



Fundusze Europejskie  
Pomoc Techniczna



Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Fundusz Spójności



# FOTOWOLTAIKA

## Technologia wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnego źródła

Publikacja dofinansowana z projektu pn. „Sierpc 2.0 - Rozwiązania EcoSmart z zakresu zarządzania miastem”, współfinansowanego ze środków Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020 oraz budżetu państwa, w ramach konkursu pt. „HUMAN SMART CITIES. Inteligentne miasta współtworzone przez mieszkańców”. Za jej treść odpowiada wyłącznie Stowarzyszenie Polskich Energetyków Oddział w Radomiu.



Politechnika  
Warszawska





Fundusze Europejskie  
Pomoc Techniczna



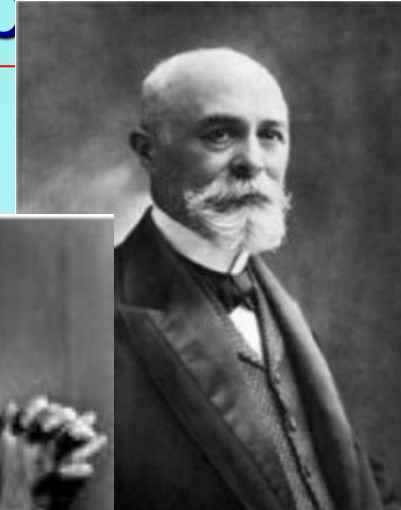
Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Fundusz Spójności

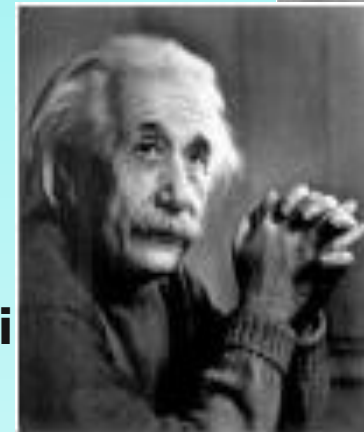


## 1.1. HISTORIA I PERSPEKTYWY ROZWOJU FOTOWOLTAIKI

**W 1839-A.E.Becquerel odkrył efekt fotowoltaiczny**



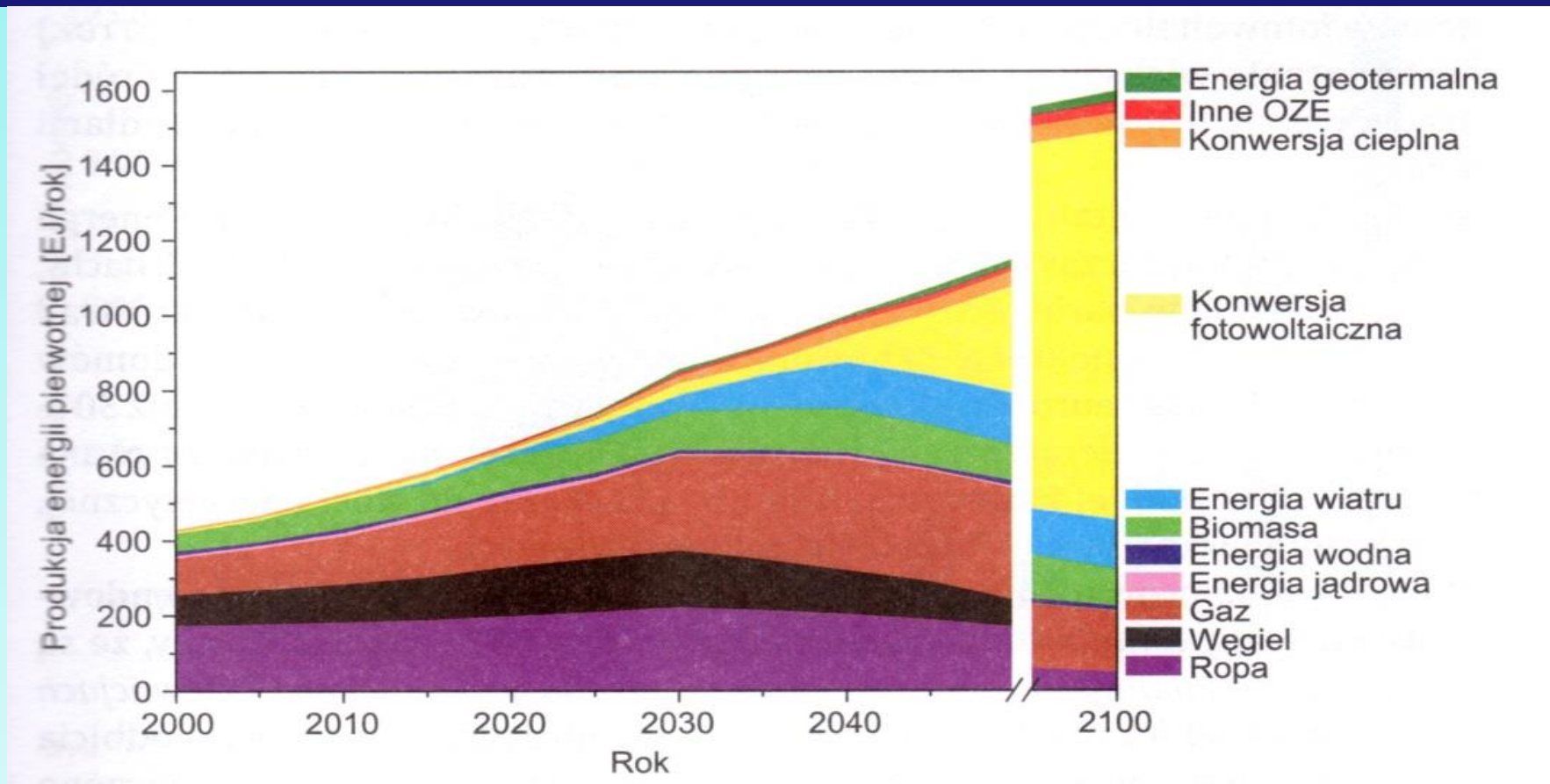
**Albert Einstein w 1905 r. na podstawie teorii kwantowej podał wyjaśnienie zjawiska fotowoltaicznego za co otrzymał w 1921 r. Nagrodę Nobla.**



**W 1941 roku Russell S. Ohl odkrył, że światło padając na powierzchnię krzemu może spowodować wytworzenie ogromnej liczby swobodnych elektronów. Badacz ten opatentował krzemowe ogniwo słoneczne.**

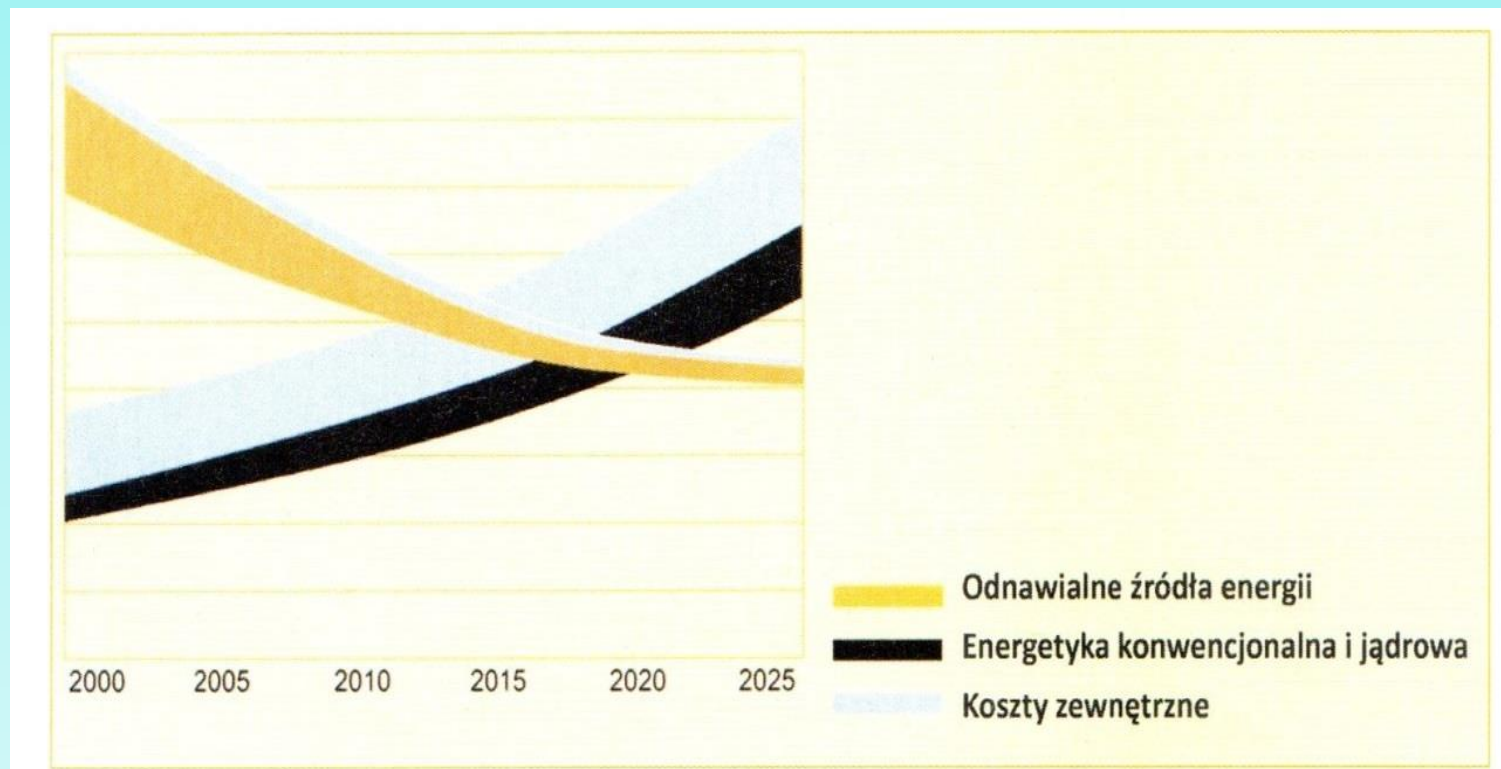


# 1.1. HISTORIA I PERSPEKTYWY ROZWOJU FOTOWOLTAIKI



**Struktura zużycia nośników energii w latach 2000 – 2100 .**

## 1.1. HISTORIA I PERSPEKTYWY ROZWOJU FOTOWOLTAIKI



**Prognoza kosztów wytwarzania energii elektrycznej z zasobów kopalnych i odnawialnych do 2025 r. w Unii Europejskiej.**

## 1.2. KORZYŚCI EKONOMICZNE, ŚRODOWISKOWE I SPOŁECZNE STOSOWANIA FOTOWOLTAIKI.

### KORZYŚCI EKONOMICZNE

- 1. Stworzenie nowych miejsc pracy.**
- 2. Rozwój nowych kierunków szkolnictwa zawodowego.**
- 3. Rozwój nauki.**
- 4. Rozwój nowego sektora usługowego.**
- 5. Ożywienie gospodarki.**
- 6. Zmniejszenie strat przesyłowych.**
- 7. Uniezależnienie się od dostaw obcych surowców energetycznych.**



## 1.2. KORZYŚCI EKONOMICZNE, ŚRODOWISKOWE I SPOŁECZNE STOSOWANIA FOTOWOLTAIKI.

### KORZYŚCI ŚRODOWISKOWE

- 1. Brak emisji gazów cieplarnianych.**
- 2. Brak emisji pyłów.**
- 3. Brak odpadów poenergetycznych.**
- 4. Ograniczenie dewastacji środowiska naturalnego.**



## 1.2. KORZYŚCI EKONOMICZNE, ŚRODOWISKOWE I SPOŁECZNE STOSOWANIA FOTOWOLTAIKI.

### KORZYŚCI SPOŁECZNE

- 1. Pobudzenie aktywności lokalnej.**
- 2. Zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego.**
- 3. Zwiększenie niezawodności zasilania.**
- 4. Możliwość pozyskania środków unijnych na budowę instalacji OZE.**

### 1.3.1. PRAWA I OBOWIĄZKI CERTYFIKOWANEGO INSTALATORA MIKROINSTALACJI I MAŁYCH INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH, WARUNKI UZYSKANIA, ODNAWIANIA I PRZYCZYNY UTRATY CERTYFIKATU.

