Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

RESOR - **R**enewable **E**nergy **SO**urces
as a Chance for Development for the
Rural Areas
(Odnawialne źródła energii szansą na rozwój obszarów wiejskich)

RESOR PROJECT

Moduł 4:
Energia fotowoltaiczna

przygotowane przez Bursa Uludağ University

Zawartość prezentacji

01 Systemy fotowoltaiczne i historia

02 Oświetlenie i efekty fotowoltaiczne oraz komponenty systemowe

03 Korzyści i wyzwania oraz wpływ technologii fotowoltaicznej na środowisko

04 Ekonomia i studium przypadku

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas

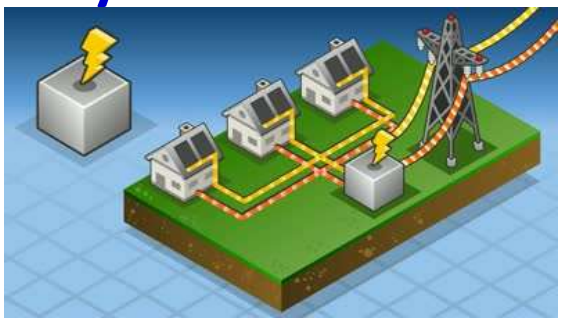
RESOR PROJECT

Systemy fotowoltaiczne

Phos w starożytnej grece: światło

Volt: Miara energii elektrycznej

Fotowoltaiczny: energia elektryczna z wykorzystaniem światła



Małe systemy fotowoltaiczne: Małe kalkulatory, zegarki na rękę i oświetlenie zewnętrzne itp.

Większe systemy fotowoltaiczne: Energia elektryczna dla fabryk i magazynów, energia elektryczna do pompowania wody, zasilania sprzętu komunikacyjnego oraz oświetlenia domów i urządzeń do biegania

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas

RESOR PROJECT

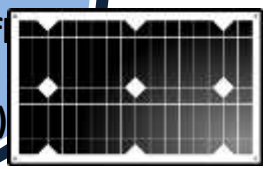
Krótka historia technologii fotowoltaicznej

7th C. BC — Pierwsze użycie energii słonecznej: rozpalanie ognia za pomocą szkła powiększającego

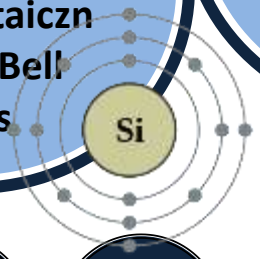
1839 — Becquerel opisał efekt fotowoltaiczny: niektóre materiały wytwarzają prąd elektryczny pod wpływem światła

1873 — Odkryto, że selen ma potencjał fotoprzewodzący (Adams & Day)

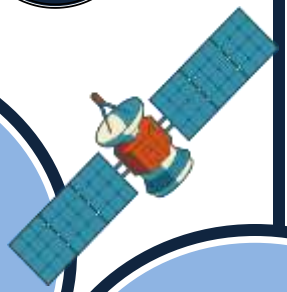
1883 — Charles Fritts wyprodukował pierwsze ogniwa słoneczne wykonane z waf selenowych (wydajność 1%)



1954 — Stworzenie krzemowego ogniwa fotowoltaicznego w Bell Labs



1958 — Panele słoneczne w kosmosie: Satelita używał jednego wata panelu do zasilania swojego radia



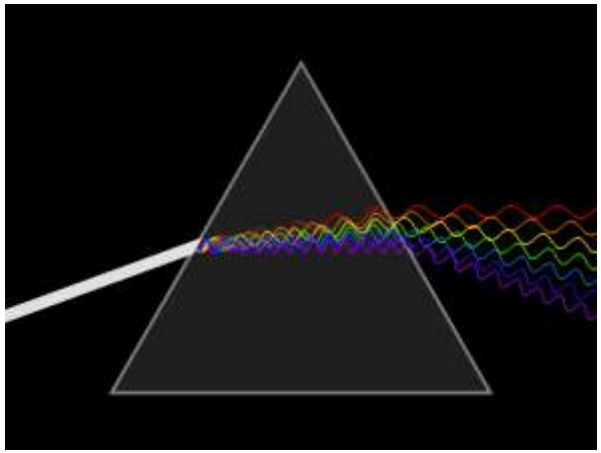
1973 — Pierwszy budynek zasilany energią słoneczną na Uniwersytecie Delaware

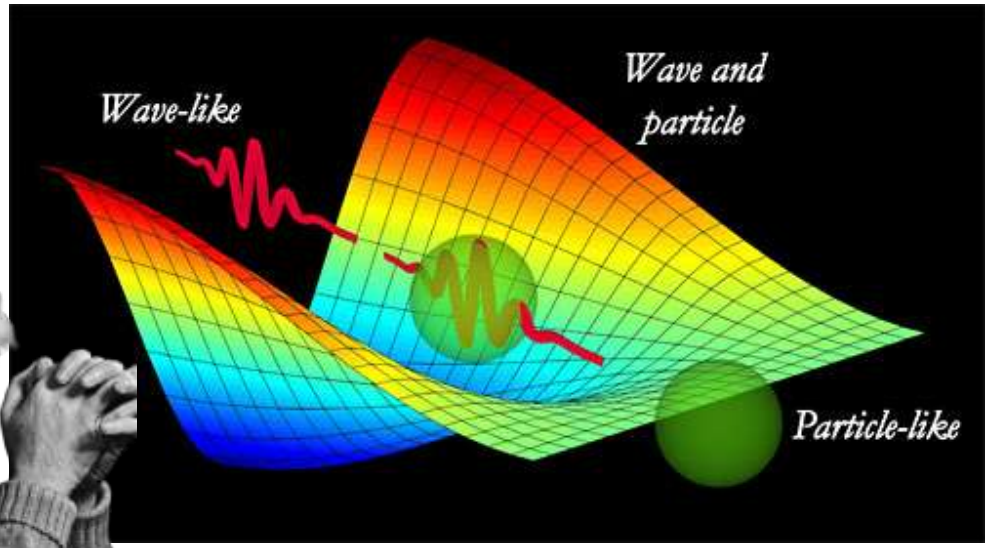
Today — Wiele innowacji w zakresie technologii słonecznej

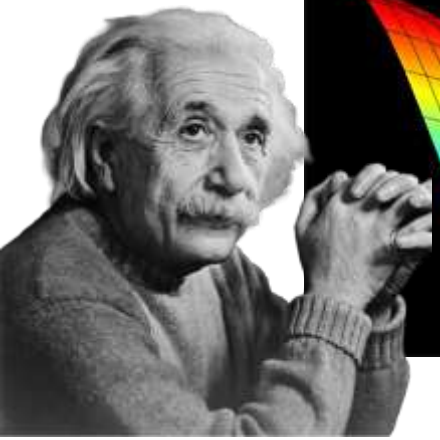
Source: https://www.goendlessenergy.com/brief-history-solar-power/

Światło

- Początkowo falowa teoria światła Maxwella przewidująca energię była proporcjonalna do natężenia światła







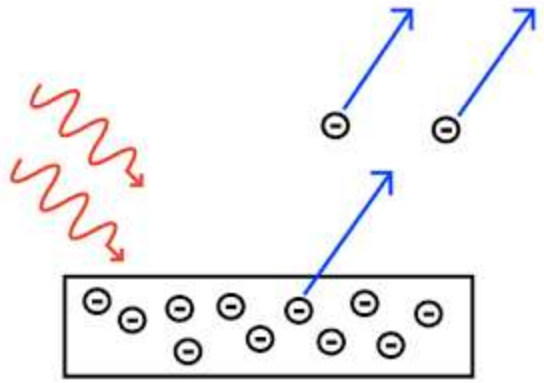
- **Einstein udowodnił, że światło jest przepływem fotonów wyjaśnił, jak strumień fotonów może działać zarówno jako fala, jak i jako cząstka.**

„Ziarna” energii: fotony

Source: https://www.photonics.com/Articles/Photons_Observed_as_Particles_Waves/a52250

