

Andrzej Erd, Damian Jankowski

Wykorzystanie zmian zużycia energii elektrycznej do oceny stanu stacji uzdatniania wody

JEL: Q01 DOI: 10.24136/atest.2018.421

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule omówiono wykorzystanie utworzonego dobowego wskaźnika energochłonności do oceny efektywności pracy agregatów głębinowych oraz stanu technicznego stacji uzdatniania wody.

Słowa kluczowe: energochłonność, efektywność, stacja uzdatniania wody, transport wody.

Wstęp

Jedną z najważniejszych substancji w życiu każdego człowieka jest woda. Swobodny dostęp do niej przez każdego obywatela jest jedną z miar jakości życia społeczeństw. Pozyskiwanie wody odbywa się albo ze źródeł powierzchniowych, lub też studni o różnej głębokości. Miarą jakości wody jest przede wszystkim jej skład mineralny oraz zanieczyszczenia biologiczne. W państwach rozwiniętych dostarczanie dobrej jakości wody jest usługą oczywistą i realizowaną przez państwowe, komunalne lub prywatne przedsiębiorstwa. Proces przygotowywania wody i jej transportu rurociągowego wymaga wykorzystania energii elektrycznej. Ze względu na cenę energii elektrycznej istotne jest by pozyskiwanie wody odbywało się w sposób jak najbardziej ekonomiczny i by ewentualne uszkodzenia były wykrywane jak najszybciej. W pracy zostanie pokazany sposób wykorzystania pomiarów dobowych energii elektrycznej skojarzonych z pomiarami rozbioru wody w celu analizy opłacalności modernizacji, a także jako wskaźnika sygnalizującego zmiany stanu technicznego obiektu. Są to parametry dostępne i nie wymagające dodatkowych inwestycji w sprzęt pomiarowy i jego instalację.



Rys 1. Zdławiony rurociąg

Utrzymanie SUW w stanie zdadności wiąże się nie tylko z nakładami na zakup i energię ale również wymagana jest diagnosty-

ka stanu. Wielkością charakteryzującą zmiany stanu może być również omawiany wskaźnik.

Na rysunkach 1, 2, przedstawiono przykłady uszkodzeń o różnym charakterze.



Rys 2. Pęknięcie obudowy agregatu głębinowego

1 Opis obiektów i źródło danych

Najważniejszymi elementami w konstrukcji stacji Uzdatniania wody (SUW) są studnia, filtry, zestaw pompowy jeden lub więcej oraz rurociągi z przyłączami. Często dla wyrównania poboru wody ze złoża budowane są dodatkowo zbiorniki retencyjne do których pompowana jest woda ze studni. Dostarczanie wody do rurociągu zapewnia pompownia 2-go stopnia. Przedmiotem obserwacji były trzy stacje uzdatniania wody w miejscowościach Dzierżgówek, Sarnowo, Pajewo (oznaczane dalej w tekście jako SUW1, SUW2, SUW3), zarządzane przez Zakład Usług Wodnych dla Potrzeb Rolnictwa w Mławie, którego pracownikiem jest jeden z autorów. Każda z analizowanych stacji, posiada po dwie studnie ponieważ studnie mają podobną charakterystykę i różnice pomiędzy wartościami wprowadzonego wskaźnika charakteryzującego zestaw pompowy są odzwierciedleniem jakości tego zestawu, a studnia ma na tę wartość w obu przypadkach wpływ podobny. Tabela 1 przedstawia skrócone charakterystyki studni oraz związanych z nimi agregatów głębinowych.

Źródłem danych do powstania niniejszej publikacji były dobowe odczyty stanu liczników elektrycznych oraz wodomierzy zainstalowanych na SUW.

Ze względu na to że licznik energii elektrycznej dla SUW jest jeden niezależnie od działającego zestawu pompowego, konieczne było dla celów publikacji skorzystanie z zapisów z dziennika

stacji w celu rozdzielania danych w zależności od aktualnie wykorzystywanego zestawu pompowego.

