



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

# Fotowoltaiczne systemy konwersji energii

Wykład 2 (do projektu)

## Systemy fotowoltaiczne

dr inż. Janusz Teneta

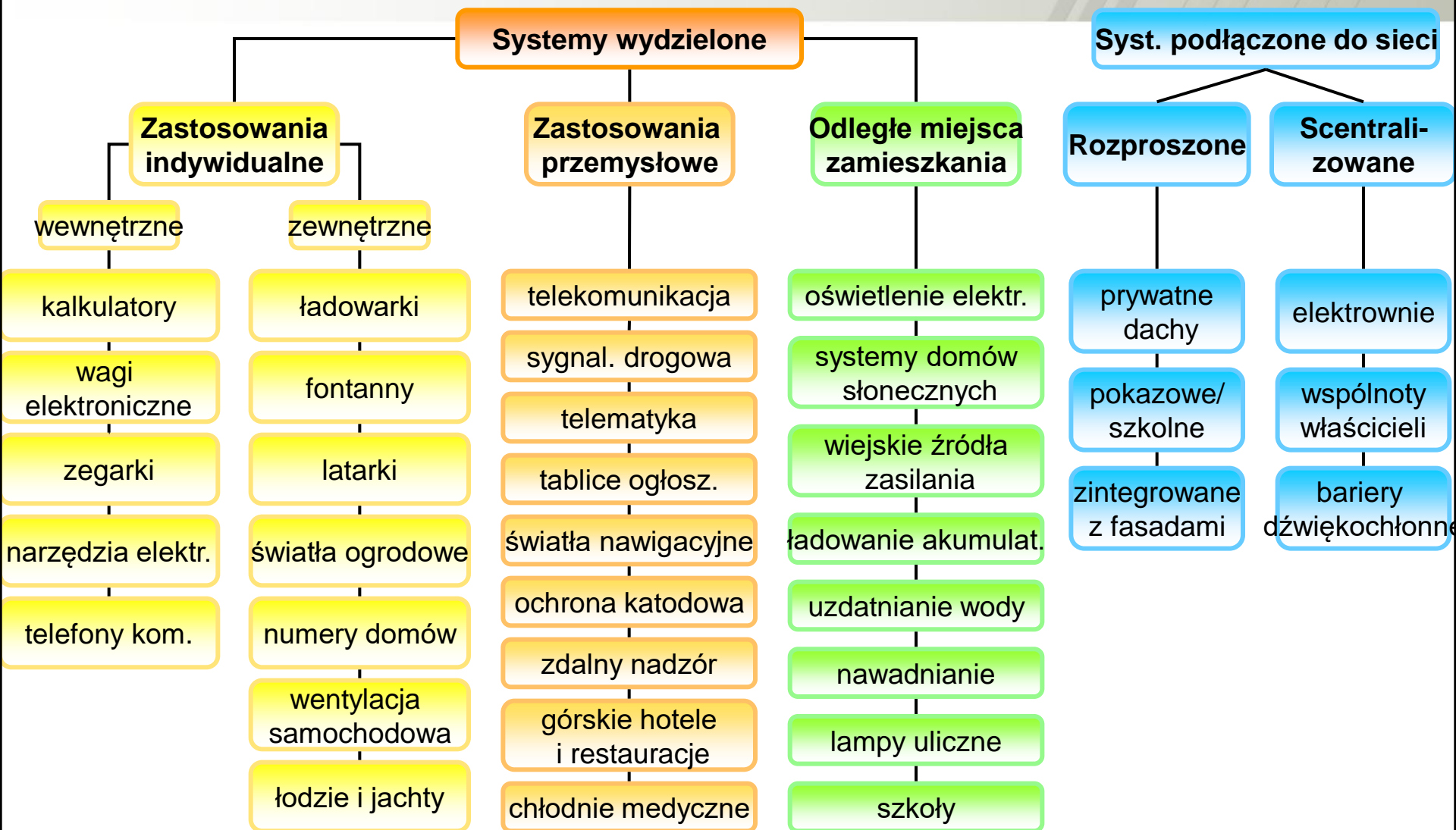
C-3 pok. 8 (parter), e-mail: [romus@agh.edu.pl](mailto:romus@agh.edu.pl)

Wydział EAIiIB

Katedra Automatyki i Robotyki

AGH Kraków 2020

# Zastosowania fotowoltaiki



# Systemy mikromocowe



źródło: różne informacje handlowe (DIY TRADE, DSnumbers, alibaba.com, www.wholesale.com )

# Komercyjne systemy autonomiczne (hybrydowe)



Źródło : <http://www.solari.it>



Źródło: BBC News



# Zdalny monitoring środowiska



Stacje pomiarowe w odkrywkowej kopalni miedzi Sierra Gorda, pustynia Atacama, Chile



# Nadzór nad ważnymi instalacjami



Stacja kontrolna instalacji gazowej. Kraków, ul Głowackiego



# Turystyka



Krakowski Rower Miejski. Kraków, Cichy Kącik.



# Turystyka



Krakowski Rower Miejski. Kraków, 2017.





# Turystyka

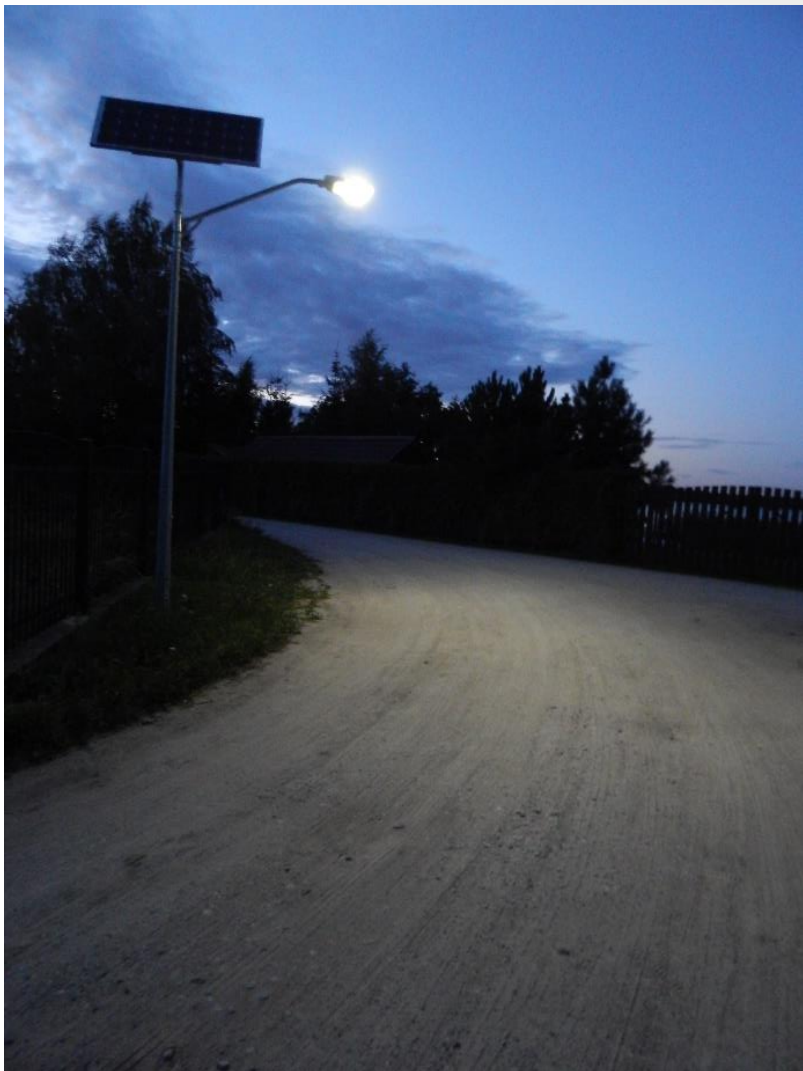


Tablice informacyjne: Zamek Królewski w Chęcinach i Hala Stulecia we Wrocławiu.



Mazury : oświetlenie „uliczne”





Mazury : oświetlenie „uliczne”

# Turystyka



Mazury : system ostrzegania przed niebezpiecznymi zjawiskami pogodowymi

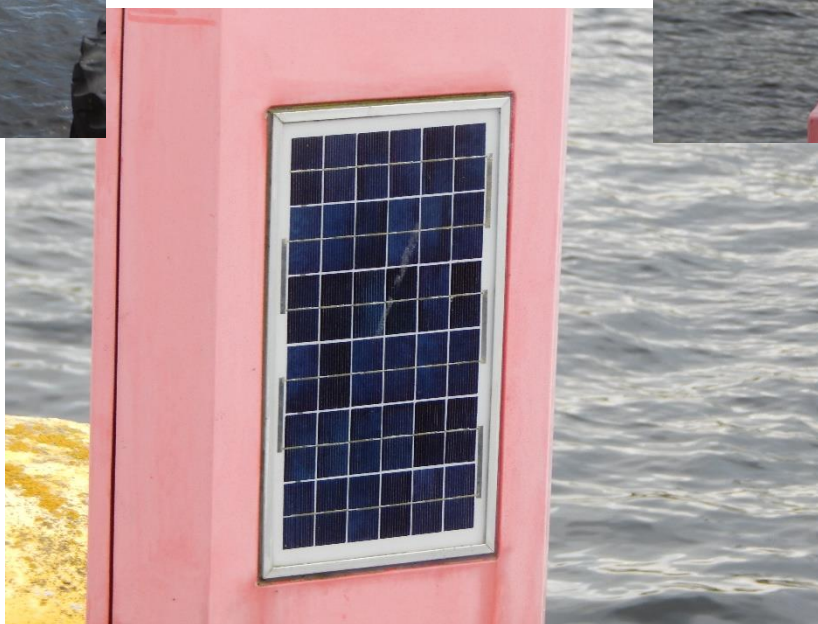


# Sygnalizacja drogowa, kolejowa i morska



źródło: różne informacje handlowe (SEALITEUSA, ELTEC, WWW.Solar-LED-Lights.cn, OkSolar, Affordable Solar)

# Sygnalizacja morska – wejście do portu w Kołobrzegu





# Realizacja zasilania w miejscach bez dostępu do sieci



Refuge de Tete Rousse  
3100 n.p.m



The Rappenecker Hof  
<http://idw-online.de/pages/en/image8360>

# Realizacja zasilania w miejscach bez dostępu do sieci

**Schronisko na Chrobaczej Łące 812 m.n.p.m**  
**Pierwsze polskie schronisko posiadające zasilanie fotowoltaiczne**  
**Lata 90' XX wieku**





# Realizacja zasilania w miejscach bez dostępu do sieci

Schronisko Górskie PTTK na Hali Ornak 1100 m.n.p.m



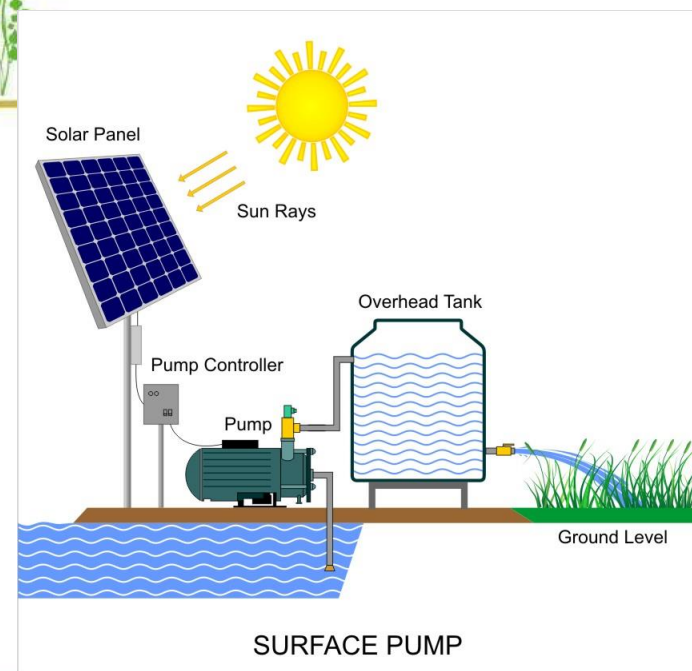
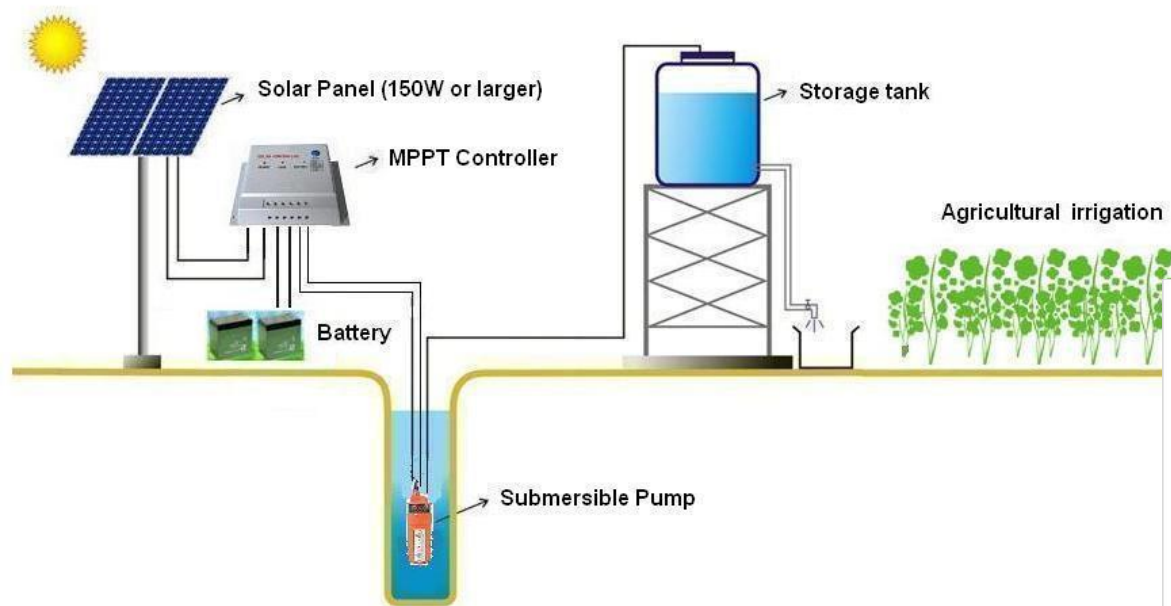
# Wspomaganie zasilania budynków użyteczności publicznej



Zespół szkół w jednej podkrakowskich gmin



## Systemy nawadniania i wodopoje



Źródło :<http://www.hinren.com>, <https://www.dhgate.com>

## *Systemy nawadniania i wodopoje*



Źródło <https://dir.indiamart.com/impcat/solar-water-pump.html>, <http://www.ecoworldsolar.com>, <http://www.topsunpump.com>, <https://solarpumps.com>



## *Fotowoltaiczne systemy oświetleniowe LED*



# Systemy oświetleniowe



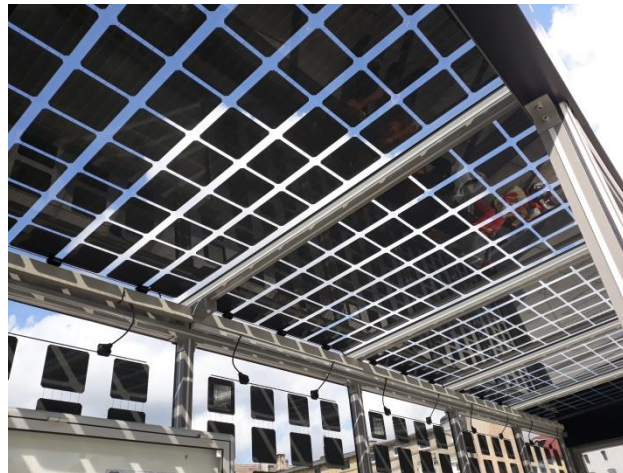
Ross Lovegrove Solar Trees in Vienna  
<http://inhabitat.com>



The sustainable city light concept  
<http://www.design.philips.com>



Fotowoltaiczna wiata komunikacji miejskiej





# Lampy solarne



Rzeszów / WSPiA Rzeszowska Szkoła Wyższa



Zaczermie / ML System S. A.



Zaczermie / ML System S.A.