- **Foton powyżej pewnej częstotliwości progowej (energii) jest w stanie wyrzucić pojedynczy elektron.**

= Efekt fotowoltaiczny



- **Wytwarzanie napięcia i prądu elektrycznego w materiale pod wpływem światła.**
- **Jest to zjawisko fizyczne i chemiczne.**

- **Technologia PV działa zawsze, gdy świeci słońce, ale więcej energii elektrycznej jest wytwarzane, gdy światło jest bardziej intensywne i gdy pada bezpośrednio na moduły PV - gdy promienie słoneczne są prostopadłe do modułów PV.**

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

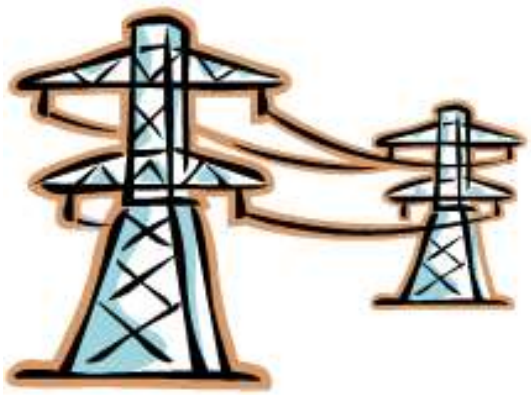
RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas

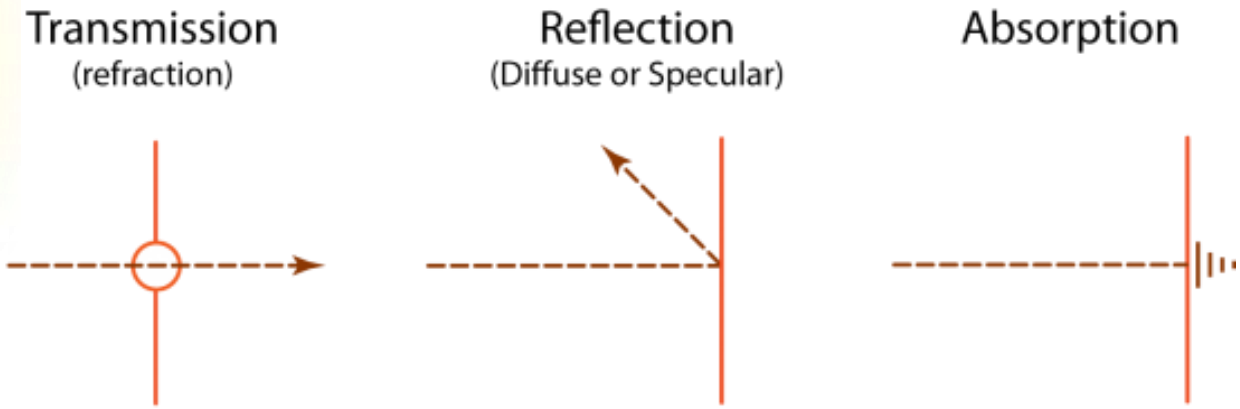
RESOR PROJECT

Source: Wikimedia commons, Wolfmankurd [CC BY-SA 3.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)]

Światło i efekt fotowoltaiczny

- **W przeciwieństwie do systemów słonecznych do podgrzewania wody, technologia PV nie wytwarza ciepła w celu produkcji energii elektrycznej.**
- **Zamiast tego ogniwa PV wytwarzają energię elektryczną bezpośrednio z elektronów uwolnionych w wyniku interakcji energii promieniowania z materiałami półprzewodnikowymi w ogniwach PV.**





- **Kiedy fotony światła słonecznego uderzają w ogniwo PV, mogą zostać odbite, pochłonięte lub przesłane przez komórkę.**

- **Tylko wchłonięte fotony wytwarzają energię elektryczną.**
- **Kiedy fotony są wchłaniane, energia fotonów jest przenoszona na elektrony w atomach ogniwa słonecznego.**

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

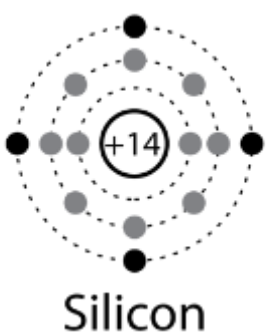
RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas

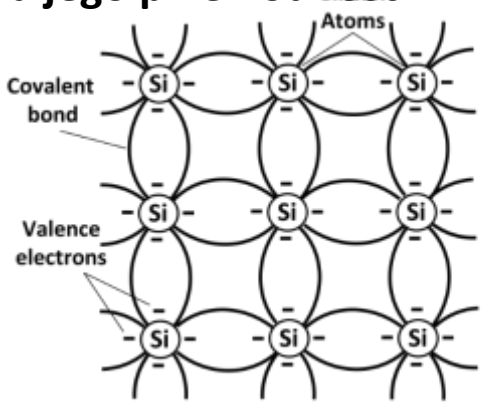
RESOR PROJECT

Efekt fotowoltaiczny

- **Efekt fotowoltaiczny:** Proces, który generuje napięcie lub prąd elektryczny w ogniwie fotowoltaicznym pod wpływem światła słonecznego
- **Ogniwo słoneczne** jest podstawowym budulcem technologii fotowoltaicznej.

- Ogniwa słoneczne są wykonane z materiałów półprzewodnikowych, takich jak krzem.
- Przewodnictwo półprzewodników można łatwo modyfikować, wprowadzając zanieczyszczenia do ich sieci krystalicznej.
- Krzem z czterema elektronami walencyjnymi jest poddawany obróbce w celu zwiększenia jego przewodności.





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

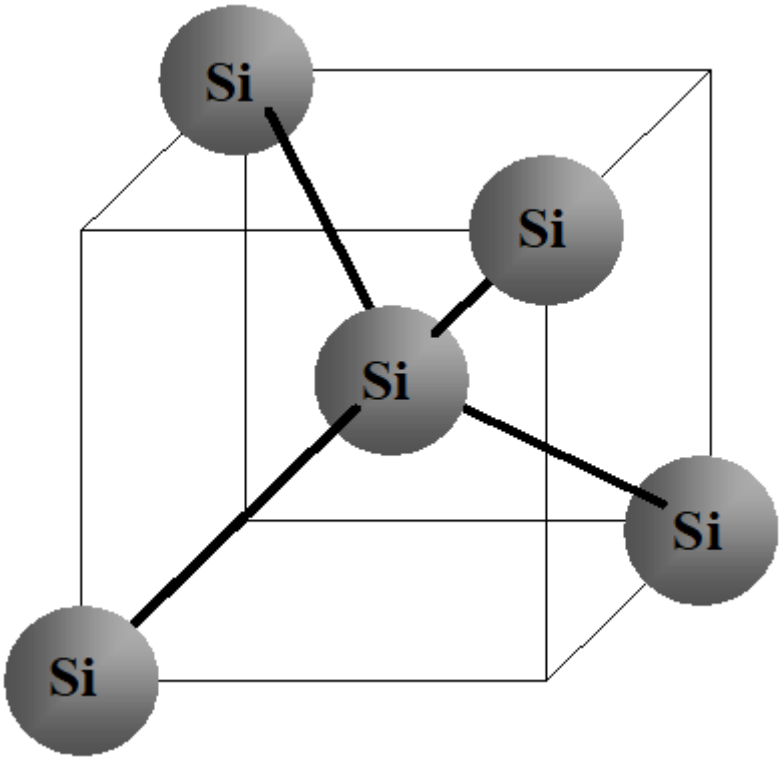
RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas

