możliwa do eksploatacji. W przypadku zniszczenia ujęcia wody istnieje jednak znaczny negatywny wpływ powodzi na użyteczność.

Tabela 1. Użyteczność zdarzeń losowych dla interesariuszy korzystających z zasobów wodnych

Interesariusze	Cele	Zidentyfikowane zdarzenia losowe						nieobory wody (większe pobory od dostępnych zasobów)
		regularne opady deszczu	powódź	susza meteorologiczna	susza rolnicza	susza hydrologiczna	spadek poziomu wody w ciekach poniżej przepływow niestabilnych	
Gospodarstwa domowe	maksymalizacja użyteczności	BW	BW	BW	BW	N	N	N
Przedsiębiorstwa produkcyjne	maksymalizacja zysku	BW	BW	BW	BW	N	N	N
Przedsiębiorstwa energetyczne	maksymalizacja zysku	BW	N	N	BW	N	N	N
Rolnicza działalność produkcyjna	maksymalizacja zysku	P	N	N	N	N	N	N
Zasoby przyrodnicze	ochrona, poprawa/utrzymanie dobrego stanu	P	N	N	N	N	N	N

BW – brak bezpośredniego wpływu lub pomijalnym wpływ, P – pozytywny wpływ, N – negatywny wpływ.

Źródło: opracowanie własne.

Poniżej opisano wybrane (ze wskazanych w tab. 1) koncepcje funkcji oczekiwanej użyteczności. Funkcja oczekiwanej użyteczności z zasobów wodnych dla gospodarstwa domowego uwzględnia prawdopodobieństwa i ujemną użyteczność suszy hydrologicznej, spadku poziomu wody w ciekach poniżej przepływów nienaruszalnych, czy niedoboru wody. Dla przedsiębiorstw energetycznych zwiększona ilość wody powoduje, w określonych warunkach, większą dostępność zasobu, z którego czerpane są zyski. Jednak wystąpienie ekstremalnego zjawiska powodzi prowadzi do wstrzymania pracy elektrowni. Ponadto, w tym przypadku, negatywnie na użyteczność wpływa susza meteorologiczna, hydrologiczna, spadek poziomu wody w ciekach poniżej przepływów nienaruszalnych oraz niedobory wody.

## 5. Dyskusja nad znaczeniem zdefiniowanych funkcji użyteczności

Podjęta próba teoretycznego ujęcia wartości ekonomicznej wody w ramach zdefiniowanych funkcji użyteczności umożliwiła skonceptualizowanie wybranych, uproszczonych problemów decyzyjnych dla zestawu wybranych ryzyk. W praktyce sytuacje decyzje są bardziej skomplikowane, co można odwzorować poprzez opracowanie funkcji z większą liczbą zmiennych.

Funkcja oczekiwanej użyteczności bierze pod uwagę prawdopodobieństwo wystąpienia danej korzyści oraz jej użyteczność, inne istotne kwestie i ograniczenia w procesach podejmowania decyzji odnośnie do korzystania z zasobów wodnych, jak koszty inwestycyjne czy użytkowania nie są bezpośrednio uwzględniane.

Określone w artykule funkcje użyteczności mogą być przydatne w procesach podejmowania decyzji charakteryzujących się, w szczególności, następującymi cechami:

- podejmowanych w oparciu o obiektywne kryteria,
- uwzględniających ryzyko w podejmowaniu decyzji,
- uwzględniających warunkowe i alternatywne decyzje interesariuszy kształtujące się pod wpływem określonych warunków,
- uwzględniających podstawowe aksjomaty teorii oczekiwanej użyteczności (zupełności, przechodniości, ciągłości, niezależności) w odniesieniu do relacji preferencji decydenta w stosunku do zmiennych losowych.

Przydatność funkcji oczekiwanej użyteczności zdefiniowanych dla określonych interesariuszy korzystających z zasobów wodnych w procesach podejmowania



decyzji, można zweryfikować na bazie oczekiwań i potrzeb decydentów w takich procesach. W zależności od rodzaju procesu podejmowania decyzji (centralny, partycypacyjny, ekspercki), stosowanych metod (np. analiza wielokryterialna, analiza kosztów i korzyści, analiza efektywności kosztowej etc.), determinowanych między innymi przez kontekst kulturowy, różne są potrzeby w zakresie informacji potrzebnych do podejmowania decyzji.