#### **Warunki uzyskania certyfikatu.**

**Warunkiem uzyskania certyfikatu jest odbycie szkolenia w akredytowanym ośrodku szkoleniowym i zdaniu egzaminu na certyfikowanego instalatora przed komisją UDT.**

**Certyfikat jest ważny przez 5 lat, a odnowienie polega na powtórnym zdaniu egzaminu przed komisją UDT i otrzymaniu nowego certyfikatu.**

**Utrata certyfikatu następuje w wyniku popełniania licznych błędów przy wykonywaniu instalacji OZE.**

**Posiadanie certyfikatu instalatora mikroinstalacji i małych instalacji przez osobę wykonującą instalację PV jest nieobowiązkowe.**

**Instalator wykonujący instalacje fotowoltaiczne (mikroinstalacje) musi posiadać ważne świadectwo kwalifikacyjne grupy 1 w zakresie eksploatacji , pkt. 2 instalacje elektroenergetyczne o napięciu do 1 kV.**



## 1.4. PRZEPISY DOTYCZĄCE BHP, OCHRONY PRZECIWPÓŻAROWEJ, ORAZ ŚRODOWISKA STOSOWANE W CZASIE INSTALOWANIA - IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ.

Analiza aspektów związanych z BHP wykazała, że główne zagrożenia przy montażu instalacji fotowoltaicznych stwarzające zagrożenie to :

1. - praca na wysokości - upadki;
2. - poślizgnięcia;
3. - potknięcia;
4. - porażenia;
5. - popażenia;
6. - pożarowe.

## 1.5. PODSTAWOWE TERMINY I DEFINICJE.

**Amper „A”** – jednostka natężenia prądu w układzie SI (ozn. I). Jest miarą ilości ładunku elektrycznego przepływającego przez wyznaczoną powierzchnię w jednostce czasu.

**Charakterystyka Prądowo-Napięciowa (I-V)** - prezentacja graficzna natężenia prądu w funkcji napięcia dla urządzenia fotowoltaicznego od punktu bez obciążenia (prąd zwarcia) do maksymalnej wartości napięcia (obwód otwarty). Kształt krzywej ukazuje wydajność ogniw.

**DC** - Prezentacja graficzna natężenia prądu w funkcji napięcia dla urządzenia fotowoltaicznego od punktu bez obciążenia (prąd zwarcia) do maksymalnej wartości napięcia (obwód otwarty). Kształt krzywej ukazuje wydajność ogniw.

**Dioda Bypass** -- Element półprzewodnikowy włączony w obwód jednego lub szeregu ogniw PV w module fotowoltaicznych, umożliwiając przepływ prądu w momencie, gdy w ogniwie pojawi się napięcie wsteczne. Stanowi to zabezpieczenie przed przegrzaniem i w konsekwencji uszkodzeniem ogniwa w przypadku częściowego lub całkowitego zacinienia poszczególnych ogniw, podczas gdy inne są w pełni oświetlone.

## 1.5. PODSTAWOWE TERMINY I DEFINICJE.

**Efekt Fotowoltaiczny** - podstawowy proces fizyczny, w którym energia promieniowania świetlnego przetwarzana jest w materiale fotowoltaicznym na energię elektryczną. W oświetlonym złączu p-n ogniwa fotowoltaicznego, powstaje prąd elektryczny na skutek powstania nadmiaru elektronów w obszarze p i „dziur” w obszarze n, które przemieszczają się w kierunku złącza. W większości zastosowań fotowoltaicznych, źródłem światła jest Słońce, stąd urządzenia takie często nazywane są ogniwami słonecznymi.

**Fotowoltaika** - dziedzina technologii i badań związanych z praktycznym zastosowaniem ogniw słonecznych do produkcji energii elektrycznej ze światła, choć najczęściej stosowany konkretnie w odniesieniu do wytwarzania energii elektrycznej ze Słońca.

**Globalne Nasłonecznienie** - Suma nasłonecznienia na danym obszarze, zazwyczaj na metr kwadratowy poziomej powierzchni. Składa się ono z sumy promieniowania bezpośredniego i rozproszonego.

**Generator PV (string PV)** - zespół połączonych ze sobą modułów fotowoltaicznych wytwarzających

## 1.5. PODSTAWOWE TERMINY I DEFINICJE.

**Instalacja podłączona do sieci (on grid)** – instalacja podłączona do sieci energetycznej. Nadwyżki wyprodukowanej energii elektrycznej przekazywane są do sieci energetycznej, a w przypadku braku produkcji, energia jest z niej pobierana .

**Instalacja nie podłączona do sieci (off grid) – instalacja wyspowa** – instalacja nie jest podłączona do sieci energetycznej, a nadwyżki wyprodukowanej energii elektrycznej magazynowane są w baterii akumulatorów.

**Kilowat (kW)** – tysiąc Wat (1000 W) jednostka mocy np. systemu fotowoltaicznego

**Kilowatogodzina (kWh)** - tysiąc watogodzin ( 1000 Wh ) – jednostka energii.  
 $1\text{kWh} = 1\text{kW} \cdot 1\text{h}$ .

**Łańcuch (string) PV** – zespół szeregowo połączonych ze sobą modułów fotowoltaicznych.

## 1.5. PODSTAWOWE TERMINY I DEFINICJE.

**Natężenie promieniowania słonecznego** - chwilowa wartość gęstość mocy promieniowania słonecznego padającego w ciągu jednej sekundy na powierzchnię jednego metra kwadratowego, prostopadłą do kierunku promieniowania. Wartość ta podawana jest w  $[W/m^2]$ . **Wartości te wahają się od 100 do 1000  $[W/m^2]$ .**

**Stała słoneczna - 1367  $[W/m^2]$**  - strumień energii, który w sposób ciągły dociera do granicy atmosfery Ziemi ze Słońca.

**Nasłonecznienie** – suma natężenia promieniowania słonecznego w danym czasie i na danej powierzchni np. suma natężenia promieniowania słonecznego w czasie roku na powierzchni metra kwadratowego. Nasłonecznienie jest wielkością opisującą zasoby energii słonecznej w danym miejscu u czasie np.  $[kWh/m^2/rok]$ .

Na terenie Polski gęstość promieniowania słonecznego wynosi **930-1160  $[kWh/m^2 rok]$** . Na skutek pochłaniania i rozpraszania w atmosferze do powierzchni Ziemi dociera promieniowanie o mniejszym natężeniu. Potencjalne zasoby energii promieniowania słonecznego w Polsce szacuje się na **780-1050  $[kWh/m^2 \cdot rok]$** .

## 2.1. OGNIWO SŁONECZNE – BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA

### Podział ogniw słonecznych (fotoogniw)



## 2.1.1. KONWERSJA FOTOWOLTAICZNA – PODSTAWY FIZYCZNE, STRUKTURA I CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH.



**Monokrystaliczny**

**Polikrystaliczny**

**CIGS**

**CdTe**

**Amorficzny**

Sprawność

17%–18%

16–17%

12%–14%

11%–13%

8%–10%

Umiarkowany spadek wydajności przy wzroście temperatury pracy

Umiarkowany spadek wydajności przy wzroście temperatury pracy

Niski spadek wydajności przy wzroście temperatury pracy

Niski spadek wydajności przy wzroście temperatury pracy

Niski spadek wydajności przy wzroście temperatury pracy

Zazwyczaj w ramce

Zazwyczaj w ramce

Zazwyczaj w ramce

Zazwyczaj bez ramki

Zazwyczaj bez ramki

Bardzo wielu dostawców

Bardzo wielu dostawców

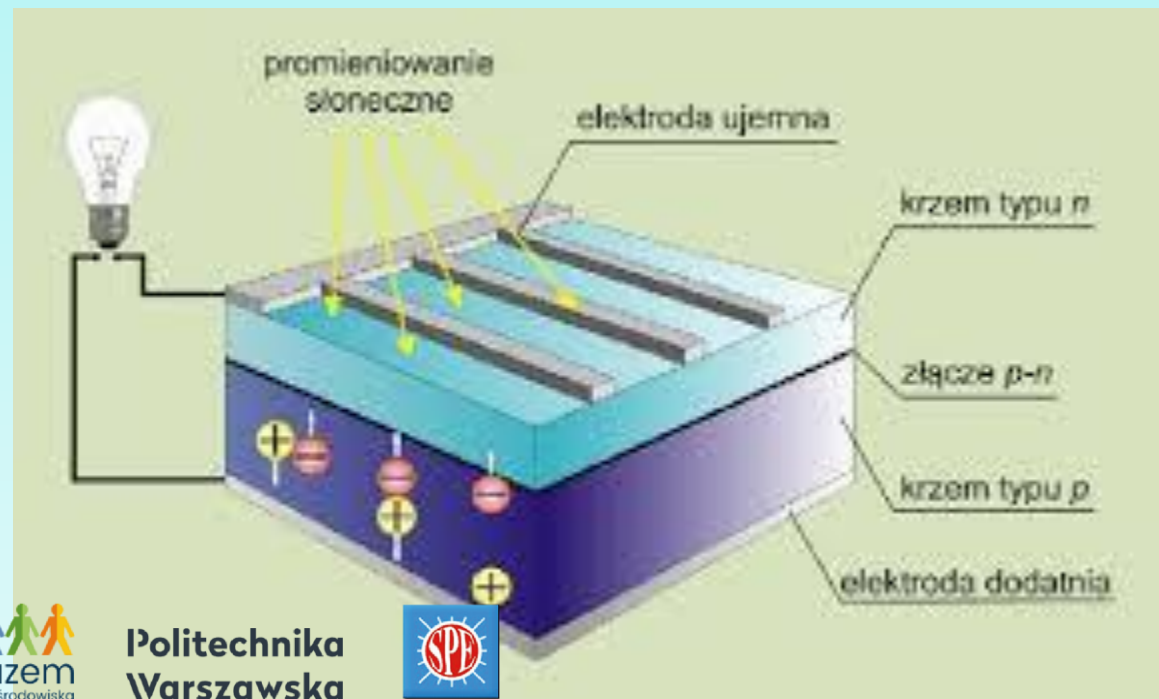
Ograniczona liczba dostawców

Bardzo ograniczona liczba dostawców

Ograniczona liczba dostawców

## 2.1.1. KONWERSJA FOTOWOLTAICZNA – PODSTAWY FIZYCZNE, STRUKTURA I CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH.

