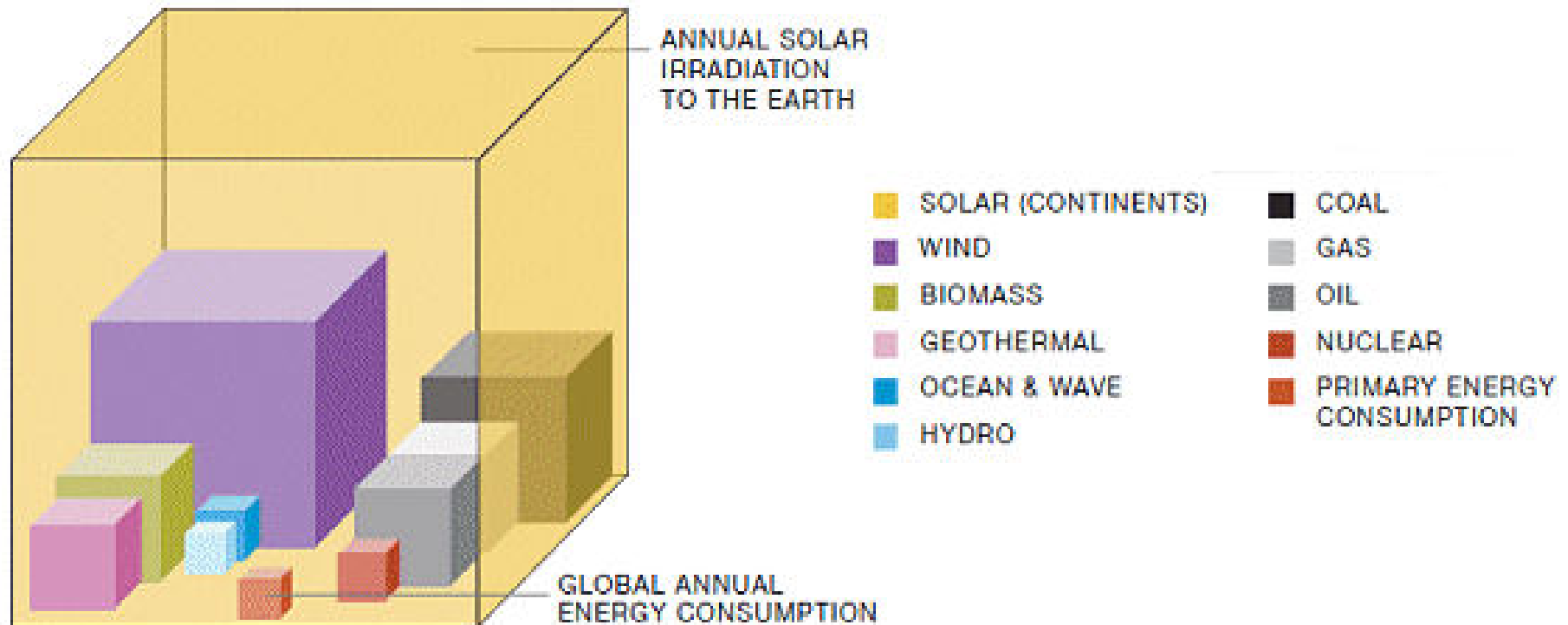


# **Nowoczesne technologie w dziedzinie fotowoltaiki**

A. Zaremba

Instytut Elektrotechniki Przemysłowej,  
Wydział Elektryczny, Politechnika Częstochowska

# Światowe zasoby energii



Fossil fuels are expressed with regard to their total reserves, renewable energies to their yearly potential

Source: Greenpeace and European Photovoltaic Industry's Report Solar Generation 6