Tab 1. Charakterystyka studni

Studnie głębinowe	Wydajność	Głębokość opuszczenia pompy	Typy Pomp	Wydajność Pompy (MAX)	Moc silnika	Moc pompy
	m ³ /h	m		m ³ /h	kW	kW
SUW1 1	80	7	GC 2.05	35	11	10,2
SUW1 2	80	10	GBA 2.12	21	7,5	6
SUW2 1	40	8	GC 3.03	50	7,5	6,6
SUW2 2	62	8	GC 5.02	75	7,5	6,7
SUW3 1	30	21	GBA 2.10	21	5,5	5
SUW3 2	63	18	GCA 2.05	38	11	10,4

2 Analiza

Prowadzenie analizy pracy stacji tylko w oparciu o sumaryczny odczyt zużycia energii w stałych odcinkach czasu np. związanych z okresami rozliczeniowymi i bez rozbicia na poszczególne agregaty jest równoważne z rezygnacją z istotnej informacji dotyczącej efektywności działania obiektu. Obserwacja dobowych różnic zużycia energii wskazuje na istotne zmiany w zależności od pory dnia jak i między poszczególnymi dniami. Podobnie obserwacja wielkości poboru wody przez odbiorców charakteryzuje się wysoką zmiennością. Z tego powodu zarówno jedna jak i druga wielkość do oceny efektywności się nie nadaje. Jednak wyliczenie wskaźnika energochłonności q w oparciu o dzienny pobór energii E oraz dzienny rozbiór wody Q daje możliwość wyciągania wniosków o charakterze eksploatacyjnym.

$$q = \frac{E[kWh]}{Q[m^3]} \quad 1$$

2.1 Porównywanie agregatów

Dla celów porównania agregatów w stacji pobrano dane z SUW1 w okresie 3 miesięcy i na ich podstawie wyliczono wskaźnik q dla każdego dnia.

Ponieważ w pracy SUW następuje przemienne załączanie agregatów celowe jest by wskaźnik był związany z agregatem i

dlatego też w analizie warto rozdzielić stany pracy pierwszego i drugiego agregatu. Pokazano to na rys. 3. W funkcji czasu są zaznaczone okresy pracy zarówno pierwszego jak drugiego agregatu i nawet bez szczególnej analizy widać, że typ agregatu ma znaczący wpływ na wymieniony współczynnik, natomiast w okresie pracy jednego agregatu ma on niewielką zmienność z pominięciem ostatniego dnia cyklu gdy wzrasta w sposób znaczący.

Jak wspomniano wcześniej ma to związek z plukaniem filtrów i stratą pompowanej wody. Po wyliczeniu dla każdego agregatu z osobna średniej arytmetycznej z pomiarów oraz odchylenia standardowego otrzymuje się :

Tab. 1. Wartości średnie i odchylenia standardowe agregatu 1 i 2

\bar{q}_1	0,41	δ_{q1}	0,03
\bar{q}_2	0,36	δ_{q2}	0,02

Co wskazuje na statystycznie istotną różnicę pomiędzy obu agregatami i niższą energochłonność agregatu 2.

2.2 Ocena efektywności modernizacji

Rysunek 4 zawiera wyliczone wg wzoru (1) wartości wskaźnika q które obejmują okresy jednego miesiąca przed i po modernizacji pompowni 2- go stopnia w SUW2. Modernizacja polegała na całkowitej wymianie pomp typu PJM wraz z hydroforem na zestawy hydroforowo -pompowe firmy InstalCompact.

