

# PRODUKCJA PRZEMYSŁOWA OPARTA NA ŹRÓDLACH ENERGII – ODNAWIALNYCH I NIEODNAWIALNYCH

Marta ŚWIĄTKOWSKA  
[m.swiatkowska@yahoo.com](mailto:m.swiatkowska@yahoo.com)

## STRESZCZENIE

Energia odnawialna daje wiele możliwości, ale nie można na niej budować bezpieczeństwa energetycznego kraju. Z kolei konieczność ograniczania emisji gazów cieplarnianych i wzrastające zużycie energii sprawiają, że przejście od tradycyjnych źródeł energii do odnawialnych zasobów jest jedną z możliwości zapewnienia zrównoważonego rozwoju. W pracy przedstawione zostały korzyści, jakie płyną z wykorzystania do produkcji przemysłowej zarówno odnawialnych jak i nieodnawialnych źródeł energii.

### 1. Wstęp

Obecne problemy klimatyczne, rosnące ceny energii oraz wzrastające zużycie energii sprawiają, że przejście od tradycyjnych źródeł energii do odnawialnych zasobów staje się koniecznością i wyzwaniem, zarówno od strony środowiskowej jak i ekonomicznej. Energia odnawialna to niewątpliwie przyszłość nowoczesnej gospodarki. Państwa Unii Europejskiej powinny do 2020 r. produkować 20% energii ze źródeł odnawialnych. Polska musi osiągnąć w tej kategorii pułap 15%. Energia odnawialna to alternatywa dla zasobów paliw kopalnych oraz możliwość ograniczenia szkodliwej emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Energetyka odnawialna ma zwykle dużo niewielkich jednostek wytwórczych, zlokalizowanych blisko odbiorcy, co pozwala na podniesienie lokalnego bezpieczeństwa energetycznego oraz zmniejszenie strat przesyłowych [1]. To również okazja do pozyskania dodatkowych korzyści ekonomicznych. Ambitne plany inwestycyjne, rosnąca ilość wniosków o przyłączenie elektrowni wiatrowych dowodzą, że zainteresowanie energią odnawialną w Polsce rośnie. Energia odnawialna oznacza korzyści dla społeczności lokalnych, szczególnie na obszarach słabo rozwiniętych pod względem gospodarczym.

Energia odnawialna ma też swoje ograniczenia, które hamują jej rozwój. Mianowicie bezpieczeństwo energetyczne państwa nie może być oparte tylko na przyszłościowo niepewnych, alternatywnych źródłach energii, takich jak energia słoneczna, wiatrowa czy wodna, w mniejszym lub większym stopniu zależnych od warunków pogodowych. Co więcej, energetyka odnawialna wymaga dużych nakładów finansowych i ciągłych udoskonaleń technologicznych, w celu zwiększenia opłacalności i efektywności produkcji. Bariery prawne, ekonomiczne, ale także społeczne hamują rozwój energetyki odnawialnej, dlatego tak ważne jest wsparcie rządu oraz edukacja społeczeństwa.

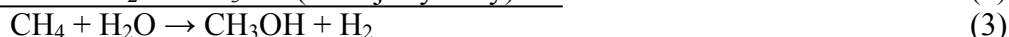
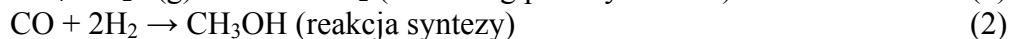
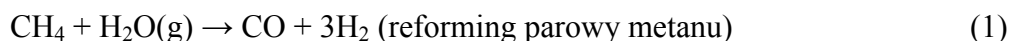
Bezpieczeństwo energetyczne państwa nie może być oparte jedynie na zasobach paliw kopalnych czy też tylko na źródłach energii odnawialnej. Potrzebna jest dywersyfikacja sektora energetycznego. W Polsce trzonem przemysłu energetycznego są kopalnie węglowe, dlatego też energia odnawialna może być postrzegana jako atrakcyjna opcja dodatkowa w sektorze energetycznym dająca wiele możliwości rozwoju. Integracja zasobów odnawialnych i

nieodnawialnych daje możliwości zaspokojenia potrzeb energetycznych, wyważenia kosztów finansowych oraz rozwoju społeczności lokalnych.