# Sposoby wykorzystania energii słonecznej

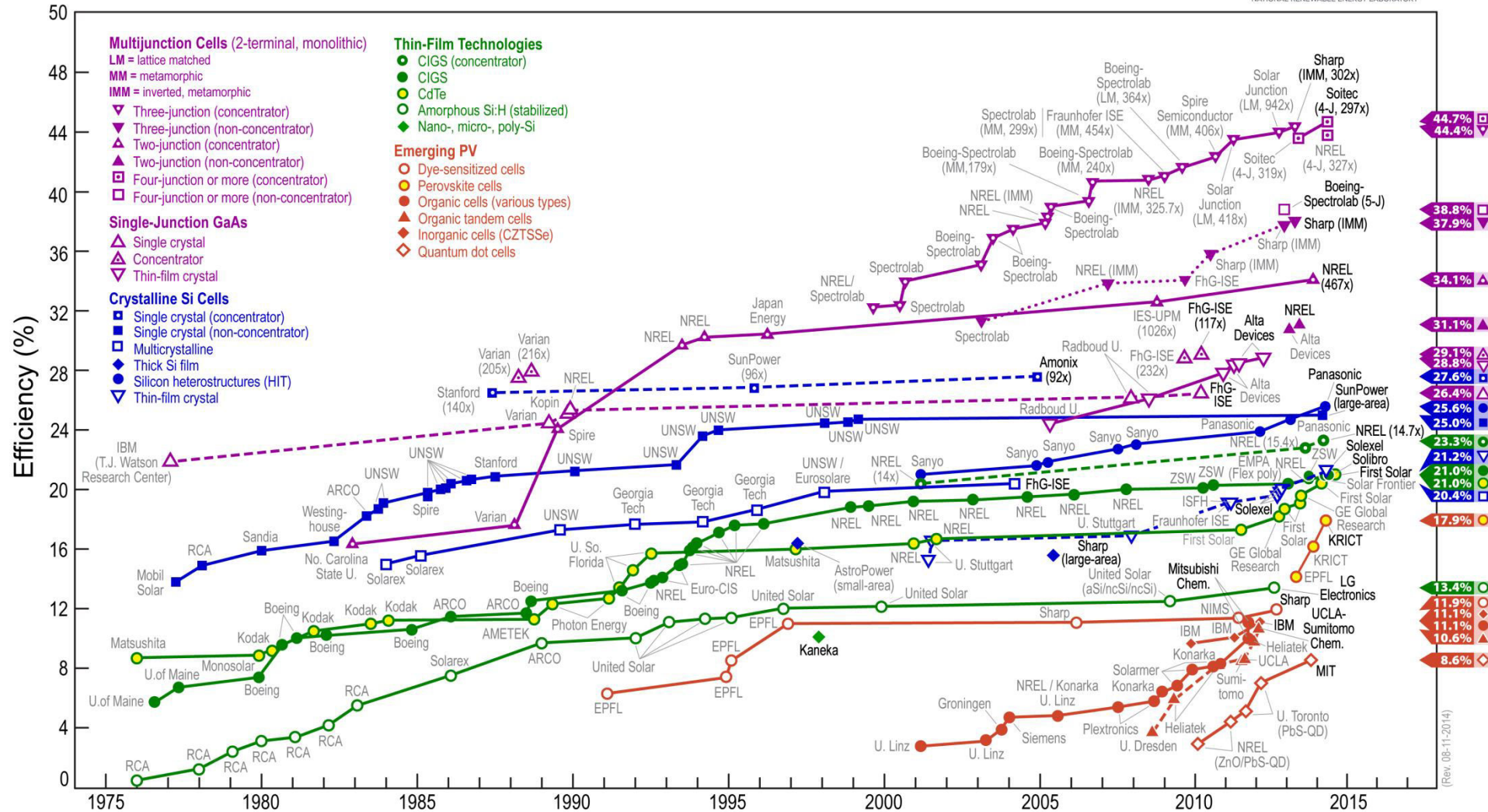
- **Konwersja fotowoltaiczna**
- Wytwarzanie ciepła niskotemperaturowego ( $< 100^{\circ}\text{C}$ )
- Wytwarzanie ciepła wysokotemperaturowego ( $> 100^{\circ}\text{C}$ ) i ultrawysokotemperaturowego ( $1000\text{-}3000^{\circ}\text{C}$ )

# Najważniejsze wyzwania

- Poprawa sprawności ogniw fotowoltaicznych
- Kogeneracja (jednoczesna produkcja energii elektrycznej i ciepłej)
- Magazynowanie energii

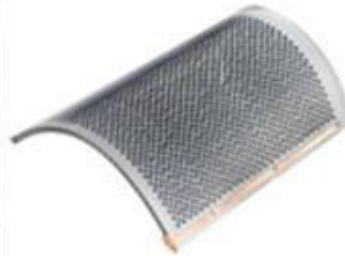
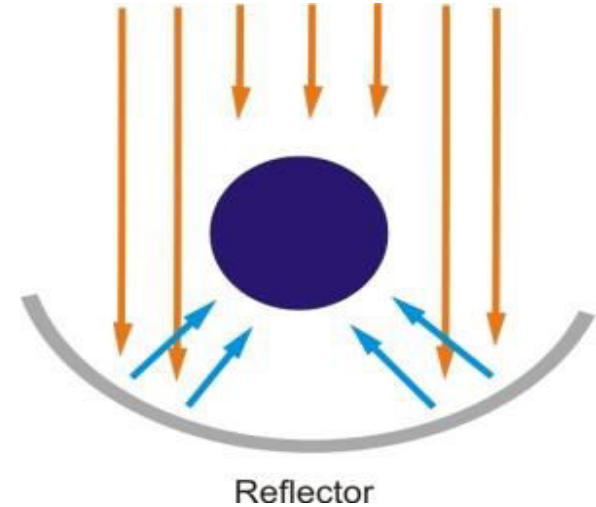
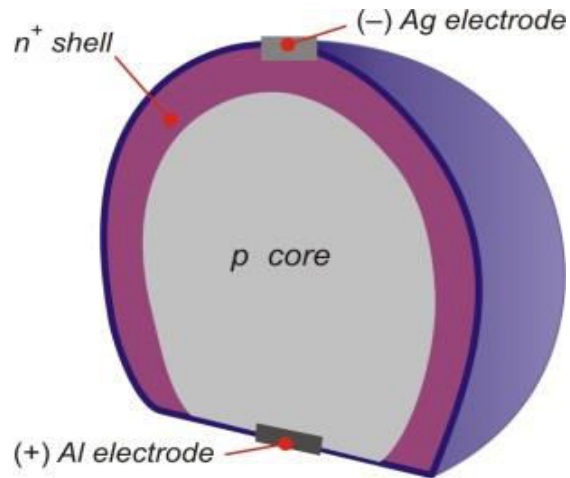
# Wzrost sprawności ogniw PV

## Best Research-Cell Efficiencies



Źródło: NREL

# Ogniwa Sphelar 3D



Źródło: Kyosemi Corp.