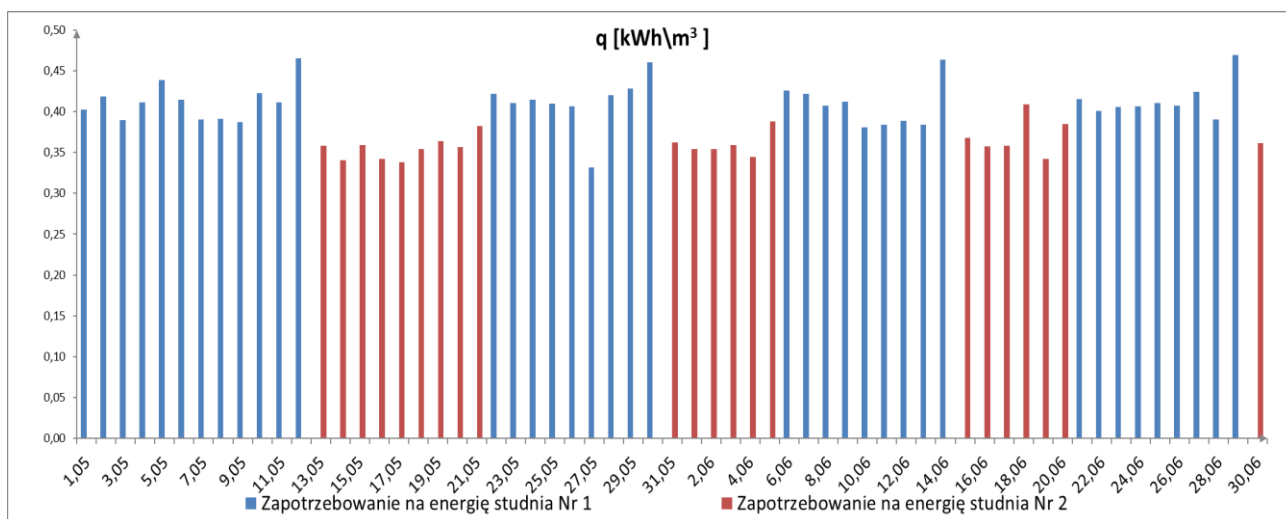
Podobnie jak w przypadku poprzednim wyliczono wartości średnie q dla obu zestawów oraz odchylenia standardowe.

Tab. 2. Wartości średnie i odchylenia standardowe zestawu pompowego 1 i 2.

	Przed modernizacją			Po modernizacji			
\bar{q}_1	0,749	δ_{q1}	0,03	\bar{q}_{1m}	0,617	δ_{q1m}	0,03
\bar{q}_2	0,745	δ_{q2}	0,04	\bar{q}_{2m}	0,564	δ_{q2m}	0,02

Ponieważ praca zestawów w SUW2 odbywa się w cyklach półmiesięcznych przyjęto, że w ciągu roku każdy zestaw przepompował Q_{zi} [m³] wody, która to ilość stanowiła 1/2 produkcji rocznej $Q_r=110500$ m³.

Wykorzystując posiadany wskaźnik energochłonności oblicza się roczne zużycie energii dla każdego z zestawów jako iloczyn wskaźnika przez ilość pompowanej wody Q_{zi} .



Rys. 3. Wartości współczynnika energochłonności w kolejnych dniach

Wyniki zawarto w tabeli 3 wiersze 2 i 3, dla stanów przed i po modernizacji. Kolumna 4 podaje wielkość oszczędności rocznej energii dla obu studni.

Tab. 3. Roczne zużycie energii

	Przed modernizacją [MWh]	Po modernizacji [MWh]	Zmniejszenie zużycia E _i [MWh]
1	2	3	4
Studnia 1	41,38	34,08	7,31
Studnia 2	41,58	31,18	9,98

Sumując wielkość zmniejszenia zużycia energii dla obu zestawów i mnożąc przez cenę jednej megawatogodziny (C=570zł) otrzymuje się roczny zysk ekonomiczny z modernizacji co można zapisać wzorem (2)

$$Z = [(\bar{q}_{1m} * Q_{z1} - \bar{q}_1 * Q_{z1}) + (\bar{q}_{2m} * Q_{z2} - \bar{q}_2 * Q_{z2})] * C \quad (2)$$

Po podstawieniu danych otrzymuje się Z = 9850 zł.