## 2. Produkcja poliwęglanu

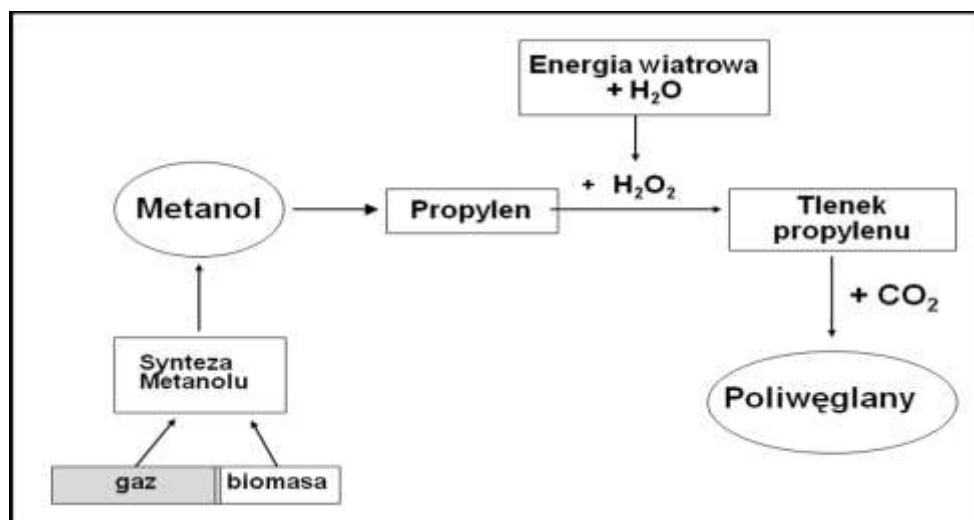
Przykładem produkcji z wykorzystaniem zarówno odnawialnych jak i nieodnawialnych źródeł energii jest produkcja poliwęglanu, która oparta jest na głównych surowcach, takich jak biomasa i gaz ziemny. Poszczególne etapy produkcji (rys.1) zostały tak dobrane, aby produkcja była możliwie jak najbardziej zielona, czyli z możliwie dużym udziałem energii odnawialnej. W modelowaniu całego procesu produkcji zostały wzięte pod uwagę powszechność, opłacalność i dostępność różnych technologii. Wybrane w ten sposób etapy produkcji poliwęglanu są następujące:

1. Synteza metanolu (proces gazyfikacji biomasy oraz reforming parowy metanu). Etapy reakcji syntezy metanolu przedstawia równanie:



Reakcja reformingu parowego metanu jest reakcją endotermiczną, dlatego potrzebne ciepło musi być dostarczone do systemu. W tym celu bardzo obiecującą opcją jest proces gazyfikacji biomasy, który jest procesem endotermicznym. Gazyfikacja jest procesem konwersji termochemicznej, zachodzącym w wysokiej temperaturze, którego produktem jest gaz syntezowy, który dopiero po spaleniu dostarcza energii cieplnej [2, 3].

2. Produkcja propylenu – proces metanol-to-propylen, MTP® [4].
3. Produkcja  $\text{H}_2\text{O}_2$  w procesie elektrolizy wody przy wykorzystaniu energii wiatrowej [5, 6].
4. Produkcja tlenku propylenu – reakcja propylenu z nadtlentkiem wodoru [7].
5. Produkcja poliwęglanu – polimeryzacja w reakcji z dwutlenkiem węgla [8].



Rys. 1. Główne etapy procesu produkcji poliwęglanów

W przedstawionym procesie energia odnawialna wykorzystana jest w postaci biomasy w syntezie metanolu, a także w procesie elektrolizy wody, w którym energia elektryczna potrzebna do przeprowadzenia elektrolizy pochodzi z energii wiatrowej. Powstały w ten sposób wodór jest dalej wykorzystywany do produkcji tlenu propylenu a następnie poliwęglanu. Idąc dalej, dodatkowy wodór wyprodukowany w czasie elektrolizy wody może być użyty w syntezie metanolu opartej na biomacie jako surowcu, w celu dostarczenia odpowiedniej ilości wodoru i utrzymania należytego stosunku strumieni masy węgla do wodoru.

W syntezie metanolu, aby zwiększyć „zieloność produktu”, zostały wykorzystane zarówno gaz ziemny jak i biomasa. Ze względu na ograniczenia technologiczne oraz na opłacalność produkcji nie jest możliwe całkowite wykorzystanie tylko biomasy jako surowca wyjściowego. Biomasa nie może zastąpić paliwa kopalnego choćby ze względu na różnicę w kaloryczności [9]. Innym powodem, dla którego warto jest wykorzystać oba surowce jest stosunek stechiometryczny węgla do wodoru (C:H) w reakcji syntezy metanolu.