Konwersja fotowoltaiczna jest bezpośrednią zamianą energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną, zachodzącą w półprzewodniku. Ogniwo fotowoltaiczne to urządzenie służące do bezpośredniej konwersji energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną, poprzez wykorzystanie półprzewodnikowego złącza typu p-n, w którym pod wpływem fotonów, o energii większej niż szerokość przerwy energetycznej półprzewodnika, elektrony przemieszczają się do obszaru n, a dziury (nośniki ładunku) do obszaru p. Takie przemieszczenie ładunków elektrycznych powoduje pojawienie się różnicy potencjałów, czyli napięcia elektrycznego.

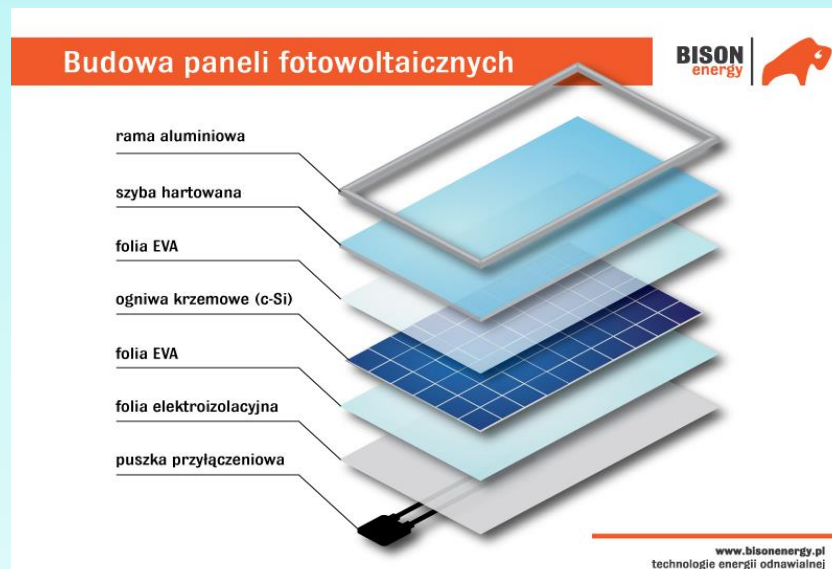




## 2.1.2. STRUKTURA I CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH.

### Budowa paneli fotowoltaicznych –

1. Rama aluminiowa – zapewnia sztywność konstrukcji, ułatwia montaż.
2. Szyba - wykonana z nisko żelazowego, hartowanego szkła o odpowiedniej strukturze fotonów promieniowania słonecznego.  
Szyba pokryta jest specjalną warstwą antyrefleksyjną ograniczającą odbicia promieni słonecznych. Warstwa refleksyjna zwiększa wydajność paneli nawet o 5%.
3. Folia EVA (etylo-winylo-octan) o wysokiej przepuszczalności światła i po procesie obustronnej laminacji stanowią ochronę mechaniczną ogniw oraz zabezpieczają je przed działaniem czynników atmosferycznych (tłenu, wilgoci, temperatury, pyłu i związków chemicznych.)
4. Ogniwa fotowoltaiczne – łączone w stringi (rzędy) i przyłączone do puszki przyłączeniowej.
5. Folia elektroizolacyjna - np. FPA ( fluoropolimer-polietylen-poliamid) – zapewnia doskonałą odporność na trudne i bardzo zmienne warunki atmosferyczne oraz uszkodzenia mechaniczne. Czasami może to być szyba.
6. Puszka przyłączeniowa – jest przymocowana w tylnej części paneli i zawiera ona diody bocznikujące i kable przyłączeniowe.



## 2.1.2. STANDARDOWE WARUNKI BADANIA.

- Natężenie promieniowania słonecznego:** **1000[W/m<sup>2</sup>]**
- **Temperatura pracy modułu:** **25°C**
  - **Współczynnik grubości warstwy atmosfery:** **AM=1.5**  
( AM Air Mass - 1,0 – równik, 1,5 Europa )

### **Dla warunków STC**

**podaje się następujące parametry modułu:**

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

Na tabliczce znamionowej podawane są wartości zmierzone w warunkach STC.

## 2.1.3. POMIAR PARAMETRÓW OGNIWA/MODUŁU SŁONECZNEGO W WARUNKACH STANDARDOWYCH (STC); WPŁYW NATĘŻENIA PROMIENIOWANIA I TEMPERATURY NA PARAMETRY ELEKTRYCZNE OGNIWA/MODUŁU.

Standard STC umożliwia wiarygodne porównywanie modułów pochodzących od różnych producentów. W praktyce tak idealne warunki występują bardzo rzadko, dlatego wprowadzono inny standard -

### •**NOCT - Nominal Operating Cell Temperature = Warunki Nominalnej Temperatury Pracy Ogniwa.**

- promieniowanie  $800\text{W}/\text{m}^2$ ,
- temperatura powietrza  $20^\circ\text{C}$ ,
- prędkość wiatru  $1\text{ m/s}$ .

Standard ten odzwierciedla w większym stopniu rzeczywiste warunki w jakich **moduły fotowoltaiczne** będą pracować oraz parametry jakie będą osiągać. Dlatego przy porównywaniu różnych modułów fotowoltaicznych bardziej istotnymi są parametry podawane przez producentów dla NOCT niż dla STC.

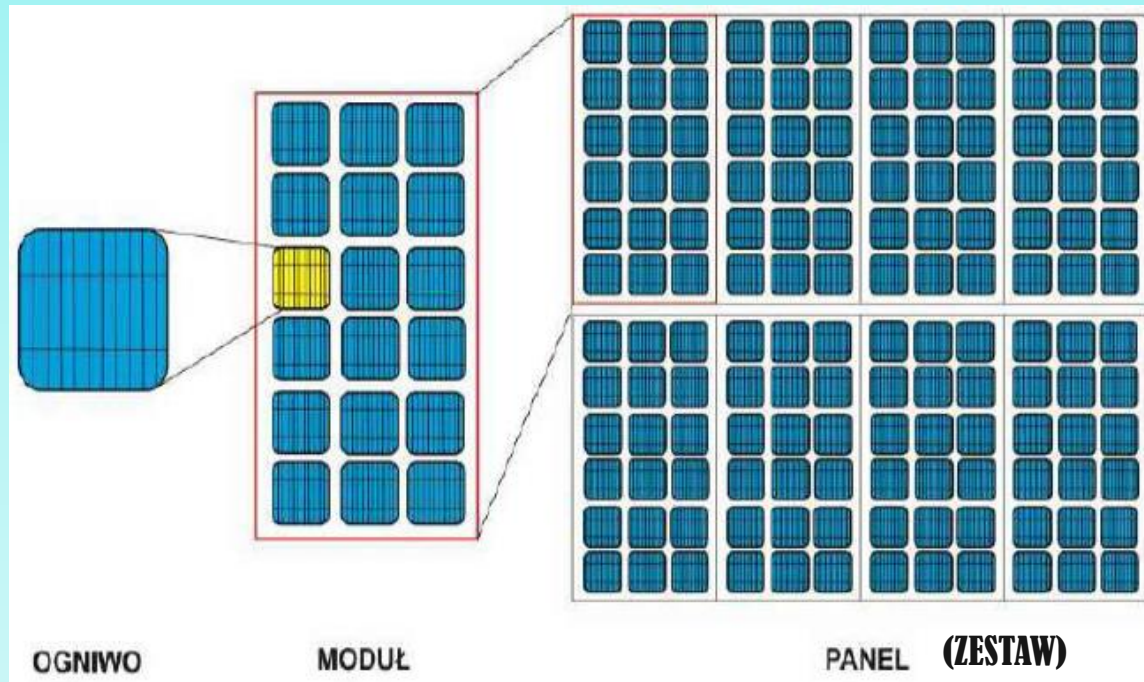
Badania przeprowadza się w specjalnych komorach w których utrzymywane są stałe parametry dla danego standardu.

## 2.1.3. POMIAR PARAMETRÓW OGNIWA/MODUŁU SŁONECZNEGO W WARUNKACH STANDARDOWYCH (STC)

W tabeli poniżej porównano dane techniczne przykładowego modułów fotowoltaicznego dla STC i NOCT.

Parametr	Jednostka	Parametry dla STC	Parametry dla NOCT
Moc w punkcie mocy maksymalnej	P <sub>mpp</sub>	440 Wp	326 Wp
Napięcie w punkcie mocy maksymalnej	V <sub>mpp</sub>	41 Vdc	37,90 Vdc
Napięcie rozwarcia	V <sub>oc</sub>	49,60 Vdc	46,30 Vdc
Prąd w punkcie mocy maksymalnej	I <sub>mpp</sub>	10,74 A	8,61 A
Prąd zwarciovowy	I <sub>sc</sub>	11,33 A	9,13 A

## 2.1.4. ŁĄCZENIE OGNIW W MODUŁY ORAZ MODUŁÓW W ZESTAWY



Ogniwa fotowoltaiczne zwane także ogniwem słonecznym lub fotoogniwem są najmniejszym półprzewodnikowym elementem modułu fotowoltaicznego konwertującym energię promieniowania słonecznego w energię elektryczną.

Moduł fotowoltaiczny to integralne, hermetycznie zamknięte urządzenie, zawierające określoną liczbę fotoogniw i generujące prąd stały pod wpływem promieniowania świetlnego.

Panel (zestaw) tworzy określona liczba modułów fotowoltaicznych połączonych ze sobą mechanicznie (na wspólnej ramie – konstrukcji).