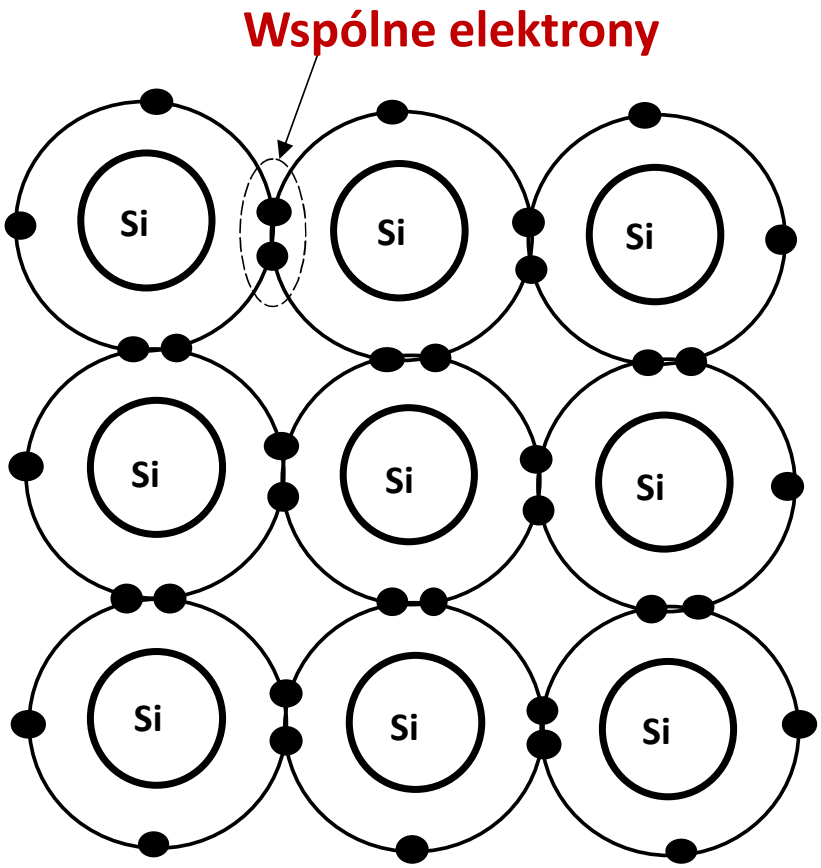
RESOR PROJECT

By Enricoros at English Wikipedia - Transferred from en.wikipec Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?

By MichelBakni - Robert Boylestad, Louis Nashelsky (1998).Electronic Devices and Circuit Theory (PDF) (7th Edition). Prentice Hall. P.5. ISBN 013769282X., CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=74460316

Krzem





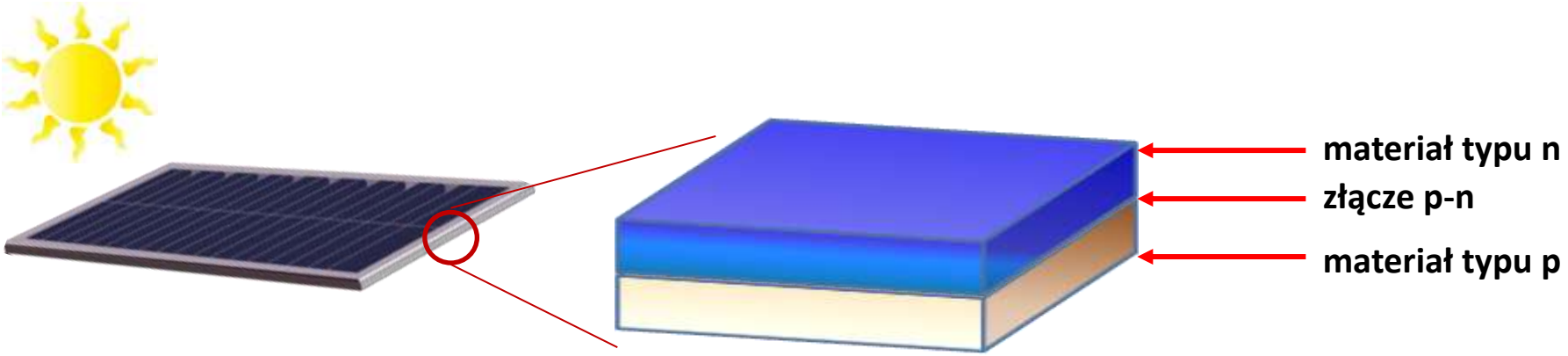
- **Krzem jest pierwiastkiem grupy IV - z 4 elektronami w powłoce walencyjnej.**
- **Kiedy atomy krzemu są połączone, każdy atom tworzy wiązanie kowalencyjne z 4 atomami krzemu w geometrii czworościanu.**

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

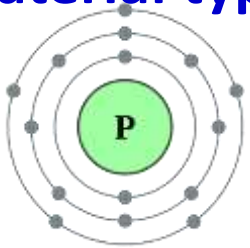
RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas

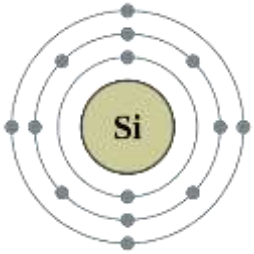
RESOR PROJECT

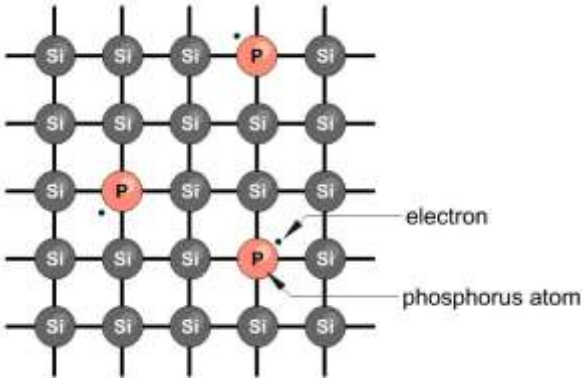
Systemy fotowoltaiczne



materiał typu n







Fosfor przekazuje elektrony

krzemowi

Krzem domieszkowany fosforem

(5 elektronów walencyjnych)

e⁻ e⁻ e⁻ e⁻ e⁻

(4 elektrony walencyjne)

e⁻ e⁻ e⁻ e⁻

e⁻ **Powstaje dodatkowy elektron, nośnik ładunku ujemnego**

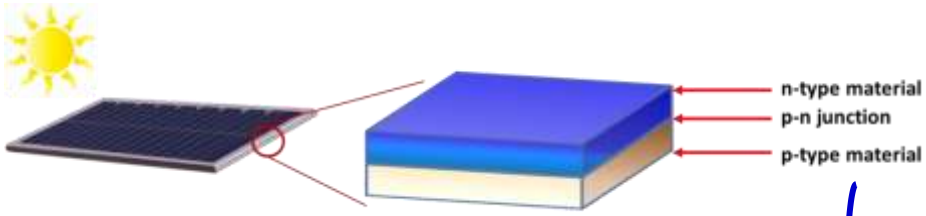
Jeden elektron nie bierze udziału w wiązaniu. Zamiast tego może swobodnie poruszać się wewnątrz

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

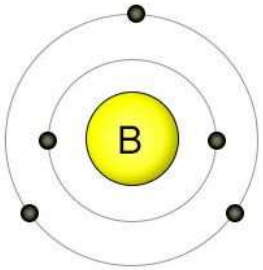
RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas

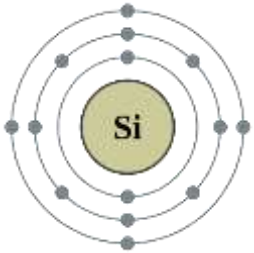
RESOR PROJECT

Systemy fotowoltaiczne



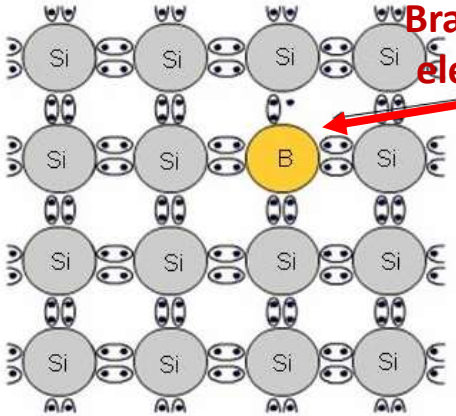
materiał typu p





Bor dzieli się elektronami

z krzemem



Krzem domieszkowany borem

(3 elektrony walencyjne)

e^- e^- e^-

(4 elektrony walencyjne)