Korzystając z wartości Z możliwe jest wyliczenie okresu spłaty inwestycji, a następnie oceny jej rzeczywistej rentowności.

2.3 Wykorzystanie wskaźnika efektywności energetycznej q do diagnostyki SUW.

Poza dość oczywistymi zaletami wskaźnika q do oceny efektywności można zauważyć jego przydatność do wczesnej oceny stanu technicznego SUW, a w szczególności jednego z jej zasadniczych elementów jakim jest studnia.

Awarie studni mogą dotyczyć, rurociągu tłoczego bądź agregatu głębinowego. Przykłady pokazano na rys. 1 i 2.

Powolne pogarszanie się stanu technicznego studni może być powodowane np. zarastaniem rurociągu, zmiany gwałtowne dotyczą zwykle pęknięć w tym korozyjnych.

Studium przypadku

Trzecia z analizowanych SUW posiada również dwie studnie z tym, że ich wydajność jest różna i dla pierwszej zasoby eksploatacyjne wynoszą ok 30 m³/h przy depresji 12m i druga 63 m³/h przy depresji 10m. Do zilustrowania zmian awaryjnych wybrano okres od 3.08.2016 do 1.09.2016, który może być traktowany wstępnie do uzyskania danych stanowiących punkt odniesienia. Eksploatowano wówczas studnię nr 1. Wobec widocznego zwiększania się współczynnika energochłonności zatrzymano jej eks-

ploatację i podjęto eksploatację otworu nr 2. W dniach 6-8.09 włączono kontrolnie studnię 1 i stwierdzono dalszy wzrost q. Wobec tego studnię 1 ponownie odstawiono. Jednak w dniu 5.10.2016 studnia 2 musiała zostać wyłączona ze względu na uszkodzenie aparatury sterującej. Wobec tego mimo braku przeprowadzonej naprawy ponownie załączono studnię 1 i w takim stanie prowadzono eksploatację do dnia 12.10. Unormowanie sytuacji nastąpiło od połowy listopada i stan wskaźnika q dla okresu poremontowego jest również pokazany na wykresie. Przyczyną zdarzeń było wystąpienie korozyjnej perforacji rurociągu jak na rys 5.

