



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**



LCA dla instalacji OZE

Barbara Tora

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami



Konferencja Naukowa

pt. "Innowacje w odnawialnych źródłach energii"

Kraków, 30 marca 2023

LCA dla OZE

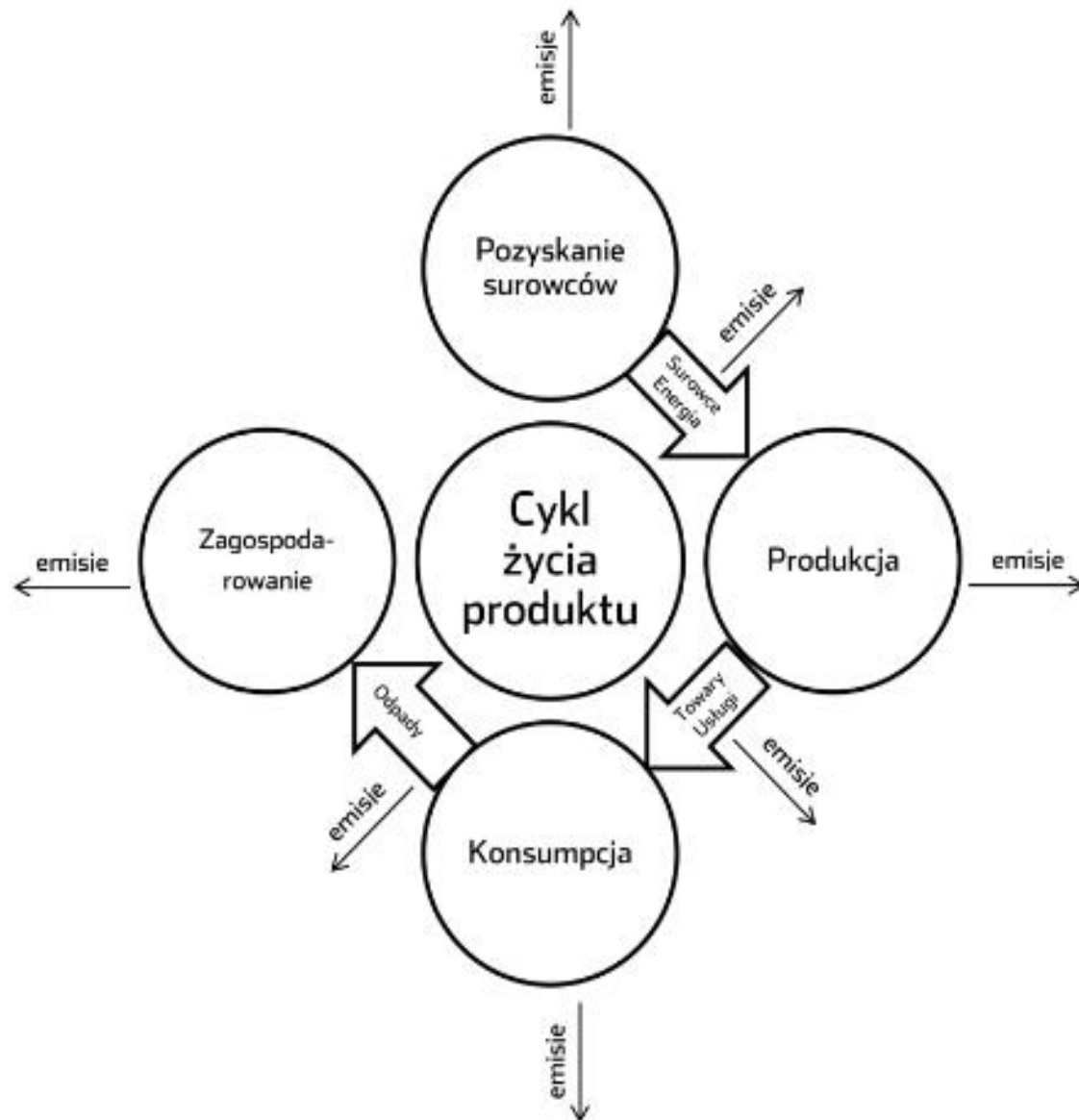


Metoda **LCA** pozwala na identyfikację najważniejszych aspektów środowiskowych oraz ocenę ich wpływu na środowisko w całym cyklu życia danego wyrobu (tzn. od kołyski do grobu),
począwszy od pozyskania surowców,
przez proces produkcyjny,
użytkowanie,
aż do końcowego zagospodarowania odpadów.