# Ogniwa typu Sliver



Źródło: <http://sun.anu.edu.au/sliver>

# Drukowane panele słoneczne w formacie A3

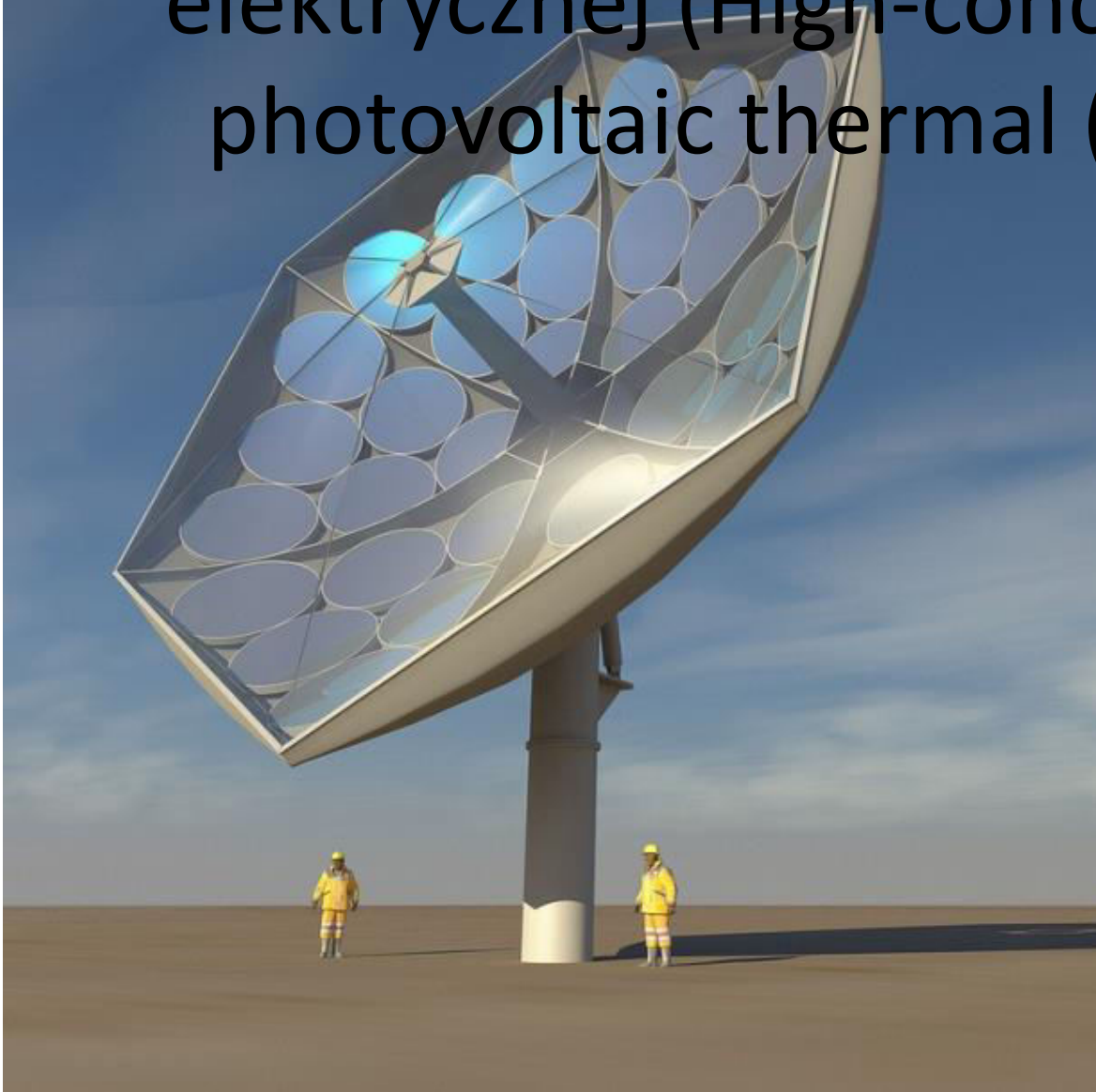




# Perowskity?



# Połączenie produkcji ciepła i energii elektrycznej (High-concentration photovoltaic thermal (HCPVT))

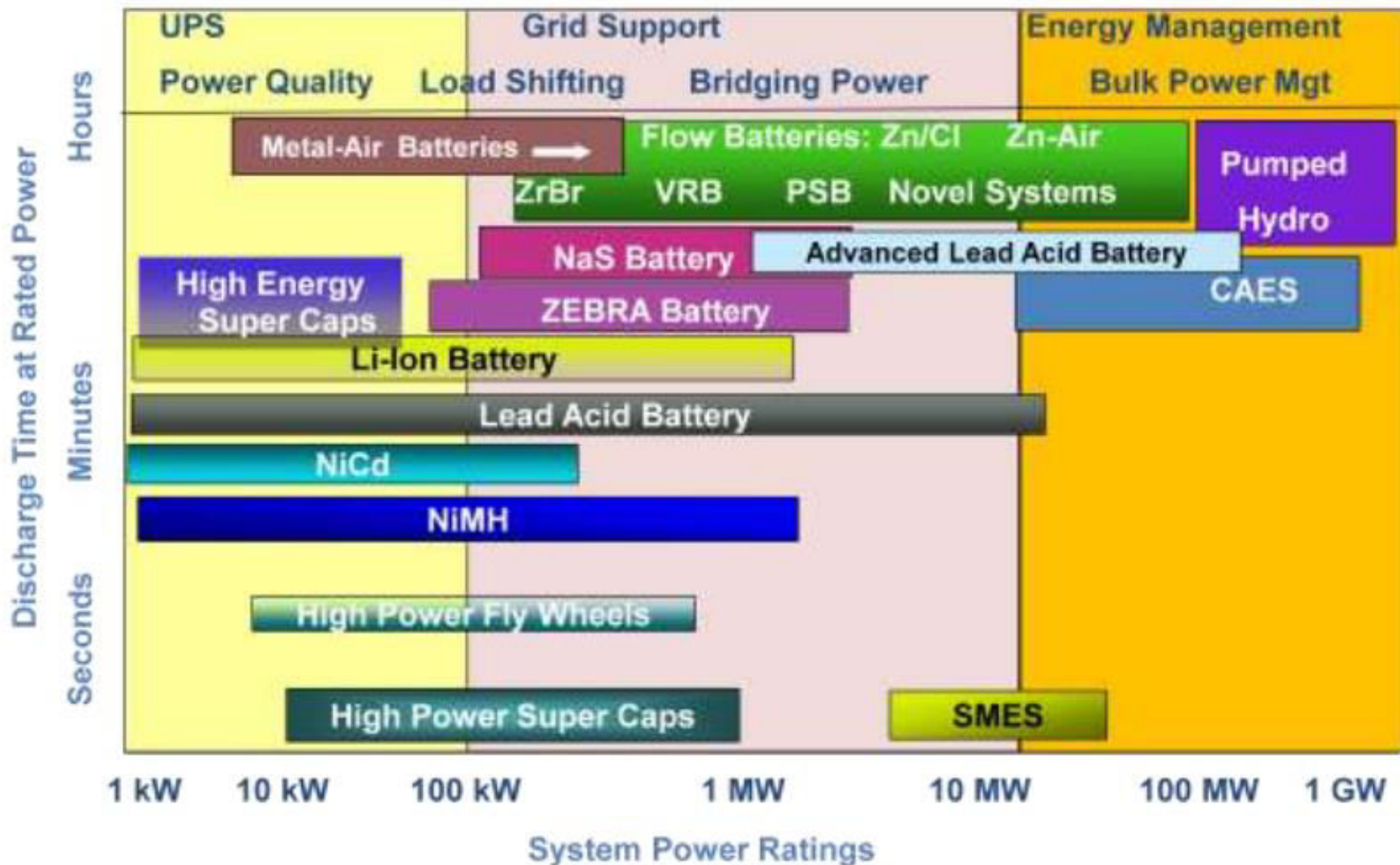


Źródło: IBM Research

# Magazynowanie energii

- Chemiczne: **wodór, biopaliwa**, ciekły azot, nadtlenek wodoru, nadtlenek wanadu, uwodnione sole
- Biologiczne: skrobia, glikogen
- Elektrochemiczne: **akumulator elektryczny**, baterie przepływowo, **ogniwo paliwowe**
- Elektryczne: kondensator, **superkondensator**, **magazynowania energii magnetycznej w nadprzewodnikach**
- Mechaniczny: **magazynowanie energii sprężonego powietrza (CAES)**, **magazynowania energii koła zamachowego**, akumulatory hydrauliczne, **magazynowania energii potencjalnej grawitacji (np. woda w wzniesionym zbiorniku)**, sprężyna, magazynowania energii potencjalnej (np. łuk)
- Termiczne: termiczne magazynowania energii (ogólnie), magazynowanie energii cieplnej pór roku, magazynowanie lodu, stopiona sól, ciekłe powietrze lub azot, staw solarny, zasobnik cieplny (np. gorące cegły w palenisku), wieża parowa, eutektyk

# Sposoby magazynowania energii



# Ogniwa paliwowe

- Ogniwa wodorowe zużywają tlen i wodór
- Elektrody i elektrolity, nie zmieniają swojego składu chemicznego
- Bardzo małe zanieczyszczenie powietrza (głównie para wodna)
- Niska sprawność całego procesu
- Duży koszt
- Bardzo szybkie „ładowanie”
- Problemy z przechowywaniem paliwa
- Nowe ogniwa zasilane bezpośrednio metanolem