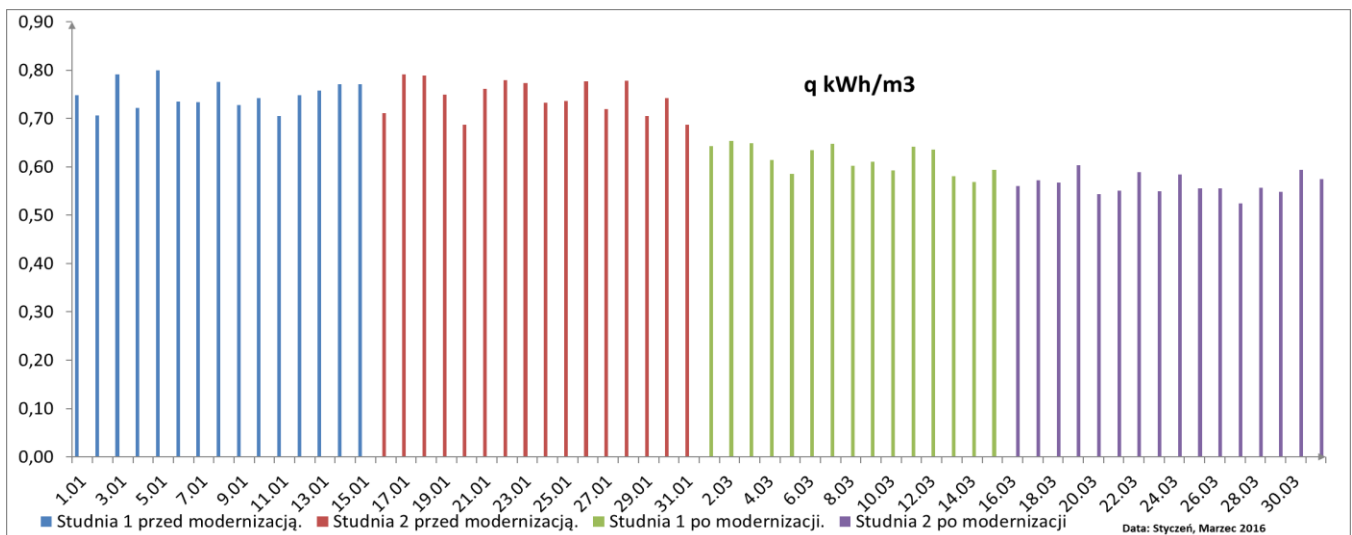


Rys. 5. Uszkodzenie króćca ssawnego

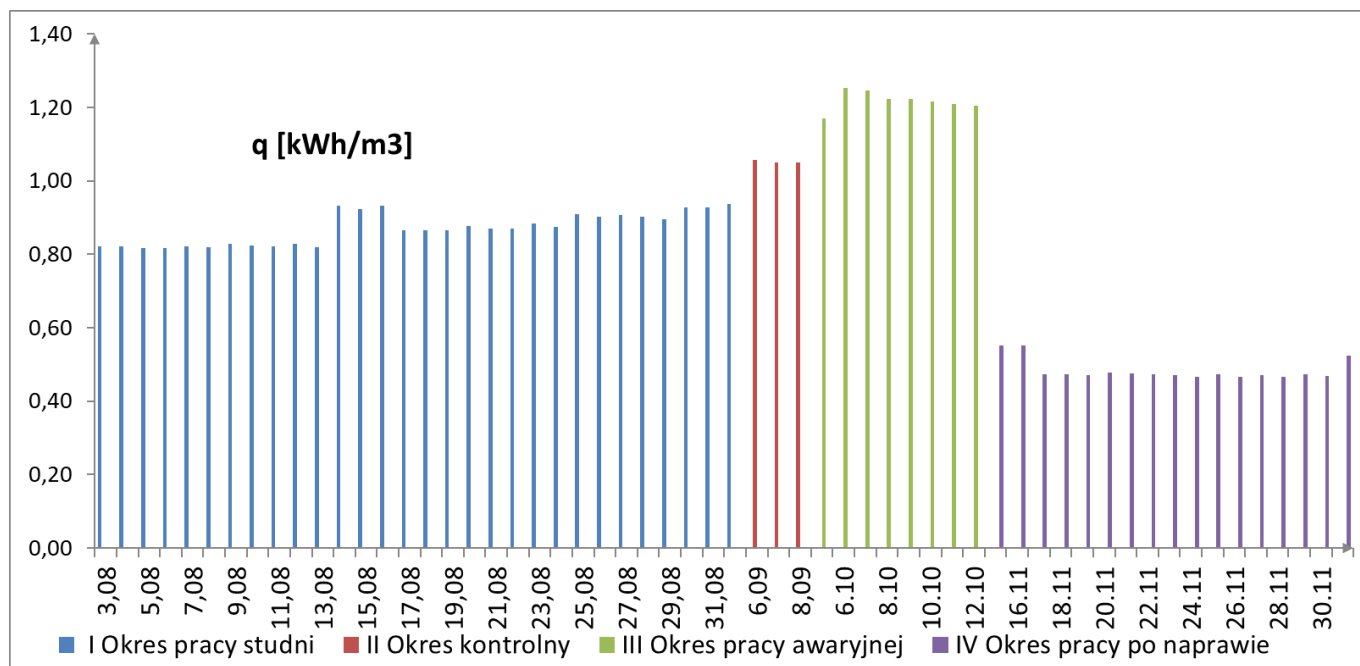
Zmiany wartości współczynnika q towarzyszące wyżej omówionym zdarzeniom przedstawiono na rys 6.

