



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



WYDZIAŁ
INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I ENERGETYKI

Analiza energetyczna pracy układu instalacja fotowoltaiczna - elektrolizer przeznaczonego do produkcji wodoru

Dr inż. Bartosz Ceran

Wydział Inżynierii Środowiska Energetyki

Instytut Elektroenergetyki

Zakład Elektrowni i Gospodarki Elektroenergetycznej



Wprowadzenie

Transformacja sektora wytwórczego ze struktury centralnej w zdecentralizowaną ma na celu zwiększenie udziału źródeł energii odnawialnej w tzw. generacji rozproszonej, zmniejszenie wskaźnika emisji dwutlenku węgla oraz oszczędniejszą gospodarkę paliwami kopalnymi. Mimo, że węgiel będzie nadal głównym źródłem energii elektrycznej, prognozuje się stopniowe zmniejszenie jego zużycia na korzyść źródeł energii odnawialnej.



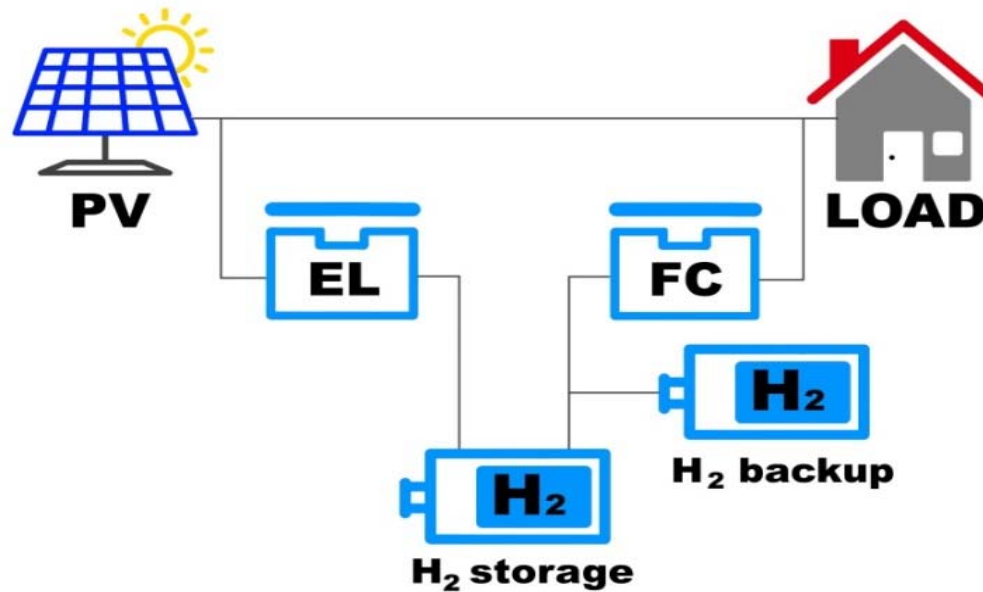
Wprowadzenie

Wraz z rozwojem zdecentralizowanej struktury produkcji energii elektrycznej równolegle rozwijają się technologie magazynowania energii oraz produkcji paliw alternatywnych m.in. wodoru. Rozwojowi struktury zdecentralizowanej opartej na źródłach o stochastycznym charakterze pracy towarzyszy nierozzerwalnie konieczność stosowania technologii magazynowania energii.



Wprowadzenie

Przewiduje się, że dzięki rozwojowi technologii ogniow paliwowych, wodór będzie jednym z głównych nośników energii w przyszłości i znajdzie powszechne zastosowanie zarówno w generacji rozproszonej (także kogeneracji rozproszonej) oraz sektorze transportu.