Łódź / Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

# Systemy oświetleniowe



Oświetlenie węzła autostradowego  
Pustynia Atacama, Chile



# Fotowoltaika zainstalowana na dachach budynków mieszkalnych

źródło: <http://sinovoltaics.com>



BAPV

(doinstalowana do dachu)

BIPV

(zintegrowana z dachem)

# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV)

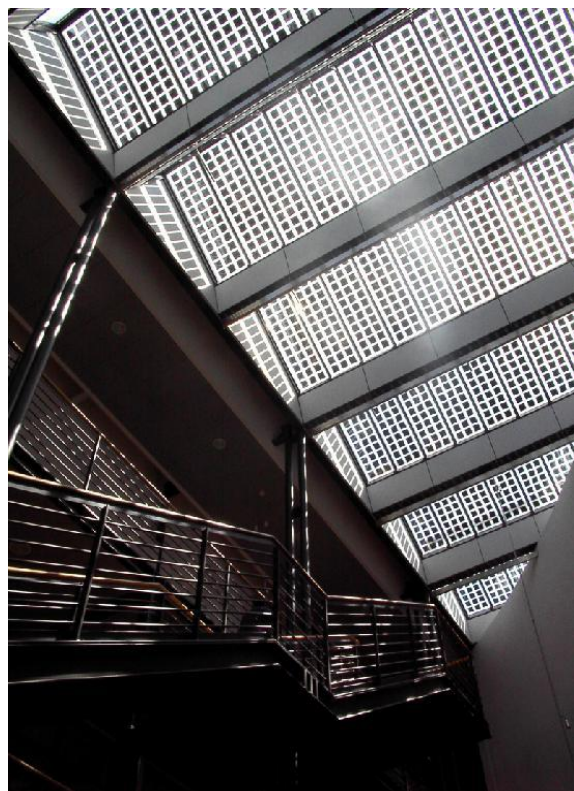


źródło: Fraunhofer ISE

Elementy fasady budynku wykonane z baterii słonecznych



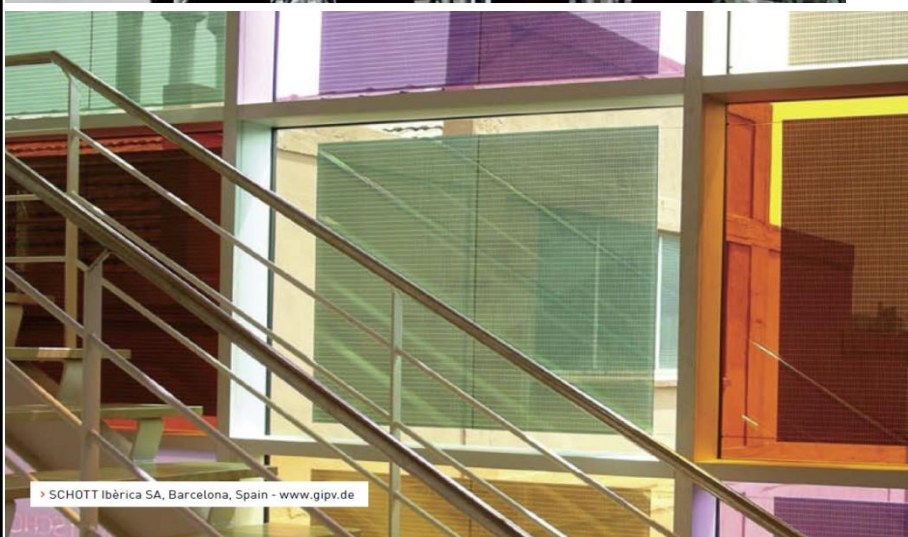
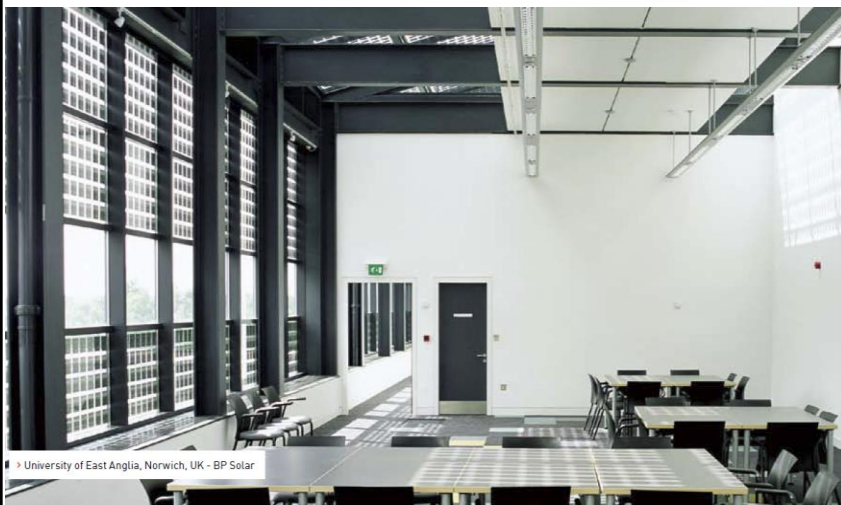
# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV)



źródło: Fraunhofer ISE

Pokrycia dachowe wykonane z baterii słonecznych

# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV)



Eden Project, Cornwall, UK  
<http://www.sharpmanufacturing.co.uk>

[http://www.gipv.de/BIPV\\_Brochure.pdf](http://www.gipv.de/BIPV_Brochure.pdf)



# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV)



**Eksperymentalno-badawczy budynek biurowy. Kraków ul Balicka**

# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV)



Budynek pasywny. Euro-Centrum Katowice. Źródło: <http://www.euro-centrum.com.pl>



# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV)

## OGNIWA BIPV

### OGNIWA DLA BIPV

Ogniwa dedykowane dla BIPV mogą być wykorzystane w lamelach żaluzji osłonowych, wypełnieniu fasad słupowo-ryglowych, świetlikach dachowych, balustradach oraz innych elementach stolarki.

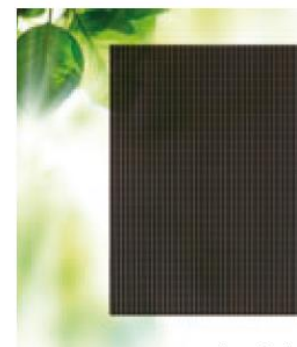
Ilustracje przedstawiają wybrane ogniwa.



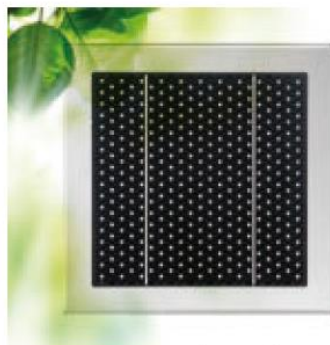
ogniwo drukowane



ogniwo amorficzne z powłoką barwioną



ogniwo cienkowarstwowe o transparentności 10%



ogniwo semitransparentne polikrystaliczne romb



ogniwo monokrystaliczne z tylną powłoką barwioną



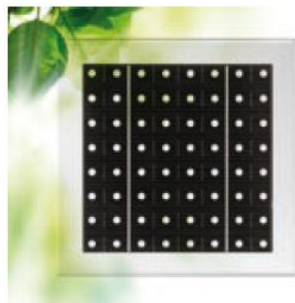
ogniwo monokrystaliczne back contact



ogniwo cienkowarstwowe o transparentności 5%

Kolorowe ogniwa PV

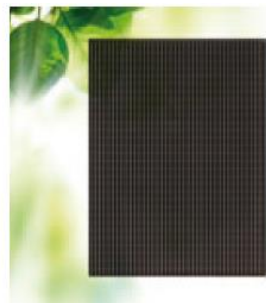
# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV)



ogniwo semitransparentne polikrystaliczne koło



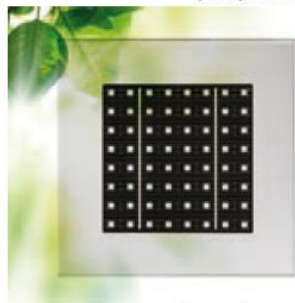
ogniwo cienkowarstwowe o transparentności 20%



ogniwo cienkowarstwowe o transparentności 15%



ogniwo polikrystaliczne barwione silver



ogniwo semitransparentne monokrystaliczne



ogniwo polikrystaliczne barwione green



ogniwo monokrystaliczne



ogniwo polikrystaliczne barwione gold



ogniwo polikrystaliczne barwione grey



ogniwo polikrystaliczne barwione blue



ogniwo polikrystaliczne barwione red

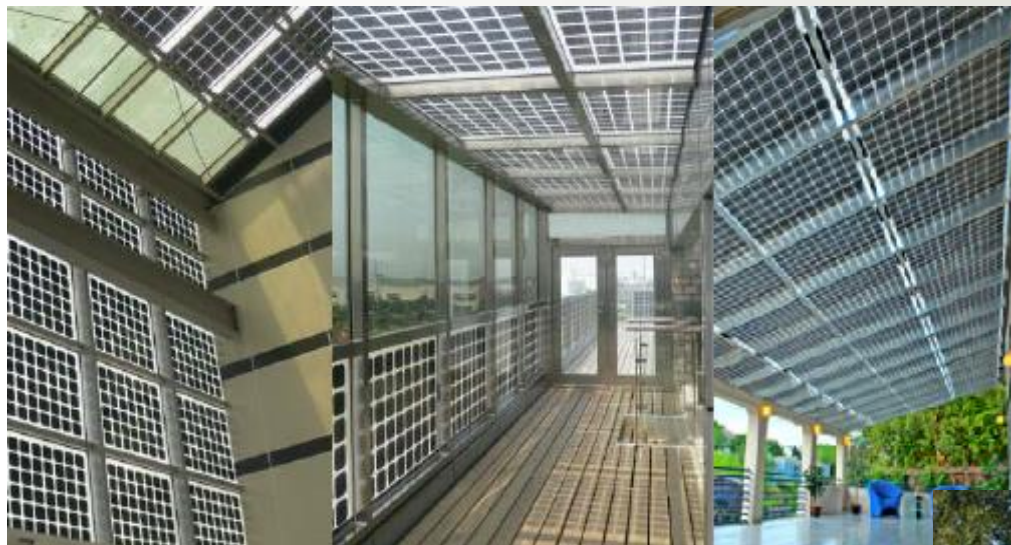


ogniwo polikrystaliczne barwione green

Kolorowe ogniwa PV



# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV)



źródło: Sugan Solar System Solutions,

Źródło: <http://www.treehugger.com/solar-technology>

Elementy budynków mieszkalnych wykonane z przepuszczających światło paneli fotowoltaicznych



# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV)



źródło: PV ezRack

Panele fotowoltaiczne stanowiące część pokrycia dachowego



# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV)



źródło: SOLÉ Solar Power Tile

## Dachówki fotowoltaiczne



źródło: [www.scientificamerican.com](http://www.scientificamerican.com)



źródło: Stellar Energy Contrac

# Fotowoltaika zintegrowana z budynkami (BIPV) – Tesla Roof



źródło: /www.tesla.com/solar

Folia nadająca kolor



Wysokowydajne ogniwo PV

Hartowane szkło



# Fotowoltaika doinstalowywana do budynków (BAPV)



Fotowoltaiczny system zacieleniowy (markiza) AGH Budynek C-3

# Przykład BAPV w Jaworznie

## Sanktuarium Matki Bożej Nieustającej Pomocy



**kwiecień 2011**





AGH

# Przykład BAPV w Łodzi

Wojewódzki Specjalistyczny Szpital  
im. dr Wł. Biegańskiego  
**220 kWp**





# Przykład BAPV w Zakopanem

## Galeria handlowa Krupówki 40



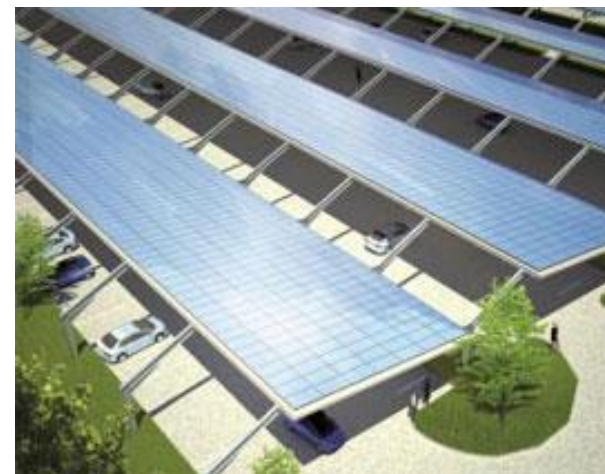


# Przykład BAPV AGH Kraków

**Dach pawilonu C3**  
**ok. 13 kWp**  
**grudzień 2016**



# Wiaty fotowoltaiczne (mała architektura)



źródło: <http://www.schott.com>, [www.solarserver.de](http://www.solarserver.de), [trackenergy.com.au](http://trackenergy.com.au)



# Wiaty fotowoltaiczne (mała architektura)

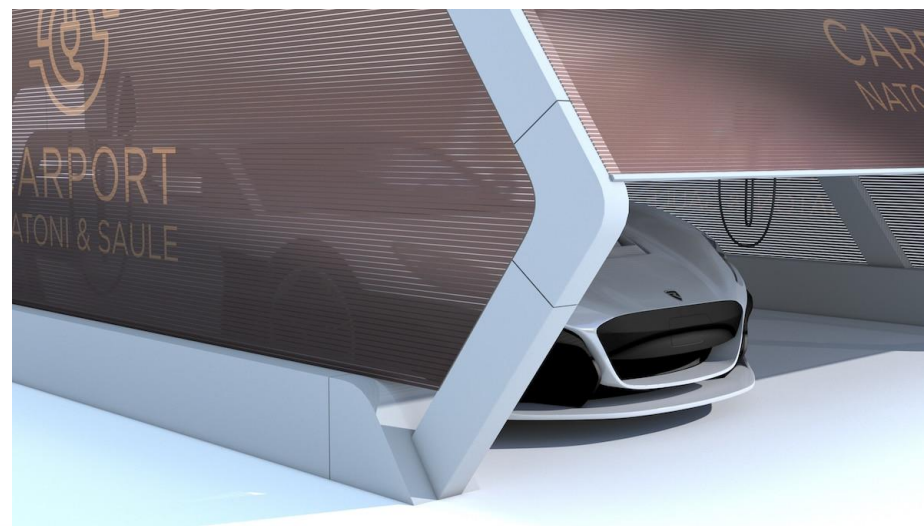
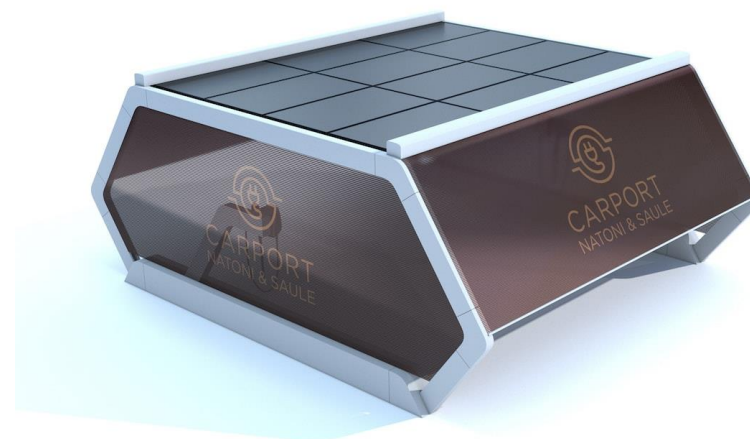


Źródło: [www.dailygreen.de](http://www.dailygreen.de), [www.sunside-carports.de](http://www.sunside-carports.de)

# Wiaty fotowoltaiczne – carporty (mała architektura)



SAULE  
TECHNOLOGIES



Źródło: [www.sauletech.com](http://www.sauletech.com)



# Wiaty fotowoltaiczne (mała architektura)

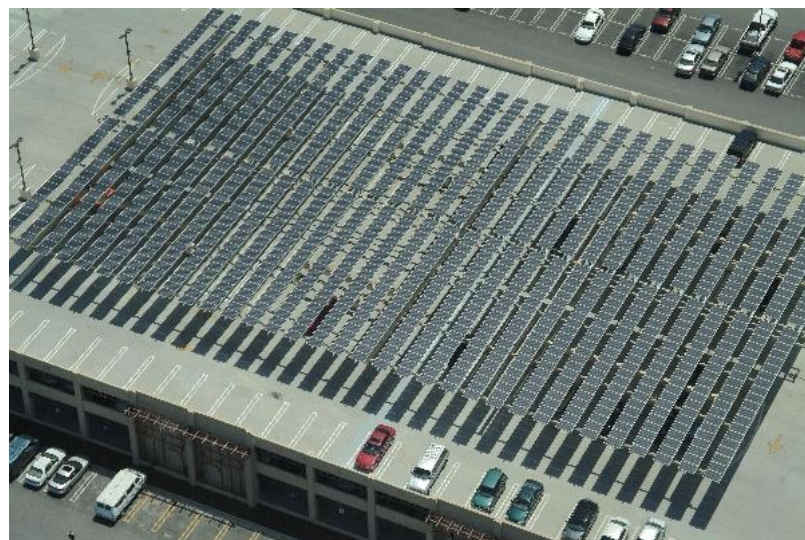
Chojnice,  
Park 1000-lecia  
9,6kWp

Zasilanie oświetlenia  
monitoringu parku.