# Ogniwa paliwowe zasilane bezpośrednio metanolem **DMFC** (*Direct-Methanol Fuel Cell*)

- Ogniwa zużywają metanol i tlen (w związku z tym produkują ditlenek węgla)
- Niska sprawność (rzędu 20-35%)
- Paliwem jest metanol który jest łatwiejszy do przechowywania



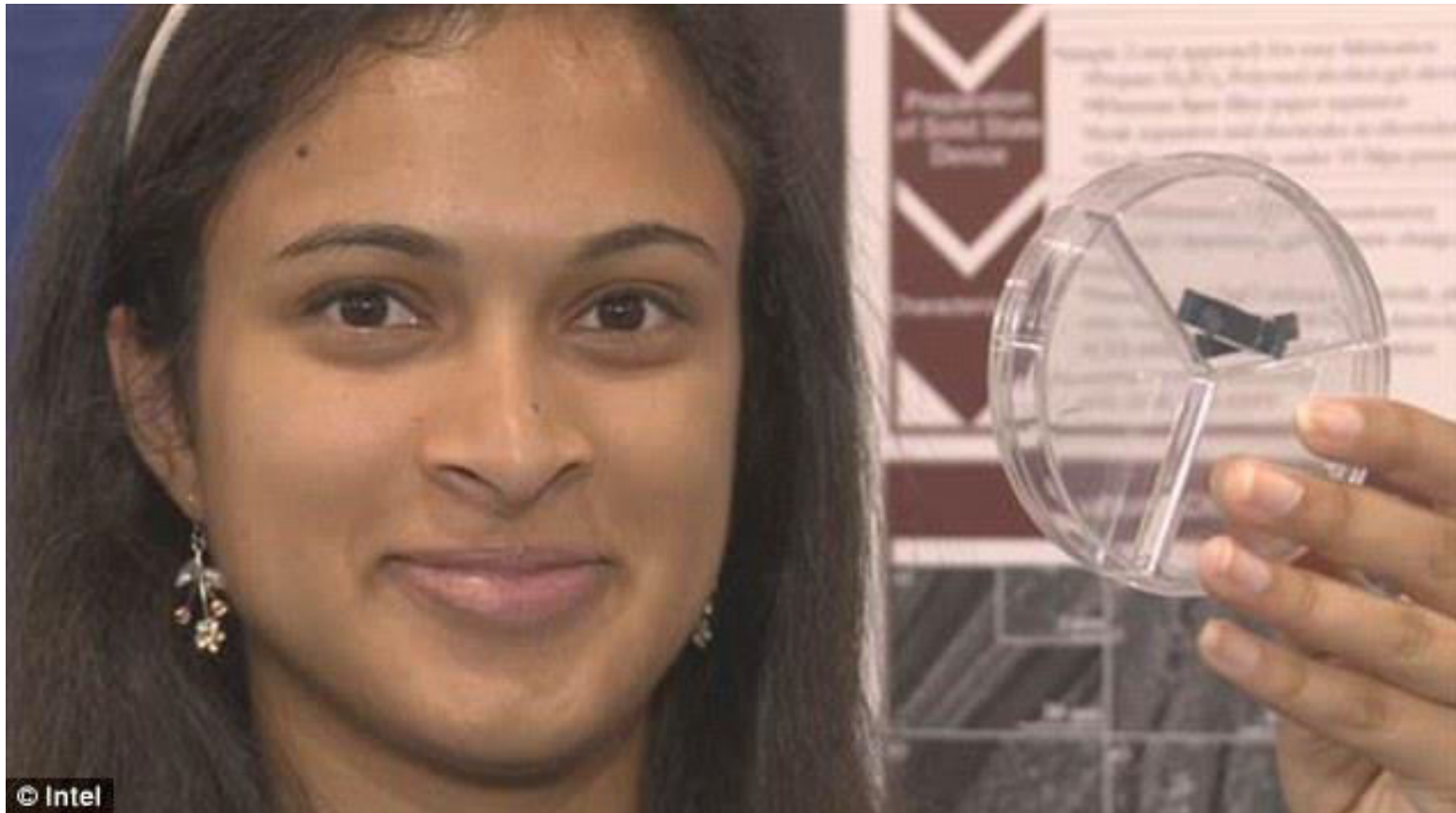
# Superkondensatory

- bardzo duża gęstość mocy (przekraczająca 10000 W/kg), co umożliwia stosowanie dużych wartości prądów ładowania i rozładowania,
- zdolność do gromadzenia dużej energii (gęstość energii osiąga wartości rzędu 10 Wh/kg),
- szeroki zakres temperatur pracy (  $-40\div 65^{\circ}\text{C}$ ),
- bardzo duże pojemności superkondensatorów (przekraczające 2000 F),
- mała wartość rezystancji wewnętrznej (nawet poniżej 0,3 m $\Omega$ ), a zatem małe wewnętrzne straty energetyczne,
- wysoka sprawność (nawet przekraczająca 95%),

# Superkondensatory

- krótkie czasy uzupełniania energii (bardzo duża szybkość ładowania) - rzędu kilku minut,
- wysoka trwałość, przekraczająca 1000000 cykli (ładowania/rozładowania) bądź 20 lat eksploatacji,
- bezobsługowość i niskie koszty eksploatacyjne,
- niewielka degradacja własności przy wielokrotnym ładowaniu i rozładowaniu,
- mała szkodliwość dla środowiska
- upływność
- spadek napięcia wraz z rozładowaniem
- możliwość współpracy z akumulatorami!!!