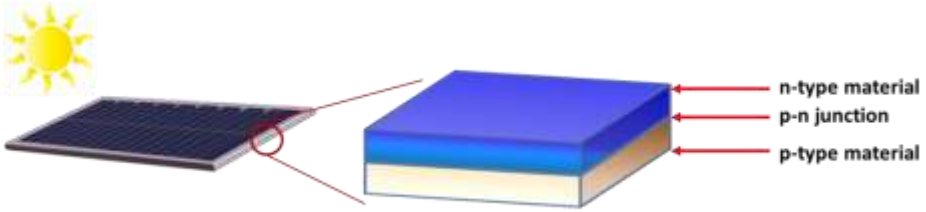
e^- e^- e^- e^-

Powstaje wakat elektronów lub „dziura”.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas

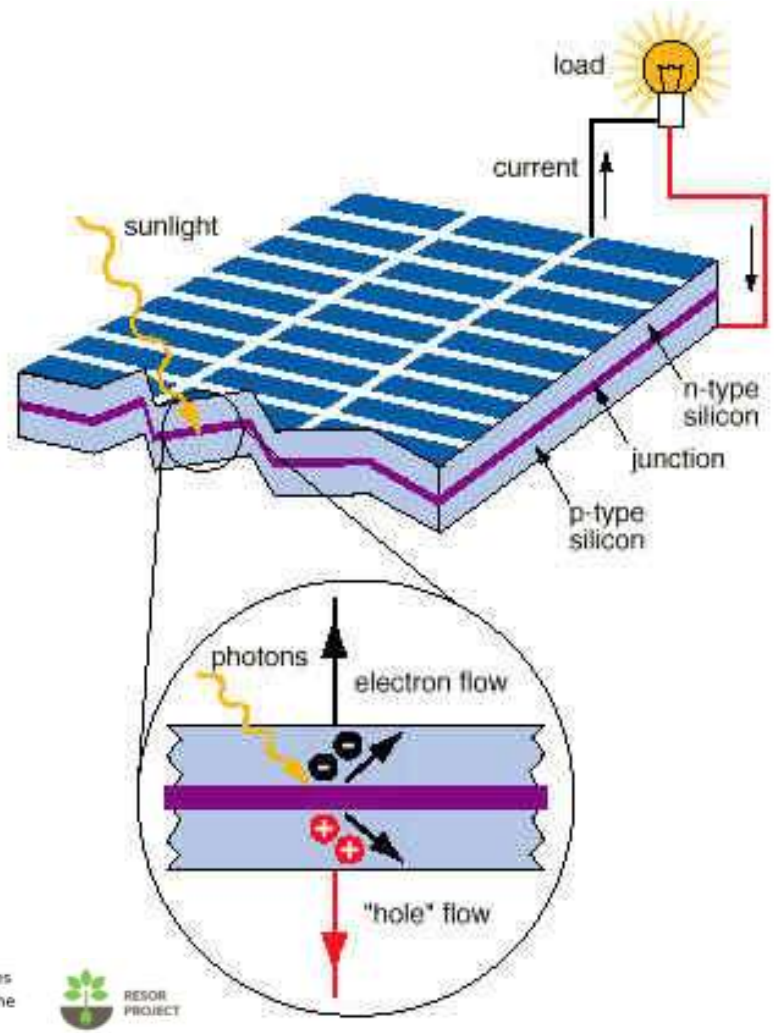
RESOR PROJECT



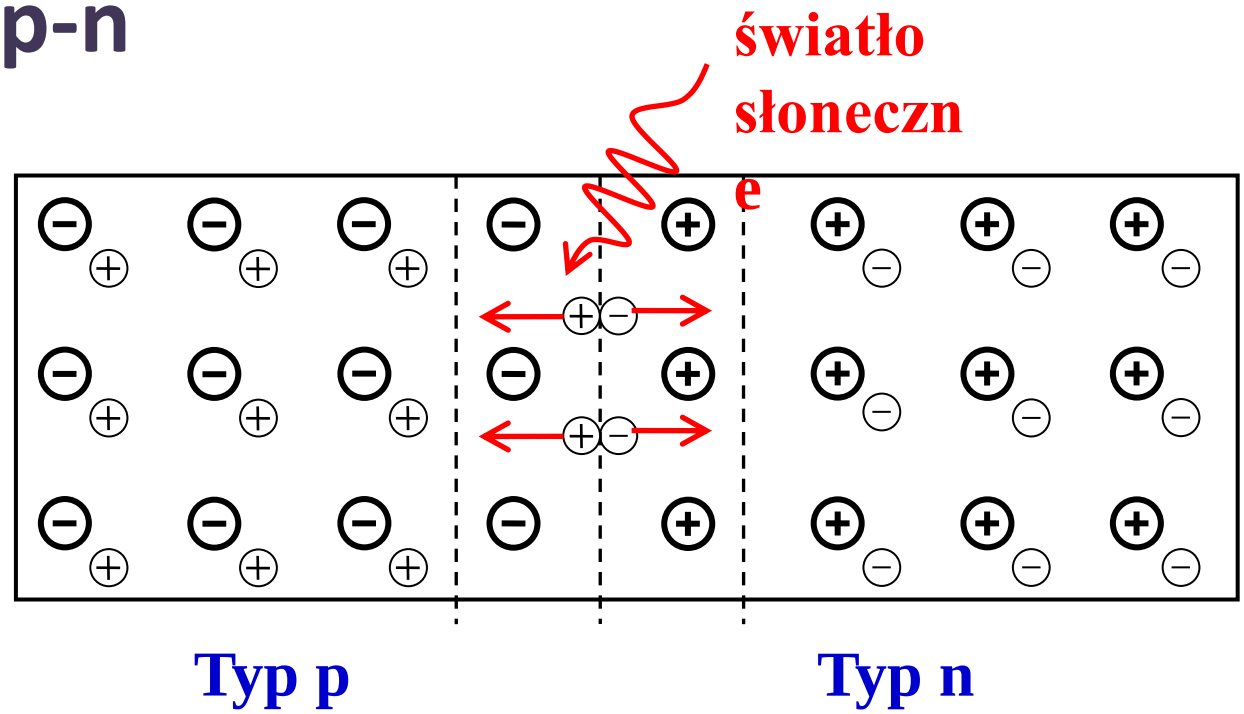
Materiały typu p i n są ze sobą łączone w celu utworzenia złącza p-n.

złącze p-n

- **Typ n: nadmiar elektronów, typ p: nadmiar dodatnio naładowanych otworów**
- **Połączenie p-n dwóch warstw: elektrony po jednej stronie (typ n) przemieszczają się do otworów po drugiej stronie (typ p) (dyfuzja elektronów).**
- **Obszar okolic złącza: Strefa zubożenia (w której elektrony wypełniają otwory)**
- **Światło słoneczne wytworzy pole elektryczne w systemach fotowoltaicznych, powodując przepływ elektronów i elektryczności (prąd stały - DC).**