Źródło: [www.sunnyportal.com](http://www.sunnyportal.com)



# Dachy fotowoltaiczne



źródło: [www.belectric.com](http://www.belectric.com), [www.sustainableplant.com](http://www.sustainableplant.com),  
<http://www.gosolarcalifornia.ca.gov>



# Dachy fotowoltaiczne



źródło: [www.sma-sunny.com](http://www.sma-sunny.com), <http://www.gosolarcalifornia.ca.gov>



# Dachy fotowoltaiczne



źródło: [www.lapsedphysicist.org](http://www.lapsedphysicist.org)

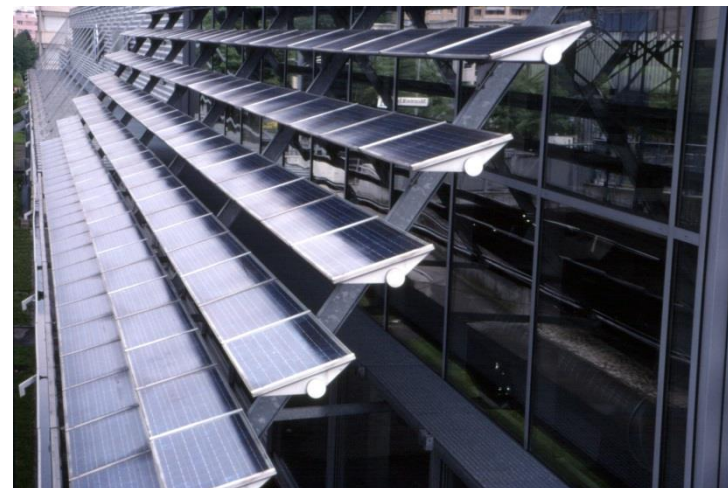
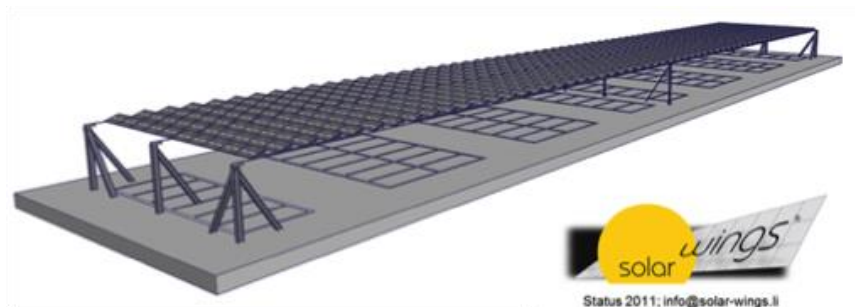


# Drzewa fotowoltaiczne



źródło: [www.geocaching.com](http://www.geocaching.com), [www.solarserver.de](http://www.solarserver.de), [www.resutec.de](http://www.resutec.de)

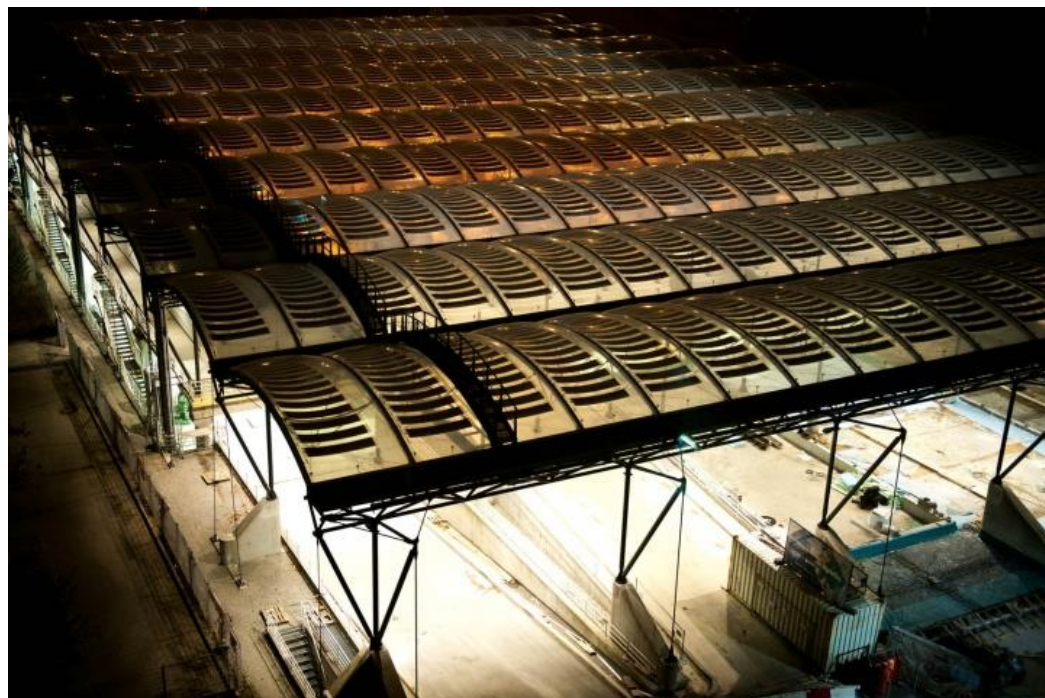
# Rozwiązania nietypowe



źródło: [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org), [greenzu.com](http://greenzu.com), [www.engineering.zhaw.ch](http://www.engineering.zhaw.ch), [inhabitat.com](http://inhabitat.com)



# Moduły PV przepuszczające światło





# Moduły PV przepuszczające światło



źródło: [www.weiku.com](http://www.weiku.com), [www.osps.eu](http://www.osps.eu), [www.archiexpo.com](http://www.archiexpo.com), [www.pv-magazine.com](http://www.pv-magazine.com)



# Komercyjne elektrownie fotowoltaiczne



San Luis Obispo County, California USA  
Topaz Solar Farm 550 MWp  
9 mln. modułów CdTe (First Solar)  
Źródło: Wikipedia

**1 MWp  
~ 2 ha gruntu**

Hokuto-City, Japan 1,2MWp



# Komercyjne elektrownie fotowoltaiczne



Yuma County, Arizona USA  
Agua Caliente Solar Project 247MWp (397MWp)

<http://www.YumaSun.com/>



**Pierwsza w Polsce farma fotowoltaiczna o mocy 1,0 MWp w Wierzchosławicach została uruchomiona w dniu 30.09.2011 r.**



Fot. Archiwum GEORYT Krzysztof Witkowski

# Elementy systemu fotowoltaicznego

## Moduł(y) fotowoltaiczne

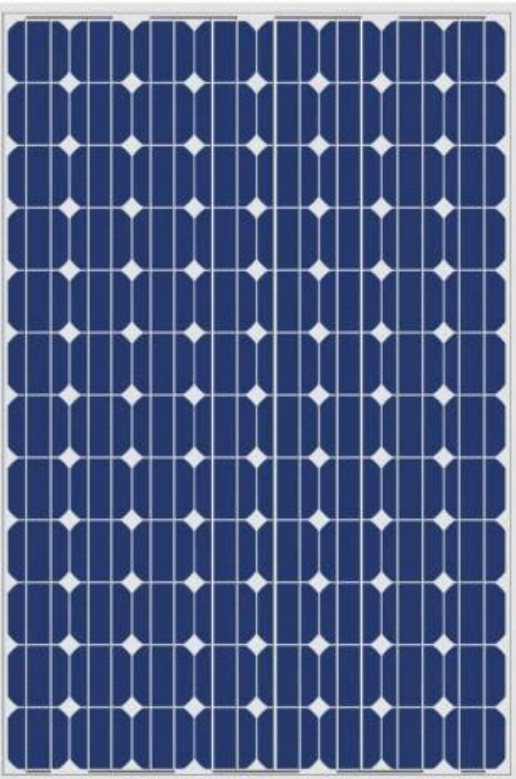
- Stanowią generator energii elektrycznej
- Łączy się je w pola fotowoltaiczne
- Montowane są na konstrukcjach wsporczych zapewniających odpowiednie kąty ustawienia oraz wytrzymałość mechaniczną



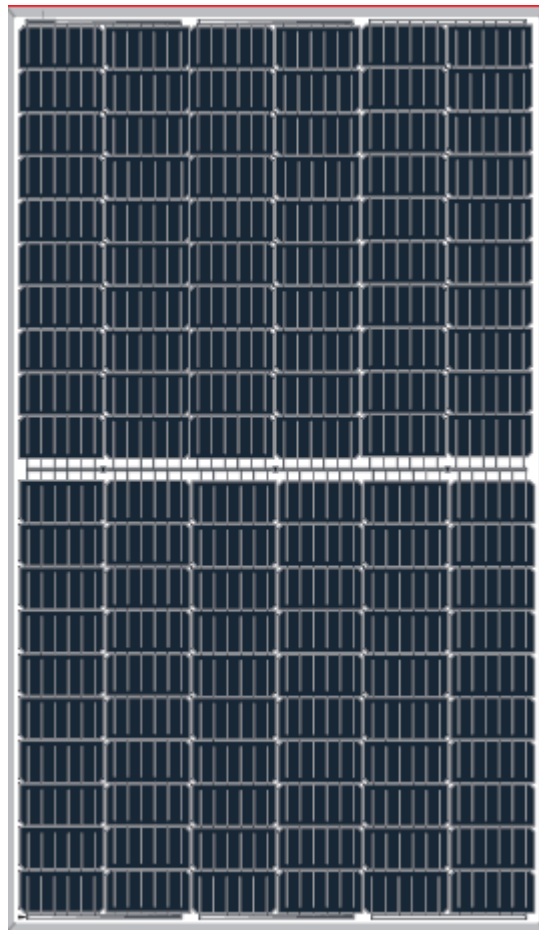
zdjęcie: Kyocera – materiały handlowe



# Rodzaje modułów PV krzem monokrystaliczny



Ogniwa pełne



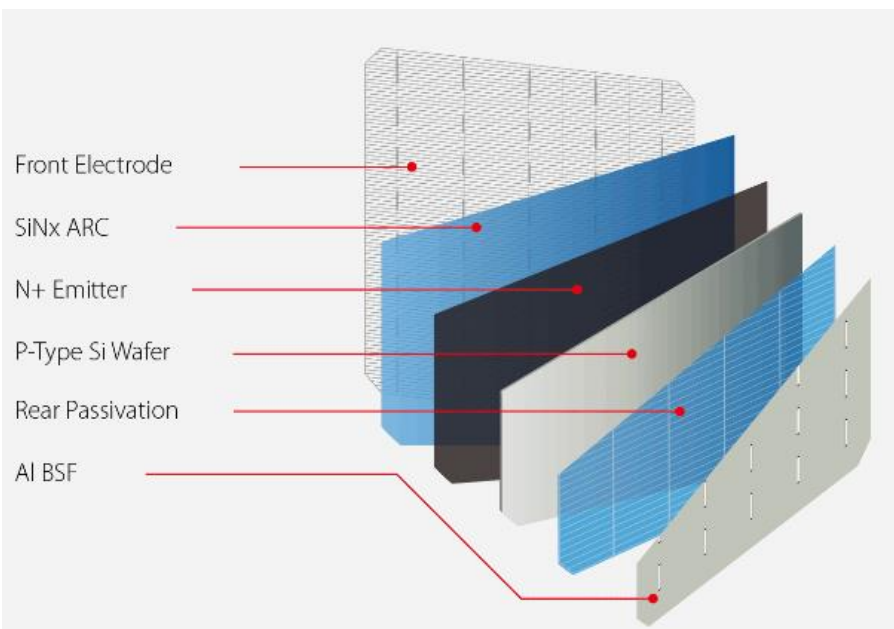
Ogniwa połówkowe



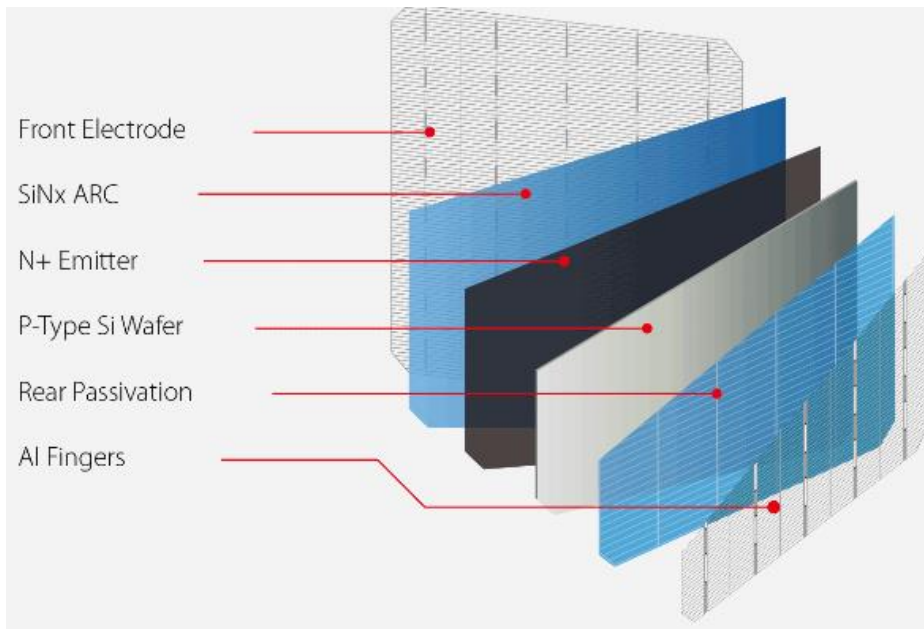
źródło : [www.ecvv.com](http://www.ecvv.com) ,  
[ledprince.in/ledprince](http://ledprince.in/ledprince),  
[en.longi-solar.com](http://en.longi-solar.com)

# Nowe rozwiązania ogniw krzemowych ogniw krystalicznych

## Technologia PERC

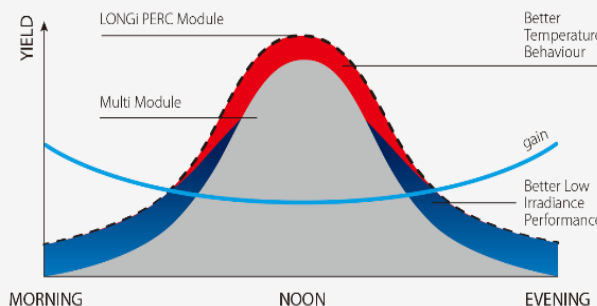


## Ogniwa dwustronne PERC



### PERC cell

The PERC cell has a passivated rear side and a laser grooving process, which significantly improves the cell efficiency.



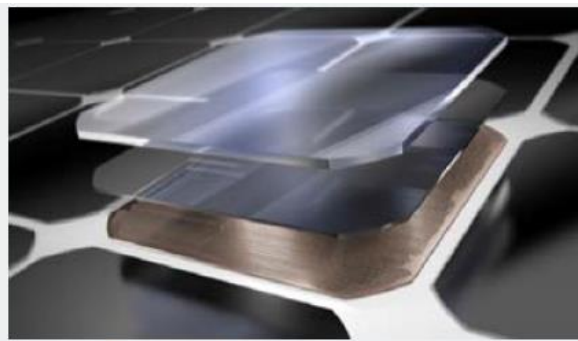
### Bifacial PERC

For a bifacial PERC cell, the Al back surface field is replaced by Al grid, hence render the majority of rear side transparent and attain a bifaciality of 75%-80%.

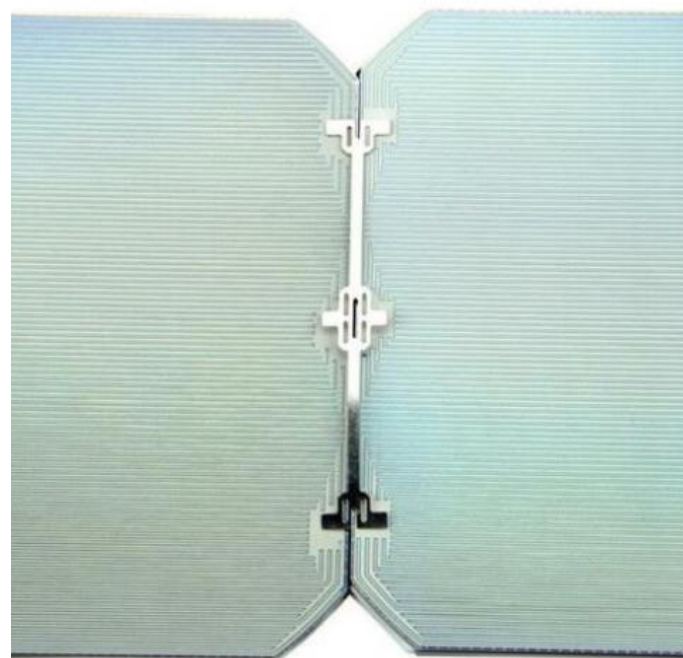
źródło : [en.longi-solar.com](http://en.longi-solar.com)



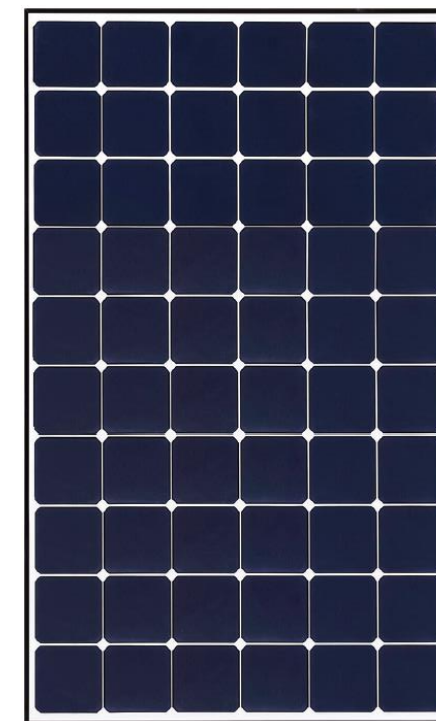
# Rodzaje modułów PV krzem monokrystaliczny bez kontaktów czółowych



Maxeon® Solar Cells: Fundamentally better



LG NeON<sup>®</sup>R



SPR-X22-360

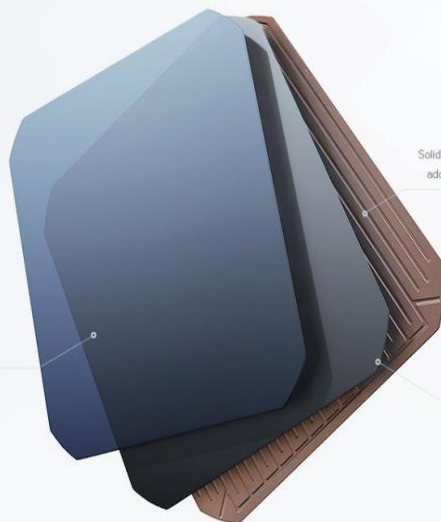
źródło : sunpower, LG, [www.inferoxmarket.com](http://www.inferoxmarket.com)

# Rodzaje modułów PV - bez kontaktów przednich

## Maxon™ Quality Cells

Compared to a conventional panel, a SunPower™ solar panel produces 60% more energy over the first 25 years.<sup>1</sup>

LEARN MORE



Solid copper foundation  
adds massive strength.



Unique light-trapping surface  
grabs more power.

Ultra pure silicon delivers  
optimal power conversion.