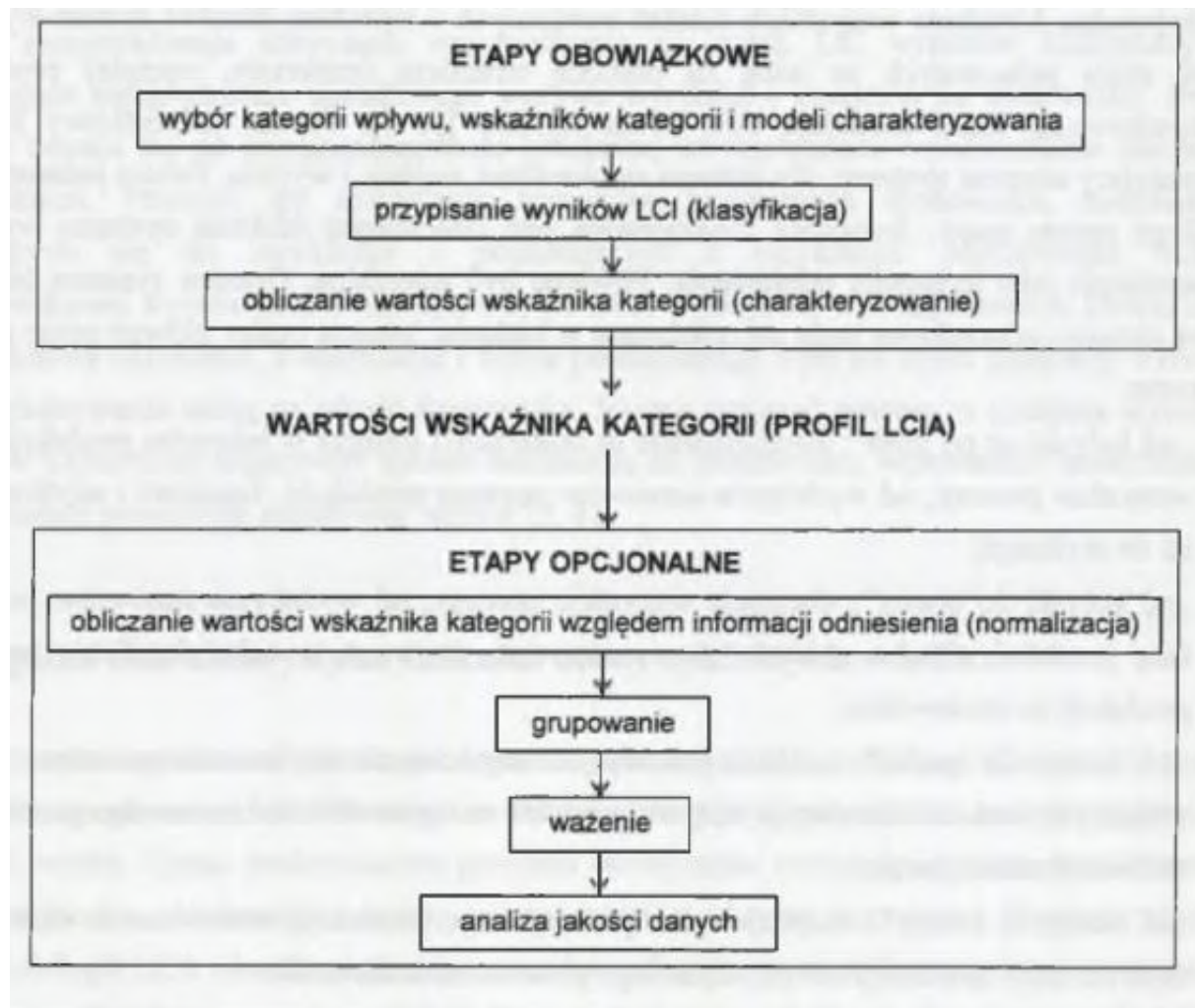
Kategorie wpływu LCA

| Impact category/kategoria wpływu | LCI data/dane LCI | Indicator/wskaźnik |
|----------------------------------|--|---|
| Climate change/zmiany klimatu | <ul style="list-style-type: none"> - Carbon dioxide (CO₂) - Nitrogen dioxide (NO₂) - Methane (CH₄) | Conversion of LCI data into carbon dioxide (CO ₂) equivalent/ <i>przeliczenie danych LCI na ekwiwalent ditlenku węgla (CO₂)</i> |
| Acidification/zakwaszenie | <ul style="list-style-type: none"> - Sulphur oxides (SO_x) - Nitrogen oxides (NO_x) - Hydrochloric acid (HCl) - Ammonia (NH₃) | Conversion of LCI data into hydrogen ion (H ⁺) equivalent/ <i>przeliczenie danych LCI na ekwiwalent jonów wodorowych H⁺</i> |
| Eutrophication/eutrofizacja | <ul style="list-style-type: none"> - Phosphates (PO₄) - Nitrogen monoxide (NO) - Nitrogen dioxide (NO₂) - Nitrates - Ammonia (NH₃) | Conversion of LCI data into phosphate (PO ₄) equivalent/ <i>przeliczenie danych LCI na ekwiwalent fosforanów (PO₄)</i> |

Life Cycle Assessment



Etapy LCA



Normy LCA

| ISO standard | Equivalent Polish standard |
|---|---|
| ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework | PN-EN ISO 14040:2009 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura |
| ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines | PN-EN ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Wymagania i wytyczne |
| ISO/TR 14047:2003 Environmental management – Life cycle impact assessment – Examples of application of ISO 14042 | PKN-ISO/TR 14047:2006 Zarządzanie środowiskowe – Ocena wpływu cyklu życia – Przykłady stosowania ISO 14042 |
| ISO/TS 14048:2002 Environmental management – Life cycle assessment – Data documentation format | Polish version of the specification Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Format dokumentowania danych |
| ISO/TR 14049:2000 Environmental management – Life cycle assessment - Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis | Polish version of the report Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Przykłady stosowania ISO 14041 do określania celu i zakresu oraz analizy zbioru |
| ISO 14050:2009 Environmental management – Vocabulary | No Polish equivalent available |

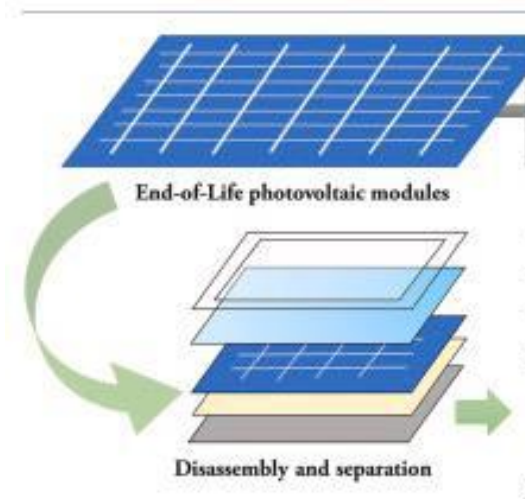
Panele fotowoltaiczne

Krzemowe panele fotowoltaiczne mają niewielki wpływ na środowisko w porównaniu z większością konwencjonalnych form energii, takich jak węgiel i gaz ziemny.