Kompozycja gazu syntezowego jest charakteryzowana za pomocą stechiometrycznej liczby S [2]. W warunkach idealnych wielkość S powinna wynosić 2. Jeśli liczba S wynosi więcej niż 2, oznacza to nadwyżkę wodoru, natomiast, jeśli wynosi mniej niż 2 wówczas oznacza to deficyt wodoru. Liczbę S dla syntezy metanolu opisuje poniższe równanie:

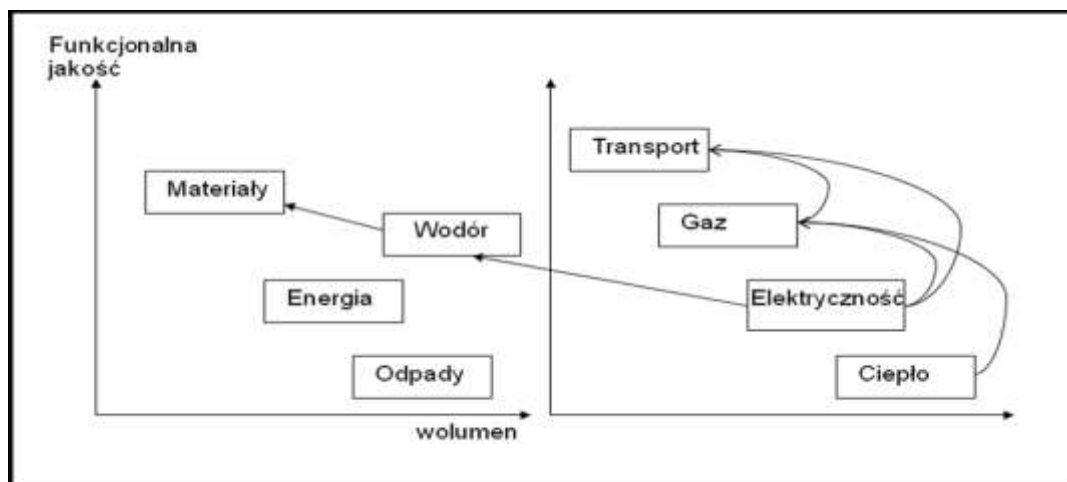
$$S = (\text{H}_2 \text{ mol} - \text{CO}_2 \text{ mol}) / (\text{CO mol} + \text{CO}_2 \text{ mol}) \quad (4)$$

Metan w procesie reformingu parowego dostarcza nadwyżkę wodoru, a wykorzystanie biomasy jako surowca powoduje z kolei deficyt wodoru, czyli niski stosunek  $\text{H}_2$  do CO. Wykorzystanie obu surowców pozwala na wyrównanie stosunku węgla do wodoru do pożądanego poziomu w procesie syntezy metanolu.

Ze względu na problemy technologiczne, proces gazyfikacji biomasy nie jest bardzo opłacalną metodą produkcji metanolu. Dlatego też wykorzystanie obu surowców może być najbardziej optymalne. Kolejną sprawą, która przemawia za tym, aby produkcja oparta była zarówno na biomacie jak i na paliwie kopalnym jest to, że w takim procesie wykorzystywana jest już istniejąca infrastruktura, co znacznie obniża koszty [9].

### 3. Konwersja energii

Na rys. 2 przedstawiono dwa wykresy oparte na funkcjonalności i możliwości przejścia z jednego poziomu kaskady na drugi. Wykres po lewej stronie przedstawia usytuowanie względem siebie odpadów, energii i produktów, a drugi wykres – po prawej stronie – przedstawia różne nośniki energii na różnych poziomach kaskady energetycznej. Łatwiej jest poruszać się w dół wewnątrz przedstawionej struktury, co oznacza, że konwersja nośnika energii w postaci paliwa (transport) w inny nośnik energii jak gaz jest łatwiejsza, niż konwersja w górę z poziomu energii elektrycznej do poziomu transportu (np. elektryczne pojazdy). Wykres przedstawiający różne nośniki energii oparty na funkcjonalności pokazuje, że ciepło jest na najniższym poziomie a transport – na najwyższym [10, 11]. W przypadku przedstawienia tych samych nośników energii na jednym wykresie, ale opartym na egzergii, sytuacja wyglądałaby odwrotnie. Biorąc pod uwagę jednostkę egzergii, transport jest na znacznie niższym poziomie wewnątrz tej struktury niż energia elektryczna.