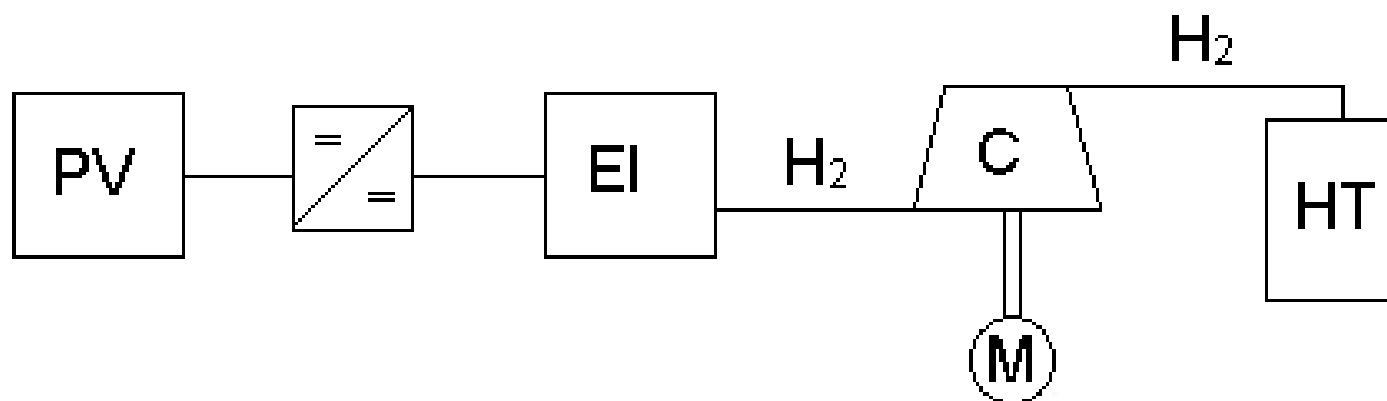
Rys. 1. Schemat blokowy układu PV-EI-FC, PV – instalacja fotowoltaiczna, EI- elektrolizer, FC – stos ogniw paliwowych typu PEM, H₂ storage – zbiornik wodoru, H₂ backup – rezerwa wodorowa, LOAD – profil obciążenia odbiorcy



Wprowadzenie

W przypadku hybrydowych systemów wytwórczych zintegrowanych z magazynowaniem energii w postaci wodoru jednym z ważnych elementów wpływających na wydajność systemu jest praca elektrolizera, w którym zachodzi proces konwersji energii elektrycznej na energię chemiczną w postaci wodoru. Fragment układu hybrydowego systemu wytwórczego, takiego jak źródło OZE - elektrolizer, przeznaczony do produkcji wodoru, jest w literaturze kwalifikowany jako technologia „Power to Gas” oznaczana skrótem P2G.

PV – czas pracy 20 lat,
Elektrolizer PEM – 10 lat → wymiana na nowy?



Rys. 2. Schemat blokowy układu PV- magazyn energii w postaci wodoru, PV – instalacja fotowoltaiczna, EI- elektrolizer, HT– zbiornik wodoru,



Przegląd literatury

- Prowadzone badania naukowe głównie skupiają się na optymalizacji struktury układu PV-Elektrolizer i minimalizacji kosztów produkcji wodoru,
- W wyżej wymienionych publikacjach brakuje jednak analiz długoterminowych, np. na okres 10 lat, które, dzięki uwzględnieniu spadku wydajności instalacji PV i elektrolizera pozwoliłyby precyzyjnie określić koszt produkcji wodoru po „n” latach eksploatacji. Prowadzone procesy optymalizacji są realizowane dla pierwszego roku eksploatacji systemu produkcji czystego, zielonego wodoru.
- W pracach nie jest uwzględniany spadek wydajności procesu produkcji wodoru związany ze spadkiem wydajności urządzeń tj. paneli PV oraz elektrolizera.