źródło : <http://global.sunpower.com>



# Dwustronne moduły PV (bi-facial)

Moduły PV przetwarzające światło padające z przodu i z tyłu

**Sunmodule Bisun**  
**SW 280 DUO**



## REAKCJA W OPTYMALNYCH WARUNKACH

		6 %	10 %	20 %	25 %
<i>Dodatkowa energia</i>					
<i>Moc znamionowa</i>	$P_{max}$	296 Wp	306 Wp	331 Wp	344 Wp
<i>Napięcie jałowe</i>	$U_{oc}$	39,6 V	39,6 V	39,6 V	39,6 V
<i>Napięcie MPP</i>	$U_{mpp}$	32,1 V	32,0 V	31,8 V	31,7 V
<i>Prąd zwarciovy</i>	$I_{sc}$	9,96 A	10,34 A	11,28 A	11,75 A
<i>Natężenie MPP</i>	$I_{mpp}$	9,21 A	9,56 A	10,43 A	10,86 A
<i>Współczynnik skuteczności modułu</i>	$\eta_m$	17,64 %	18,25 %	19,77 %	20,52 %

## REAKCJA PRZY TEŚCIE W WARUNKACH STANDARDOWYCH (STC)\*

<i>Moc znamionowa</i>	$P_{max}$	280 Wp
<i>Napięcie jałowe</i>	$U_{oc}$	39,6 V
<i>Napięcie MPP</i>	$U_{mpp}$	32,0 V
<i>Prąd zwarciovy</i>	$I_{sc}$	9,40 A
<i>Natężenie MPP</i>	$I_{mpp}$	8,84 A
<i>Współczynnik skuteczności modułu</i>	$\eta_m$	16,70 %

Tolerancja pomiarów ( $P_{maks.}$ ) z możliwością powołania się na TÜV Rheinland: +/- 2% (TÜV Power controlled, ID 0000039351)

\*STC: 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5

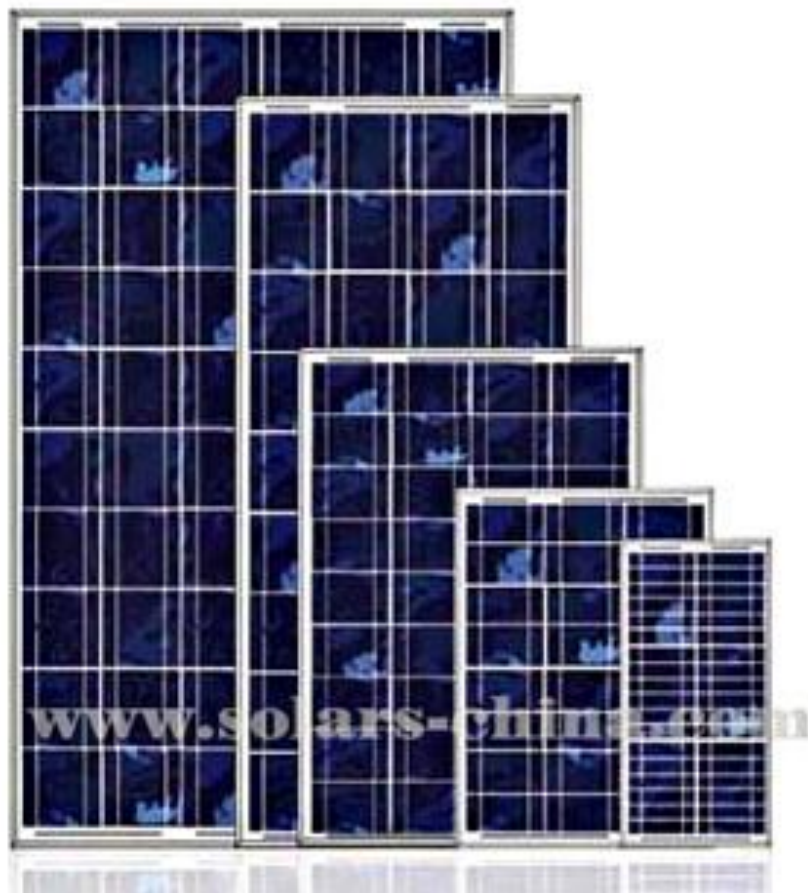
## REAKCJA PRZY 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1.5

<i>Moc znamionowa</i>	$P_{max}$	208,9 Wp
<i>Napięcie jałowe</i>	$U_{oc}$	36,2 V
<i>Napięcie MPP</i>	$U_{mpp}$	29,2 V
<i>Prąd zwarciovy</i>	$I_{sc}$	7,6 A
<i>Natężenie MPP</i>	$I_{mpp}$	7,14 A
<i>Współczynnik skuteczności modułu</i>	$\eta_m$	16,70 %

Nieznaczna redukcja współczynnika skuteczności przy reakcji na częściowe obciążenie w 25°C: przy 200 W/m<sup>2</sup> osiąga się 97 % (+/- 3 %) współczynnika STC.



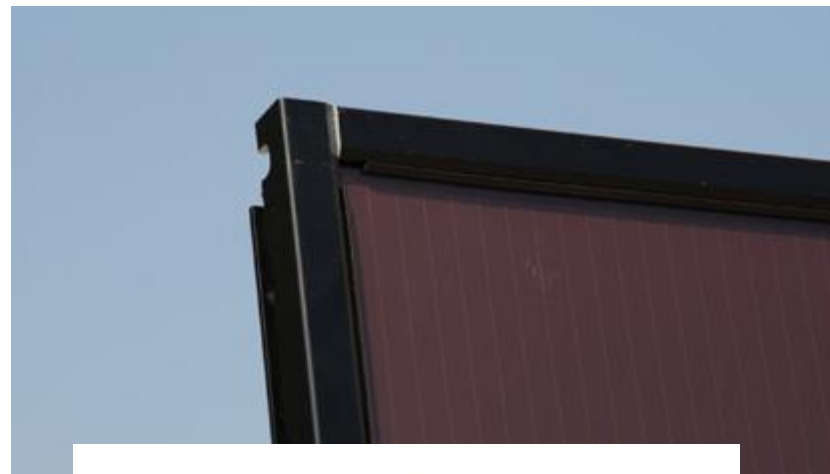
# Rodzaje modułów PV - krzem multiktystaliczny



źródło : <http://www.solars-china.com>, <http://www.sunlightelectric.com>



# Rodzaje modułów PV moduły cienkowarstwowe



źródło : First Solar Agua Caliente Arizona USA  
<http://www.made-in-china.com>,  
<http://www.brijfootcare.in/solar-technologies>

# Elementy systemu fotowoltaicznego

## Regulator ładowania (charge - controller)

- Decyduje o rozplywie energii w autonomicznym systemie PV
- Nadzoruje proces ładowania/rozładowania akumulatora
- Wizualizuje stan pracy systemu
- Inne funkcje (wyłącznik zmierzchowy, włącznik generatora pomocniczego)

zdjęcia: Steca Elektronik GmbH





# Elementy systemu fotowoltaicznego

## Akumulator(y)

- Ma zgromadzić zapas energii niezbędny do zapewnienia wymaganej autonomii wydzielonego systemu PV
- Najczęściej wykorzystuje się kwasowo- ołowiowe akumulatory z elektrolitem w postaci żelu
- Magazyn energii buduje się poprzez szeregowo-równoległe łączenie akumulatorów o napięciu 2V, 6V lub 12V
- Pomieszczenie akumulatorowni wymaga wietrzenia



zdjęcia: [www.Sonnenchein.org](http://www.Sonnenchein.org)



# Elementy systemu fotowoltaicznego

## Falownik (inverter)

- Zamienia napięcie stałe z modułów PV na napięcie przemiennie o parametrach sieciowych
- Może posiadać izolację DC/AC (transformator) lub nie.
- Typy falowników:
  - Wyspowy (off-grid)
  - Współpracujący z siecią (on-grid)
  - Jednofazowy
  - Trójfazowy
- Zakres mocy falowników od 150W do 20kW
- Falowniki centralne o mocach od 100 do 500kW



zdjęcia: SMA Solar Technology AG



# Elementy systemu fotowoltaicznego

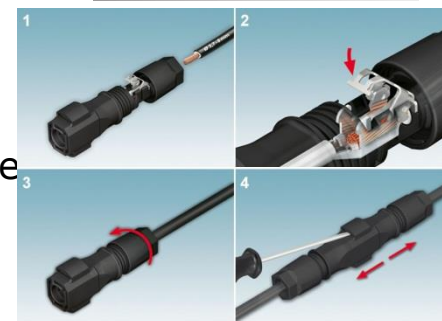
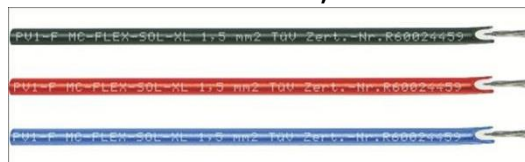
## Przewody i złącza

Zdjęcia: MultiContact, PhoenixContact, IBC, Helukabel

- Mają zapewnić bezawaryjną pracę systemu przez ponad 20 lat.
- Muszą być odporne na zmienne warunki pogodowe.
- Muszą posiadać zabezpieczenia przed przypadkowym rozłączeniem
- Najpopularniejsze standardy złącz:
  - MultiContact **MC3 i MC4**
  - PhoenixContact **Sunclix**
- Przewody solarne – elastyczne (linka), odporne na działanie UV

i wysokiego napięcia (min. 1000 V)

- Przykłady: IBC Flexisun, Helukabel Solarflex-X, MultiContact Flex



# Elementy systemu fotowoltaicznego

## Konstrukcja wsporcza

- Stalowa lub aluminiowa konstrukcja łącząca moduły fotowoltaiczne z budynkiem (dach, fasada) lub podłożem ziemnym.
- Ma zapewnić odpowiednie kąty ustawienia modułów PV oraz odporność na podmuchy wiatru.
- Tak jak ramy modułów oraz wszystkie metalowe obudowy urządzeń użytych do budowy systemu PV konstrukcja wsporcza musi być uziemiona.
- Spotyka się najróżniejsze sposoby łączenia konstrukcji wsporczej z bryłą budynku lub podłożem (stawianie, przykręcanie, wbijanie montaż na betonowych fundamentach).





# Elementy systemu fotowoltaicznego

## Konstrukcja wsporcza



# Warunki testowania modułów PV

## norma EN 61853-1

Nazwa /opis	Strumień światła [W/m <sup>2</sup> ]	Temperatura [°C]
<b>STC</b> Standard Test Conditions	1000	25 (ogniwo)
<b>NOCT</b> Nominal Operating Cell Temperature (IEC 61215 lub IEC 61646)	800	20 (otoczenie)
<b>LIC</b> Warunki słabego oświetlenia	200	25 (ogniwo)
<b>HTC</b> Warunki wysokiej temperatury	1000	75 (ogniwo)
<b>LTC</b> Warunki niskiej temperatury	500	15 (ogniwo)

Wszystkie pomiary wykonywane przy widmie promieniowania słonecznego AM1,5



# Standard Test Conditions (STC)

- **Natężenie promieniowania słonecznego:** 1000 [W/m<sup>2</sup>]
- **Widmo promieniowania słonecznego:** AM=1.5
- **Temperatura pracy modułu:** 25°C

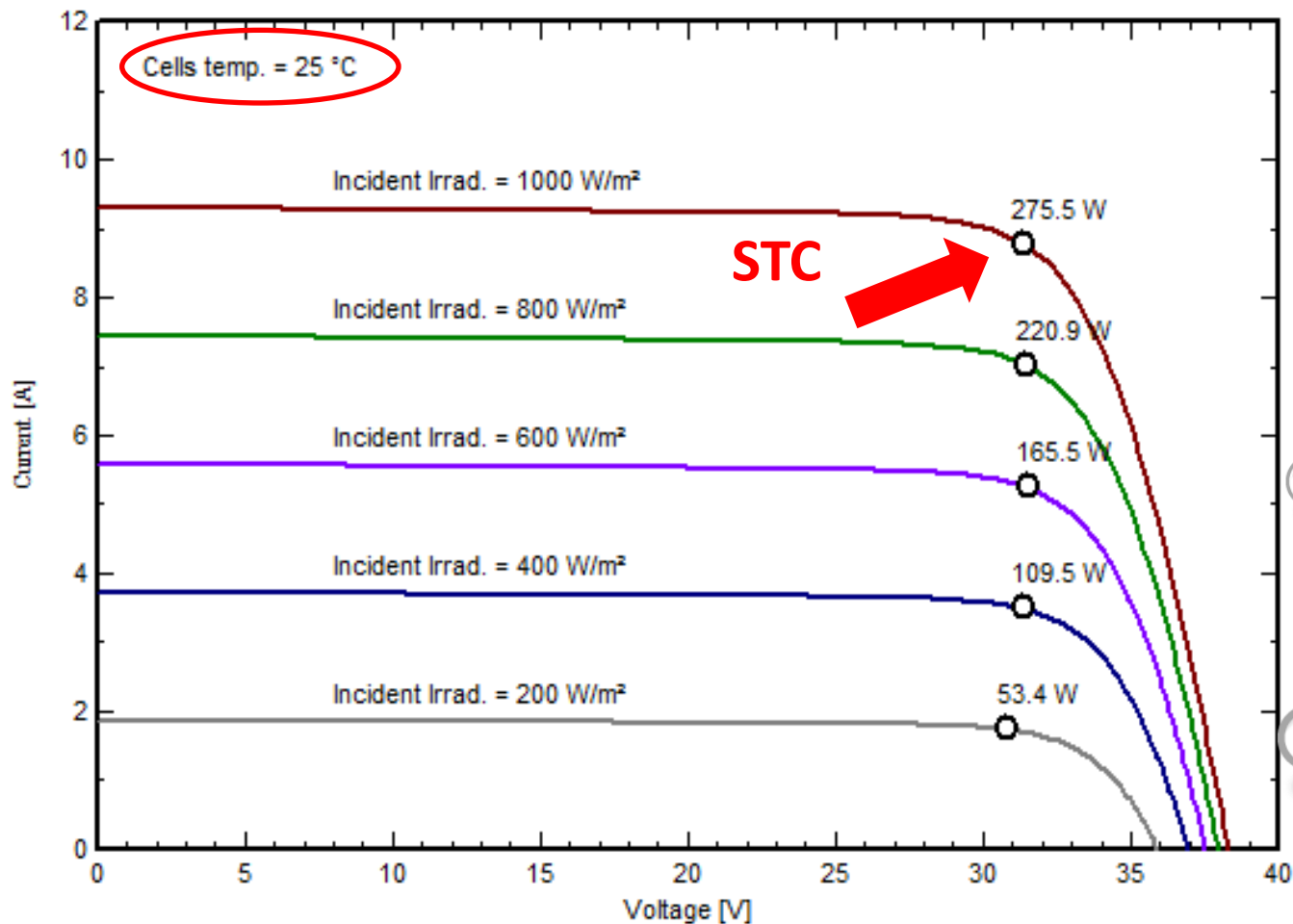
## Dla warunków STC

podaje się następujące parametry modułu:

- moc znamionową
- sprawność
- napięcie układu otwartego (bez obciążenia)
- prąd zwarciový modułu
- optymalny punkt pracy (napięcie i prąd, przy których uzyskuje się z modułu moc znamionową)

# Charakterystyka I/V modułu fotowoltaicznego

PV module: Canadian Solar Inc., CS6K - 275M-FG





# Normal (Nominal) Operating Cell Temperature NOCT

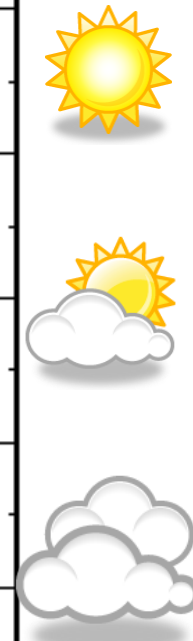
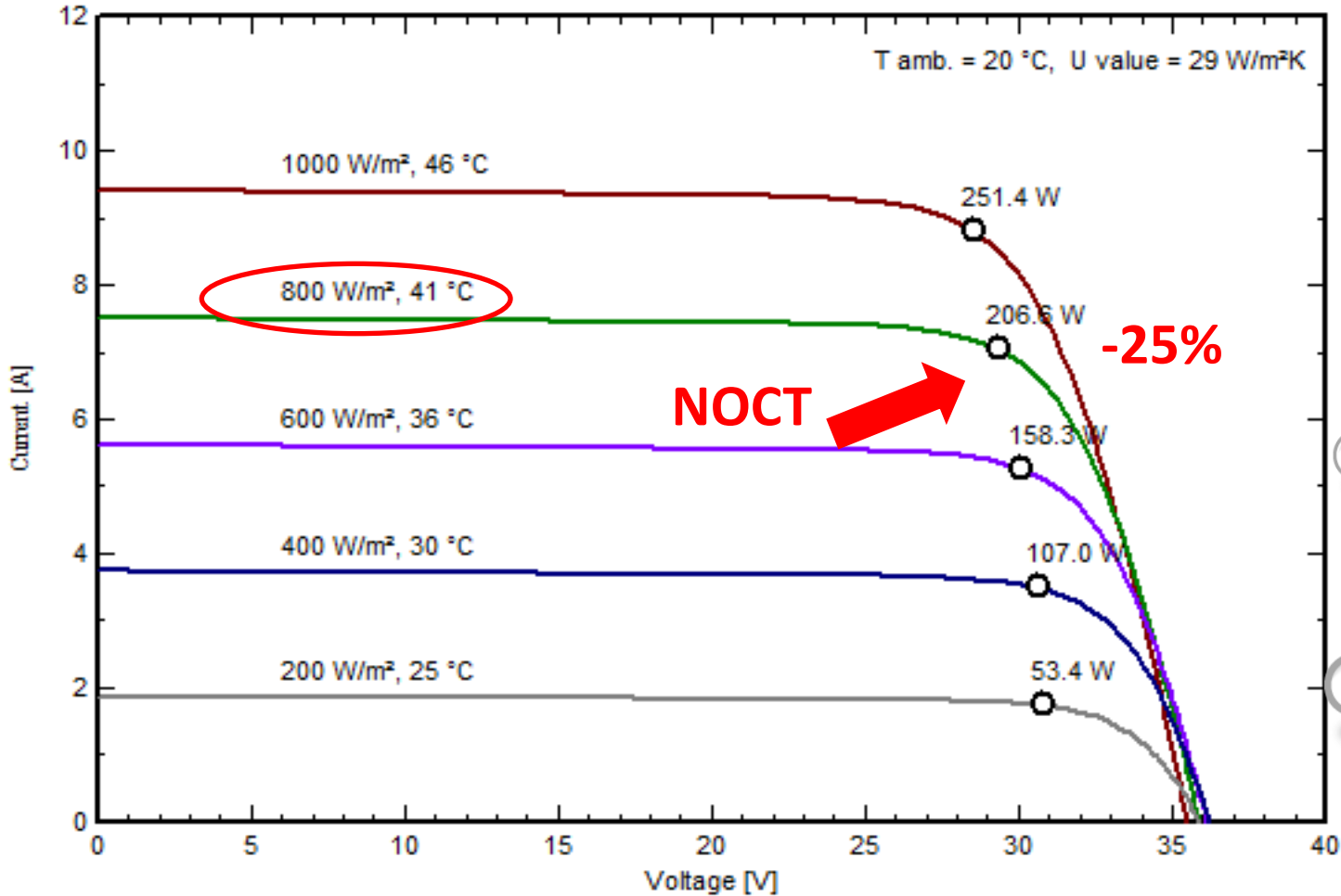
- Natężenie promieniowania słonecznego: **800 [W/m<sup>2</sup>]**
- Widmo promieniowania słonecznego: **AM=1.5**
- Temperatura pracy modułu: **40-46°C**

temperatura jaką osiąga ogniwo przy oświetleniu 800W/m<sup>2</sup>, przy temperaturze powietrza 20°C i wietrze wiejącym z prędkością 1 m/s.