## 2.2. RODZAJE OGNIW I MODUŁÓW FOTOWOLTAICZNYCH

### Rodzaje ogniw fotowoltaicznych

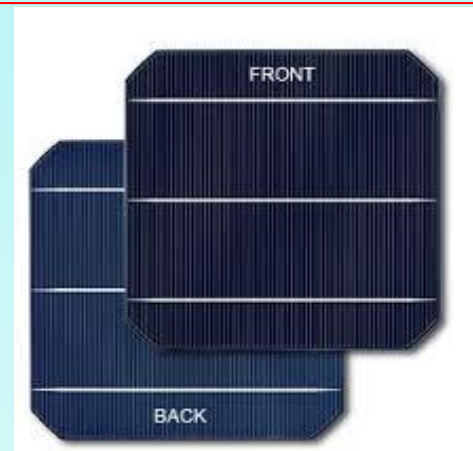
1. Ogniw monokrystaliczne
2. Ogniw polikrystaliczne
3. Ogniw amorficzne
- 4. Ogniw CdTe, CIGS/CIS**
- 5. Ogniw DSSC**

## 2.2.1. OGNIWA Z KRZEMU MONOKRYSTALICZNEGO

**Ogniwa monokrystaliczne** - ogniwa te powstają z dużych kryształów krzemu (monokryształu) wyprodukowanych metodą Czochralskiego lub metodą topienia strefowego FZ. Są to walce o średnicy do 30 cm. Są one cięte na płytki grubości 0,2 mm, a następnie w celu lepszego „upakowania” w panelu są przycinane do kwadratu o ściętych rogach. Ogniwa te charakteryzują się największą sprawnością. Wadą jest ich cena (najwyższa) oraz najwyższy wskaźnik spadku mocy wynikający ze wzrostu temperatury. Spr. 18-22%



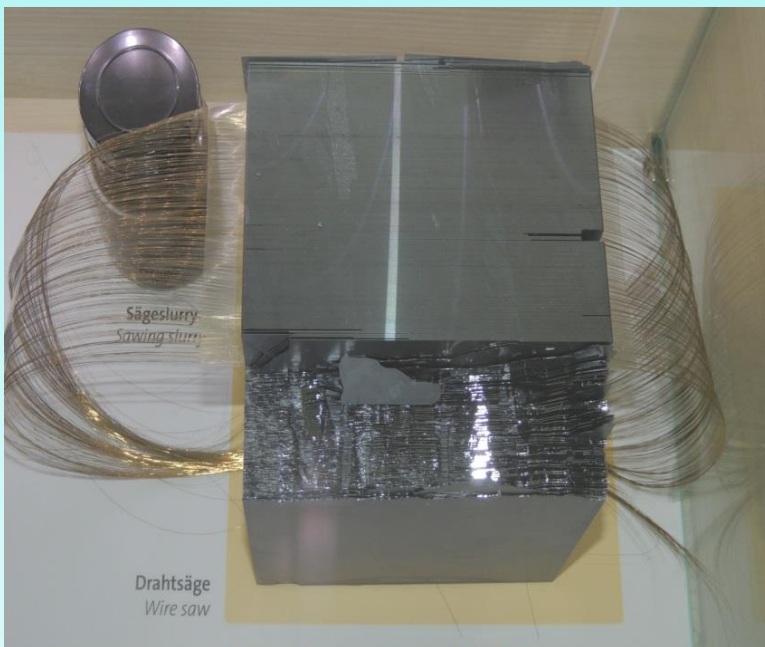
Fot. Andrzej Frącek



Fot. Andrzej Frącek

## 2.2.2. OGNIWA Z KRZEMU POLIKRYSTALICZNEGO

**Ogniwa polikrystaliczne** - powstają przez pocięcie bloku polikrystalicznego krzemu (wielu monokryształów) na płytki w kształcie kwadratu rzadziej prostokąta o grubości 0,2 mm. Następnie w wyniku wielu operacji technologicznych tworzone jest ogniwo fotowoltaiczne charakteryzujące się dużą sprawnością (mniejszą niż mono), a także niższą ceną oraz mniejszą wrażliwością na zmiany temperatury. Spr. 14-18%.



Fot. Andrzej Frącek



Fot. Andrzej Frącek



## 2.2.2. OGNIWA Z KRZEMU POLIKRYSTALICZNEGO

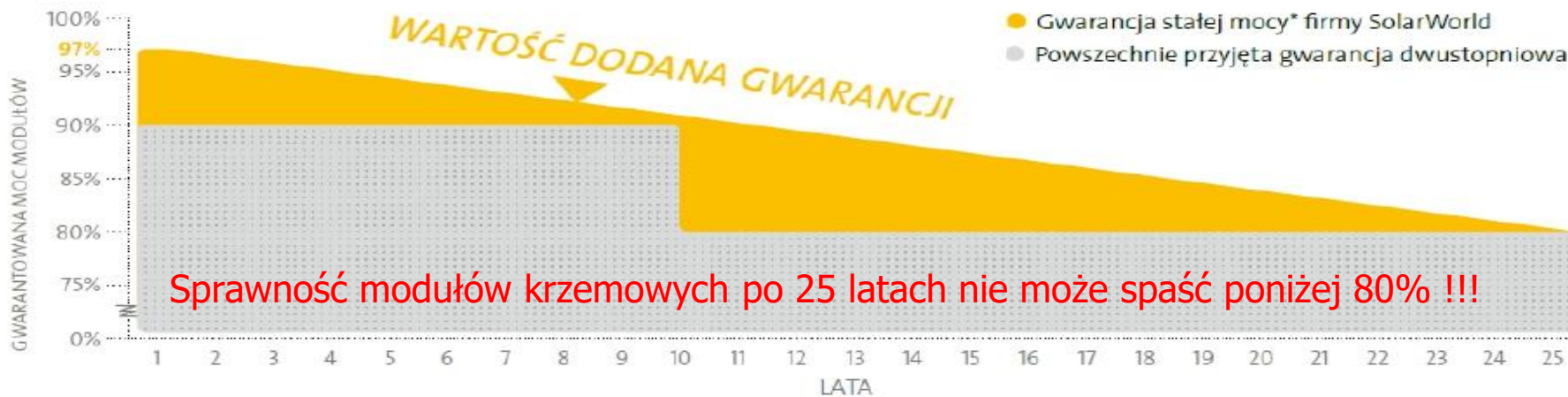
### Na co zwracać uwagę przy zakupie modułów fotowoltaicznych ?



Znak kontroli „Power controlled”, przyznawany przez instytucję TÜV Rheinland, gwarantuje, że podana moc nominalna modułów Sunmodule Plus jest regularnie monitorowana, a ich praca jest zgodna z podawanymi parametrami mocy. Granica błędu względem danych TÜV wynosi maksymalnie 2 procent.



Pozytywna tolerancja mocy gwarantuje maksymalną efektywność instalacji. Na rynek trafiają jedynie takie moduły, które przeszły testy mocy i osiągnęły podaną lub większą moc nominalną. Tolerancja mocy wynosi od -0 Wp do +5 Wp.



## 2.2.2. OGNIWA Z KRZEMU POLIKRYSTALICZNEGO

Na co zwracać uwagę przy zakupie modułów fotowoltaicznych ?

WYMIARY		STOSOWANE MATERIAŁY	
<i>Długość</i>	1675 mm	<i>Komórki na moduł</i>	60
<i>Szerokość</i>	1001 mm	<i>Materiał komórek</i>	ogniwa polikrystaliczne
<i>Wysokość</i>	31 mm	<i>Wymiary komórki</i>	156 mm x 156 mm
<i>Obramowanie</i>	aluminium anodowane srebrne	<i>Strona frontowa</i>	4 mm szkło hartowane (EN 12150)
<i>Ciężar</i>	21,2 kg		
PARAMETRY TERMICZNE		POZOSTAŁE INFORMACJE	
<i>NOCT</i>	46 °C	<i>Sortowanie wg mocy</i>	-0 Wp / +5 Wp
<i>TK I<sub>sc</sub></i>	0,081%/K	<i>Stopień ochrony (IP)</i>	IP65
<i>TK U<sub>oc</sub></i>	0,176%/K	<i>Typ złącza wtykowego</i>	MC4 / KSK4
<i>TK P<sub>rpp</sub></i>	0,45%/K		
PARAMETRY OPTIMALNEGO POŁĄCZENIA SYSTEMOWEGO			
<i>Maks. napięcie systemowe</i>	1000 V		
<i>Obciążenie prądem wstecznym</i>	16 A		
<i>Obciążenie dodatkowe/ obciążenie dynamiczne</i>	5,4 / 2,4 kN/m <sup>2</sup>		
<i>Diody bypass</i>	3		
<i>Maks. temperatura robocza</i>	0°C do +85°C		

Tolerancja mocy

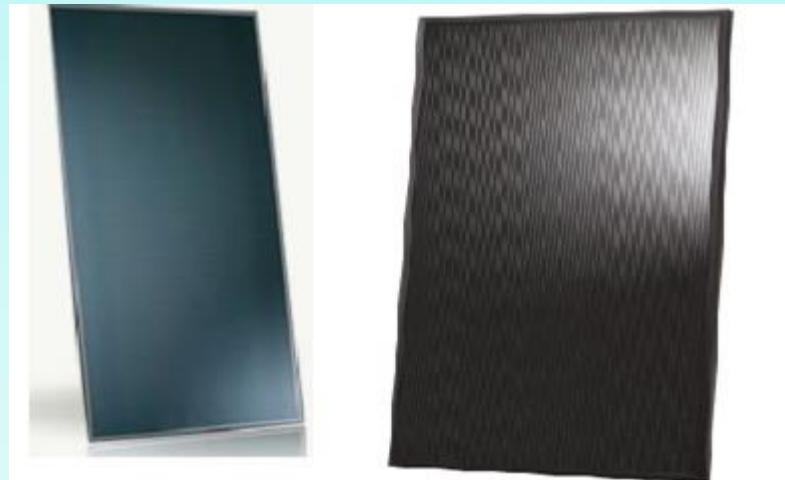
Jak najwięcej na plus'  
Jak najmniej na minus'

Spadek sprawności na 1C.

Odporność na obciążenie przez śnieg i wiatr

## 2.2.4. OGNIWA CIENKOWARSTWOWE: TYPU CIS (CHALKOPIRYTOWE), TYPU CIGS ( Z MIESZANINY MIEDZI,INDU,GALU, SELENU), TYPU CdTe ( Z TOLUENKU KADMU) I INNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI TYPU:DSSC ( BARWNIKOWE, ORGANICZNE, POLIMEROWE

Ogniwa CdTe, CIGS/CIS, a także niektóre ogniwa z krzemu amorficznego to tzw. ogniwa cienkowarstwowe, w których warstwa aktywnego półprzewodnika ma grubość kilku mikrometrów (nie przekraczają 20  $\mu\text{m}$ ). Jest ona cieńsza niż w przypadku ogniw z krzemu poli- czy mono-krystalicznego blisko stukrotnie. Stąd ogniwa cienkowarstwowe, dzięki znacznej redukcji zużycia półprzewodników, charakteryzują się korzystnym stosunkiem ceny do mocy. Niewielka grubość zastosowanych warstw oraz ich polikrystaliczna struktura pozwalają na zwiększenie ich plastyczności.