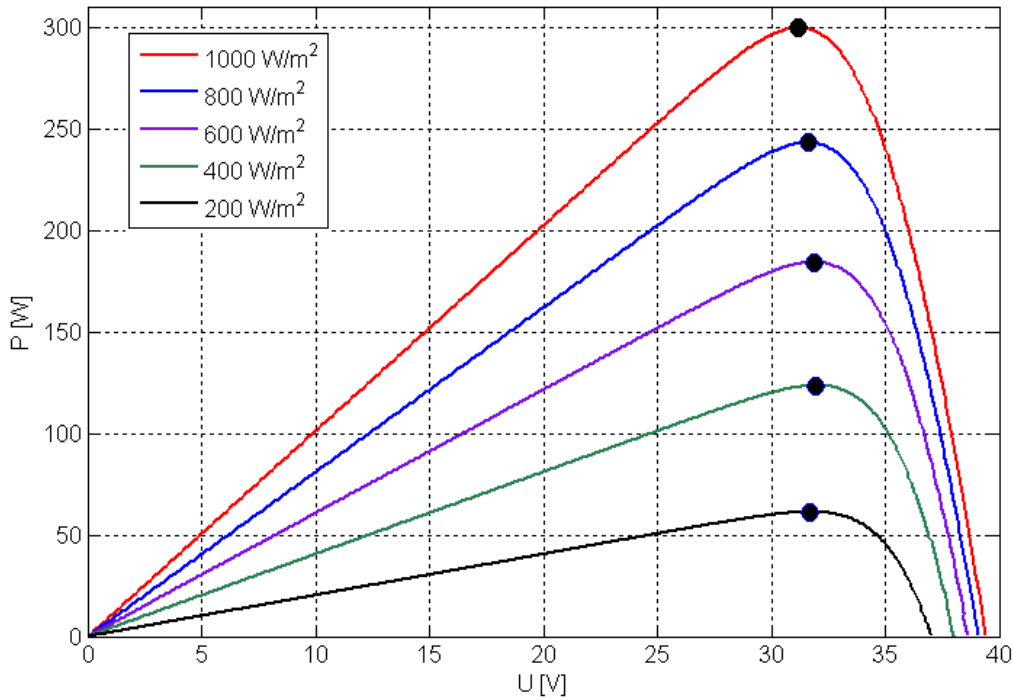


Instalacja PV

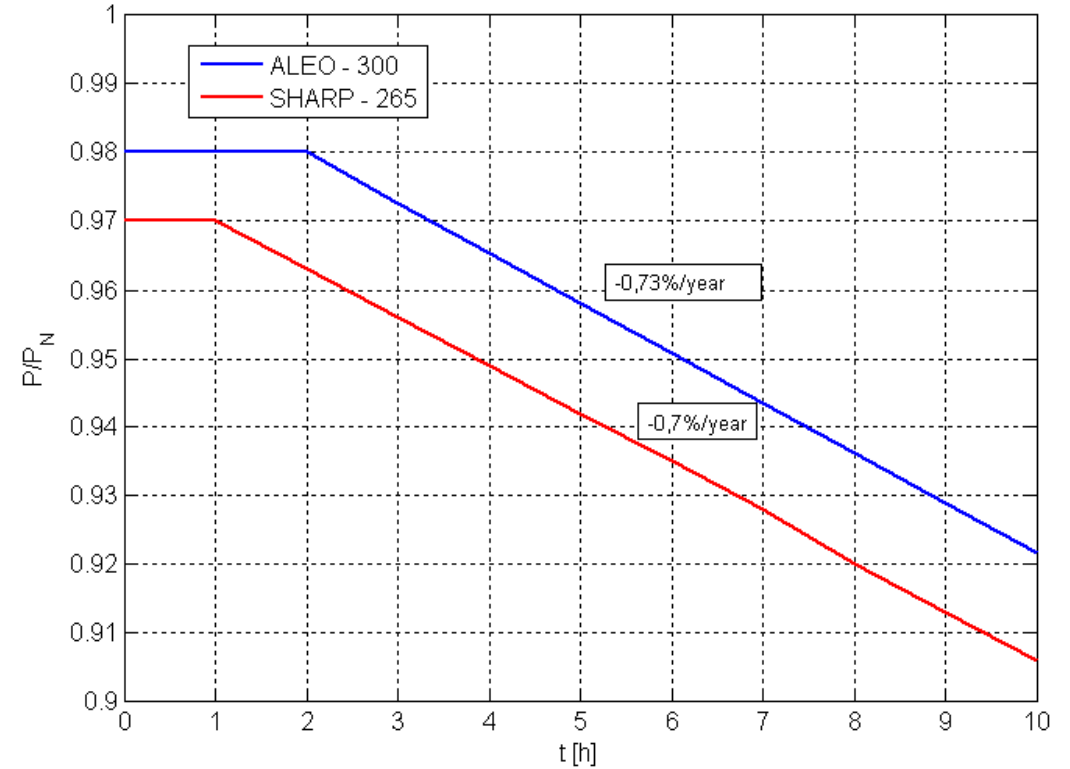
$$P_{PV} = E \cdot S \cdot [1 - \beta \cdot (v - 25)] \eta_{PV}$$

gdzie: $S[m^2]$ – powierzchnia modułów PV, $E[W/m^2]$ – natężenie promieniowania słonecznego, $\beta[%/^{\circ}C]$ – współczynnik redukcji sprawności związany z temperaturą pracy modułów, $\vartheta[^{\circ}C]$ – temperatura pracy modułu, η_{PV} – sprawność modułów PV.