# Superkondensator w komórce??

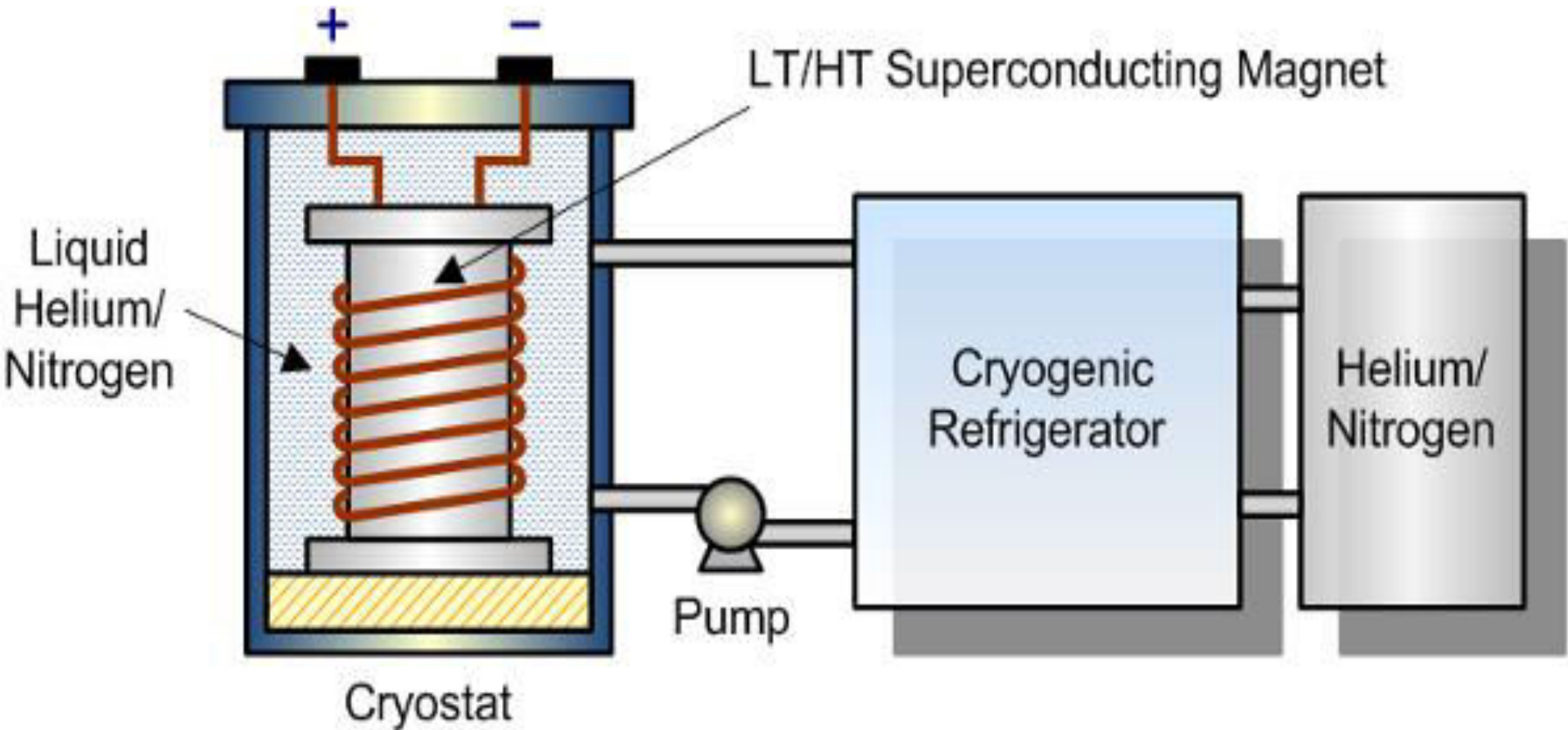


Zwycięzcy Intel International Science and Engineering Fair

# Nadprzewodnikowy zasobnik energii (SMES - Superconducting Magnetic Energy Storage)

- **Nadprzewodnikowy zasobnik energii (SMES)** – urządzenie przechowujące energię w polu magnetycznym wytworzonym przez prąd stały płynący w solenoidzie wykonanym z nadprzewodnika. Jak każdy element nadprzewodnikowy jest silnie wrażliwy na podniesienie temperatury powyżej temperatury krytycznej.
- Po naładowaniu prąd cewki nie zanika i energia w jej polu może być magazynowana przez nieokreślony czas. Przy rozładowaniu cewki zgromadzona energia jest zwracana do sieci.