Zgodnie z normą PN-EN 61215 obecnie stosuje się pojęcie Nominal Module Operating Temperature (NMOT). Zmiana nazewnictwa (i metodologii pomiaru tej temperatury) wynika z przyczyn praktycznych : pomiaru temperatury dokonuje się czujnikiem przytkniętym do tylnej (backsheet) powierzchni modułu więc jest to temperatura modułu a nie samego ogniwa. Temperaturę ogniwa można obliczyć na podstawie pomiaru napięcia układu otwartego całego modułu.

# Normal (Nominal) Operating Cell Temperature NOCT

PV module: Canadian Solar Inc., CS6K - 275M-FG





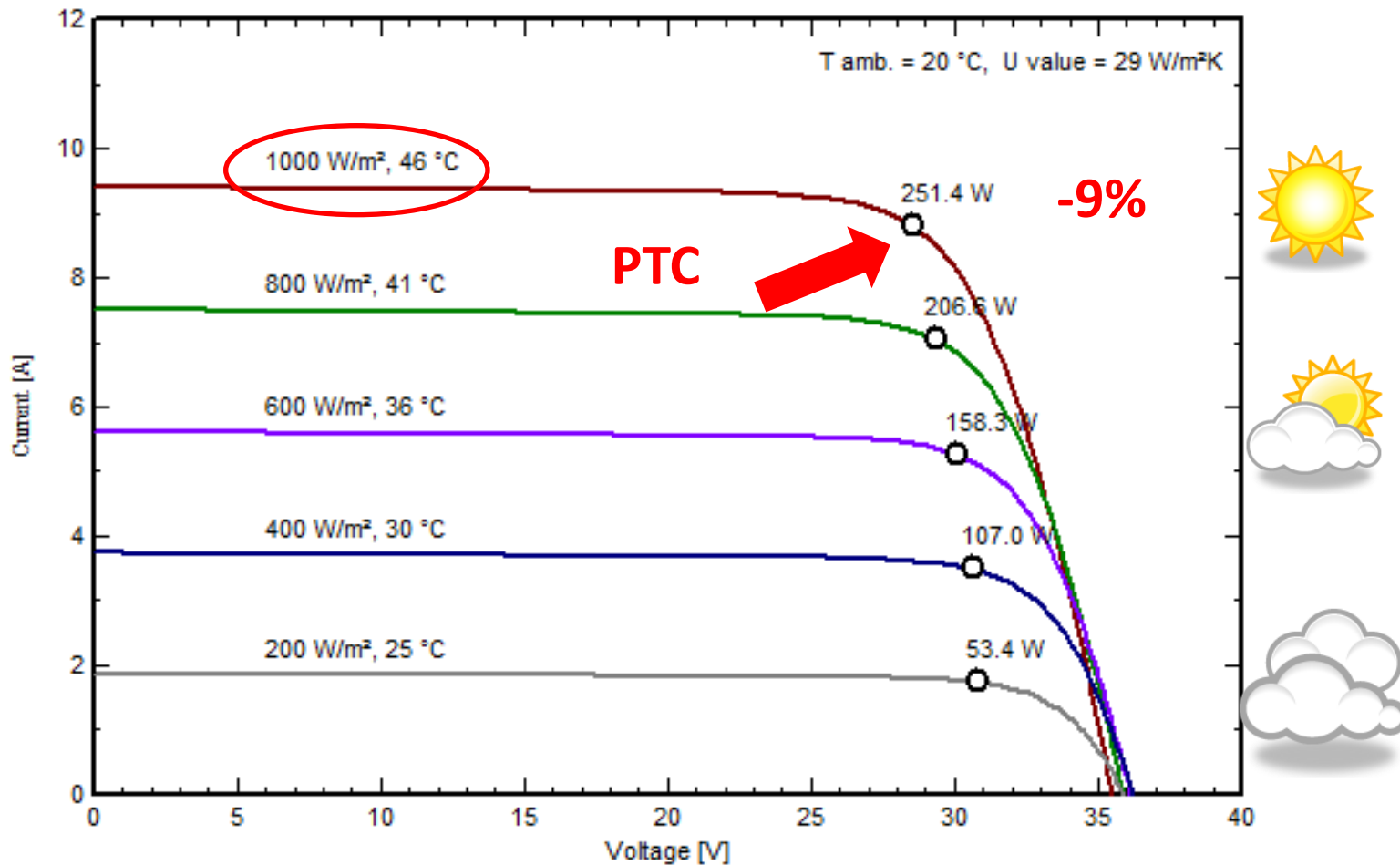
# PTC – PVUSA Test Conditions

- Natężenie promieniowania słonecznego: **1000 [W/m<sup>2</sup>]**
- Widmo promieniowania słonecznego: **AM=1.5**
- Temperatura pracy modułu: **45-49°C**

**temperatura jaką osiąga moduł przy oświetleniu 1000W/m<sup>2</sup>, przy temperaturze powietrza 20°C i wietrze wiejącym z prędkością 1 m/s.**

# PTC – PVUSA Test Conditions

PV module: Canadian Solar Inc., CS6K - 275M-FG

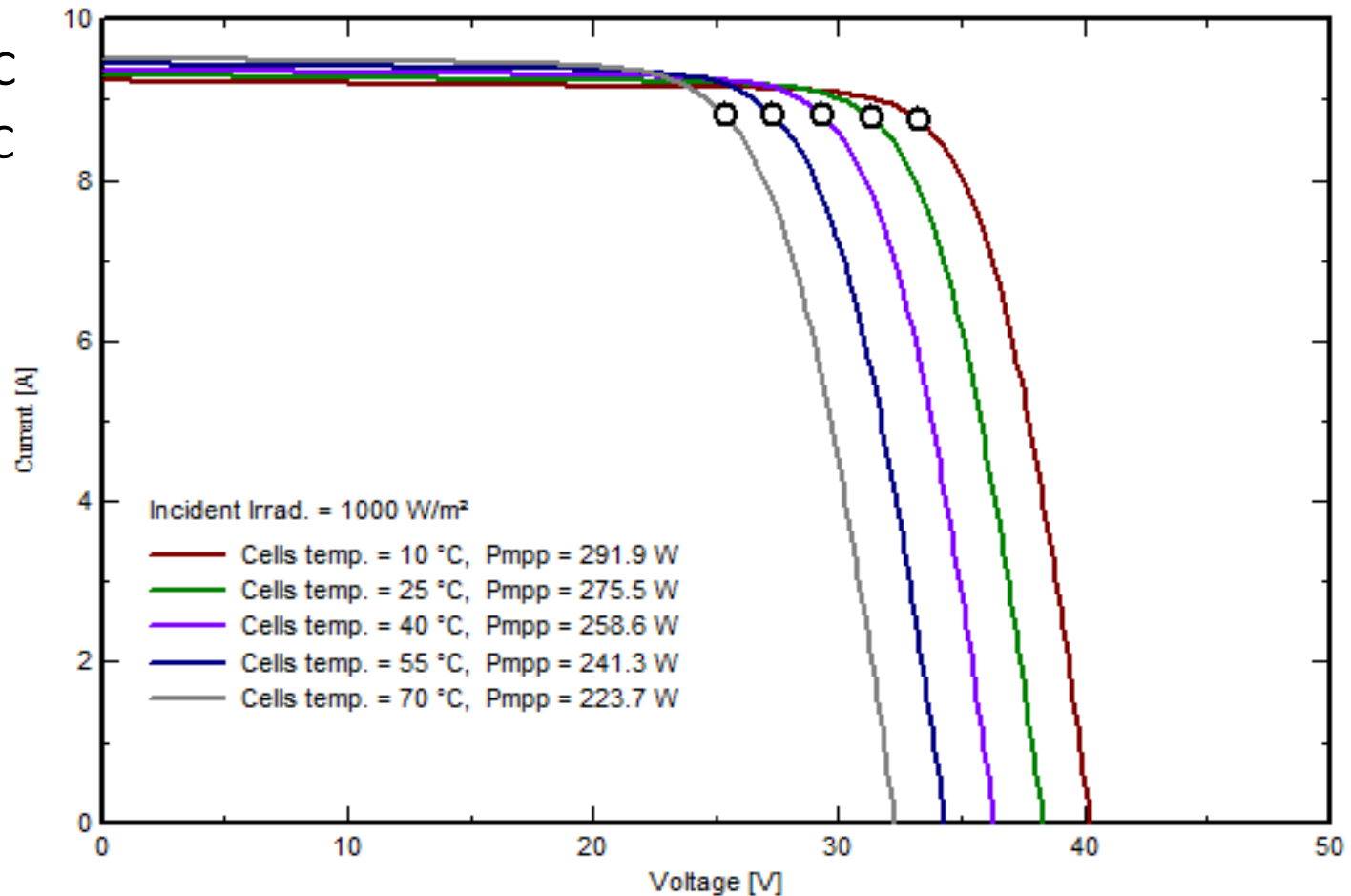




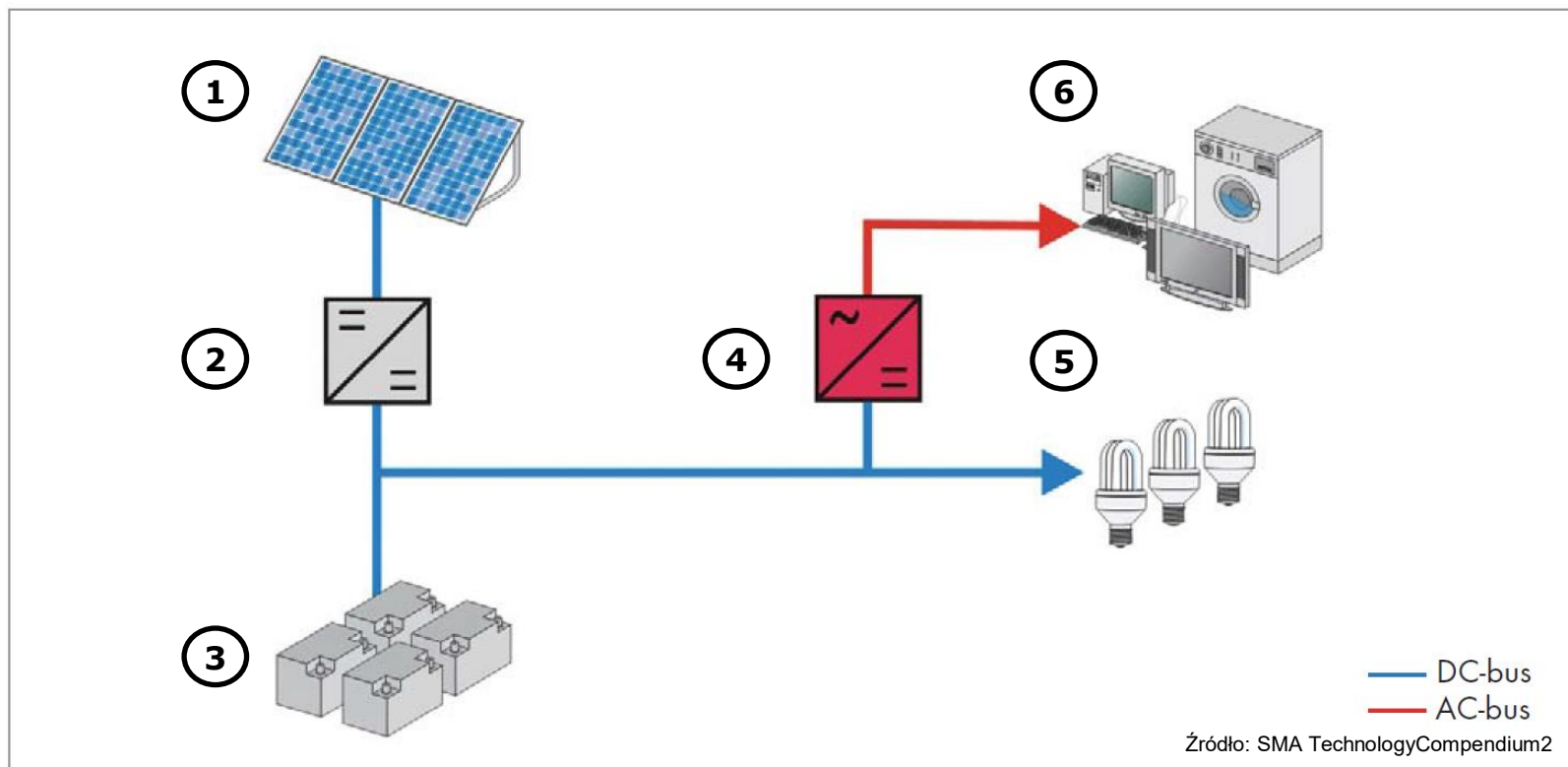
# Wrażliwość temperaturowa modułów PV

PV module: Canadian Solar Inc., CS6K - 275M-FG

- $U_{oc}$ : -130 mV/°C
- $I_{sc}$ : +4.7 mA/°C
- $M_{oc}$ : -0.40 %/°C



# Autonomiczny system fotowoltaiczny



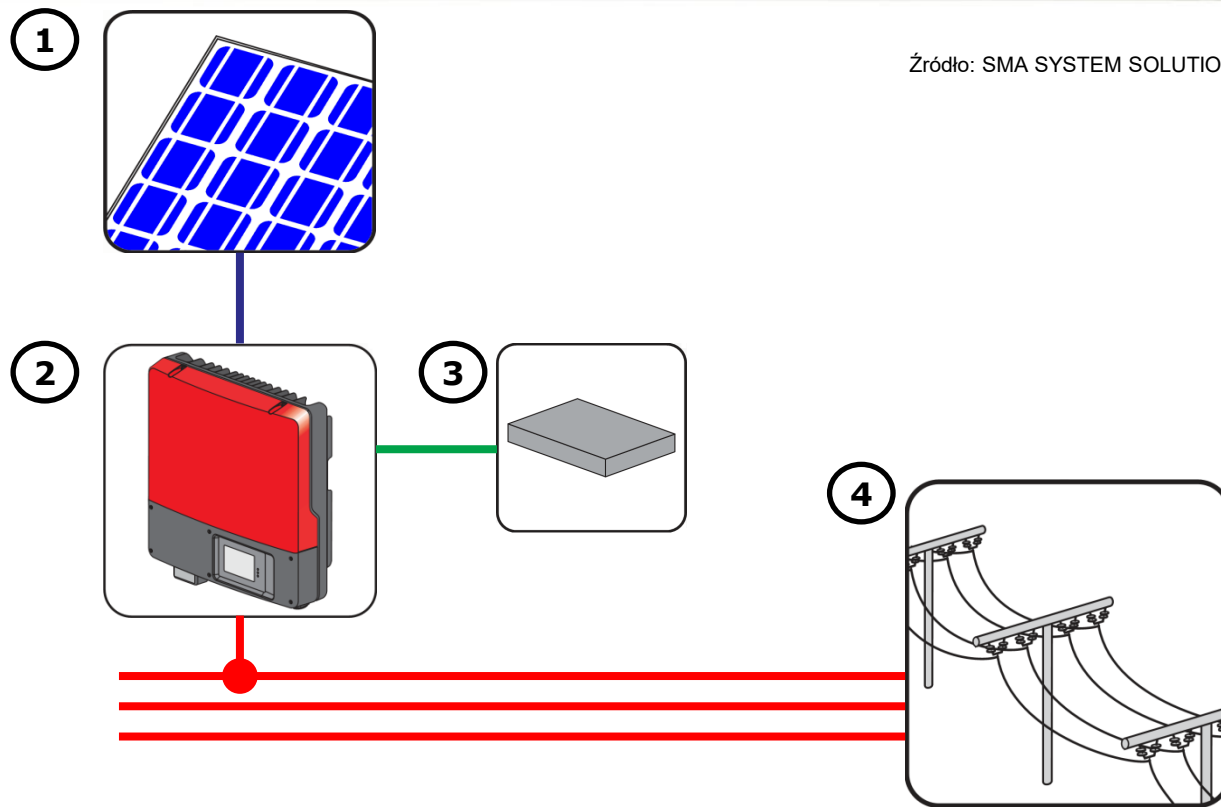
1. Generator fotowoltaiczny
2. Regulator ładowania
3. Bank akumulatorów