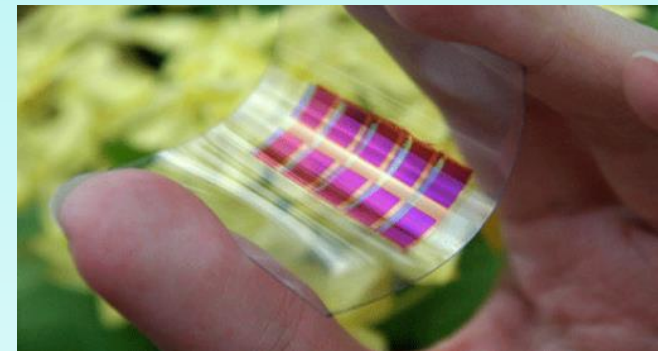
## 2.2.4. OGNIWA CIENKOWARSTWOWE: TYPU CIS (CHALKOPIRYTOWE), TYPU CIGS ( Z MIESZANINY MIEDZI,INDU,GALU, SELENU), TYPU CdTe ( Z TOLUENKU KADMU) I INNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI TYPU:DSSC ( BARWNIKOWE, ORGANICZNE, POLIMEROWE

**Ogniwa barwnikowe** – (ang. dye-sensitized solar cell, DSSC, DSC lub DYSC) – rodzaj ogniw słonecznych zaliczanych do ogniw cienkowarstwowych (thin film solar cells), w której główną rolę odgrywa barwnik.

Ich działanie oparte jest na zasadzie sztucznej fotosyntezy. Osiągają sprawność do 14%.

Ich zaletą jest niski koszt wytworzenia. Są przezroczyste, więc mogą spełniać rolę szyb. Ich sprawność jest mniejsza od najlepszych ogniw cienkowarstwowych.

Aktualnie trwają eksperymenty nad DSSC na ciele stałym z wykorzystaniem perowskitu ( $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ ), które wykazują sprawność 15%.



## 2.2.4. OGNIWA CIENKOWARSTWOWE: TYPU CIS (CHALKOPIRYTOWE), TYPU CIGS ( Z MIESZANINY MIEDZI,INDU,GALU, SELENU), TYPU CdTe ( Z TOLUENKU KADMU) I INNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI TYPU:DSSC ( BARWNIKOWE, ORGANICZNE, POLIMEROWE

**Perowskity są grupą nieorganicznych związków chemicznych. W przyrodzie występują one m.in. w skałach i złożach chromitu i tytanomagnetytu. Choć znane są już od XIX w., popularność zyskały kilka lat temu, kiedy to odkryto, że są one w stanie zastąpić krzem w produkcji ogniw słonecznych. Związki te możemy również w prosty sposób wytworzyć w laboratorium. Ogniw fotowoltaiczne zbudowane na bazie perowskitów stanowią ogromną nadzieję branży fotowoltaicznej. Ich zastosowanie pozwoliłoby na zapewnienie ogromnego postępu w produkcji ogniw PV i znaczne zmniejszenie ich kosztów. Sprawność do 19,7%.**



## 2.3. RODZAJE SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH

**Wyróżniamy następujące rodzaje systemów fotowoltaicznych:**

**wolnostojące (autonomiczne)** – dostarczają energii, gdy nie jest osiągalna sieć, systemy te mają szerokie zastosowanie w infrastrukturze drogowej (lampy uliczne, znaki drogowe, itp.),

**podłączone do sieci** – dostarczają wyprodukowaną energię z PV bezpośrednio do sieci, w zależności od sposobu podłączenia mogą oddawać całą energię lub tylko jej nadwyżki,

**back – up’owe** – służą do zapewniania ciągłości zasilania, długość ich pracy zależy od wielkości systemu, należy zwrócić uwagę, że praktycznie każda kotłownia powinna być zaopatrzona w tego typu system, aby zapewnić ciągłość ogrzewania, np. domu,

**hybrydowe** – łączą w sobie różne źródła energii: PV, turbiny wiatrowe, elektrownie wodne, najbardziej wydajne systemy umożliwiające całkowite uniezależnienie się od dostaw energii.

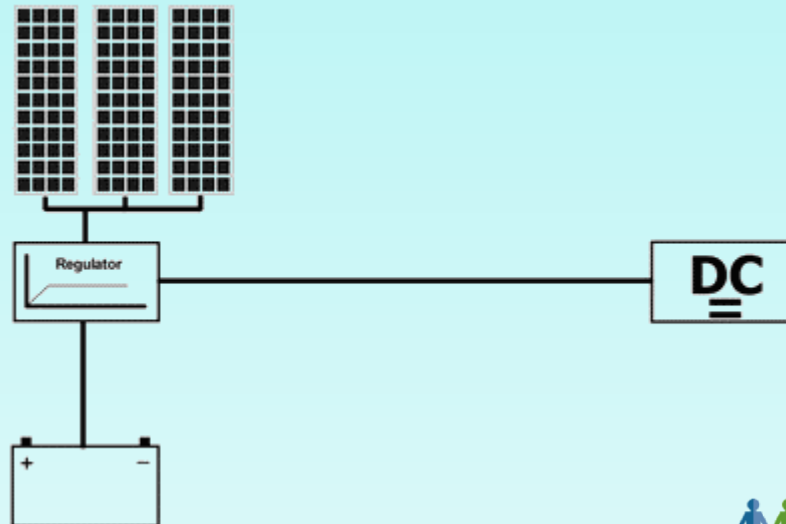
## 2.3.1. SYSTEMY WYDZIELONE I AUTONOMICZNE

***Systemy autonomiczne w których urządzenie zasilane jest bezpośrednio z modułów*** - energia wyprodukowana w modułach jest wykorzystywana do bezpośredniego zasilania urządzenia np. wentylatora.



## 2.3.1. SYSTEMY WYDZIELONE I AUTONOMICZNE

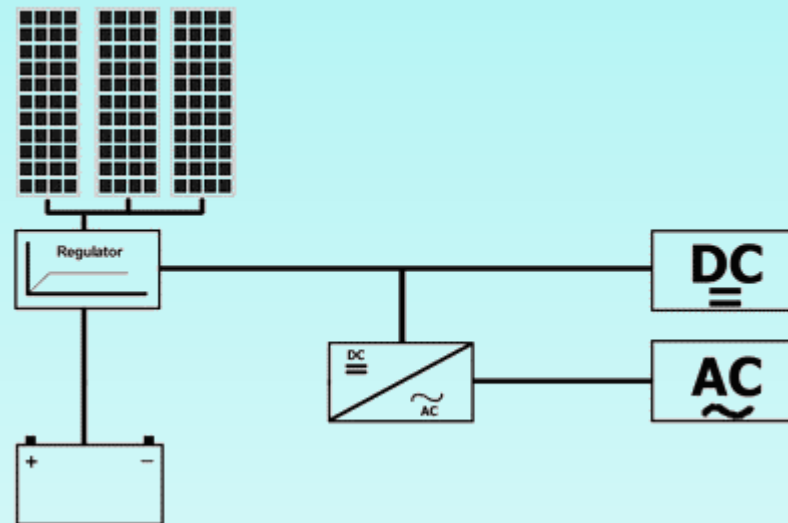
**Systemy autonomiczne na prąd stały DC-DC** - energia wyprodukowana w modułach jest wykorzystana do ładowania akumulatora, z którego może być pobrana o każdej porze dnia i nocy. W systemie takim występuje regulator ładowania, który steruje procesem ładowania akumulatora, chroniąc go przed przeładowaniem lub zbyt głębokim rozładowaniem.





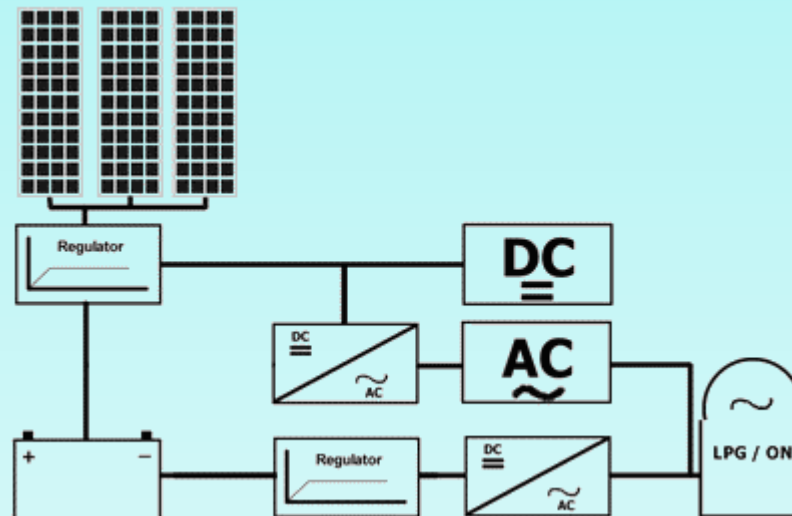
## 2.3.1. SYSTEMY WYDZIELONE I AUTONOMICZNE

**Systemy autonomiczne produkujące prąd przemienny 230V DC-AC** - system bliźniaczo podobny do systemu autonomicznego na prąd stały, wyposażony dodatkowo w przetwornicę napięcia, która przetwarza prąd stały na prąd przemienny 230Vac.



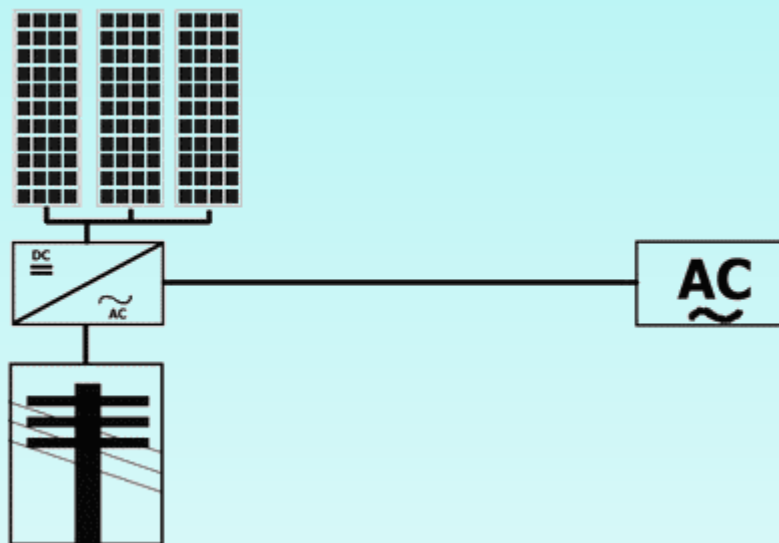
## 2.3.1. SYSTEMY WYDZIELONE I AUTONOMICZNE

**Systemy autonomiczne - hybrydowe** - system bliźniaczo podobny do systemu autonomicznego na prąd przemienny, wyposażony dodatkowo w generator prądotwórczy lub wiatrak, który służy do produkcji energii w okresach szczytowego zapotrzebowania.