$$\Delta P_{PV} = E \cdot S \cdot [1 - \beta \cdot (v - 25)] \Delta \eta_{PV}$$



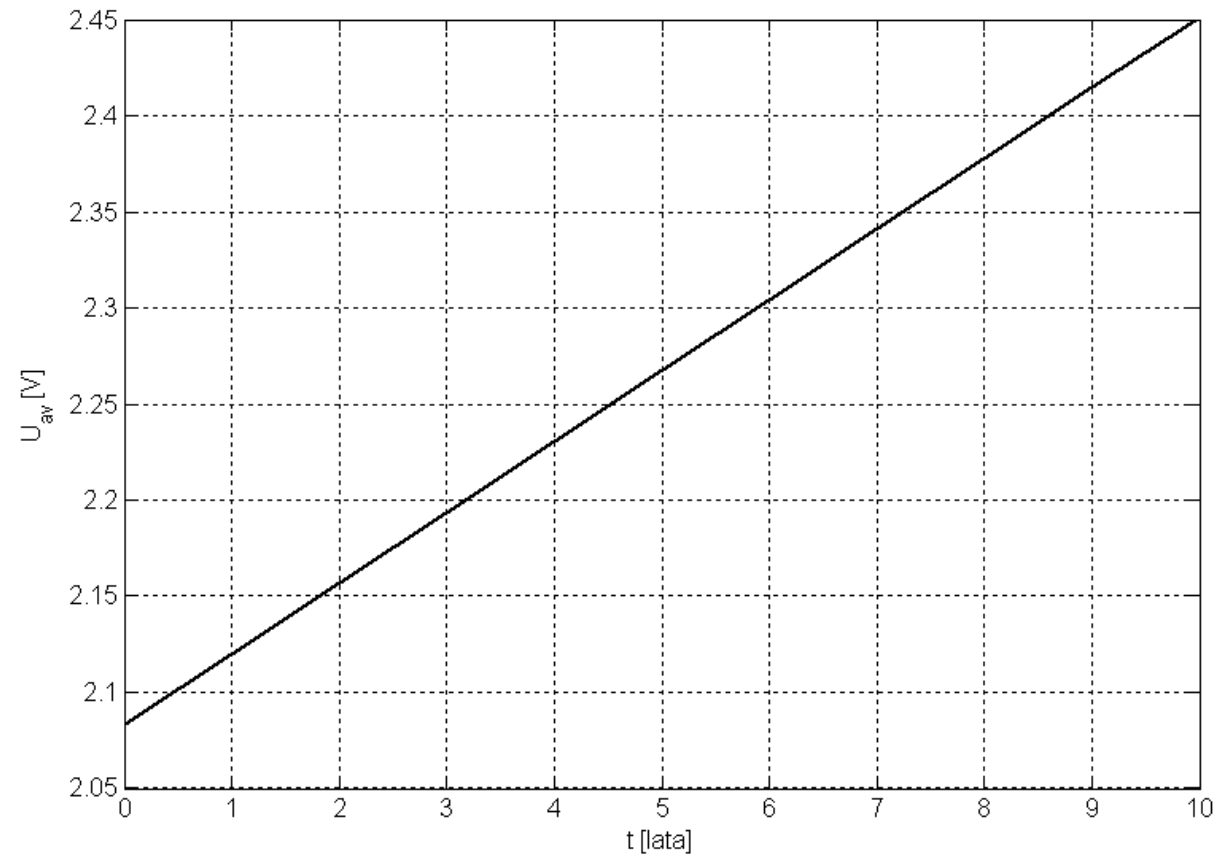
Rys. 3. Krzywa mocy moduł PV



Rys. 4. Charakterystyka starzeniowa modułów PV