4. Autonomiczny falownik
5. Odbiorniki stałoprądowe
6. Odbiorniki zmiennoprądowe



# **Konfiguracje systemów fotowoltaicznych**

# Sieciowe systemy fotowoltaiczne



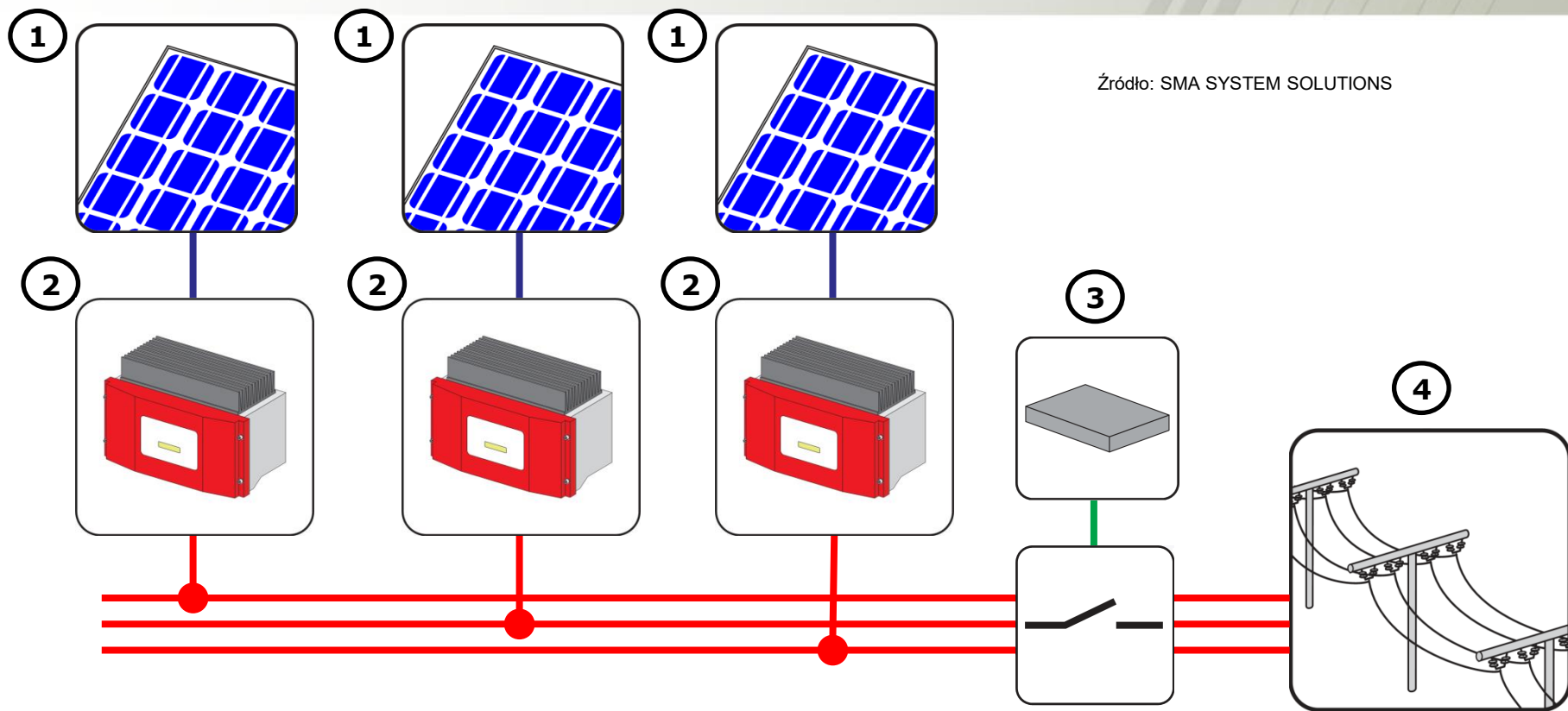
Źródło: SMA SYSTEM SOLUTIONS

1. Generator fotowoltaiczny
2. Jednofazowy falownik sieciowy z regulacją mocy
3. Urządzenia sterujące i komunikacyjne
4. Publiczna sieć elektroenergetyczna

— DC  
— AC  
— Magistrala komunikacyjna



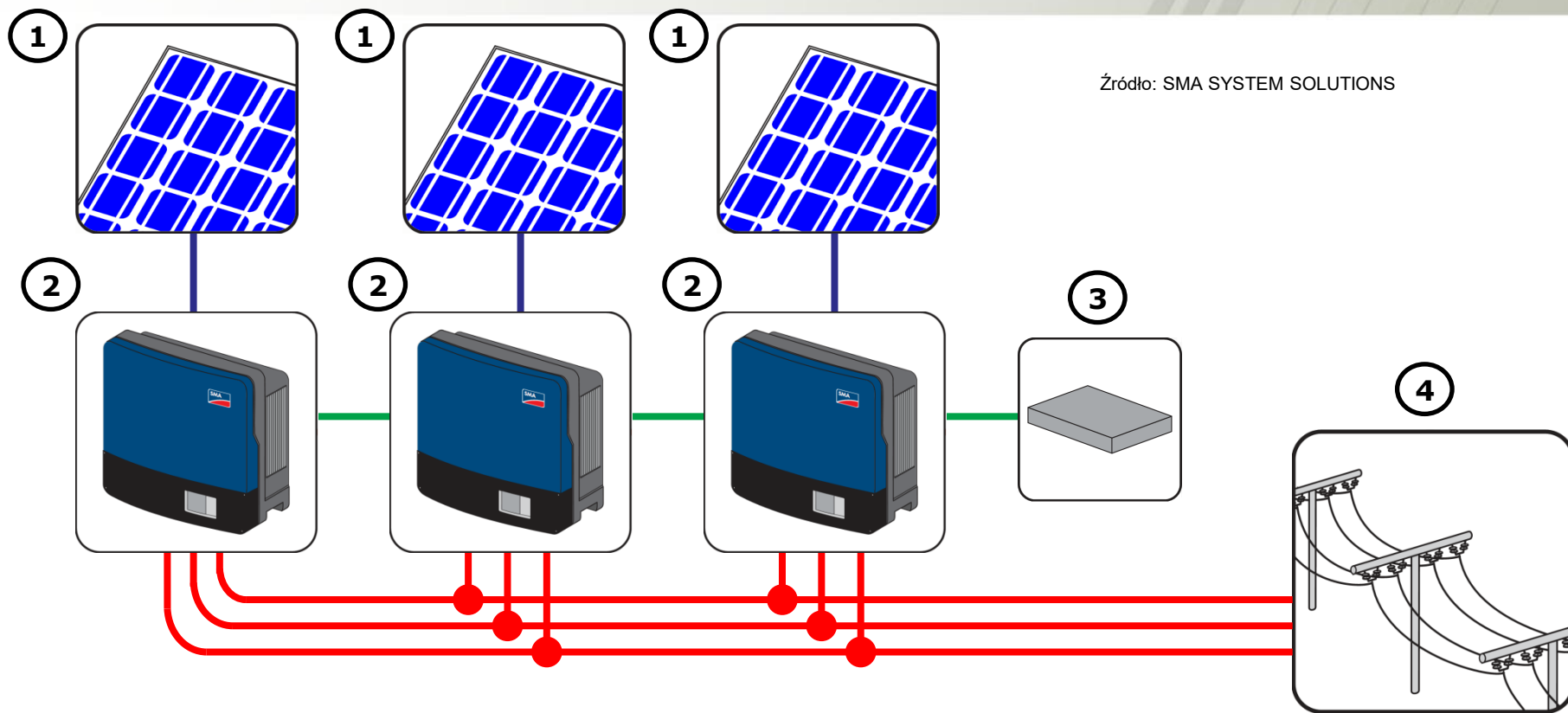
# Sieciowe systemy fotowoltaiczne



1. Generator fotowoltaiczny
2. Jednofazowy falownik sieciowy
3. Urządzenia sterujące i komunikacyjne
4. Publiczna sieć elektroenergetyczna
5. Wyłącznik (zdalnie sterowany)

 DC  
 AC  
 Magistrala komunikacyjna

# Sieciowe systemy fotowoltaiczne



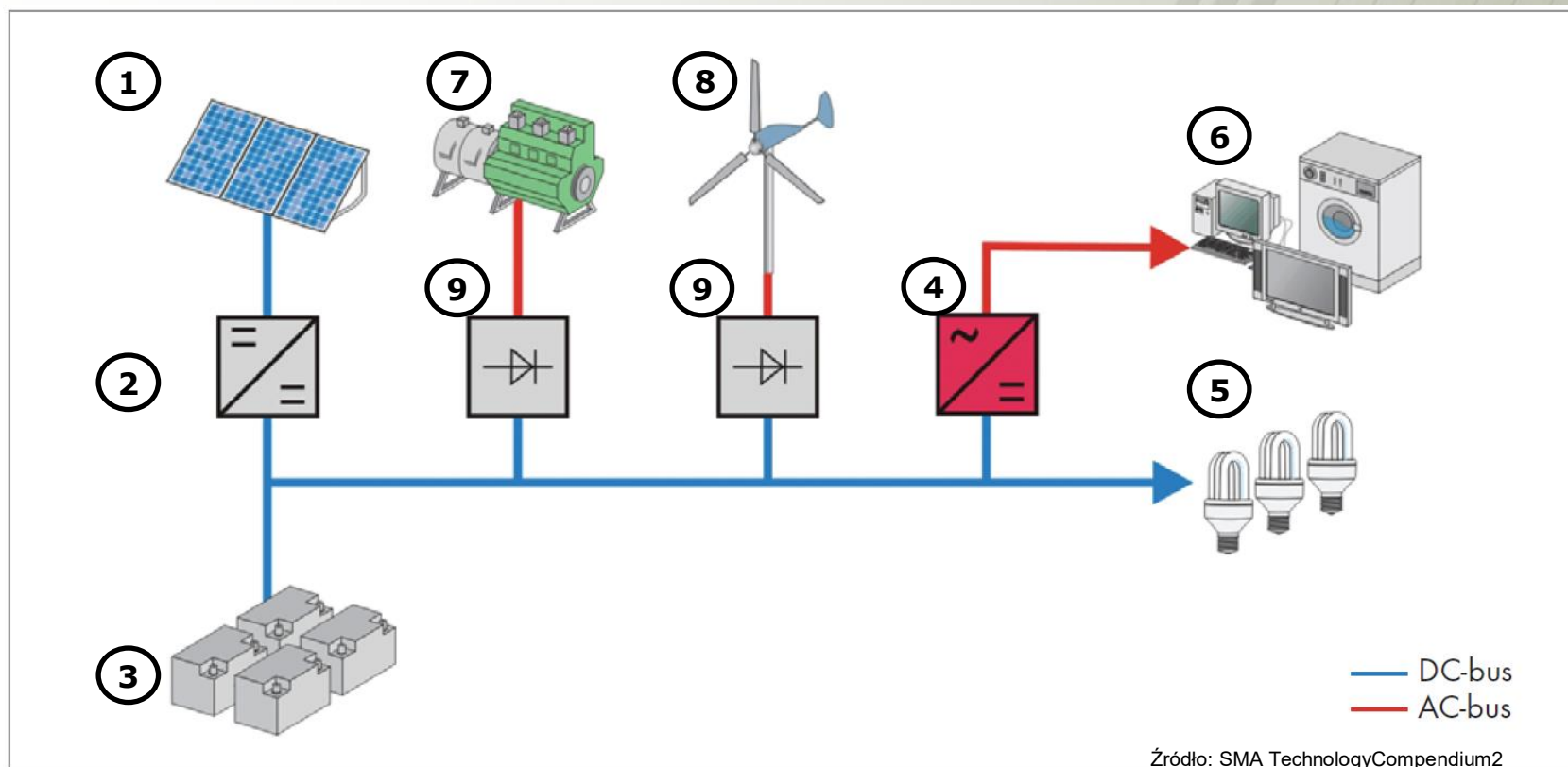
Źródło: SMA SYSTEM SOLUTIONS

1. Generator fotowoltaiczny
2. Trójfazowy falownik sieciowy z regulacją mocy
3. Urządzenia sterujące / komunikacyjne
4. Publiczna sieć elektroenergetyczna

 DC  
 AC  
 Magistrala komunikacyjna



# Autonomiczny system hybrydowy (DC)

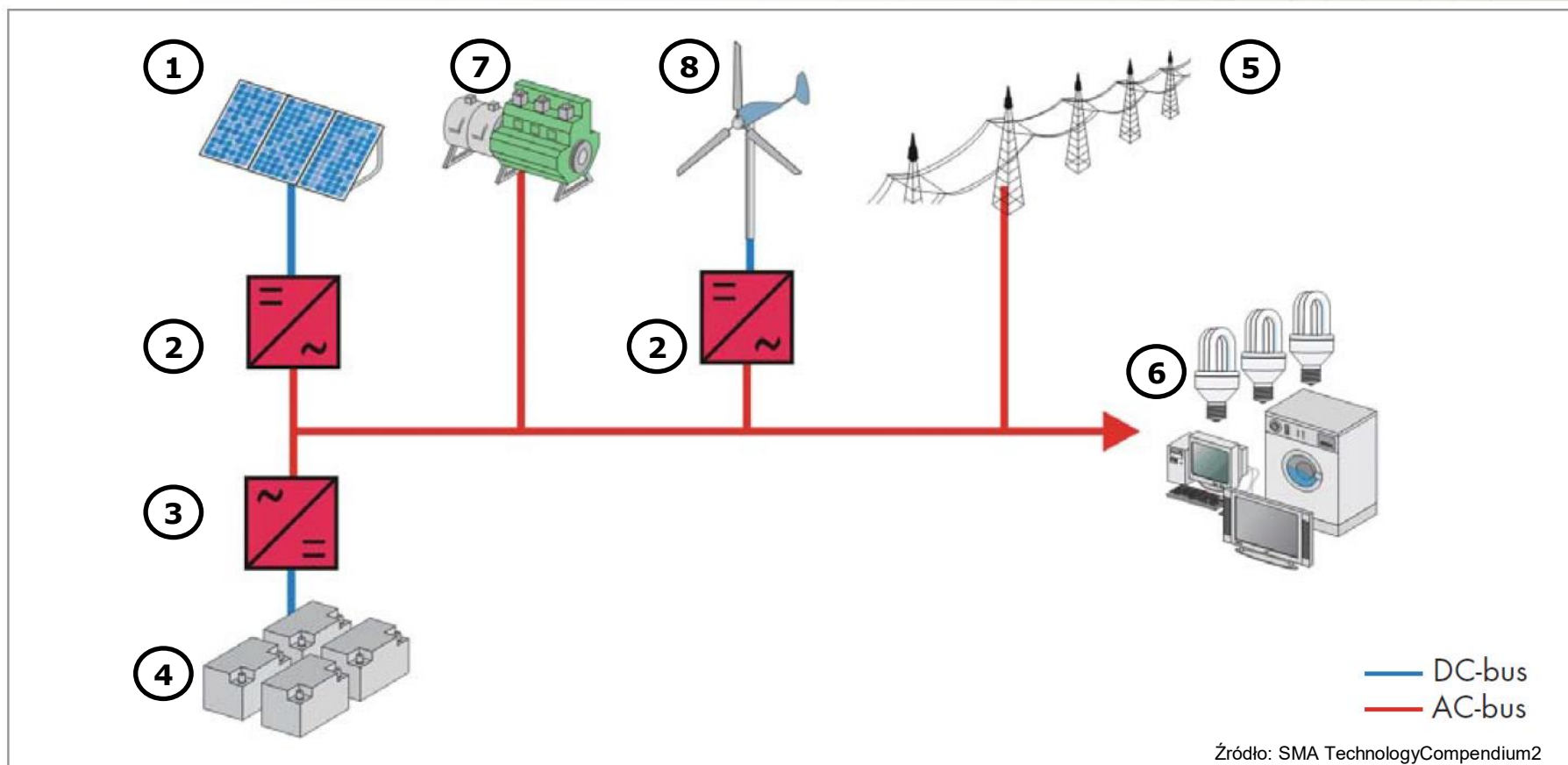


1. Generator fotowoltaiczny  
2. Regulator ładowania  
3. Bank akumulatorów

4. Autonomiczny falownik  
5. Odbiorniki stałoprądowe  
6. Odbiorniki zmiennoprądowe

7. Generator pomocniczy  
8. II Generator pomocniczy  
9. Prostownik napięcia

# Autonomiczny system hybrydowy (AC)



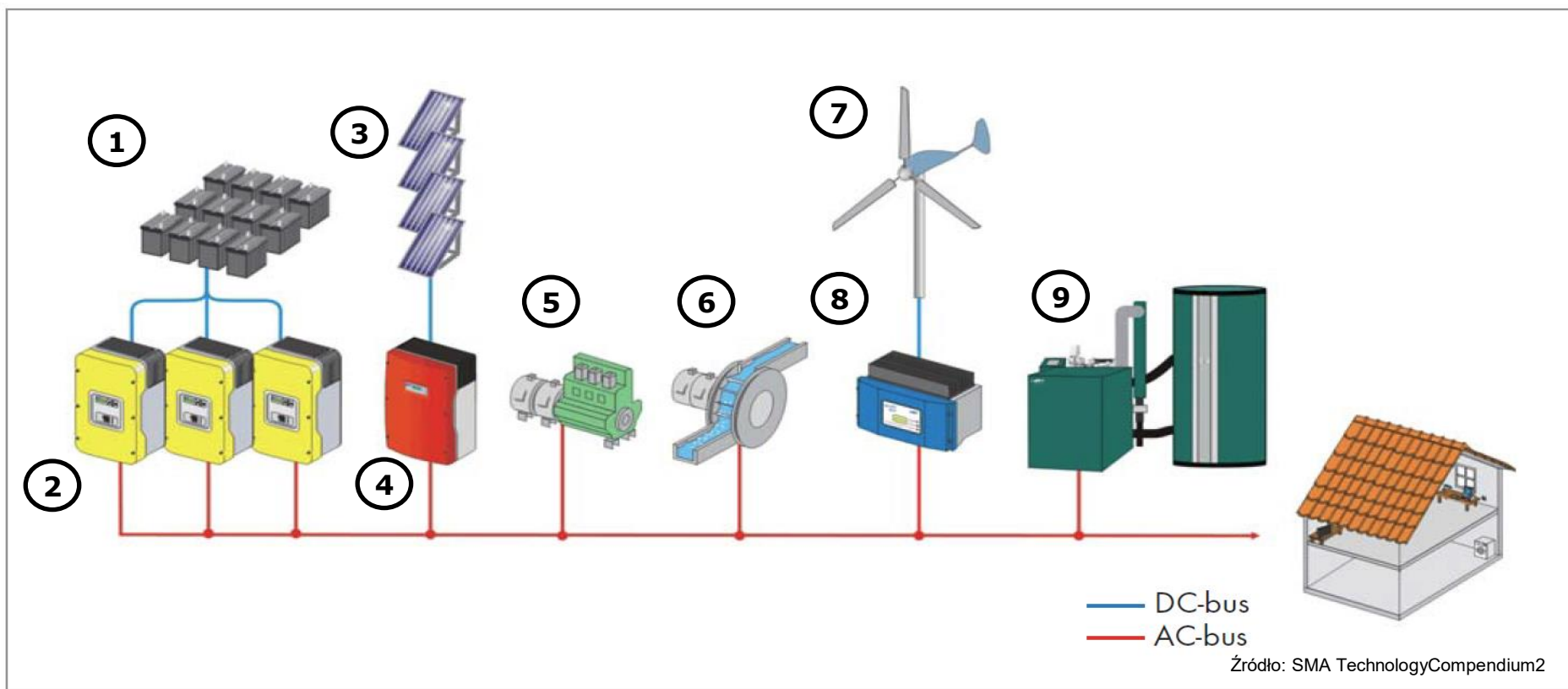
1. Generator fotowoltaiczny
2. Falownik sieciowy
3. Falownik sieciowy / ładowarka