Największe emisje węgla spowodowane użyciem paneli fotowoltaicznych są związane z produkcją modułów.

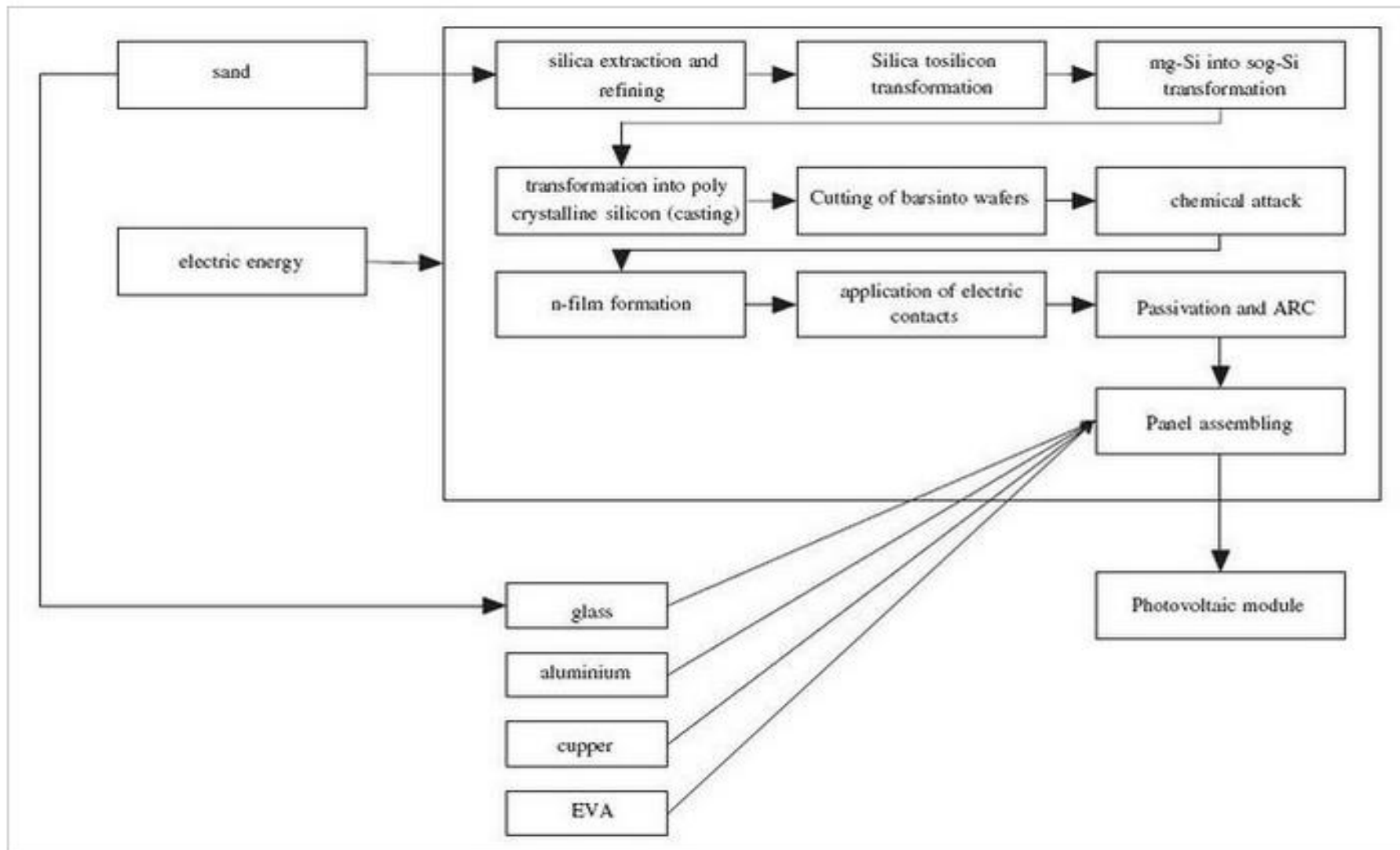
Czasy zwrotu energii (EPBT) wahają się od 3 do 6 lat dla różnych klimatów słonecznych na całym świecie.

Krzemowe panele fotowoltaiczne zwracają wymagane wstępne koszty energii produkcji na długo przed ich użytecznym okresem użytkowania i stanowią generatory energii netto przez większą część okresu ich użytkowania





Cykl produkcyjny i zasoby dla paneli PV



Analizy energii netto fotowoltaiki na bazie krzemu wykazują, że wszystkie typy PV na bazie krzemu (amorficzne, polikrystaliczne i monokryształowe) generują znacznie więcej energii w ciągu ich życia, niż jest to wykorzystywane do ich produkcji. Nowoczesne krzemowe ogniwa fotowoltaiczne zwracają się za energię w ciągu 3- 5 lat - nawet w wysoce nieoptymalnych scenariuszach wdrażania.

Emisja w związku z produkcją energii PV

Całkowite emisje w cyklu życia związane z produkcją energii fotowoltaicznej są wyższe niż w przypadku energii jądrowej, ale niższe niż w przypadku produkcji energii z paliw kopalnych. Emisje gazów cieplarnianych w całym cyklu życia kilku technologii wytwarzania energii wynoszą³¹.