Elektrolizer



Rys. 5. Zmiana wartości napięcia U_{AV} elektrolizera po latach pracy 11/18



Elektrolizer

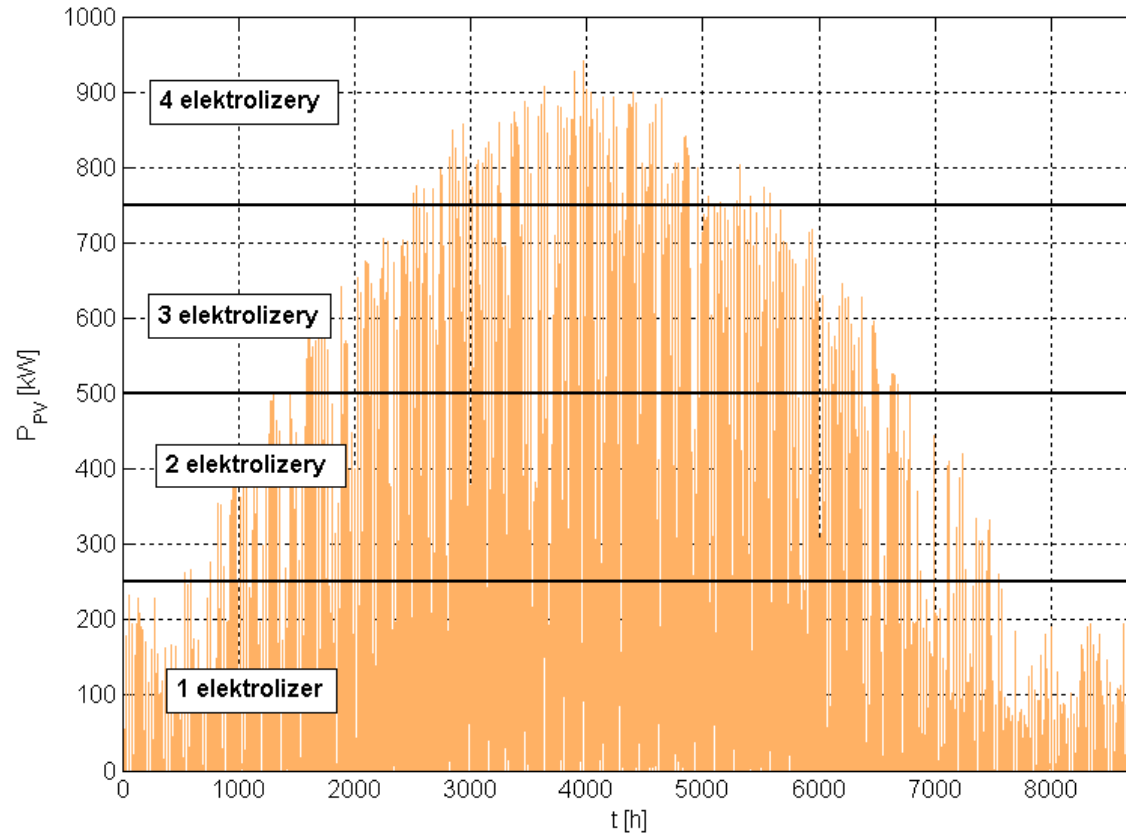
$$\Delta U_{av} = U_{av} + \frac{dU_{av}}{dt} \cdot t$$