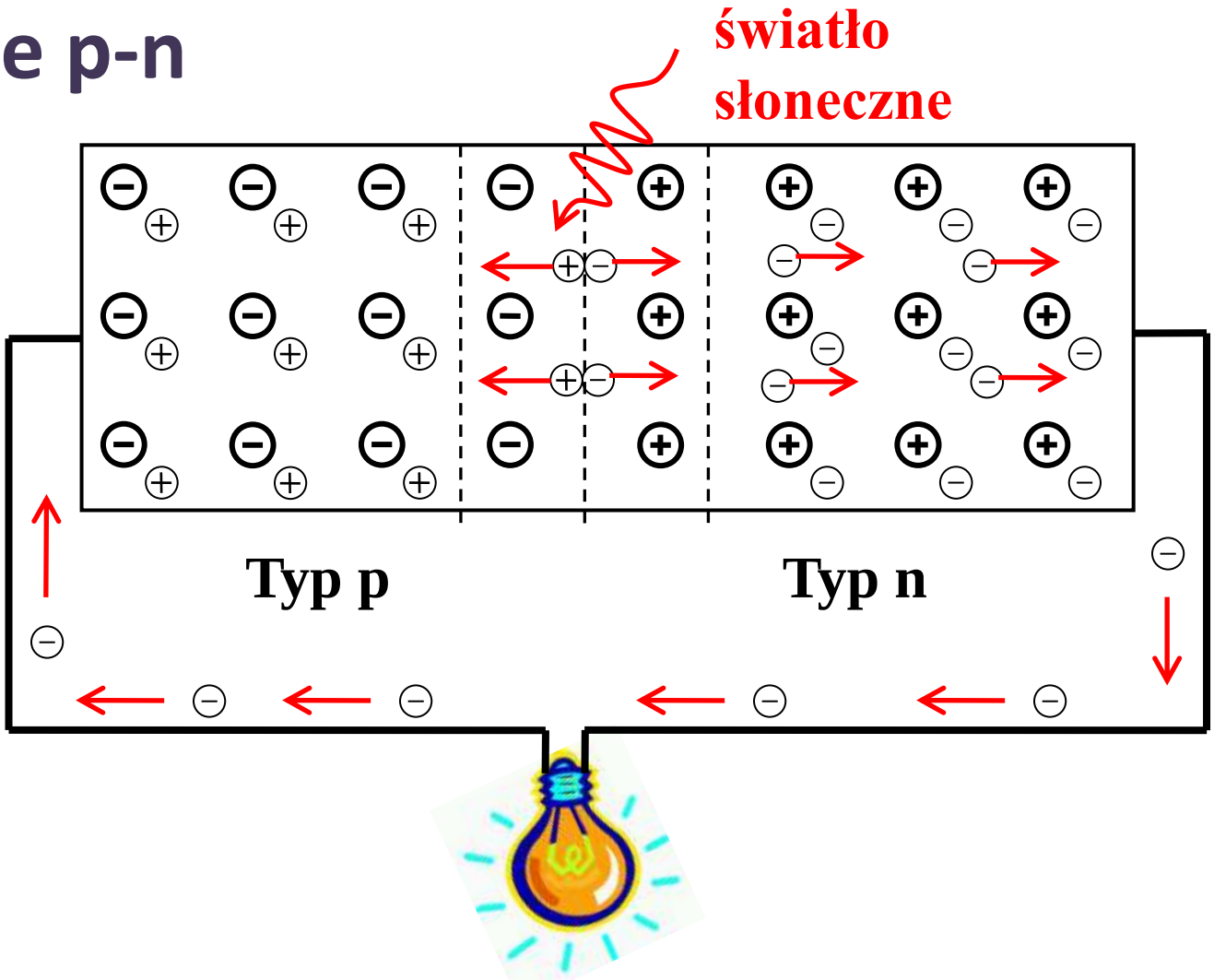


złącze p-n



Kiedy światło słoneczne pada na atomy w złączu P-N, wolne elektrony po stronie typu P przesuwają się w kierunku strony typu N.

złącze p-n



- Kiedy światło słoneczne pada na atomy w złączu P-N, wolne elektrony po stronie typu P przesuwają się w kierunku strony typu N.
- Jeśli obciążenie jest połączone w poprzek ogniwa, powstaje prąd elektryczny, a energia jest przekazywana do obciążenia.

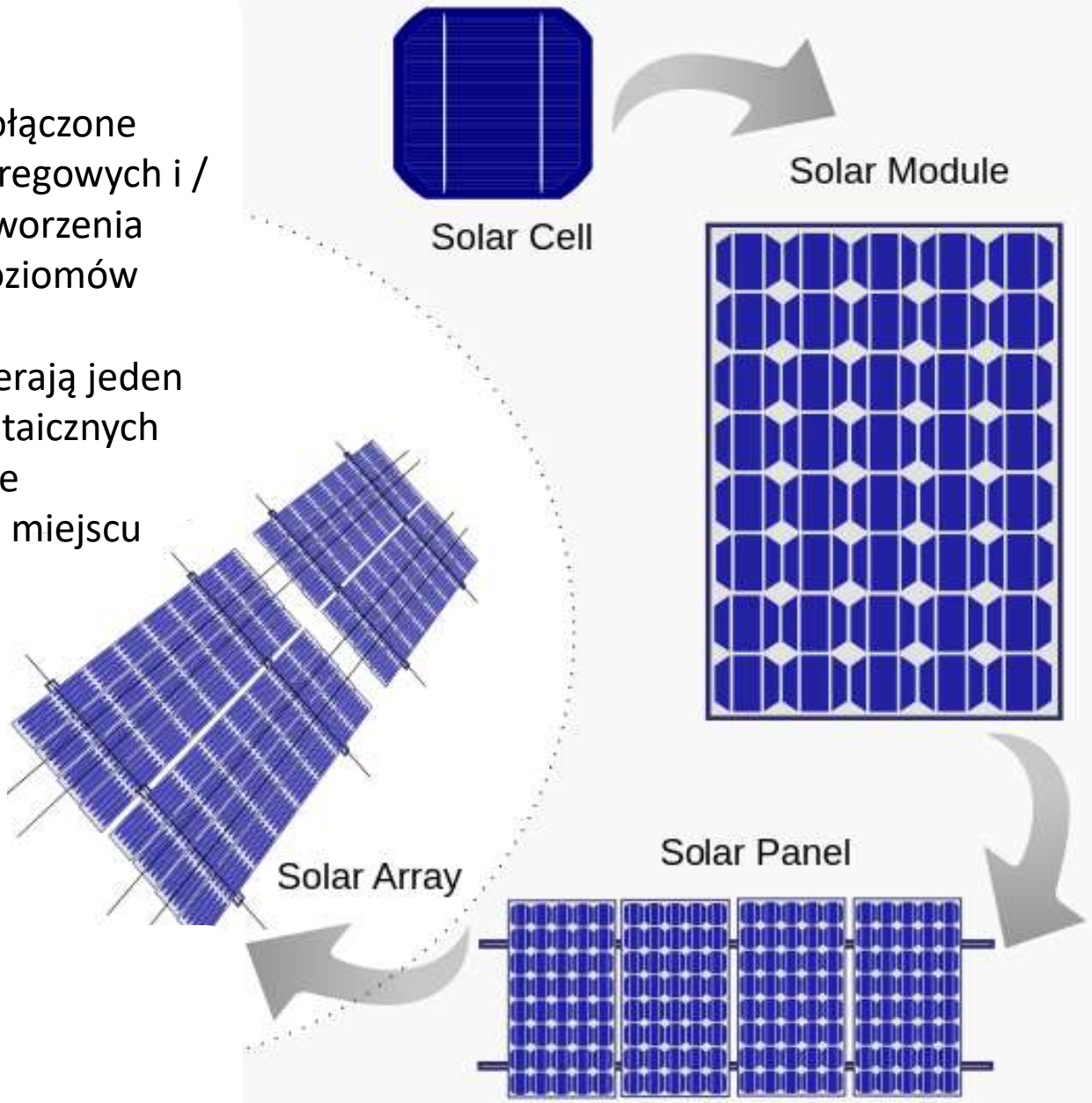
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union
RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas
RESOR PROJECT

Panele słoneczne

•Ogniwa fotowoltaiczne są połączone elektrycznie w obwodach szeregowych i / lub równoległych w celu wytworzenia wyższych napięć, prądów i poziomów mocy.

•Panele fotowoltaiczne zawierają jeden lub więcej modułów fotowoltaicznych zmontowanych jako wstępnie okablowane, instalowane na miejscu jednostki.

•Tablica fotowoltaiczna to kompletna jednostka generująca energię, składająca się z dowolnej liczby modułów i paneli PV.