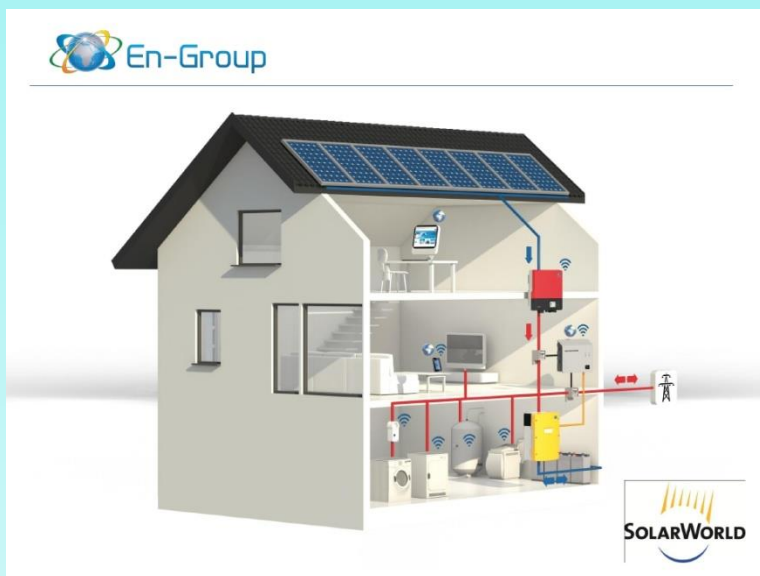


## 2.3.2. SYSTEMY PODŁĄCZONE DO SIECI ENERGETYCZNEJ Z MAGAZYNOWANIEM I BEZ MAGAZYNOWANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

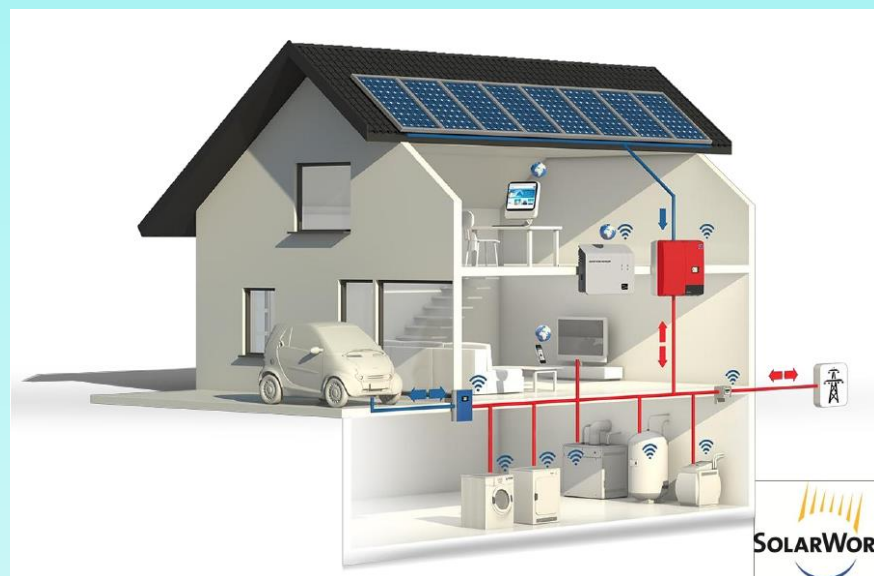
**Systemy podłączone do sieci** - służą do komercyjnej produkcji energii elektrycznej, sprzedawanej do sieci publicznej. Wyposażone są w specjalny falownik, który przemienia prąd stały na prąd przemienny i synchronizuje system z siecią. Pełni on również rolę zabezpieczenia w przypadku awarii sieci.



## 2.3.2. SYSTEMY PODŁĄCZONE DO SIECI ENERGETYCZNEJ Z MAGAZYNOWANIEM I BEZ MAGAZYNOWANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

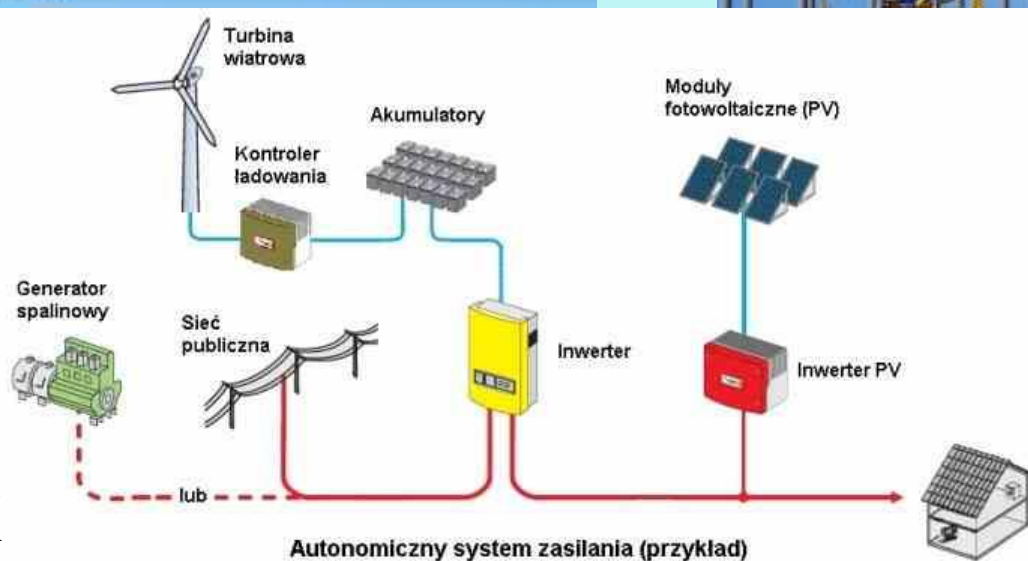


Instalacja on grid z magazynowaniem energii elektrycznej (akumulatorami).



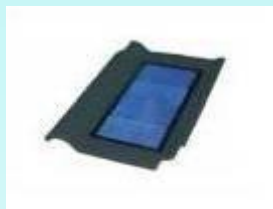
Instalacja on grid bez magazynowania energii elektrycznej

## 2.3.3. SYSTEMY MIESZANE (HYBRYDOWE) W SZCZEGÓLNOŚCI SYSTEM FOTOWOLTAICZNY POŁĄCZONY Z MAŁYMI TURBINAMI WIATROWYMI, GENERATORAMI SPALINOWYMI ORAZ OGNIWAMI WODOROWYMI.



## 2.3.4. SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE ZINTEGROWANE Z BUDYNKAMI I KONSTRUKCJAMI BUDOWLANymi (BIPV) NA DACHACH, ELEWACJACH, JAKO SZKLANE DACHY ITP. – ORAZ SYSTEMY NIEZINTEGROWANE (BAPV)

**Building Integrated Photovoltaics ( BIPV )** - to idea wprowadzenia rozwiązań z zakresu fotowoltaiki w budynkach przez zastępowanie tradycyjnych materiałów budowlanych ( pokrycia dachowe, szyby fasadowe, okna ) elementami fotowoltaicznymi. Dzięki takiemu zabiegowi obniża się końcowy koszt systemów fotowoltaicznych, a budynki mogą stać się samowystarczalne pod względem zasilania. Idea ma zastosowanie od etapu projektowania nowego budynku. Istnieje również pokrewna idea - Building Applied Photovoltaics (BAPV), która dotyczy wyposażania budynków już istniejących w systemy fotowoltaiczne, które mają na celu poprawę bilansu energetycznego budynku. [1]



## 2.3.4. SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE ZINTEGROWANE Z BUDYNKAMI I KONSTRUKCJAMI BUDOWLANYMI (BIPV) NA DACHACH, ELEWACJACH, JAKO SZKLANE DACHY ITP. – ORAZ SYSTEMY NIEZINTEGROWANE (BAPV)

### Building Integrated Photovoltaics ( BIPV )



## 2.3.4. SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE ZINTEGROWANE Z BUDYNKAMI I KONSTRUKCJAMI BUDOWLANymi (BIPV) NA DACHACH, ELEWACJACH, JAKO SZKLANE DACHY ITP. – ORAZ SYSTEMY NIEZINTEGROWANE (BAPV)

Instalacje typu *Building Integrated Photovoltaics* istnieją w kilku formach :  
**instalacje na płaskich dachach** - jedne z najbardziej popularnych, polega na pokryciu powierzchni dachu cienkim filmem fotowoltaicznym ( TFPV - thin-film solar cell ) wobec czego powstaje cienkowarstwowe ogniwo słoneczne rozłożone równomiernie na całej powierzchni dachu,

**instalacje na pochyłych dachach** - pokrycie dachówek cienkim filmem fotowoltaicznym,

**instalacje okienne, świetliki** - zastosowanie półprzezroczystych modułów fotowoltaicznych w powierzchni okien czy świetlików lub w innych szklanych elementach,

**instalacje na elewacjach budynków** - występujące jak moduły nieprzezroczyste jak i przezroczyste.

Instalacje te oprócz wytwarzania energii elektrycznej pełnią rolę waloru estetycznego budynków co jest dużym zadaniem dla architektów zajmujących się projektowaniem budynków znajdujących się w przestrzeni publicznej.



## 2.3.4. SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE ZINTEGROWANE Z BUDYNKAMI I KONSTRUKCJAMI BUDOWLANYMI (BIPV) NA DACHACH, ELEWACJACH, JAKO SZKLANE DACHY ITP. – ORAZ SYSTEMY NIEZINTEGROWANE (BAPV)



## 2.3.4. SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE ZINTEGROWANE Z BUDYNKAMI I KONSTRUKCJAMI BUDOWLANymi (BIPV) NA DACHACH, ELEWACJACH, JAKO SZKLANE DACHY ITP. – ORAZ SYSTEMY NIEZINTEGROWANE (BAPV)

### Zalety :

zasadniczą zaletą instalacji BIPV jak i samych ogniw fotowoltaicznych jest to, że dzięki nim dochodzi do bezpośredniej konwersji energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną bez ubocznej emisji zanieczyszczeń do środowiska, hałasu czy innych czynników wywołujących niekorzystne zmiany w środowisku,

-instalacje BIPV są ważnym elementem budownictwa, świadczącym o nowoczesności konstrukcji.