# Nadprzewodnikowy zasobnik energii (SMES - Superconducting Magnetic Energy Storage)



# Nadprzewodnikowy zasobnik energii (SMES - Superconducting Magnetic Energy Storage)

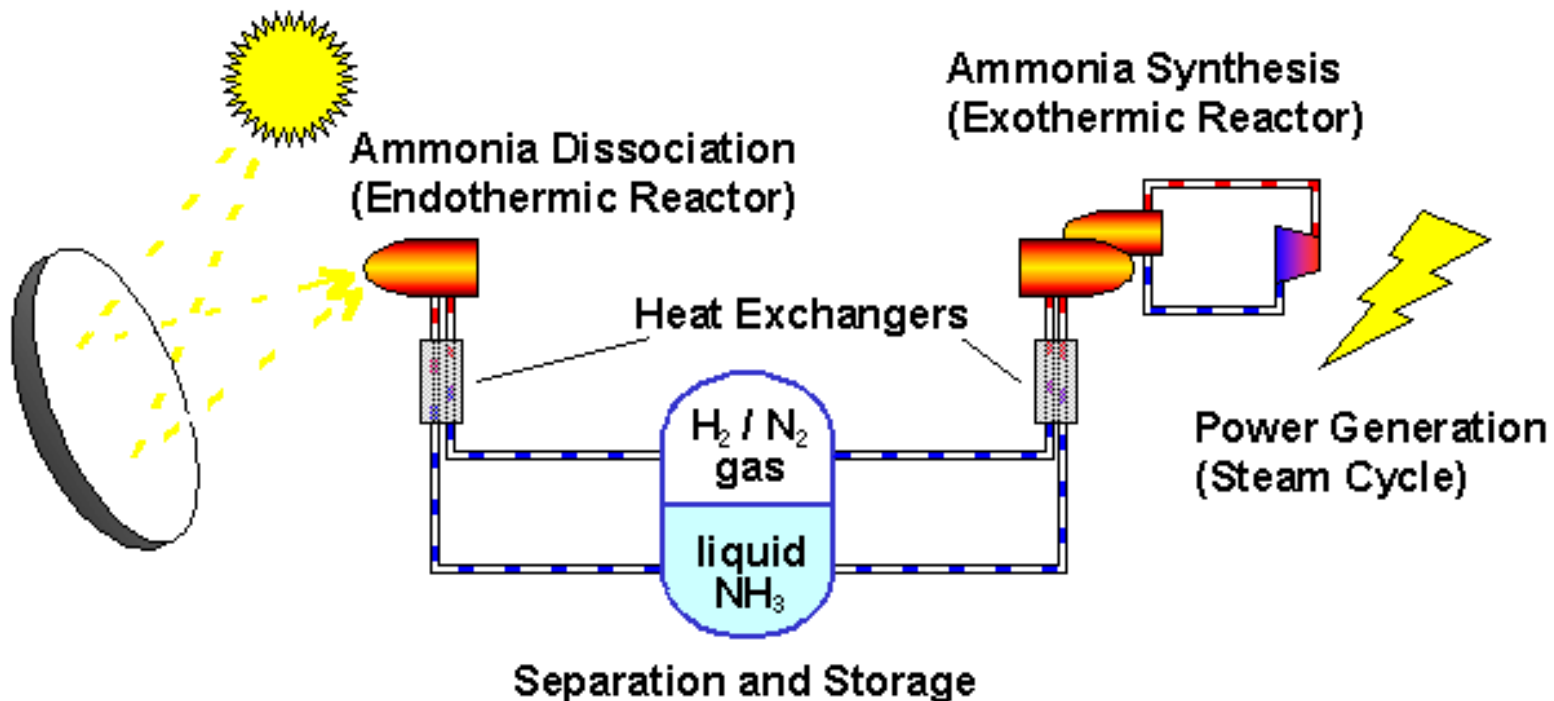
- W kondycjonerze mocy prąd zmienny jest prostowany lub prąd stały jest zamieniany na zmienny przy pomocy prostownika lub falownika. Przy tych procesach trzeba się liczyć ze stratami energii rzędu 2-3%. Na tle innych metod magazynowania energii SMES wyróżnia się **dużą wydajnością (rzędu 95%)** i najmniejszym współczynnikiem strat.
- Z powodu wysokich kosztów chłodzenia i elementów nadprzewodnikowych SMES jest **aktualnie wykorzystywany do krótkotrwałego magazynowania energii**. Urządzenie jest zwykle używane do poprawy jej jakości. Jeśli SMES miałby zasilać obiekty użyteczności publicznej, to mógłby być ładowany w nocy z elektrowni systemowych i oddawać energię podczas największego zapotrzebowania w dzień.