4. Bank akumulatorów
5. Publiczna sieć elektroenerget.
6. Odbiorniki zmiennoprądowe

7. Generator pomocniczy
8. II Generator pomocniczy



# Hybrydowy system wyspowy

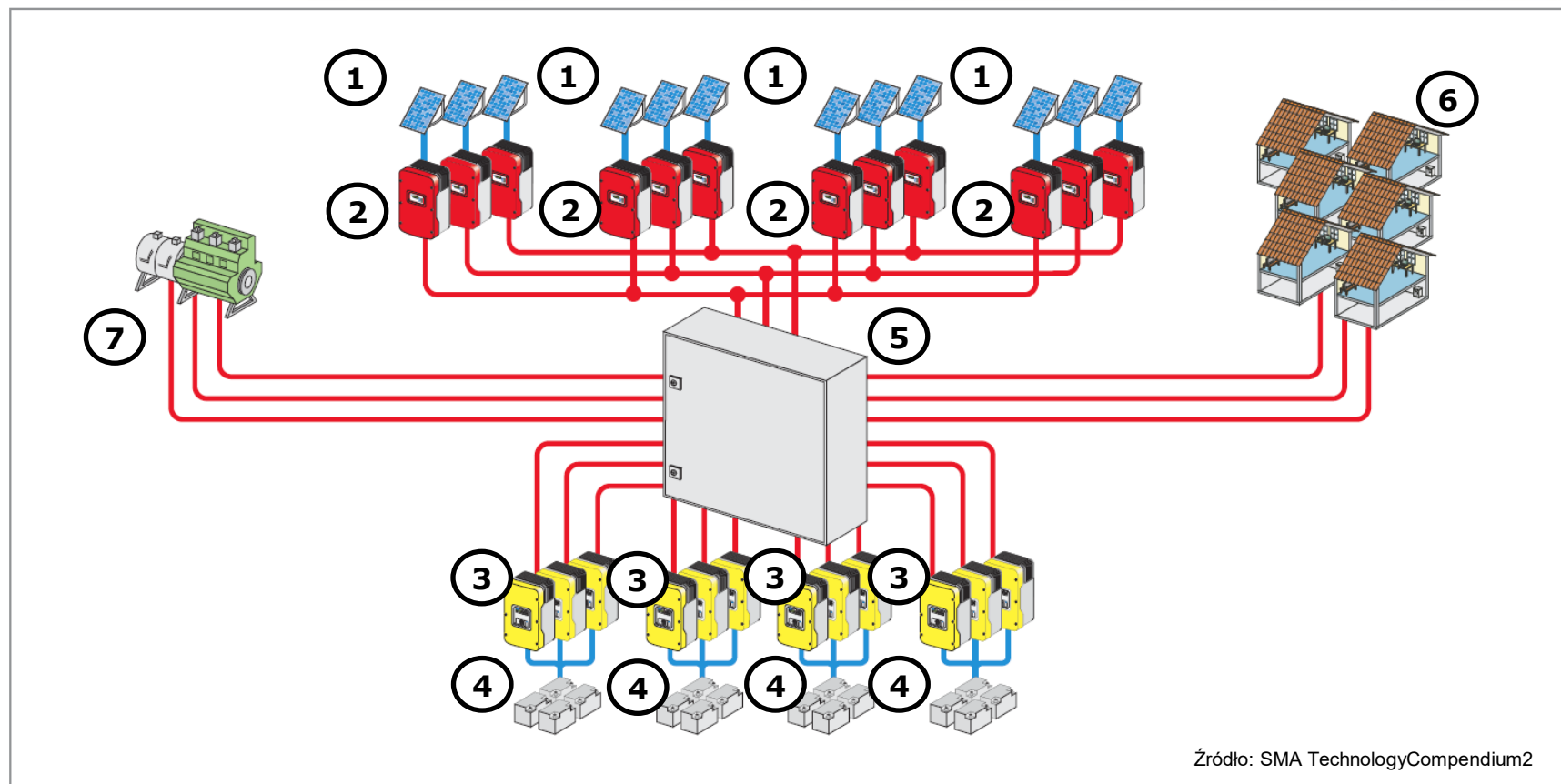


1. Bank akumulatorów
2. Falowniki wyspowe
3. Generator fotowoltaiczny

4. Falownik sieciowy (solar)
5. Generator pomocniczy
6. Hydrogenerator

7. Turbina wiatrowa
8. Falownik sieciowy (wind)
9. Generator na biogaz

# Rozproszony system wyspowy



Źródło: SMA TechnologyCompendium2

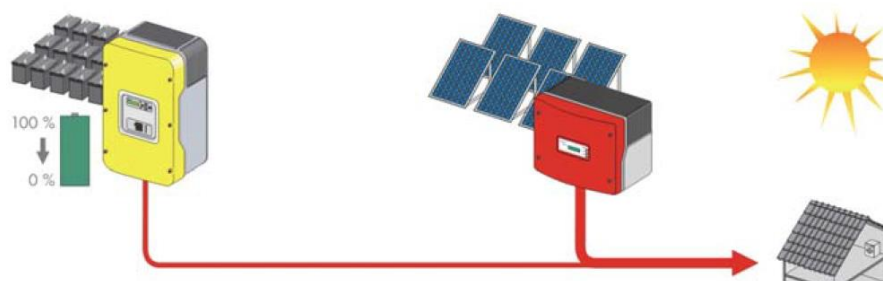
1. Generator fotowoltaiczny
2. Falowniki sieciowe
3. Falowniki wyspowe

4. Banki akumulatorów
5. Centrum dystrybucji energii
6. Odbiorniki energii

7. Generator pomocniczy

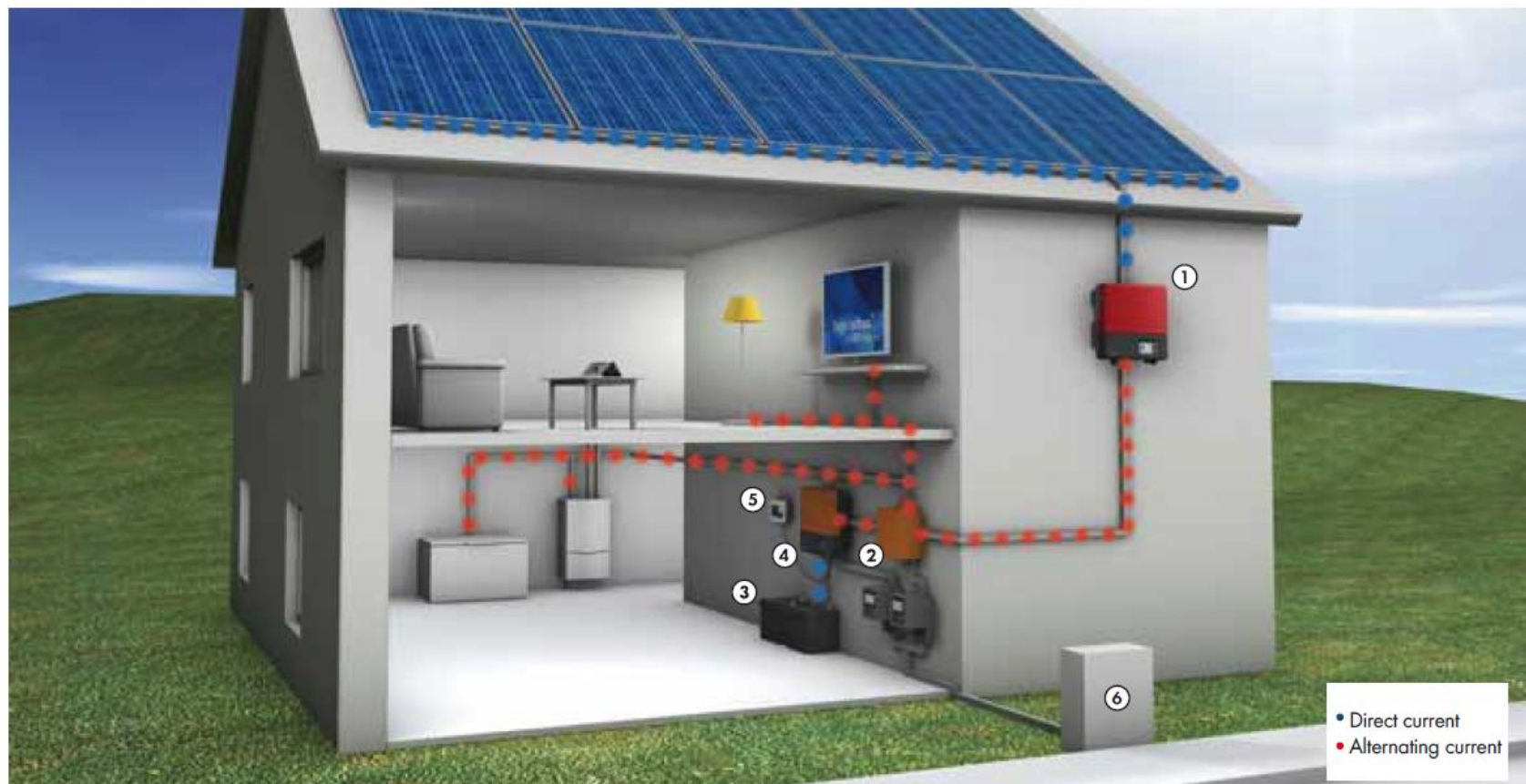
# Zasada działania systemu wyspowego

Źródło: SMA TechnologyCompendium2





# System typu Sunny Backup

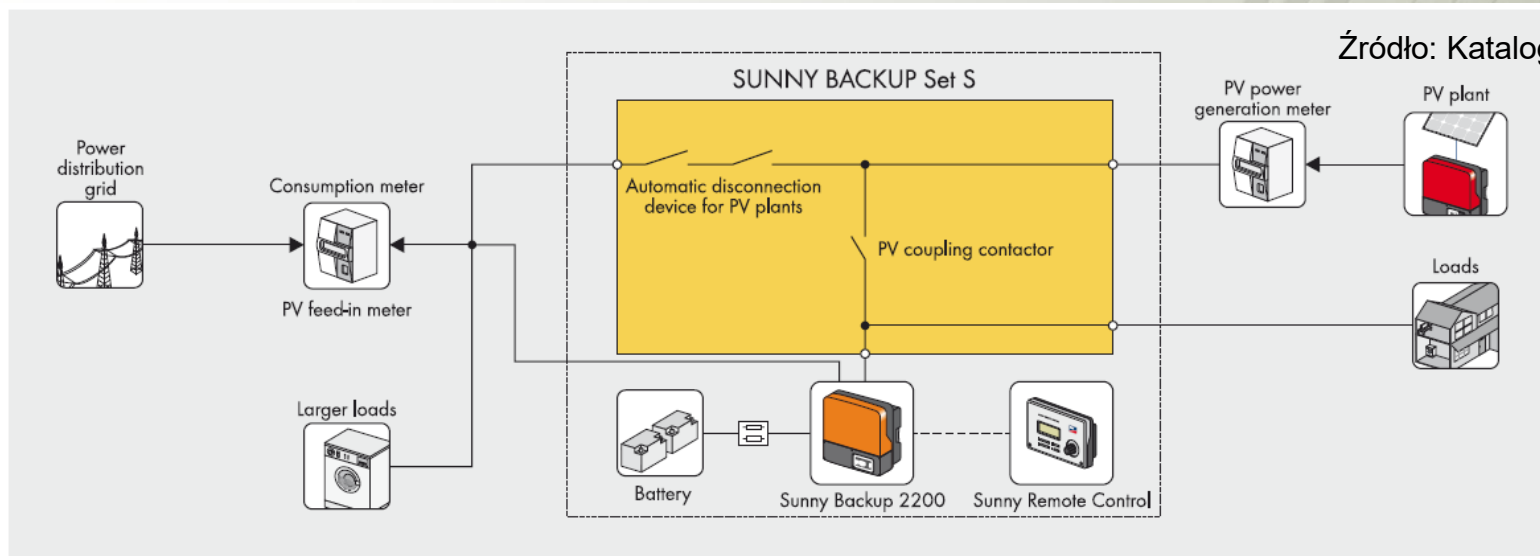


**Components:** 1. Sunny Boy PV inverter, 2. Sunny Backup automatic transfer switch, 3. Sunny Backup battery set, 4. Sunny Backup 2200, 5. Sunny Remote Control, 6. Grid connection

Źródło: SMA materiały promocyjne

# Sunny Backup Set S

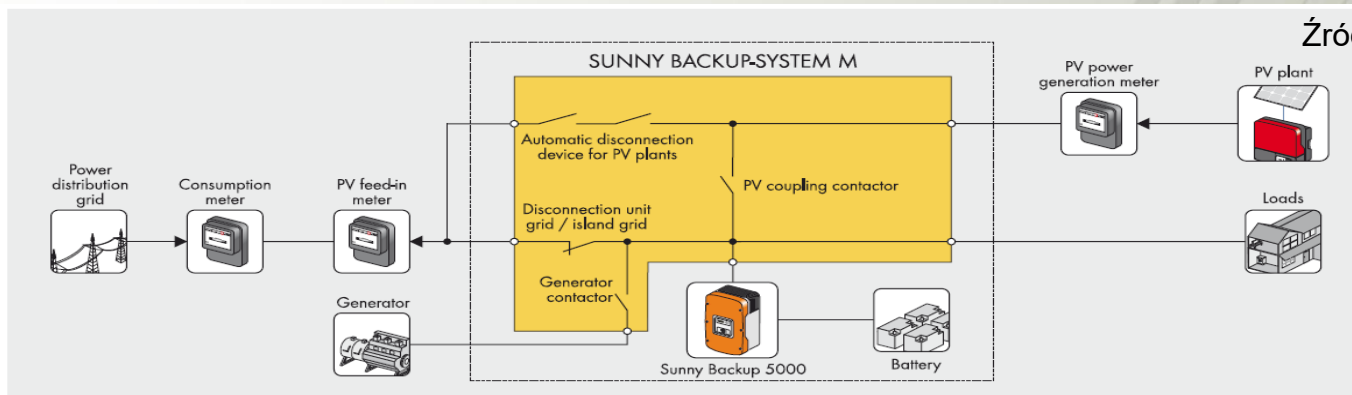
Źródło: Katalog SMA 2012



Technical data	Sunny Backup Set S	
<b>Output: loads</b>		
Nominal power / electric current during grid operation	5.7 kW / 25 A	
Backup power (duration / 30 min / 1 min)	2.2 kW / 2.9 kW / 3.8 kW	
Number of phases (grid operation / backup operation)	1 / 1	
Voltage (range)	230 V (172.5 V - 264.5 V)	
Frequency (range)	50 Hz (45 Hz ... 65 Hz)	
Permitted grounding system	TN	
Typical interruption time during grid failure	50 ms	
<b>Input PV plant</b>		
Nominal AC PV power / current	4.6 kW / 20 A	
Compatible PV inverters	www.SMA-Solar.com	
<b>Input battery</b>		
Nominal voltage / number of blocks	24 V / 2 x 12 V	
Battery type, energy / capacity per block	AGM, 3.4 kWh / 142 Ah	

# Sunny Backup Set M lub L

Źródło: Katalog SMA 201



Technical data	Sunny Backup system M	Sunny Backup system L
<b>Output: loads</b>		
Nominal power / electric current during grid operation	7.4 kW / 32 A at 35 °C	35 kW / 3 x 50 A at 35 °C
Max. power / electric current during grid operation for 30 min	8.9 kW / 38 A at 35 °C	41 kW / 3 x 60 A at 35 °C
Maximum fuse link	40 A	63 A
Backup power (duration / 30 min / 1 min)	5 kW / 6.5 kW / 8.4 kW	15 kW / 19.5 kW / 25.2 kW
Number of phases (grid operation / backup operation)	3/3 x 1 ~	3 / 3
Voltage (range)	230 V (187 V - 253 V)	230 V (187 V - 253 V)
Frequency (range)	50 Hz (45 Hz ... 55 Hz)	50 Hz (45 Hz ... 55 Hz)
Permitted grounding system	TN / TT	TN / TT
Typical interruption time during grid failure	20 ms	20 ms
<b>Input PV plant</b>		
Nominal AC PV power / current	5.7 kW / 25 A at 35 °C	28 kW / 3 x 40 A at 35 °C
Maximum fuse link	32 A	50 A
Compatible PV inverters	<a href="http://www.SMA-Solar.com">www.SMA-Solar.com</a>	<a href="http://www.SMA-Solar.com">www.SMA-Solar.com</a>
<b>Input battery</b>		
Nominal voltage	48 V	48 V
Battery type	Li-Ion / VRLA / FLA / NiCd	Li-Ion / VRLA / FLA / NiCd
<b>Efficiency / self-consumption</b>		
Max. efficiency in backup operation	95 %	95 %
Self-consumption consumption day / night (silent mode)	48 W / 32 W	103 W / 69 W