-Dostępność dużych powierzchni ( fasady i dachy)

-produkcja i wykorzystanie energii elektrycznej w jednym miejscu (brak strat przesyłu)

-możliwość wykorzystania instalacji fotowoltaicznej jako awaryjnego źródła zasilania

-możliwość pełnej integracji w nowych budynkach

- wydajniejsze wykorzystanie powierzchni ziemi

-- ciekawe możliwości architektoniczne - " Zielony image

Systemy BIPV pozwalają na końcowe obniżenie kosztów instalacji fotowoltaicznej a dodatkowo w wielu krajach wspierane są przez rząd dotacjami, redukują koszty instalacji niezależnych od budynku instalacji PV związanych m. in. z zakupem ziemi, pozwoleniem na wzniesieni, podłączeniem sieci energetycznej, kosztem przesyłu energii, budową fundamentów i konstrukcji wsporczych.

## 2.3.4. SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE ZINTEGROWANE Z BUDYNKAMI I KONSTRUKCJAMI BUDOWLANymi (BIPV) NA DACHACH, ELEWACJACH, JAKO SZKLANE DACHY ITP. – ORAZ SYSTEMY NIEZINTEGROWANE (BAPV)

### Wady :

- podstawową wadą jest wysoki koszt systemów BIPV, mimo iż w ciągu ostatnich lat znacznie się obniżył,
- poprzez niską sprawność ogniw fotowoltaicznych (około 18 %) nie można zapewnić samowystarczalności budynku, ale prowadzone są intensywne prace na ogniwami fotowoltaicznymi o wyższej sprawności, które mogą znacznie poprawić ogólny bilans energetyczny,
- większe wymagania techniczne
- brak dostatecznej wiedzy u inwestorów, architektów i instalatorów
- brak rozwiązań typowych i standaryzacji
- bardzo mały rynek

## 2.3.4. SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE ZINTEGROWANE Z BUDYNKAMI I KONSTRUKCJAMI BUDOWLANYMI (BIPV) NA DACHACH, ELEWACJACH, JAKO SZKLANE DACHY ITP. – ORAZ SYSTEMY NIEZINTEGROWANE (BAPV)

### **BAPV** (Building Applied Photovoltaics) –

to koncepcja zakładająca zastosowanie standardowych modułów fotowoltaicznych na budynkach w taki sposób, że nie stanowią integralnej części budynku (tzn. mogą być zdemontowane i nie być niczym zastąpione).



## 2.4. URZĄDZENIA I ELEMENTY SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH

5



- 1 - moduł (panele) fotowoltaiczny
- 2 - falownik
- 3 - system montażowy
- 4 - zabezpieczenia

- 5 - akumulatory
- 6 - regulator ładowania
- 7 - złączki
- 8 - kable

## 2.4.1. AKUMULATORY W AUTONOMICZNYCH SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

Akumulator elektryczny stanowi rodzaj ogniwa galwanicznego, które może być wielokrotnie użytkowane i ładowane prądem elektrycznym (tzw. ogniwo wtórne). Akumulatory gromadzą, a potem uwalniają energię elektryczną w efekcie działania odwracalnych reakcji chemicznych zachodzących w elektrodach zanurzonych w elektrolicie.

Mówi się o dwóch cyklach pracy realizowanych w akumulatorach. Jeden z nich stanowi ładowanie, a więc akumulator pełni rolę odbiornika energii elektrycznej. We wnętrzu akumulatora energia elektryczna jest przetwarzana na energię chemiczną. W drugim cyklu pracy energia elektryczna jest pobierana, a akumulator stanowi wtedy źródło prądu elektrycznego na skutek przemiany energii chemicznej na energię elektryczną. Pobór energii z akumulatora prowadzi do stopniowego rozładowania akumulatora.

Kiedy akumulator jest ładowany, prąd płynie w przeciwnym kierunku niż podczas jego rozładowania. W procesie ładowania i rozładowania zachodzą odwracalne reakcje chemiczne. Warto zwrócić uwagę na uboczne, a zarazem nieodwracalne reakcje zachodzące w akumulatorze. To właśnie w efekcie ich występowania akumulator traci swoje parametry.

Mówiąc o parametrach akumulatorów warto przypomnieć, że najczęściej brany do porównania parametrem jest pojemność. Stanowi ona zdolność akumulatora do przechowywania ładunku elektrycznego, zazwyczaj wyrażana w amperogodzinach [Ah], rzadziej w jednostkach układu SI (jednostką ładunku elektrycznego jest kulomb,  $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$ ). Ponieważ pojemność akumulatora zależy od kilku warunków pomiaru, dlatego warto sprawdzać te warunki przy porównywaniu pojemności akumulatorów różnych producentów.

## 2.4.1. AKUMULATORY W AUTONOMICZNYCH SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Akumulatory klasyczne

W akumulatorach klasycznych elektrolit w postaci ciekłej wypełnia ogniwo. Elektrolit stanowi wodny roztwór kwasu siarkowego. Z kolei elektrody bazują na ołowiu i tlenku ołowiu  $PbO_2$  (anoda). Decydując się na zastosowanie akumulatorów klasycznych warto zadbać o dodatkowe wyposażenie. Przede wszystkim zalicza się do nich zewnętrzne rekombinatory gazów. To właśnie dzięki nim jest zmniejszana częstotliwość wykonywania przeglądów serwisowych oraz ograniczane są wymagania względem wentylacji. Niejednokrotnie jako akcesorium współpracujące z akumulatorami klasycznymi zastosowanie znajdują zewnętrzne systemy mieszania elektrolitu odgrywające szczególnie istotną rolę podczas wolnego ładowania baterii. Do instalacji fotowoltaicznych poleca się wyłącznie akumulatory klasyczne z pancerną płytą dodatnią.

## 2.4.1. AKUMULATORY W AUTONOMICZNYCH SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Akumulatory żelowe

W akumulatorach tych elektrolit uwięziony w strukturze krzemionki zamieniono w żel. Jako zalety akumulatorów tego typu wymieniane są przede wszystkim wysoka sprawność ładowania, mniejsze wymagania wentylacyjne oraz brak efektu rozwarstwiania elektrolitu w procesie wolnego ładowania. W konstrukcjach dedykowanych do fotowoltaiki zapewniony jest pełny powrót ze stanu głębokiego rozładowania oraz zwiększoną ilość głębokich cykli ładowania i rozładowania przez możliwość zastosowania płyt pancernych w elektrodach. Wszystkie te zalety przemawiają za stosowaniem akumulatorów żelowych w instalacjach o niestabilnej sieci zasilającej.





## 2.4.1. AKUMULATORY W AUTONOMICZNYCH SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Akumulatory AGM

W instalacjach fotowoltaicznych bardzo często zastosowanie znajdują akumulatory bazujące na technologii AGM (ang. Absorbed Glass Mat). Cały elektrolit jest skupiony w separatorach stanowiących maty z włókna szklanego, które umieszczone są pomiędzy ołowiowymi płytami akumulatora. Jest więc wyeliminowana możliwość wycieku elektrolitu z uszkodzonego mechanicznie akumulatora. W systemie uszczelnienia akumulatorowego wykonanego w technologii AGM przewidziano jednokierunkowy zawór ciśnieniowy (VRLA), który otwiera się wraz z nadmiernym wzrostem ciśnienia nagromadzonych gazów. Należy podkreślić, że do takiego zjawiska może dojść chociażby podczas przeładowania akumulatora. Zadaniem zaworu jest zatem odprowadzenie nadmiaru powstałego gazu na zewnątrz, przy utrzymywaniu bezpiecznego nadciśnienia wewnątrz obudowy. Taka konstrukcja zapewnia utrzymywanie wysokiej sprawności procesu tzw. rekombinacji wewnętrznej, charakterystycznej dla całej grupy akumulatorów VRLA. Ważne jest, że akumulator może być montowany w dowolnej pozycji. Jako zalety wynikające ze stosowania akumulatorów wykonanych w technologii AGM, w odniesieniu do akumulatorów żelowych, wymienia się przede wszystkim niższy koszt początkowy. Dodatkowo jest możliwość uzyskania większej wartości natężenia prądu oraz mocy w przypadku krótkich czasów wyładowania. Na uwagę zasługuje wysoki poziom koncentracji energii oraz skuteczne odprowadzenie ciepła powstającego podczas przepływu prądu. Przy wszystkich powyższych zaletach akumulatory AGM oferują najkrótszy okres eksploatacji oraz najmniejszą ilość cykli ładowania- rozładowania. Z tego względu nie bierze się ich pod uwagę przy projektowaniu magazynów energii większej mocy.

## 2.4.1. AKUMULATORY W AUTONOMICZNYCH SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH



Fot.: Hoppecke



Fot.: Hoppecke



Fot.: MPL Energy

Akumulatory bazujące na technologii AGM  
(ang. Absorbed Glass Mat).

## 2.4.2. REGULATORY ŁADOWANIA

**Regulatory ładowania** przeznaczone są do kontroli pracy autonomicznych systemów fotowoltaicznych. Zapewniają poprawą charakterystykę ładowania akumulatora / baterii akumulatorów i zabezpieczają je przed głębokim rozładowaniem lub przeładowaniem. Mogą to być regulatory MPPT, PWM.



## 2.4.3. TYPY FALOWNIKÓW / INWERTERÓW W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

**2. Falownik** (inwerter) - to urządzenie, które zamienia energię z modułów fotowoltaicznych, która jest w postaci prądu stałego na prąd przemienny o parametrach identycznych jak energia w sieci elektrycznej niskiego napięcia (230/400V 50 Hz). Dzięki temu mogą być zasilane wszystkie urządzenia znajdujące się w budynku. Oprócz samej zamiany prądu stałego na przemienny falownik pełni także funkcje kontrolne oraz prowadzi statystyki produkcji energii. Najważniejszymi cechami falownika w zastosowaniach fotowoltaicznych są jego niezawodność i charakterystyki sprawnościowe. Zaprojektowane są one do ciągłej pracy w pobliżu punktu maksymalnej mocy. Sprawność falownika jest zazwyczaj podawana dla jego zaprojektowanej mocy pracy, ale zwykle, przez większość czasu, pracują przy niepełnym obciążeniu. Falowniki mają w ogólności sprawności przy pełnym obciążeniu od 90% do 96%, a dla 10% obciążenia - od 85% do 95%. Ponieważ straty na dopasowanie są tutaj zazwyczaj większe niż straty rezystancyjne, falowniki wykazują ciągły spadek sprawności wraz ze zmniejszaniem mocy wyjściowej i wejściowej. Ponadto falowniki sieciowe spełniają również dodatkową rolę polegającą na odcięciu dopływu prądu z instalacji fotowoltaicznej w przypadku zaniku napięcia w sieci energetycznej OSD.

Maksymalne napięcie szeregowo połączonych modułów fotowoltaicznych nie może przekroczyć 1000 V.

## 2.4.3. TYPY FALOWNIKÓW / INWERTERÓW W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Podział falowników

Inwertery możemy podzielić na trzy sposoby.