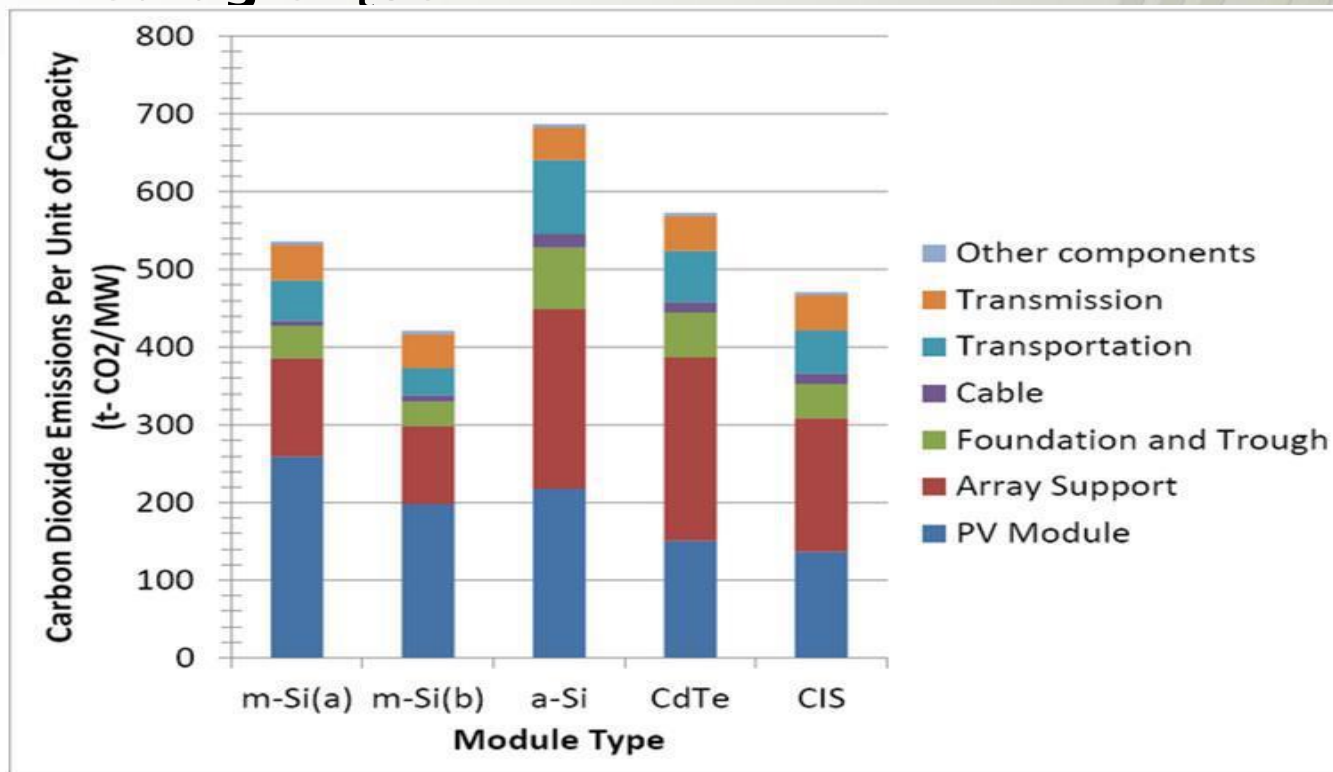
Krzem PV: 45 g / kWh

Węgiel: 900 g / kWh

Gaz ziemny: 400–439 g / kWh

Jądrowy: 20–40 g / kWh

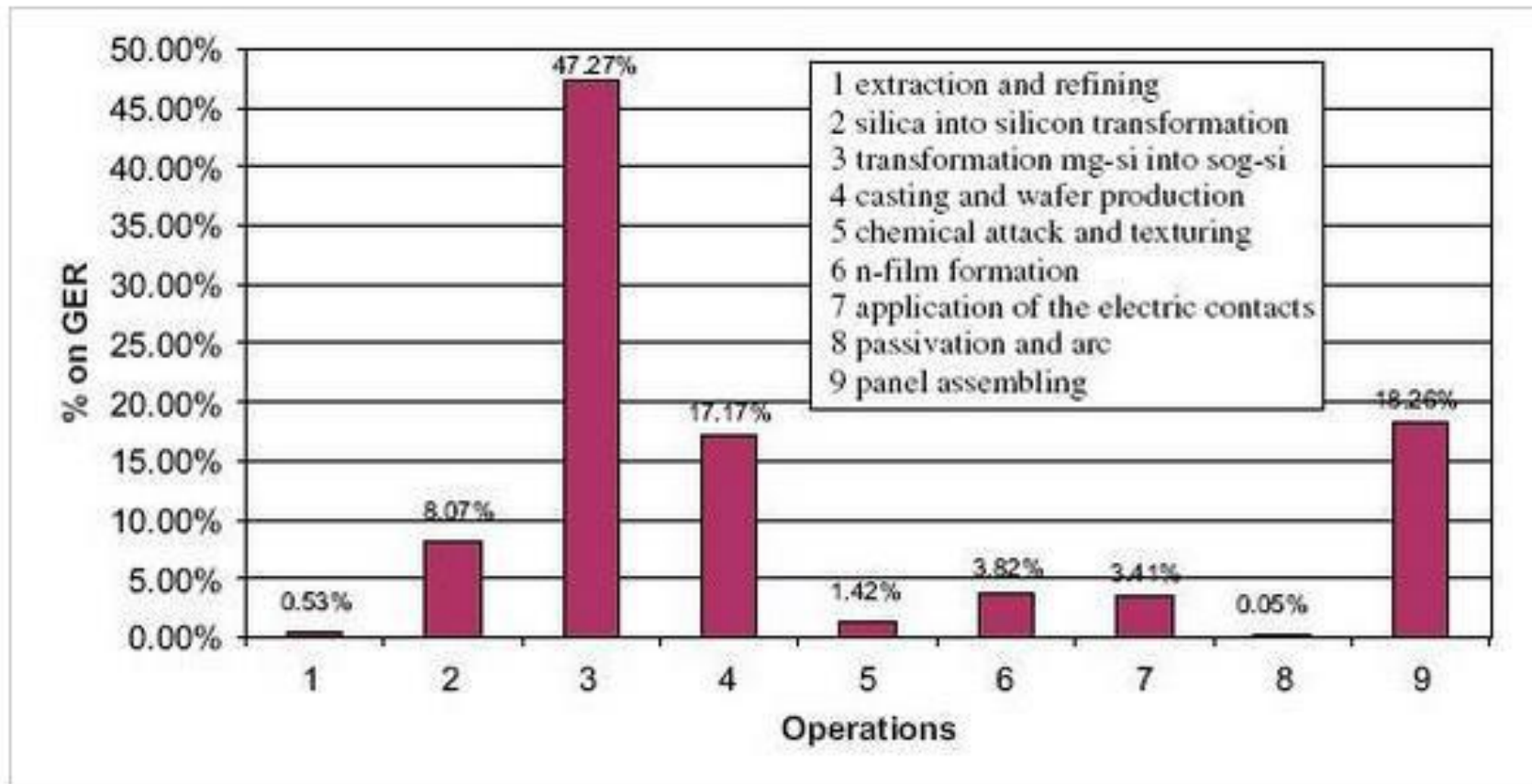
Emisja dwutlenku węgla w wielkoskalowych instalacjach fotowoltaicznych, sklasyfikowana według części.