Z przypadku tego można wyciągnąć następujące wnioski

1. Pogorszeniu się stanu rurociągu towarzyszy wzrost współczynnika energochłonności.
2. Wskazaniem wystąpienia uszkodzenia jest tempo wzrostu.
3. W analizowanym przypadku w ciągu jednego miesiąca sierp-



Rys. 4. Wskaźnik energochłonności q dla SUW przed i po modernizacji dla obu zestawu pompowego 1 i 2



Rys.6 . Zmiany wartości współczynnika efektywności energetycznej towarzyszące pogarszaniu się stanu technicznego rurociągu.

nia, narost wartości q wynosił $\Delta q = 0,93 - 0,82 = 0,11$. Kolejny wzrost na początku września o wartości $\Delta q = 1,05 - 0,93 = 0,12$ i kolejny w październiku do wartości $q = 1,25$ czyli przyrost o $\Delta q = 1,25 - 1,05 = 0,2$. W analizowanym okresie wartość q zmieniła się łącznie o $1,25 - 0,82 = 0,43$ czyli ponad 50% wielkości początkowej.

- Po przeprowadzeniu naprawy współczynnik q ustabilizował się dookoła wartości średniej $\bar{q} = 0,47$
- Określenie wartości granicznej przy której wskazana jest naprawa jest w tym przypadku niemożliwe ponieważ nieznane są wartości q dla okresu poprzedzającego sierpień. Z kolei wartości q w okresie po remoncie są bardzo niskie i nie mogą być podstawą do założenia, że taki współczynnik był również na początku eksploatacji studni, ponieważ w trakcie naprawy oprócz uszkodzonego króćca rurociągu wymieniono również agregat głębinowy na nowy co czyni obiekt de facto innym niż był przed opisywanymi zdarzeniami.

Podsumowanie

Przedstawione w pracy wykorzystanie pomiarów zużycia energii w sposób częstszy niż w okresach rozliczeniowych w połączeniu z pomiarami produkcji wody ma duży potencjał informacyjny dla osób odpowiedzialnych za eksploatację ujęć. Zaproponowany współczynnik efektywności energetycznej, obserwowany w sposób systematyczny, pozwala na wykrywanie uszkodzeń, szczególnie gdy brak jest innych narzędzi czy przyrządów.

Bibliografia:

- Bauer Albert „Poradnik Eksploatatora Systemów Zaopatrzenia w Wodę”, Wydawnictwo Seidel Przywecki, Warszawa 2005, ISBN 83-919449-5-6
- Gryżewski Zdzisław „Prace pomiarowo-kontrolne przy urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu do 1 kV” Centralny ośrodek szkolenia i Wydawnictw SEP, Warszawa 2012, ISBN 978-83-89008-83-1
- Laskowski Jerzy „Nowy Poradnik Elektroenergetyka Przemysłowego”, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne Sp. Z o.o., Warszawa 2008, ISBN 978-83-89008-84-8
- Musiak Edward Instalacje i Urządzenia Elektro-Energetyczne” Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1998, ISBN 978-83-02-06931-4
- Taylor John R. Wstęp do analizy błęd pomiarowego Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 1995, ISBN 83-01-11820-2

The use of changes in electricity consumption to assess the condition of the Water Treatment Plant.

The article discusses the use of the daily diurnal energy intensity index to assess the efficiency of deepwater aggregates and the technical condition of the water treatment station.

Keywords: electricity consumption, efficiency, water treatment plant, water transport.

Autorzy:

Dr inż. **Andrzej Erd** – Uniwersytet Technologiczno - Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu. Wydział Transportu i Elektrotechniki.

Mgr inż. **Damian Jankowski** – Zakład Usług Wodnych dla Potrzeb Rolnictwa w Mławie.