## Podsumowanie

Przeprowadzone rozważania wskazały na potencjał stosowania teorii oczekiwanej użyteczności do analizy problemów decyzyjnych dotyczących zasobów wodnych dokonywanej przez interesariuszy. Opracowanie indywidualnych funkcji oczekiwanej użyteczności może stanowić wartość edukacyjną dla interesariuszy i być pomocne w konceptualizacji celów, barier w ich osiągnięciu oraz znaczenia tych barier dla planowanych efektów.

## Literatura

- Allais, M. (1953). Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école Américaine. *Econometrica*, 21, 503–546.
- Brouwer, R., Brander, L., Kuik, O., Papyrakis, E., Bateman, I. (2013). *A Synthesis of Approaches to Assess and Value Ecosystem Services in the EU in the Context of TEEB. TEEB follow-up study for Europe*. VU Institute for Environmental Studies.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S., Turner, R.K. (2014). Changes in the Global Value of Ecosystem Services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158.
- Ellsberg, D. (1961). Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms. *Quarterly Journal of Economics*, 75, 643–669.
- Folmer, H., Gabel, L., Opschoor, H. (1996). *Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych*. Warszawa: Wydawnictwo Krupski i S-ka.
- Fromm, O. (2000). Ecological Structure and Functions of Biodiversity as Element of Its Total Economic Value. *Environ. Resour. Econ.*, 16, 303–328.
- GUS (2015). *Ochrona Środowiska*. Rocznik GUS. Warszawa.
- Kronenberg, J. (2012). Usługi ekosystemów w miastach. *Zrównoważony Rozwój – Zastosowania*, 3.

- Kumar, P. (red.) (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. London–Washington: Earthscan.
- McCauley, D.J. (2006). Selling out on Nature. *Nature*, 443, 27–28.
- Miłaszewski, R., Walczykiewicz, T. (2004). *Wytyczne do przeprowadzenia analiz ekonomicznych w regionach wodnych dla potrzeb planów gospodarowania wodami*. Warszawa: Ministerstwo Środowiska, maszynopis.
- Ministerstwo Środowiska (2015). *Poradnik przygotowania inwestycji z uwzględnieniem zmian klimatu, ich łagodzenia i przystosowania do tych zmian oraz odporności na klęski żywiołowe*. Warszawa: Ministerstwo Środowiska, Departament Zrównoważonego Rozwoju.
- Rekacewicz, P. (2008). FAO, Water Resources Institute. Pobrano z: <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/jpg/0221-waterstress-EN.jpg> (10.04.2017).
- Rhine 2020 (2001). Program of the Sustainable Development of the Rhine. Pobrane z: [https://www.iksr.org/fileadmin/user\\_upload/Dokumente\\_en/rhein2020\\_e.pdf](https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/Dokumente_en/rhein2020_e.pdf).
- Samuelson, P. (1950). Probability and the Attempts to Measure Utility. *Economic Review*, 1, 167–173.
- von Neumann, J., Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press.

## **INTERPRETATION OF ECONOMIC VALUE OF WATER IN THE CONTEXT OF EXPECTED UTILITY THEORY**

### **Abstract**

Water is the basic ingredient of living organisms on Earth. It constitutes the basis of their feeding, an important habitat and the resource used in the production processes. At the same time, water, changing states and circulating in nature, can become a dangerous element that threatens the lives and health of people, destroys their property and deteriorates the state of ecosystems. The dynamics of the variation in the amount of water and the amount of water resources in a given area are threats to the functioning of ecosystems and the economy. This threat manifests itself through floods, droughts, or water shortages. The paper deals with the issue of defining and estimating the economic value of water as a resource, from the point of view of the hypothesis of expected utility. Literature has been reviewed with regard to the economic value of water. The basic assumptions of the hypothesis of

expected utility and its implications for determining the economic value of water are presented. To this aim, types of water users are identified and for them the utility functions have been defined according to the assumptions of expected utility hypothesis. A discussion of the possibilities of using these utility functions in decision-making processes related to water resources is discussed.

**Keywords:** economic value, water resources, expected utility theory

**JEL codes:** Q01, Q20, Q25