$$\Delta \eta_{EI} = \frac{E_t^0}{\Delta U_{av}}$$

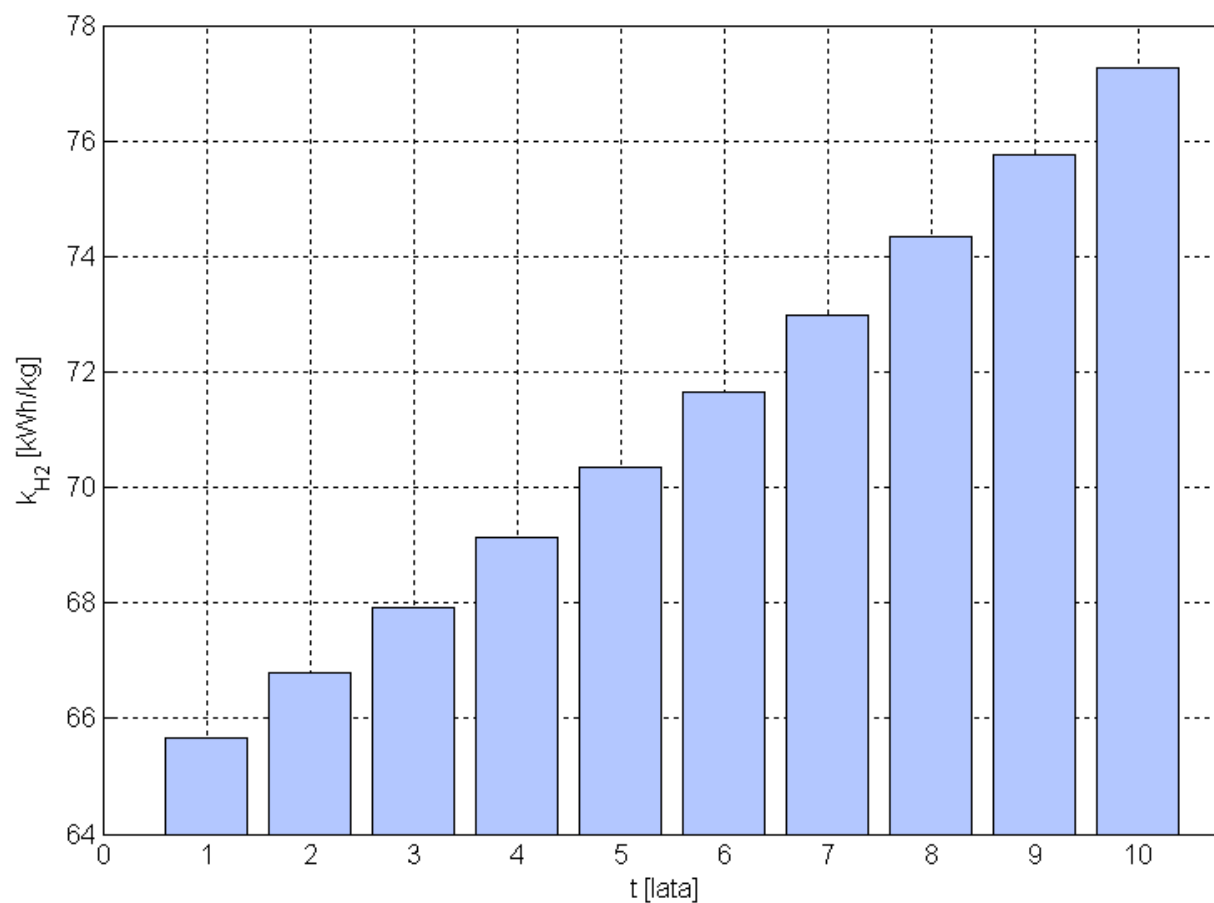
$$\Delta P_{EI} = \frac{\dot{n}_{H_2} \cdot Q_{wH_2}}{\Delta \eta_{EI}}$$