Oznaczenia:

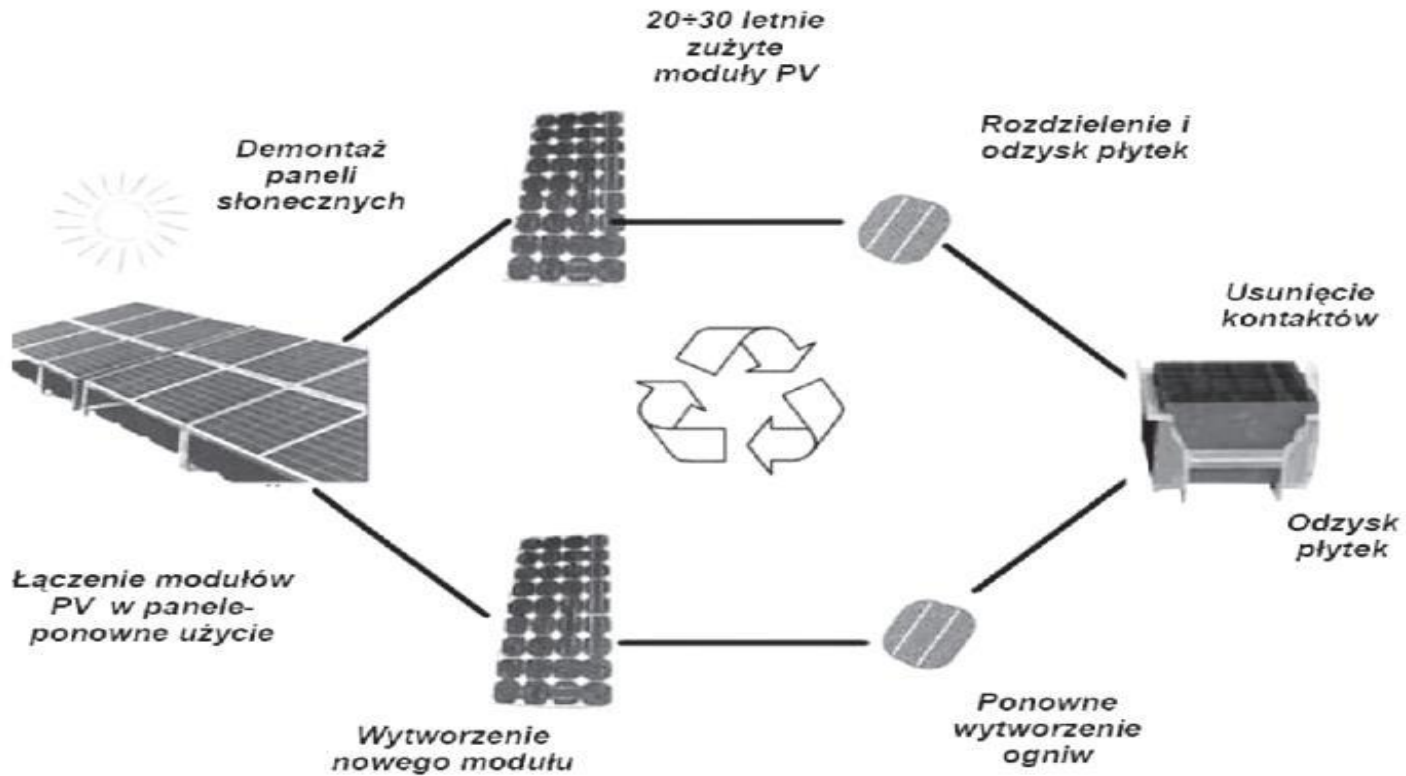
moduły monokrystalicznego krzemu (m-Si (a)),
 wysokowydajny krzem monokrystaliczny (m-Si (b)),
 tellurek kadmu (CdTe) i moduły selenowo-miedziowe (CIS)

Zapotrzebowanie energetyczne w etapach produkcji paneli fotowoltaicznych jako procent zapotrzebowania na energię brutto (GER) wynoszącego 1494 MJ / panel