Rys. 2. Nośniki energii ułożone na różnych poziomach względem siebie (oprac. na podstawie [11])

Są różne możliwości konwersji, np. konwersja ciepła w gaz (ciepło pochodzące z odpadów używane do ogrzewania domów) lub konwersja energii elektrycznej w paliwo (elektryczne samochody albo użycie wodoru jako paliwa). Bardziej obiecującym i będącym większym wyzwaniem jest bezpośrednio wykorzystanie energii do produkcji materiałów. Przykładem może być wodór uzyskiwany z energii wiatrowej poprzez elektrolizę, który jest później wykorzystywany w procesie produkcji poliwęglanu (rys. 1). Wykorzystanie energii odnawialnej w produkcji materiałów może być bardzo dobrym sposobem, aby zwiększyć „zieloność” produktów. Zieloność produktu oznacza tutaj udział energii odnawialnej użytej do jego produkcji. Bezpośrednie użycie wodoru wyprodukowanego z odnawialnych źródeł energii może przyczynić się do krótszego, bardziej efektywnego i przyjaznego środowiska procesu produkcyjnego.

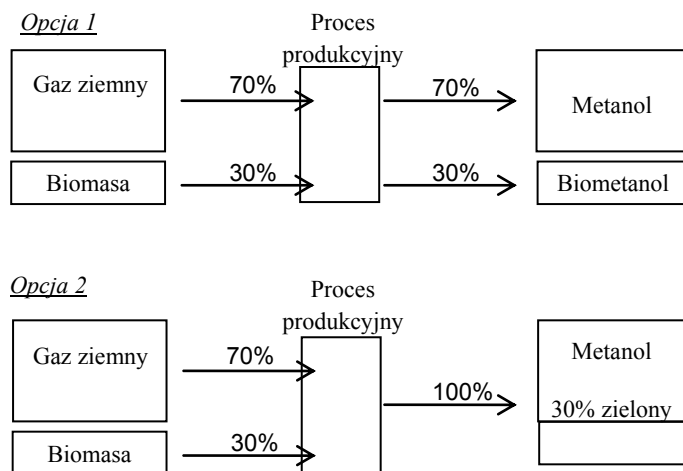
#### 4. Zielony rynek

Mierzenie zieloności produktów daje informację na temat jakości procesu technologicznego i samego produktu. Zielony produkt to taki, do którego produkcji została wykorzystana energia odnawialna. W wielu krajach sprzedawana jest energia elektryczna wytwarzana zarówno z surowców odnawialnych, jak i nieodnawialnych, w zależności od potrzeb klientów. Firma dystrybuująca energię elektryczną posiada zielony certyfikat i jest zwolniona z odpowiedniego podatku za każdy sprzedany MW zielonej energii, co sprawia, że zielona energia elektryczna jest ekonomicznie atrakcyjna i konkurencyjna. Dodatkowo, producent zielonej energii dostaje dofinansowanie za każdy wyprodukowany MW zielonej energii elektrycznej [12].

Podobny mechanizm mógłby być zastosowany do sprzedaży zielonych produktów. Dlatego też istotne jest narzędzie mierzące zieloność produktu, aby wiedzieć ile produktów może być sprzedawanych jako produkty zielone.

Opierając się na omawianym przykładzie syntezy metanolu, można założyć, iż w produkcji metanolu 30% energii pochodzi z biomasy. Dwie opcje sprzedaży takiego produktu, wyprodukowanego w oparciu o odnawialne i tradycyjne źródła energii przedstawiono na rys. 3:

- Opcja 1: 30% metanolu jest sprzedawane jako w pełni zielony produkt (biometanol) a pozostałe 70% metanolu sprzedawane jest jako metanol tradycyjny,
- Opcja 2: 100% metanolu jest sprzedawane jako metanol w 30% zielony.



Rys. 3. Możliwości sprzedaży zielonych produktów

Opcja 1 wydaje się być lepszym rozwiązaniem, gdyż jest to oczywiste dla klienta, jakiego rodzaju i jakiej jakości metanol kupuje. Klient wie, że kupuje w pełni zielony produkt. Więcej wątpliwości pojawia się przy opcji 2, w której produkt sprzedawany jest jako częściowo zielony. Na przykład, jeśli technologia się polepszy i zieloność produktu zwiększy się do 35%, wówczas opcja 1 staje się bardziej atrakcyjna, ponieważ ilość takiego produktu wzrośnie. W opcji 2 zieloność produktu będzie większa o 5%. Opcja 1 jest zrozumiała dla konsumenta, który nie ma wątpliwości, jaki produkt kupuje. Nawet, jeśli zajdą jakieś zmiany w ilości zielonego surowca, to jedynie ilość produktu się zmieni, podczas gdy zieloność pozostanie na poziomie 100%. System „book & claim” czyli ‘zamów i żądaj’ pozwala kupować całkowicie zielone produkty, nawet jeśli do ich produkcji zostały wykorzystane odnawialne i nieodnawialne surowce [13]. Idąc dalej, system ten jest bodźcem dla producentów, aby ulepszać technologie produkcji i podnosić wartość rynkową i marketingową zielonych produktów. Wówczas większa ilość produktów może być sprzedawana na zielonym rynku, a to prowadzi do wzrostu zysków producentów. Użycie do produkcji zarówno odnawialnych jak i nieodnawialnych źródeł energii może przyczynić się do wyższych dochodów również ze względu na relatywnie niższe koszty inwestycyjne, gdyż nie ma potrzeby budowy nowej specjalistycznej infrastruktury przystosowanej do potrzeb produkcji opartej tylko na energetyce odnawialnej.