# Sunny Backup Set XL

Źródło: Katalog SMA 201

Technical data	Sunny Backup system XL (only for TN)
<b>Output: loads</b>	
Nominal power / electric current during grid operation	110 kW / 3 x 160 A at 25 °C
Max. power / electric current during grid operation for 30 min	- / -
Maximum fuse link	160 A
Backup power (duration / 30 min / 1 min)	60 kW / 78 kW / 100 kW
Number of phases (grid operation / backup operation)	3 / 3
Voltage (range)	230 V (187 V - 253 V)
Frequency (range)	50 Hz (45 Hz ... 55 Hz)
Permitted grounding system	TN
Typical interruption time during grid failure	20 ms
<b>Input PV plant</b>	
Nominal AC PV power / current	110 kW / 3 x 160 A at 25 °C
Maximum fuse link	160 A
Compatible PV inverters	<a href="http://www.SMA-Solar.com">www.SMA-Solar.com</a>
<b>Input battery</b>	
Nominal voltage	48 V
Battery type	VRLA / FLA / NiCd
<b>Efficiency / self-consumption</b>	
Max. efficiency in backup operation	95 %
Self-consumption consumption day / night (silent mode)	360 W / 230 W

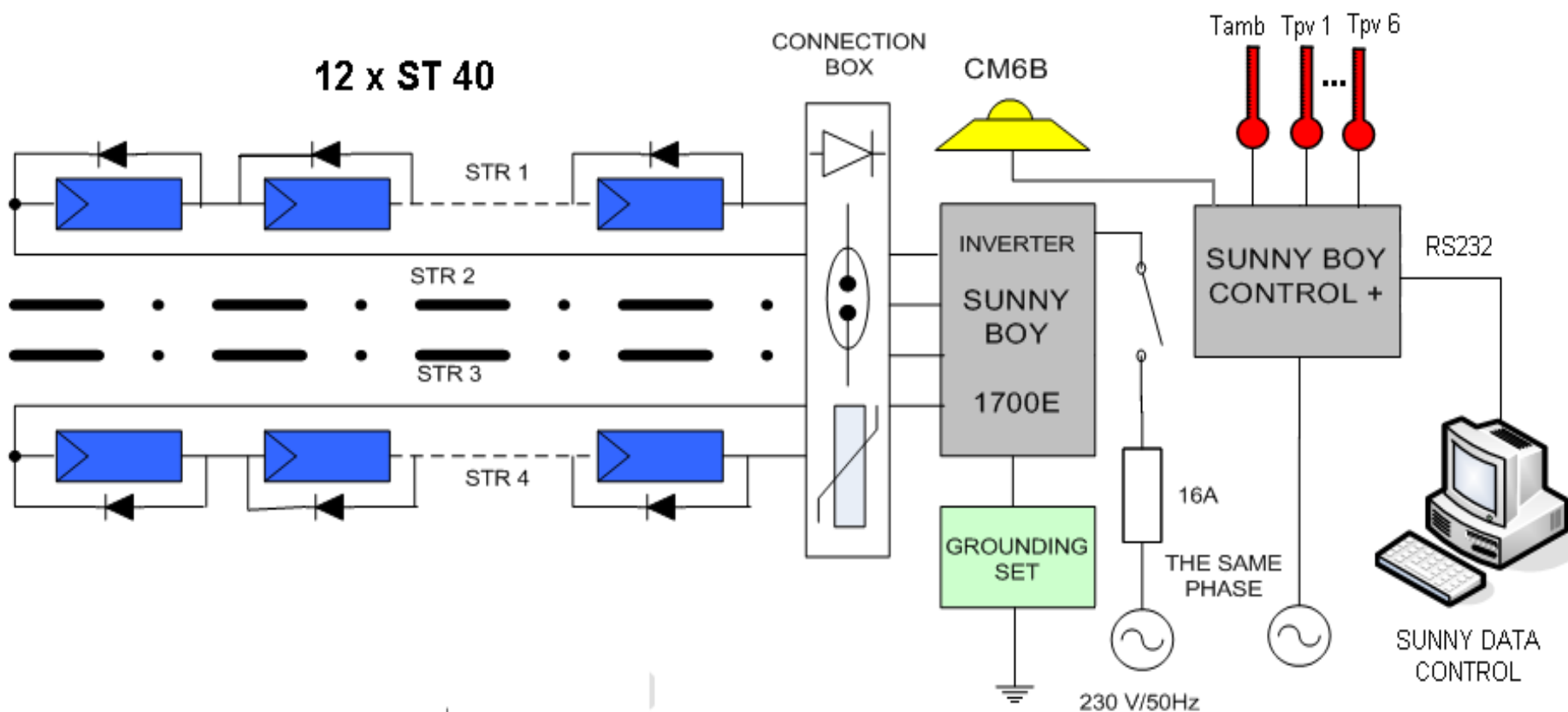
# Sunny Backup Set XL

Źródło: Katalog SMA 201



Source: juwi solar GmbH, Germany

# Schemat elektrowni PV podpiętej do sieci

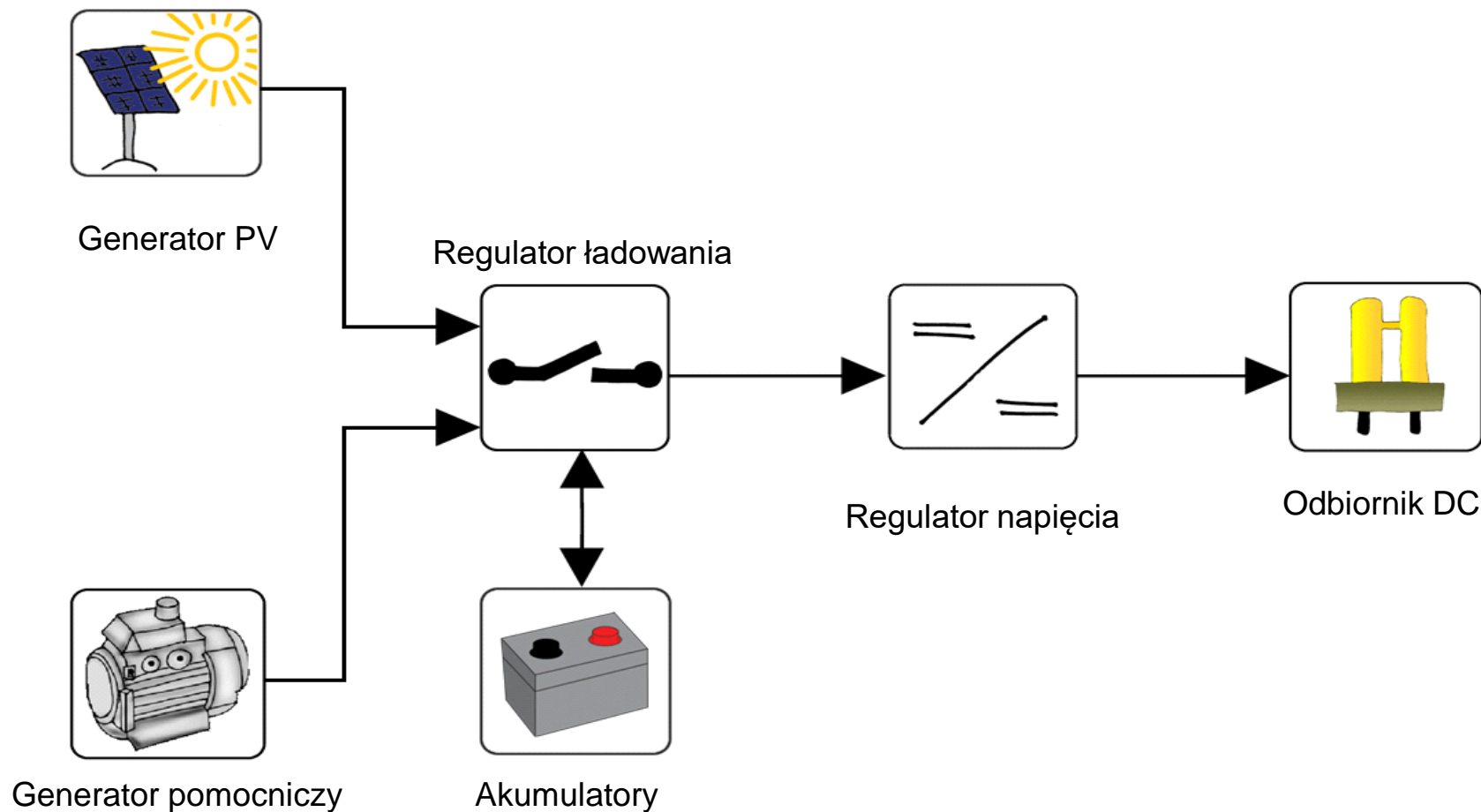




**Systemy „czysto”  
fotowoltaiczne nie  
gwarantują ciągłości  
zasilania odbiornika !!!**

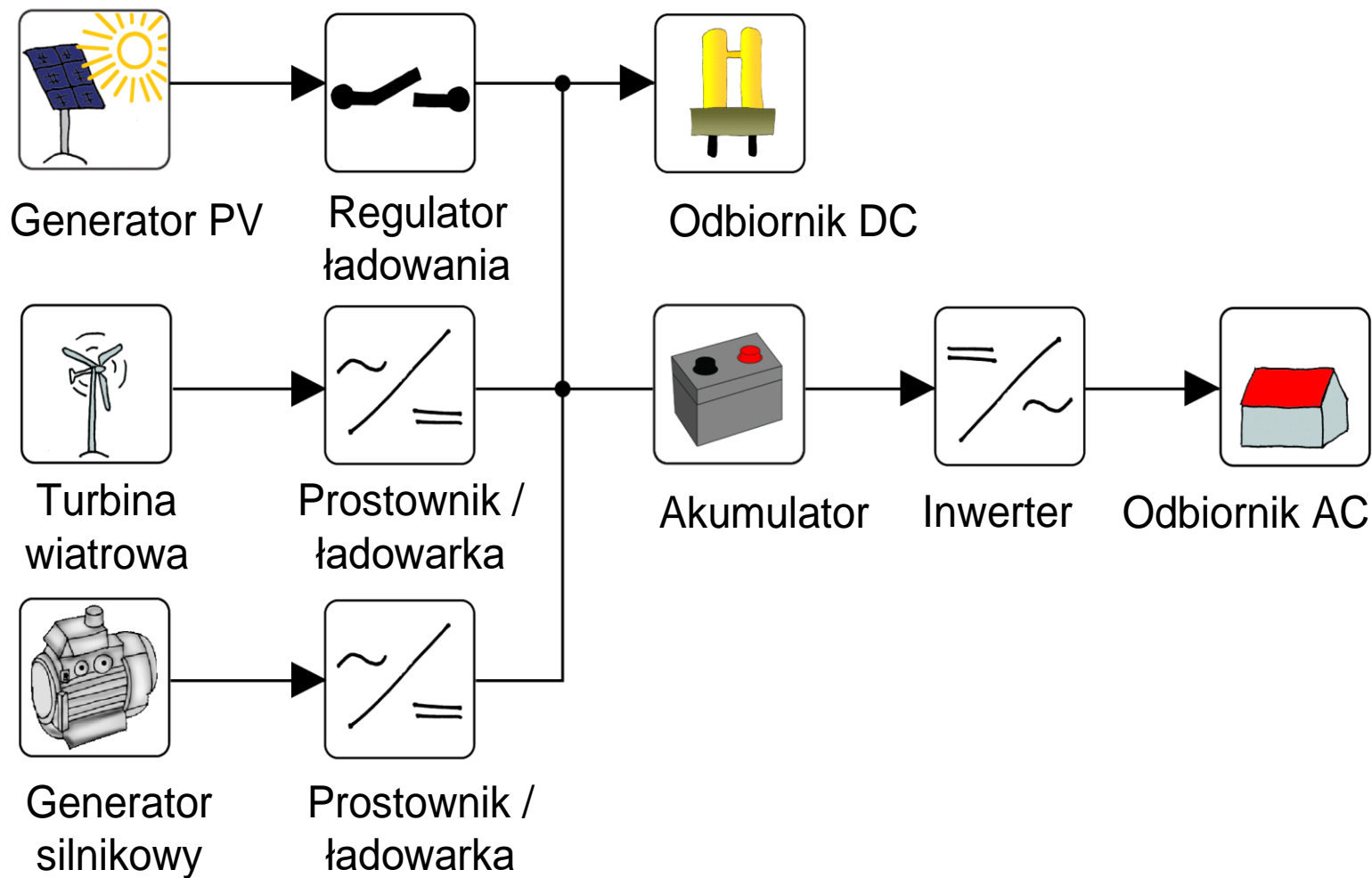
# **W układach o krytycznym charakterze stosuje się hybrydowe systemy zasilania**

# Przykład hybrydowego systemu fotowoltaicznego z generatorem pomocniczym

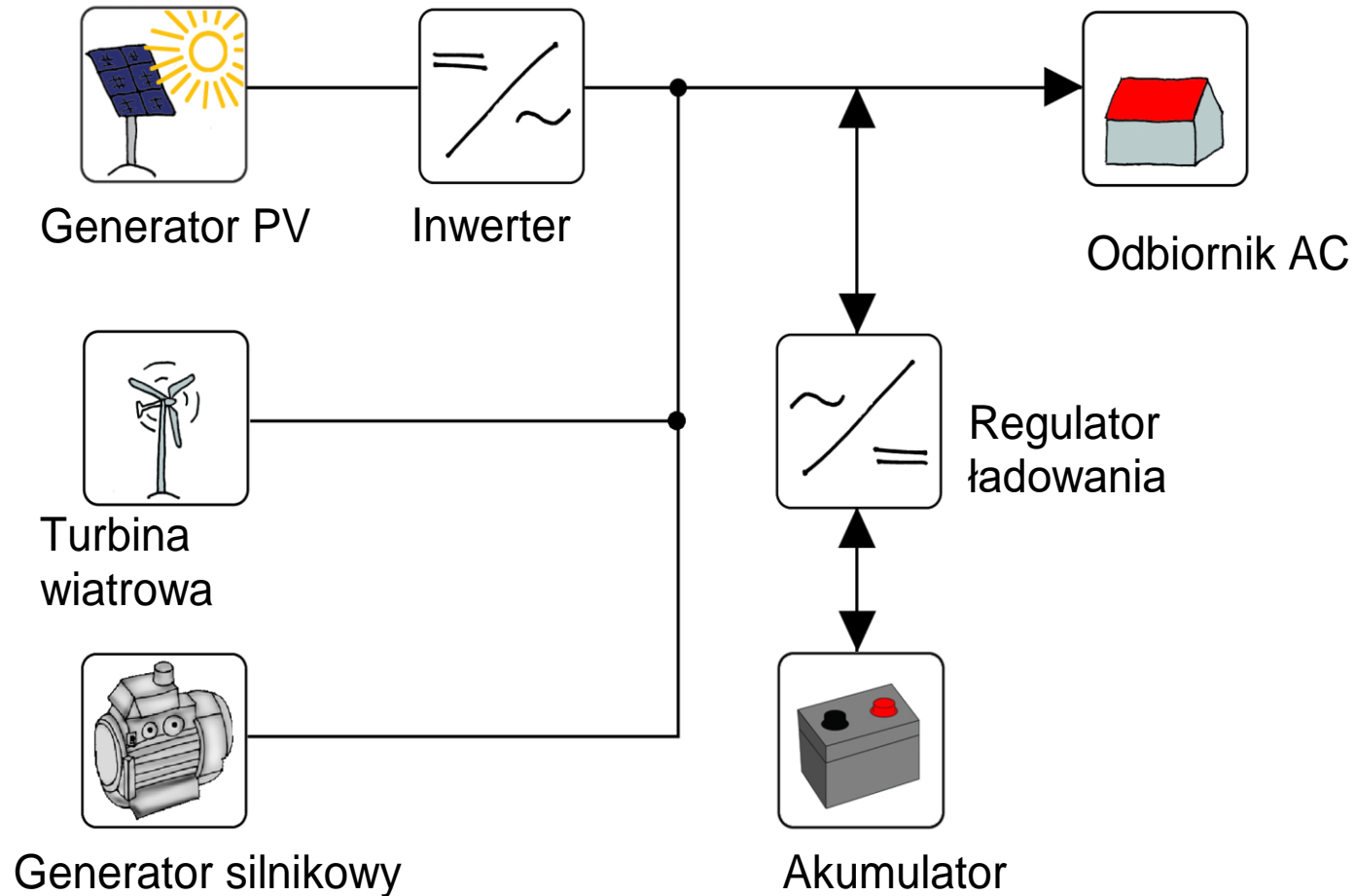




# Konceptcja systemu hybrydowego z połączeniem stałoprądowym



# Konceptcja systemu hybrydowego z połączeniem zmiennoprądowym





AGH

# Fotowoltaiczny system hybrydowy: Wybór odpowiedniego generatora pomocniczego

Jako generatory  
pomocnicze  
można użyć:

- Generatory benzynowe
- Generatory diesla
- Generatory gazowe
- Generatory na biopaliwa
- Ogniwa paliwowe
- Generatory termoelektryczne
- Generatory termofotowoltaiczne
- Elektrochemiczne źródła energii
- Turbiny wiatrowe
- Mikroelektrownie wodne





**Dziękuję za uwagę !!!**