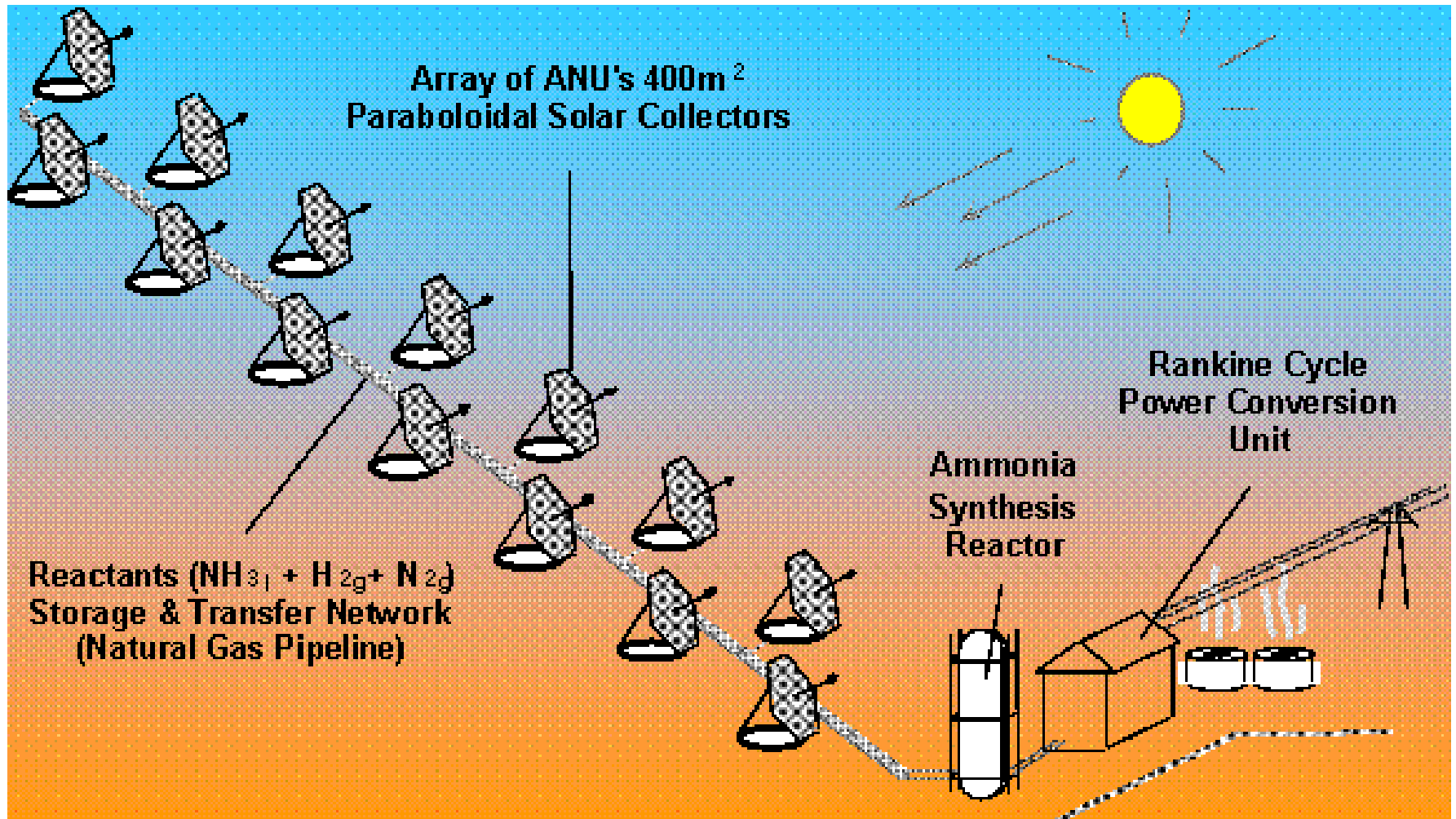


# Podsumowanie

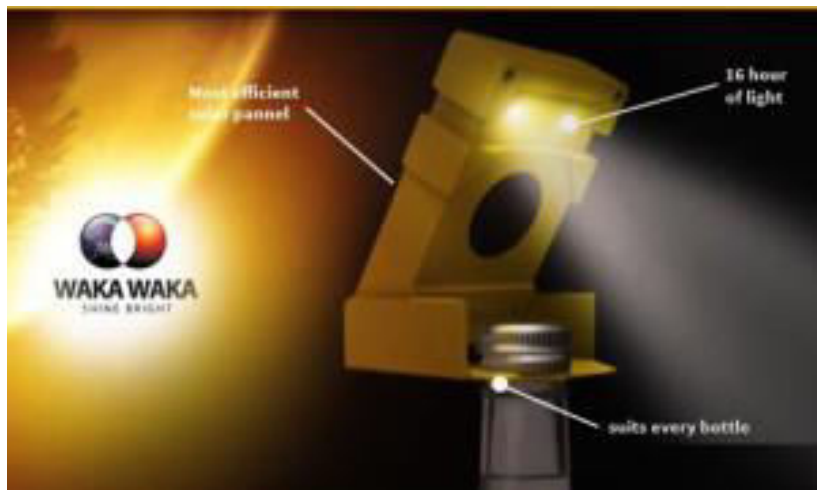
- Problem magazynowania energii elektrycznej nie jest rozwiązany w sposób **tani, skuteczny i pozwalający na długotrwałe przechowywanie tej energii**
- Wydaje się że największy potencjał posiadają systemy hybrydowe (superkondensatory i akumulatory, ogniwa paliwowe i magazynowanie wodoru, koło zamachowe i przepompownie wody itp.)
- Coraz większy procentowy udział odnawialnych źródeł energii, wymusza stosowanie magazynowania energii

# System termochemicznego magazynowania energii





# Gadżety solarne



Dziękuję Państwu za uwagę