## 5. Wnioski

Korzyści wynikające z produkcji opartej zarówno na odnawialnych jak i nieodnawialnych źródłach energii dotyczą aspektów środowiskowych, ekonomicznych i społecznych.

Korzyści środowiskowe oznaczają głównie częściowe ograniczenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery oraz ograniczenie zużycia paliw kopalnych.

Korzyści ekonomiczne to rozwój energetyki odnawialnej oznaczający wzrost inwestycji, co jest szczególnie ważne na obszarach słabo rozwiniętych gospodarczo. To również rozwój technologiczny i wzrost efektywności produkcji przemysłowych. Dodatkowo, wykorzystanie już istniejącej infrastruktury przyczynia się do zmniejszenia kosztów inwestycyjnych. Jeszcze inną ważną korzyścią jest rozwój rynku produktów zielonych, który jest szansą na pobudzenie gospodarki i rozwoju technologicznego. Produkty powstałe z częściowym udziałem energii odnawialnej mogą być sprzedawane jako produkty w pełni zielone.

Jeśli chodzi o korzyści społeczne to niewątpliwie udział energii odnawialnej w produkcji przemysłowej przyczynia się do rozwoju obszarów słabo rozwiniętych pod względem gospodarczym oraz do wzrostu świadomości społecznej na temat problemów sektora energetycznego i w ogóle ekologii.

Aby efektywność procesu produkcyjnego materiałów przemysłowych była możliwie jak największa, potrzebna jest integracja różnych nośników energii oraz ich bezpośrednie wykorzystanie w procesie produkcji.

### Literatura

1. Polityka Energetyczna Polski do 2010 roku, Warszawa 2009
2. Olah G.A., Goepfert A., Prakash G.K.S.: Beyond oil and gas: the methanol economy. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2006
3. Wesselingh J.A., Lameris G.H., Berg van den P.J., Montfoort A.G.: Van aardgas naar methanol. Delft University Press 2001
4. Nouri S., Tillman A.: Evaluating synthesis gas based biomass to plastics (BTP) technologies. Department of Energy and Environment, Environmental Systems Analysis Division (ESA), Chalmers University of Technology, Goteborg 2005
5. Spath P.L., Mann M.K.: Life cycle assessment of renewable hydrogen production via wind/electrolysis. National renewable energy laboratory, Milestone report, 2004, NREL/MP-560-35404
6. Shaw S., Peteves E.: Exploiting synergies in European wind and hydrogen sectors: A cost-benefit assessment. International Journal of Hydrogen Energy, 2008, vol. 33, 3249-3263
7. Beckman E.: Production of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub> and its use in the direct synthesis of propylene oxide. Green Chemistry, 2003, vol. 5, 332-336
8. Fukuoka S., Kawamura M., Komiya K., Tojo M., Hachiya H., et al.: A novel non-phosgene polycarbonate production process using by-product CO<sub>2</sub> as starting material. Green Chemistry, 2003, vol. 5, 497-507
9. Drift van der A., Boerrigter H., Coda B., Cieplik M.K., Hemmes K.: Entrained flow gasification of biomass. Ash behaviour, feeding issues, and system analyses. ECN report 2004
10. Schenk N.J., Moll H.C., Potting J., Benders R.M.J.: (2007). Wind energy, electricity, and hydrogen in the Netherlands. Energy, 2007, vol. 32, 1960-1971
11. Schenk N.J., Kamminga, K.J.: Stroomstudie Energie Zuidoost Drenthe. Quick-scan vraag, aanbod en koppeling. KNN Milieu BV, Eindrapport vertrouwelijk 2007
12. Dinica V., Arentsen M.J.: Green certificate trading in the Netherlands in the prospect of the European electricity market. Energy Policy, 2003, vol. 31, 609-620
13. Costa Due Report: Costa Due. Denken, durven, dromen, doen! Concrete stappen naar een duurzaam Eemsmond. Provincie Groningen 2007.