Source: Wikimedia commons, From a solar cell to a PV system.svg|thumb|From a solar cell to a PV system

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Elementy typowego ogniwa słonecznego

Pokrywa: Przezroczyste szkło zapewnia zewnętrzną ochronę

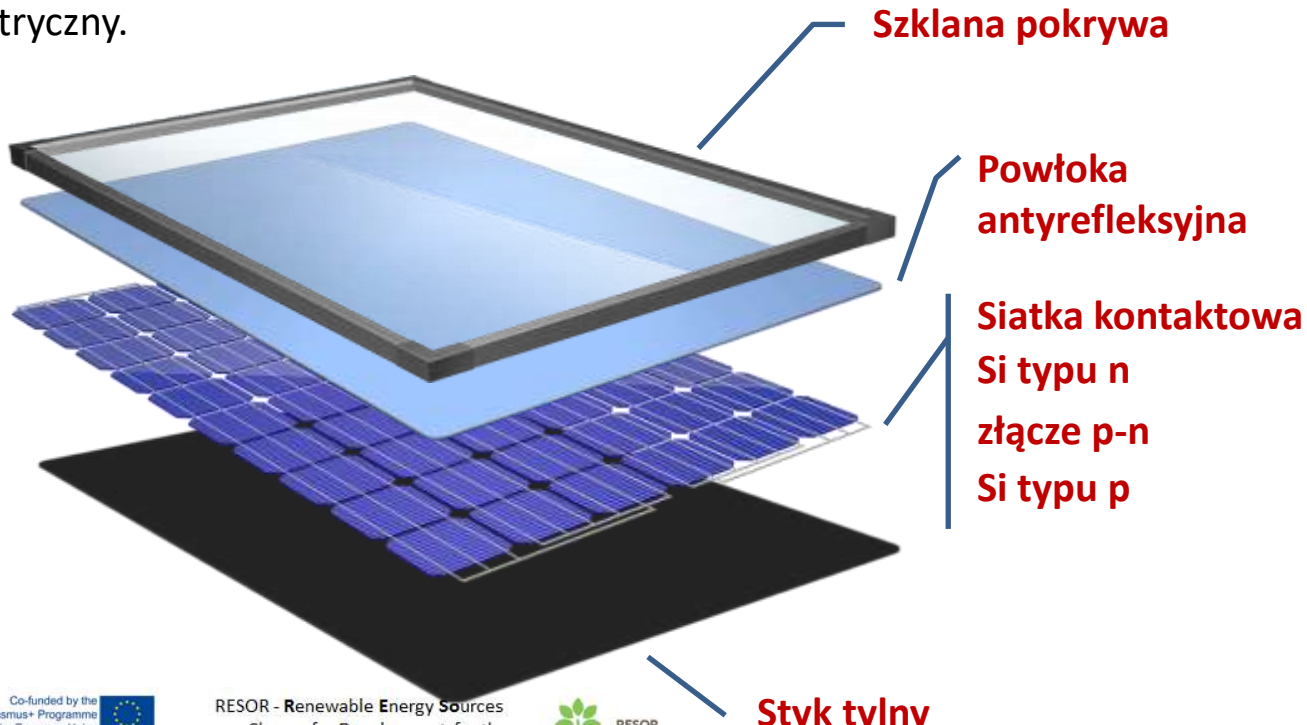
Powłoka antyrefleksyjna: zapobiega odbijaniu się światła, które uderza w ogniwo, dzięki czemu maksymalna energia jest absorbowana przez ogniwo.

Styk przedni: przekazuje prąd elektryczny.

Warstwa półprzewodnika typu n: Cienka warstwa krzemu domieszkowanego fosforem.

Warstwa półprzewodnika typu n: Cienka warstwa krzemu domieszkowanego borem.

Styk tylny: przekazuje prąd elektryczny.

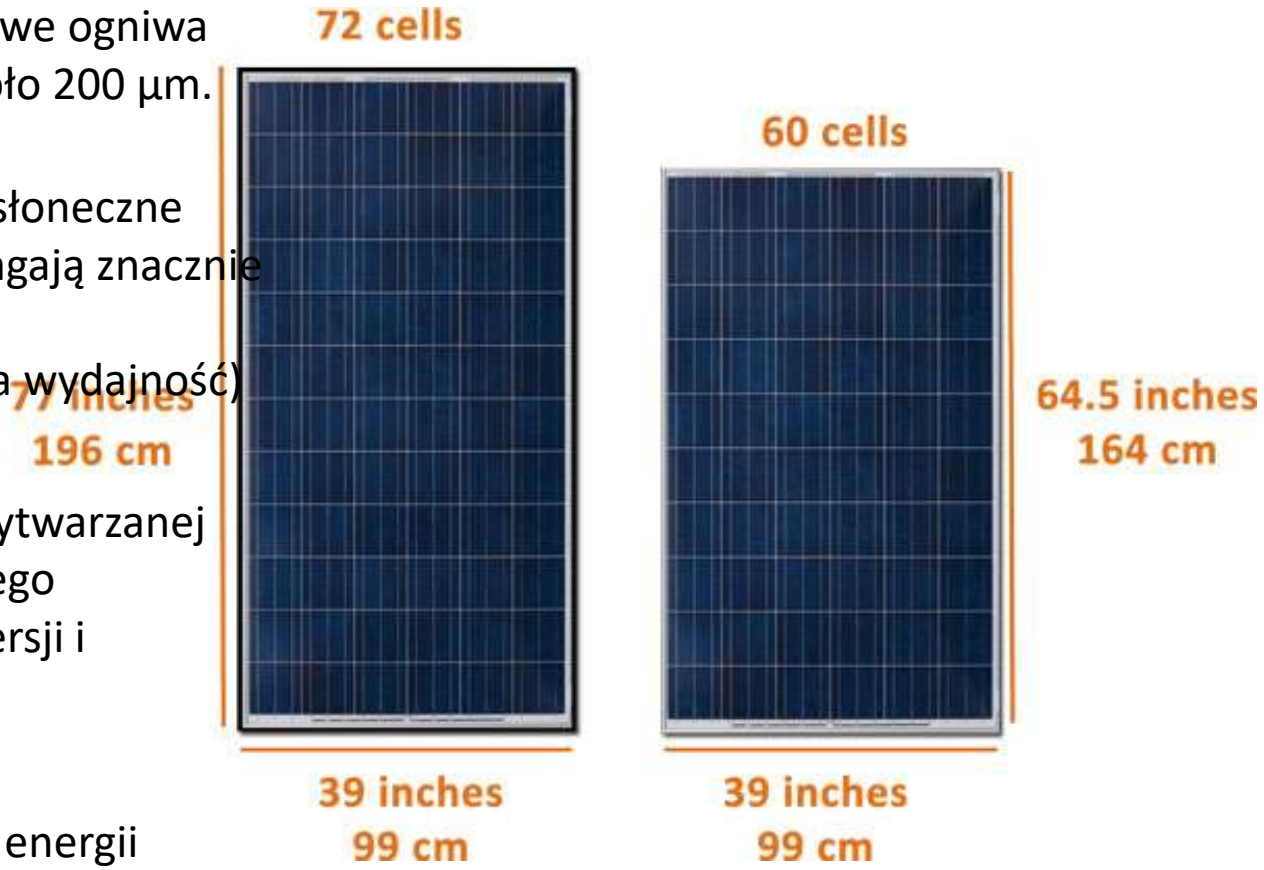


Wymiary ogniw słonecznych

•Oparte na płytkach krzemowe ogniwa słoneczne mają grubość około 200 µm.

•Cienkowarstwowe ogniwa słoneczne mają grubość 1-2 µm, wymagają znacznie mniej aktywnego materiału półprzewodnikowego (niższa wydajność)

•Ilość energii elektrycznej wytwarzanej przez ogniwo PV zależy od jego wielkości, wydajności konwersji i natężenia źródła światła.