Źródło: A. Stoppato (2008) Energy, 33, vol. 2, pp.224-232

Proces recyklingu paneli fotowoltaicznych



Źródło: Mroziński A. (2010) Inż. Ap.Chem. 49, 5, 85-86



www.magazynbiomasa.pl

Odpady i produkty uboczne jako źródła energii odnawialnej

Odpady komunalne

Komunalne osady ściekowe

Odpady przemysłowe

Biomasa roślinna z rolnictwa i leśnictwa

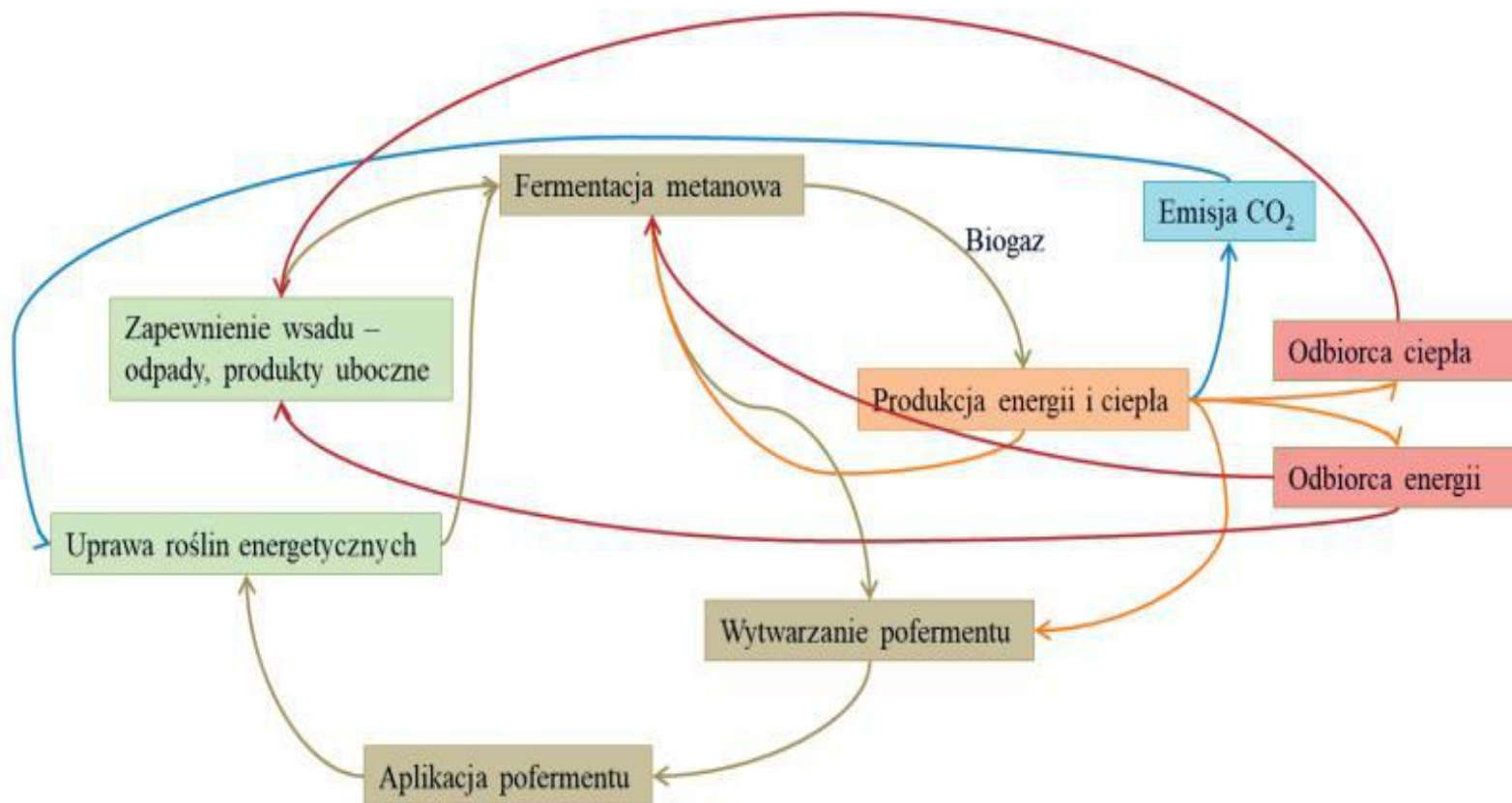
Odchody zwierzęce

Produkcja biogazu

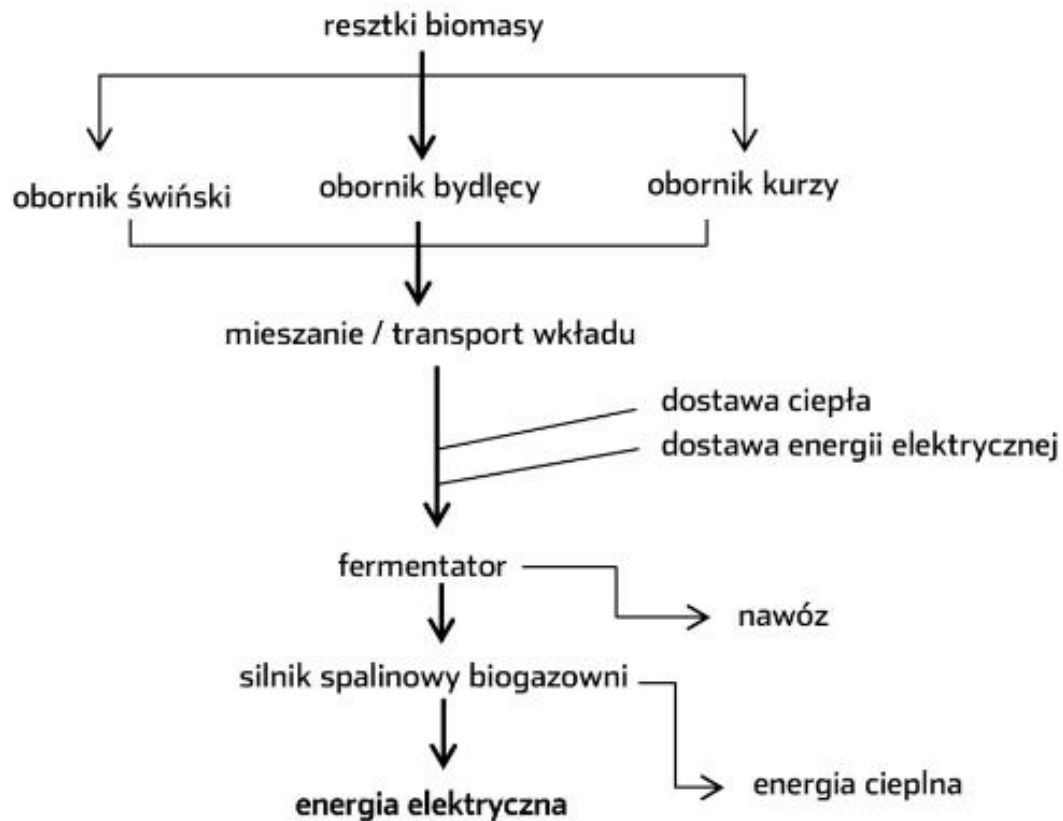


Źródło: <https://greengenius.com/pl/biogas/>

Produkcja biogazu i powiązanie między elementami systemu



Dzrewo procesowe dla biogazowni





<http://psew.pl/wp-content/uploads/2016/12/broszura.pdf>

Składowisko starych turbin wiatrowych



Po 25 latach pracy turbiny wiatrowe zostają sukcesywnie wycofywane z eksploatacji w USA. W miejscowości Casper w stanie Wyoming znajduje się ogromne składowisko łopat z wyeksploatowanych już turbin wiatrowych.