$$k_{EI} = \frac{P_{el}}{V_{H_2}}$$

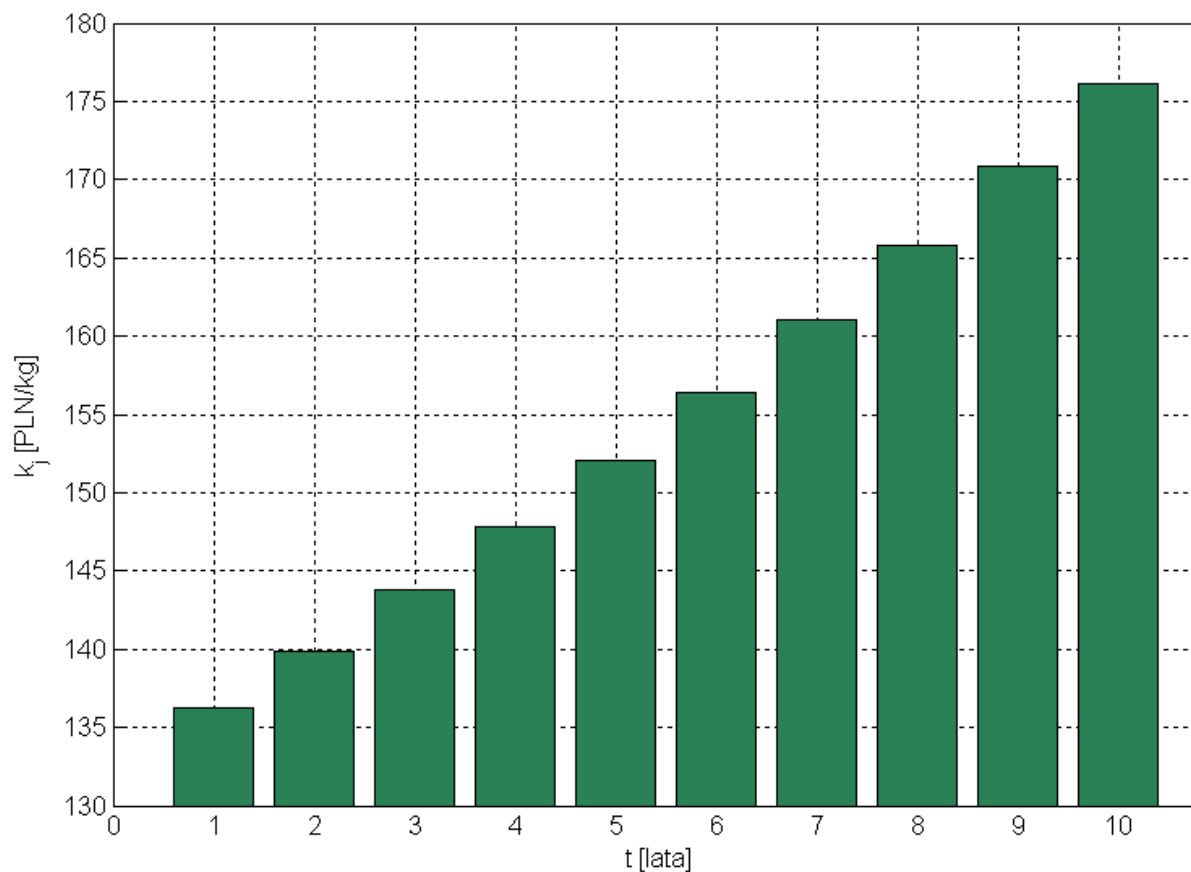
ΔU_{av} – zmiana wartości średniego napięcia elektrolizera [V], U_{av} – wartość średniego napięcia elektrolizera [V], dU_{av}/dt – szybkość zmiany wartości średniego napięcia w czasie [V/s], t – czas pracy elektrolizera [s], $\Delta \eta_{el}$ – zmiana wartości sprawności przetwarzania energii elektrycznej na energię chemiczną wodoru przez elektrolizer, E_t^0 – napięcie termo-neutralne (ang. thermoneutral voltage) [V], \dot{n}_{H_2} – molowy strumień wodoru [mol/s], ΔP_{el} – zmiana wartości mocy elektrycznej pobieranej przez elektrolizer [W], Q_{wH_2} – wartość opałowa wodoru odniesiona odpowiednio do 1 mola wodoru [J/mol], k_{EI} – wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na energię przez elektrolizer [Ws/Nm³], V_{H_2} – objętościowy strumień wodoru [Nm³/s].



Rys. 6. Wpływ produkcji energii elektrycznej przez instalacje PV na ilość pracujących elektrolizerów



Rys. 7. Zmiana wartości wskaźnika jednostkowego zużycia energii na produkcje 1 kilograma wodoru



Rys. 8. Zmiana wartości wskaźnika jednostkowego kosztu produkcji 1 kilograma wodoru



Wnioski

- niezależnie od sposobu wykorzystania wodoru, czy to w transporcie, czy w energetyce rozproszonej, należy prowadzić analizy wydajności systemów produkcji i użytkowania wodoru w perspektywie długoterminowej, z uwzględnieniem spadku wydajności urządzeń produkujących lub zużywających wodór,
- proponowana metoda może znaleźć zastosowanie jako narzędzie do przeprowadzania analizy studium wykonalności układu PV-EI, na podstawie której inwestor będzie w stanie dokładniej ocenić ryzyko związane z danym przedsięwzięciem, urzeczywistniając szacunki techniczno-finansowe.



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



**WYDZIAŁ
INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I ENERGETYKI**





POLITECHNIKA POZNAŃSKA



**WYDZIAŁ
INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I ENERGETYKI**





- Wytwórnia wodoru na terenie Elektrowni Konin ma powstać w oparciu o elektrolizery z membraną elektrolitowo-polimerową (technologia „PEM”). Pierwszy elektrolizer został już zamówiony a jego dostawa jest przewidywana na przełomie 2021/2022 roku,
- Moc elektrolizera 2,5 MW, 1000 kg/dobę.



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



**WYDZIAŁ
INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I ENERGETYKI**



**Dziękuję za uwagę.
Zapraszam do dyskusji.**