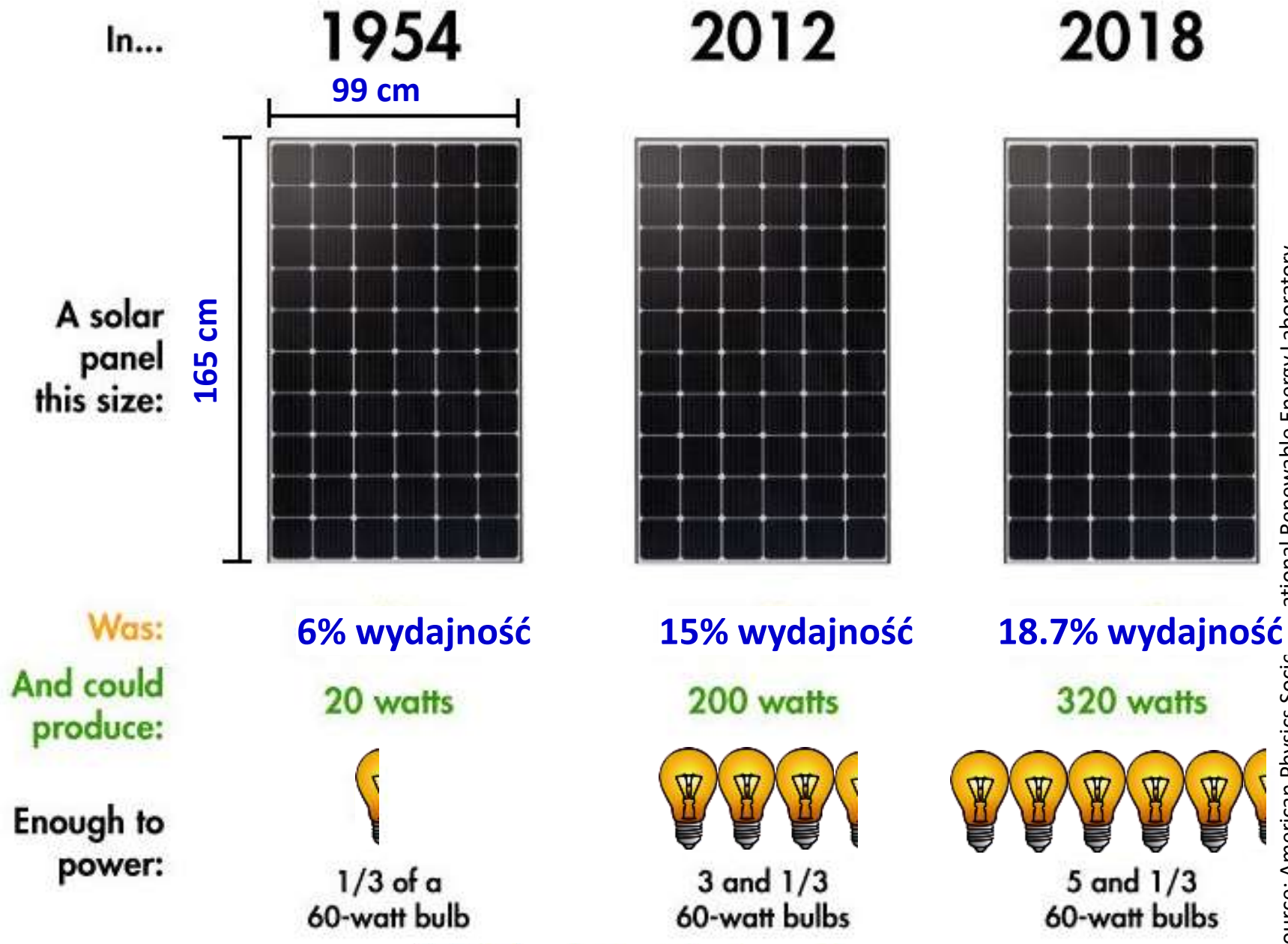
•Wydajność jest miarą ilości energii elektrycznej wytwarzanej ze światła słonecznego, które otrzymuje ogniwo.

•Typowe ogniwo fotowoltaiczne wytwarza 0,5 wolta energii elektrycznej.
•Wystarczy kilka ogniw fotowoltaicznych, aby wyprodukować energię elektryczną wystarczającą do zasilania r ecznego.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union
RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas
RESOR PROJECT

https://sunmetrix.com/solar-panel-size-for-residential-commercial-and-portable-applications/

Technologia poprawia się…



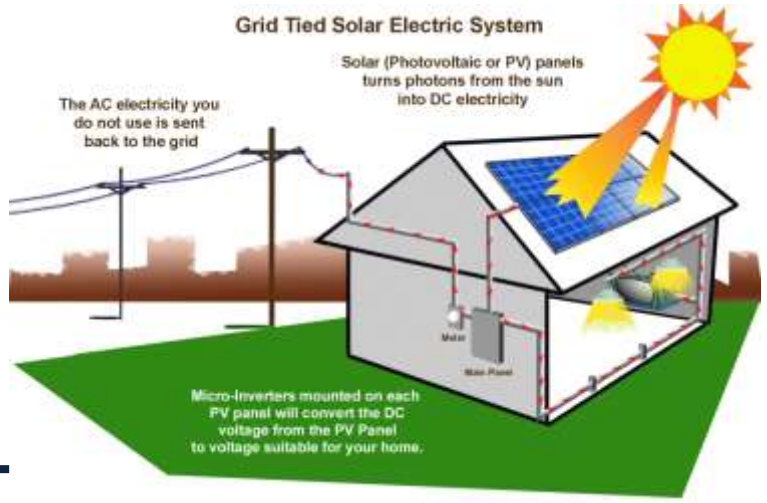
Source: American Physics Society, National Renewable Energy Laboratory https://www.solarpowerrocks.com/solar-basics/how-much-electricity-does-a-solar-panel-produce/

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

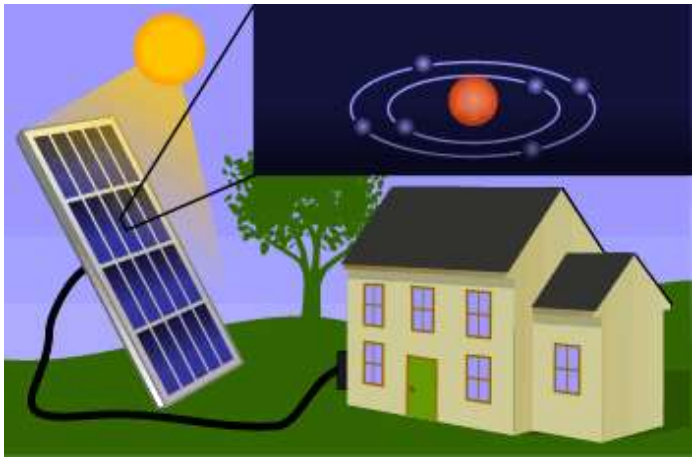
Systemy PV

PV

- Połączone z siatką



- Bez połączenia z siatką **(samodzielny)**



- **PV generuje prąd stały**
- **Do ładowania akumulatorów można u prądu stałego.**
- **Aby dostarczyć zasilania, prąd stały należy przekształcić w prąd przemienny.**

- **Siatka przesyła prąd zmienny na duże odległości.**
- **Gdy prąd przemienny dotrze do użytkownika końcowego, można go w razie potrzeby przekonwertować.**

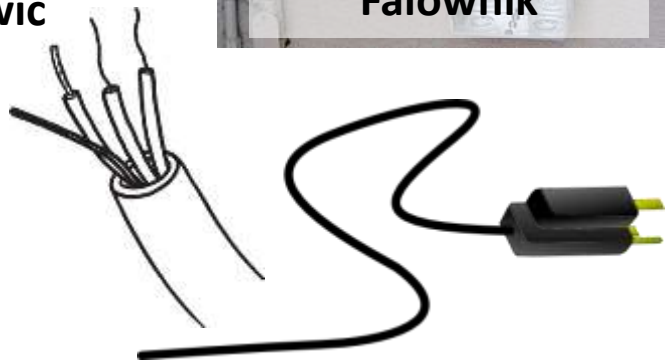
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union
RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas
RESOR PROJECT

Inne komponenty

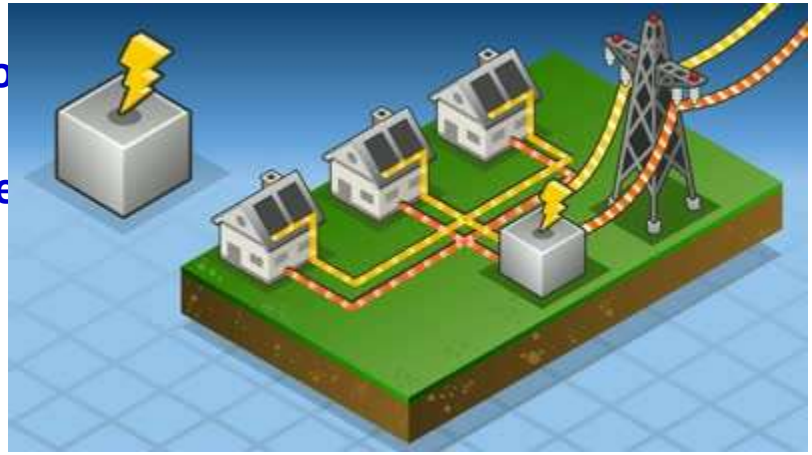
Falownik

•Większość dzisiejszych systemów PV jest modułowa; pozwalają one użytkownikowi w dowolnym momencie dodawać lub usuwać moc systemu.