Wykorzystanie zużytych śmigieł wiatraków



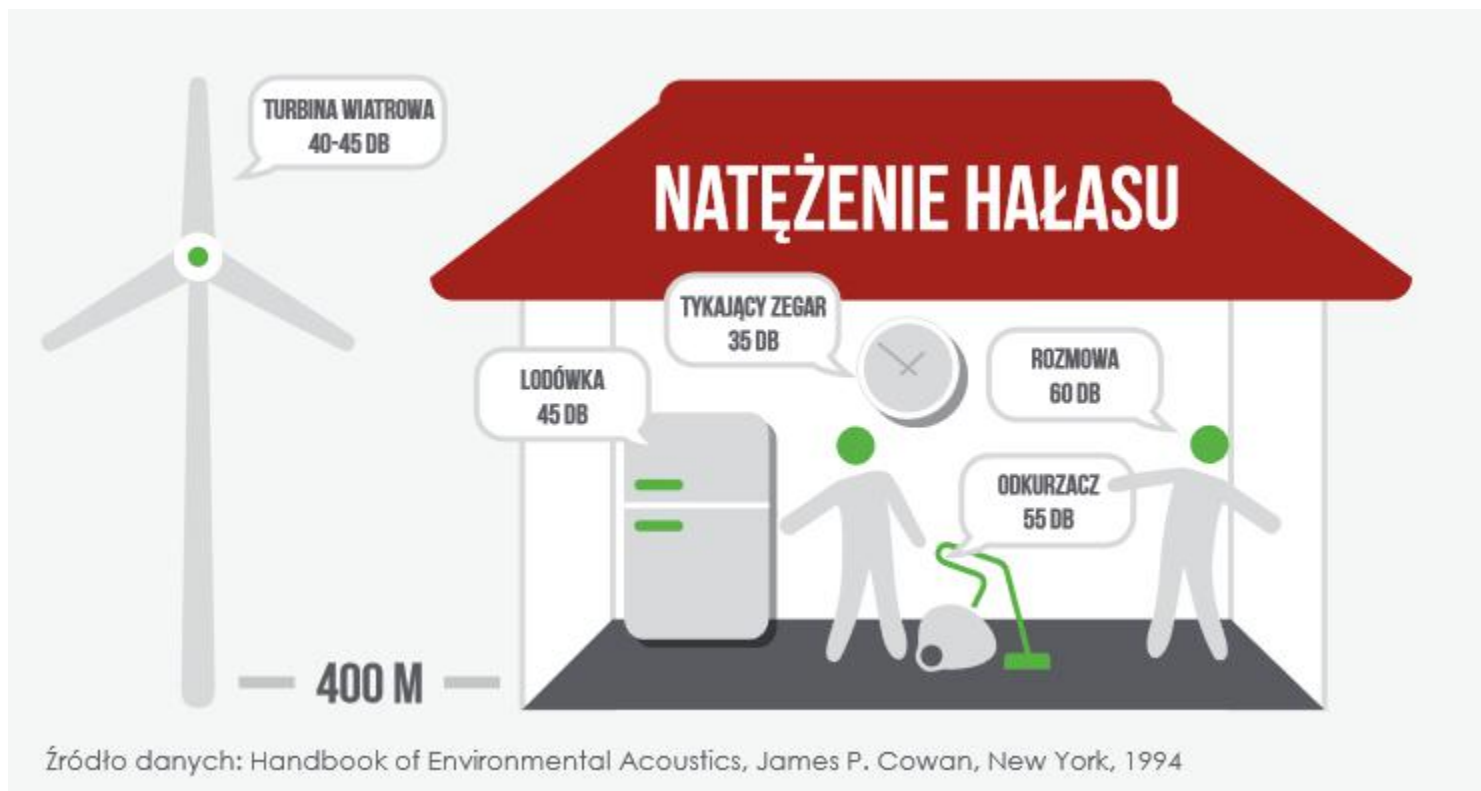
Źródło: <https://hvacpr.pl/wiadomosci/drugie-zycie-lopatek-z-elektrowni-wiatrowych>

Zapotrzebowanie na koks do produkcji turbiny wiatrowej



*Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability, European Commission, 2020

**Steel Facts, World Steel Association



Metody oceny LCA – przykład wiatraki

Badanie i ocenę szkodliwego wpływu cyklu życia zespołu roboczego wirnika elektrowni wiatrowej Gamesa G90 na etapie produkcji oraz zagospodarowania użytkowego przeprowadzono za pomocą analiz numerycznych metodą LCA, z zastosowaniem modelowania CED i IPCC.

Do tego celu wykorzystano program SimaPro 7.1 firmy PRè Consultants.

Analizy wykonano pod względem oceny zużycia energii oraz wielkości emisji gazów cieplarnianych w jednym cyklu życia wirnika wiatrowego, z uwzględnieniem modelu umieszczenia na wysypisku odpadów lub recyklingu.

Otrzymane wyniki zestawiono z danymi uzyskanymi podczas oceny projektowo-konstrukcyjnej metodą CML.

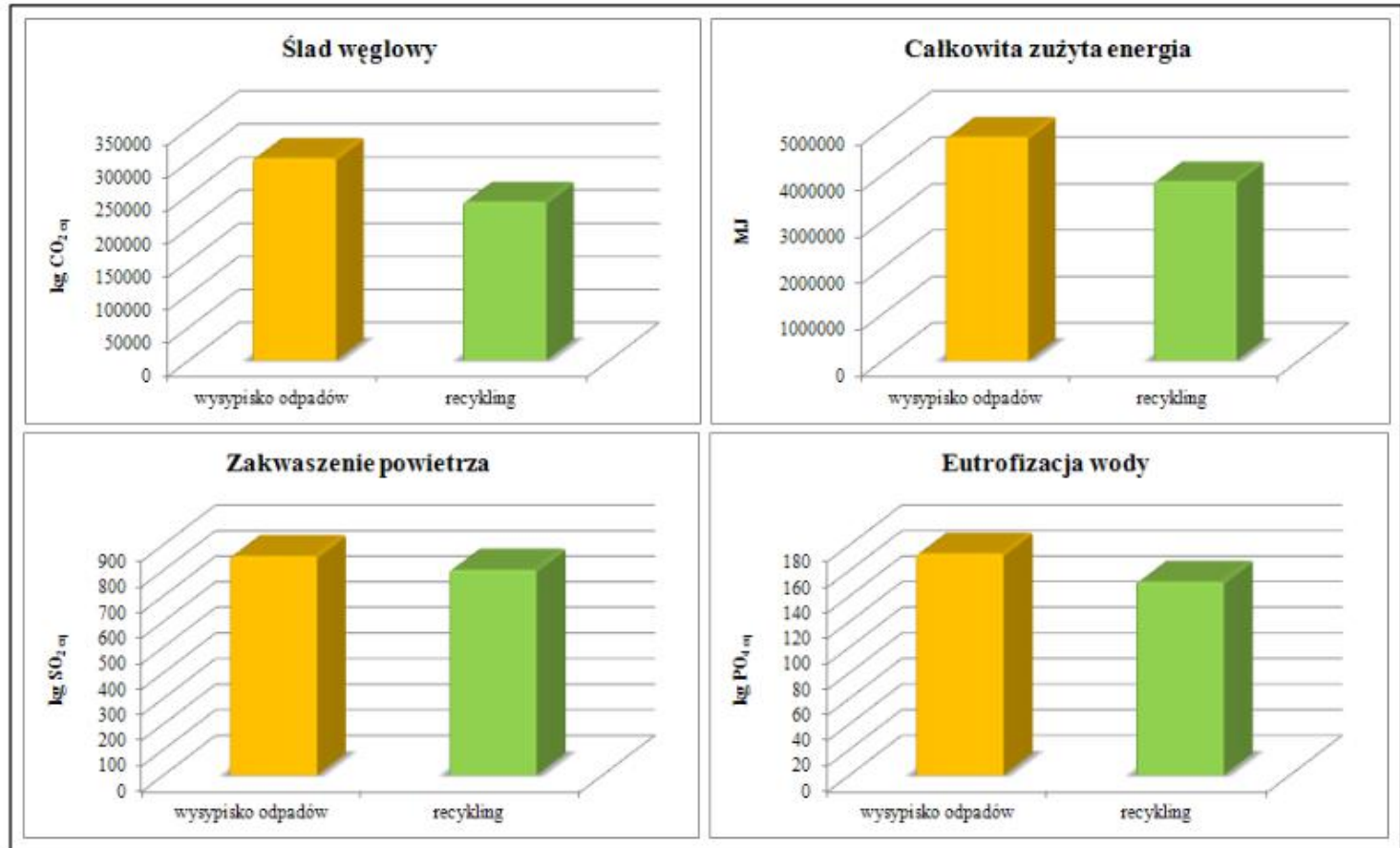
Wyniki oceny zużycia energii w jednym cyklu życia wirnika elektrowni wiatrowej obliczone metodą

CML

CED.

| zagosparowanie poużytkowe | CML | | CED | |
|------------------------------|---------|----------------|---------|----------------|
| | MJ/kg | MJ /cykl życia | MJ/kg | MJ /cykl życia |
| wysypisko odpadów | 118,681 | 4 812 527 | 109,823 | 4 452 000 |
| recykling | 95,214 | 3 860 939 | 85,030 | 3 448 000 |

Oddziaływanie na środowisko (obliczone przy pomocy metodologii oceny wpływu CML) – porównanie modeli końca żywotności w formie recyklingu i wysypiska odpadów



Dziękuję za uwagę



Barbara Tora

E-mail: tora@agh.edu.pl



Konferencja Naukowa
pt. "Innowacje w odnawialnych źródłach energii"

EROEI-stosunek energii uzyskanej do energii włożonej), korzystny >1

- ropa: pierwotnie ~ 100 , obecnie: 3 (USA); 10 (Arabia Saud.); średnio: ~ 5 ;
- węgiel: lata 40.: 80-100; lata 70.: 30;
- piaski i łupki roponośne: 1,5;
- energia jądrowa: 4;
- biopaliwa: $1,5 \div 2$;
- wiatraki: $0,03 \div 2$;
- ogniwa słoneczne: $0,8 \div 1,7$ (przy obecnej technologii bliżej 0,8);
- wodór: 0,8 (nie jest źródłem energii, a jedynie nośnikiem energii);
- fuzja jądrowa: 0,65;
- hydraty metanu: dotychczas nieokreślona