•Te komponenty dystrybuują i przechowują energię elektryczną w bezpieczny i wydajny sposób i mogą stanowić nawet połowę całkowitego kosztu systemu fotowoltaicznego.



- Panele słoneczne
  - Połączenia elektryczne między panelami słonecznymi
  - Wyjściowe linie energetyczne
- Falownik (konwertuje prąd stały na prąd przemienny)
- Mechaniczny sprzęt montażowy
- Kontroler ładowania
- Okablowanie
- Baterie do magazynowania energii
- Licznik elektryczny (dla systemów podłączonych do sieci)
- Zabezpieczenia nadprądowe i przeciwprzepięciowe
- Sprzęt do przetwarzania energii
- Sprzęt uziemiający



WYZWANIA

- Obecnie koszty ogniw słonecznych są wysokie. Do wytwarzania energii do wytwarzania na dużą skalę potrzeba dużej liczby modułów ogniw słonecznych i dużych przestrzeni.
- Ponieważ energia słoneczna ma charakter przerywany, wymagane jest magazynowanie pewnej ilości energii elektrycznej.
- Wymagania dotyczące powierzchni są wysokie
- Proces tworzenia technologii PV może mieć szkodliwy wpływ na

KORZYŚCI

- Brak ruchomych części, są modułowe, łatwo rozszerzalne, a nawet przenośne.
- Niezależność energetyczna i kompatybilność ze środowiskiem
- Paliwo (światło słoneczne) jest darmowe, a działające systemy PV nie powodują hałasu ani zanieczyszczeń.
- Systemy PV, które są dobrze zaprojektowane i prawidłowo zainstalowane, wymagają minimalnej konserwacji i mają długi okres użytkowania.

Energia elektryczna systemu PV

Globalna wzór szacowania wytwarzanej energii elektrycznej w wyniku użytkowania systemu fotowoltaicznego

$$E = A \times r \times H \times PR$$

E = Energia (kWh)
A = Całkowity obszar paneli słonecznych (m2)
r = Wydajność panelu słonecznego(%)
H = Średnie roczne promieniowanie słoneczne na pochylonych panelach (bez zasłon)
PR = Wskaźnik wydajności, współczynnik strat (zakres od 0,5 do 0,9, wartość domyślna = 0,75)
r oznacza uzysk z panelu słonecznego wyrażony jako stosunek: moc elektryczna (w kWp) jednego panelu słonecznego podzielona przez powierzchnię jednego panelu.

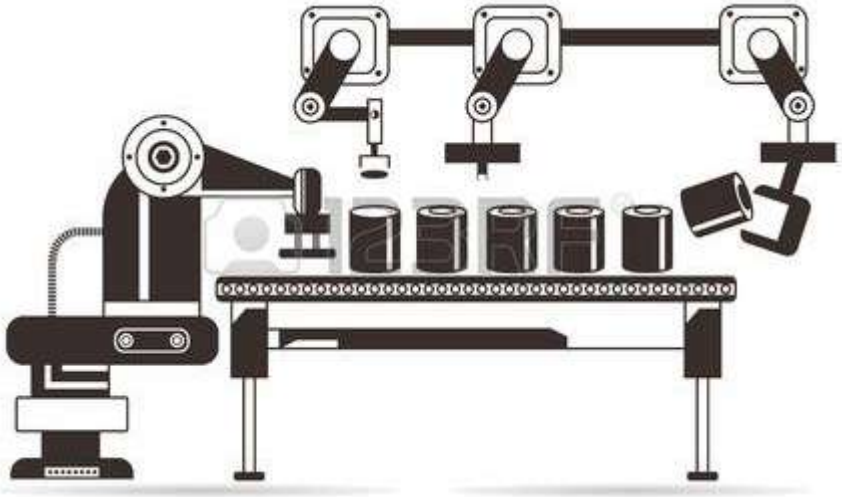
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas

RESOR PROJECT

Wpływ stosowania systemów PV na środowisko

- **Użytkowanie ziemi**
- **Wykorzystanie wody**
- **Wykorzystanie zasobów naturalnych**
- **Stosowanie materiałów niebezpiecznych**
- **Emisje wynikające z globalnego ocieplen cyklu życia**
- **Efekt wizualny**



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

RESOR - **R**enewable **E**nergy **So**urces as a Chance for Development for the **R**ural Areas

RESOR PROJECT

Source: By AleSpa - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29290121
By Chinneeb - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11142161

Ekonomika energii fotowoltaicznej

Ekonomia zależy od następujących parametrów:

- **Całkowity koszt instalacji systemu PV**
- **Cena energii elektrycznej**
- **Taryfy gwarantowane**
- **Czas zwrotu energii**

- **Koszty elektrowni fotowoltaicznej (PVPP) można podzielić na koszty modułów fotowoltaicznych (PV) i koszty bilansowania komponentów systemu (BoS).**
- **Koszty modułów zwykle stanowią tylko 40-60% całkowitych kosztów systemu PV.**
- **W 2010 roku koszt instalacji systemu PV o mocy 1 kW wyniósł około 3000 € / kWp.**
- **Około połowa tej inwestycji dotyczyła modułów fotowoltaicznych i falownika. Resztę stanowiły konstrukcje wsporcze paneli fotowoltaicznych, okablowanie elektryczne, sprzęt i instalacja.**
- **Koszt cyklu życia (LCC) systemu fotowoltaicznego może również obejmować koszty przygotowania miejsca, projektowania i inżynierii systemu, robocizny instalacyjnej, pozwoleń i kosztów eksploatacji oraz kosztów konserwacji.**
- **Przewidywana żywotność systemów fotowoltaicznych wynosi 25 lat.**

Studium przypadku: Dom na wyspie Paros - system fotowoltaiczny na dachu z wsuwaną podstawą montażową

Typ placu budowy / budynku: System na dachu jest zainstalowany na drewnianej konstrukcji zacieniającej za pomocą wsuwanej podstawy montażowej w celu poprawy estetyki systemu

Czas trwania prac montażowych: 2 dni

Całkowita moc zainstalowana: 4,8 kWp

Wymagana powierzchnia na kW: 6,87m²

Zastosowana technologia PV: krzem polikrystaliczny z technologią łączenia sieci "Stay-Powerful„

Koszt całkowity: €12,700, (PV: 2.65 €/Wp)

Taryfy gwarantowane, dotacje, granty: system zasila sieć publiczną i opłacany jest 0,55 € / kWh przez Public Power Corporation (PPC).

Szacuje się, że system będzie produkował około 6,19 MWh / rok, co oznacza, że całość inwestycji zwróci się w ciągu 4 lat.

Oszczędność emisji CO2: 3,7 t / rok

Source: By U.S. Department of Energy from United States - Children of the Sun Solar Initiative, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7997287

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Thank you

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

RESOR - **R**enewable **E**nergy **So**urces as a Chance for Development for the **R**ural Areas

RESOR PROJECT