Podział falowników ze względu na topologię na beztransformatorowe i transformatorowe



Falownik  
Beztransformatorowy

Falownik  
Transformatorowy

Podział falowników ze względu na izolację (fot. materiały prasowe SMA Solar Technology AG)

Falowniki beztransformatorowe zdominowały obecnie rynek instalacji fotowoltaicznych. Na tle konstrukcji transformatorowych są lżejsze oraz mają lepszą sprawność w szerokim zakresie obciążenia. Z kolei falowniki transformatorowe jak sama nazwa wskazuje posiadają transformator, ta cecha jest niezbędna przy instalacji pewnych typów modułów PV.

## 2.4.3. TYPY FALOWNIKÓW / INWERTERÓW W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Falowniki możemy podzielić na:

- 1) wyspowym – nie synchronizuje się z siecią, przez co nie może do niej oddawać energii, zazwyczaj ma możliwość ładowania akumulatorów w przypadku nadwyżek energii słonecznej oraz pracy w trybie przetwornicy DC/AC dotracając energię zgromadzoną w akumulatorach do lokalnej sieci.
- 2) sieciowym – synchronizuje się z siecią, przez co może oddawać energię do sieci publicznej, niema za to możliwości ładowania akumulatorów czy pracy w trybie przetwornicy DC/AC dotracając energię zgromadzoną w akumulatorach do lokalnej sieci.
- 3) hybrydowe - w systemach hybrydowych inwertery ( falowniki ) mogą pracować zarówno w systemach autonomicznych zwanych również wyspowymi lub off-grid. Mogą również pełnić rolę inwerterów sieciowych ( on grid). Kiedy moc wyjściowa z generatora PV jest wystarczająca, możliwe jest jednoczesne zasilanie podłączonych jako obciążenie urządzeń, ładowanie akumulatorów a nawet dostarczanie wyprodukowanej nadwyżki do publicznej sieci energetycznej w celu jej odsprzedaży operatorowi sieci.

## 2.4.3. TYPY FALOWNIKÓW / INWERTERÓW W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Podział inwerterów ze względu na wielkość

Z uwagi na wielkość falowników, a także sposób konfiguracji podłączonych modułów, można podzielić je na:

**Mikro falowniki** (mikroinwertery) – współpracujące z jednym modułem fotowoltaicznym,



Mikrofalownik

## 2.4.3. TYPY FALOWNIKÓW / INWERTERÓW W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Falowniki łańcuchowe (inwertery stringowe)

– obsługujące w przypadku małej instalacji fotowoltaicznej (1–30 kWp) wszystkie moduły fotowoltaiczne. Moduły przed podłączeniem do falownika łączone są zazwyczaj tylko szeregowo w łańcuchy. Tylko w przypadku falowników większych mocy lub modułów o niskim natężeniu prądu niektóre łańcuchy mogą być połączone między sobą równolegle.



Falownik stringowy



## 2.4.3. TYPY FALOWNIKÓW / INWERTERÓW W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

**Falowniki (inwertery) centralne** – Falowniki bardzo dużej mocy (setek kilowatów a nawet megawatów) przeznaczone do pracy na farmach fotowoltaicznych dużych mocy. Często jeden falownik centralny może obsługiwać wszystkie moduły na całej farmie fotowoltaicznej zbudowanej często z tysięcy modułów. W przypadku zastosowania falownika centralnego moduły łączone są szeregowo w celu osiągnięcia odpowiedniego napięcia a następnie utworzone łańcuchy łączone są równolegle i zbiorcze przewody łączone są do falownika.



Falownik Centralny

Na podstawie Solaris

## 2.4.3. TYPY FALOWNIKÓW / INWERTERÓW W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Falowniki



## 2.4.3. TYPY FALOWNIKÓW / INWERTERÓW W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Na co zwracać uwagę przy wyborze falownika.

- Łatwość obsługi
- parametry elektryczne, możliwie wysoka klasa ochrony (IP65)
- Wysoka sprawność urządzenia (falownik to serce instalacji fotowoltaicznej)
  - Szybkie wyszukiwanie i utrzymywanie punktu mocy maksymalnej MPP
  - Możliwie wysoka sprawność nawet przy słabym oświetleniu
- Wysoka niezawodność
- Duży zakres temperatur
- Niezawodny system chłodzenia
- Możliwość szczegółowego monitorowania urządzenia
- Prosta diagnostyka usterek
- Korzystny stosunek cena / moc
- Sprawny i szybki serwis
- Dokumentacja w języku polskim; karty katalogowe, deklaracje zgodności CE, poziom harmonicznych.

## 2.4.4. ELEMENTY INSTALACYJNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI KABLE, ZŁĄCZA, WYŁĄCZNIKI BEZPIECZNIKI )

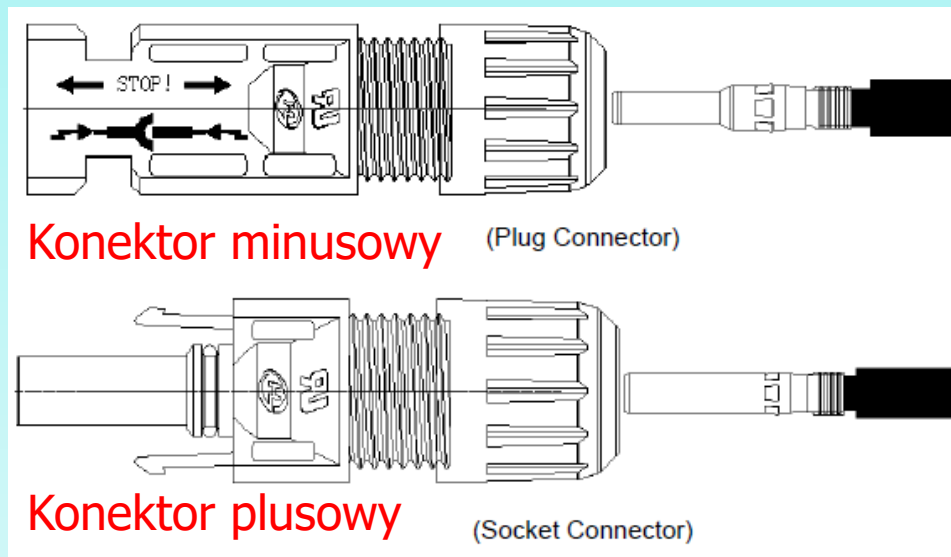
### Kable do instalacji fotowoltaicznych . wymagania

- odporne na czynniki pogodowe, promieniowanie UV,
- odporne na amoniak – możliwość stosowania w przemyśle i rolnictwie,.
- wyższy zakres temperatur pracy (ok. -40 °C do 120 °C),
- zakres napięcia (min. 2 kV),
- lekkie, cienkie, elastyczne = łatwe do układania,
- niepalne, niska toksyczność w przypadku pożaru,
- niskie straty linii (maks. 1%) = właściwy przekrój!,
- długa żywotność – powyżej 25 lat – brak konieczności konserwacji okablowania,
- ograniczone rozprzestrzenianie się płomieni w wiązkach kabli oraz emisja dymu, te parametry są lepsze od ogólnych standardów dotyczących kabli elektrycznych co również jest przebadane w certyfikowanych ośrodkach.



## 2.4.4. ELEMENTY INSTALACYJNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI KABELE, ZŁĄCZA, WYŁĄCZNIKI I BEZPIECZNIKI )

### Złącza kablowe MC-4



## 2.4.4. ELEMENTY INSTALACYJNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI KABLE, ZŁĄCZA, WYŁĄCZNIKI BEZPIECZNIKI )

**W instalacjach fotowoltaicznych nie wolno używać standardowych wyłączników DC, co spowodowane jest zmianą polaryzacji prądu w przypadku wystąpienia zakłócenia w instalacji. Wyłącznik spolaryzowany DC mający oznaczenie bieguna + oraz -, gasi łuk przy pomocy magnesu stałego, który przy prawidłowej polaryzacji łuk ten będzie kierował w kierunku komór gaszeniowych. Przy błędnym podłączeniu, albo zmianie polaryzacji wywołanej zmianą kierunku przepływu prądu, magnes ten zatrzyma łuk na stykach doprowadzając aparat do przegrzania, a w konsekwencji do pożaru.**

**Wyłącznik instalacyjny** (wyłącznik nadmiarowo-prądowy, wyłącznik instalacyjny typu *DS* nazywany też potocznie *eską*) – element instalacji elektrycznej, którego zadaniem jest przerwanie ciągłości obwodu, gdy prąd płynący w tym obwodzie przekroczy wartość bezpieczną dla tego obwodu. Wyłączniki te przeznaczone są do sterowania i zabezpieczeń przed skutkami przetężeń (przeciążeń i zwarc) obwodów odbiorczych instalacji oraz urządzeń elektrycznych w gospodarstwach domowych i innych.

Przekrój przez wyłącznik instalacyjny

1. Dźwignia napędowa
2. Zamek
3. Styk stały i styk ruchomy
4. Zaciski przyłączowe
5. Wyzwalacz termobimetalowy (przeciążeniowy)
6. Wkręt regulacyjny
7. Wyzwalacz elektromagnetyczny (zwarceniowy)
8. Komora gaszeniowa

Wyłącznik ma dwa wyzwalacze:

- zwarceniowy (elektromagnetyczny lub elektroniczny),
- przeciążeniowy (termobimetaliczny lub elektroniczny).



Niespolaryzowany wyłącznik nadprądowy  
DC 6 kA, ch-ka C, 10 A, 1000 V DC

Wyłączniki instalacyjne przystosowane są do wielokrotnego zadziałania, a czułość ich zadziałania jest większa niż powszechnie stosowanych wkładek topikowych.

## 2.4.4. ELEMENTY INSTALACYJNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI KABLE, ZŁĄCZA, WYŁĄCZNIKI I BEZPIECZNIKI )

### Zabezpieczenia – wyłącznik nadprądowy niespolaryzowany



- testowane zgodnie z IEC / EN 60947-2
- dostępne są wyłączniki dla napięć o wartości 250 V, 500V, 750 V oraz 1000 V DC odpowiednio dla szerokości 1, 2, 3, 4 modułów
- dwa rodzaje charakterystyk wyzwiania: C oraz K
- zakres prądów znamionowych rozpoczyna się od wartości 10 A, a kończy na 63 A
- wykonania dla dwóch wartości prądu wyłączalnego zwarciovego granicznego 10 kA dla Ex9BP-H oraz 6 kA dla serii Ex9BP-N
- do każdego z wyłączników można dobudować do trzech jednostek styków pomocniczych oraz do dwóch jednostek wyzwaczy napięciowych

## 2.4.4. ELEMENTY INSTALACYJNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI KABLE, ZŁĄCZA, WYŁĄCZNIKI BEZPIECZNIKI )

### Zabezpieczenia – ochrona przepięciowa



Ogranicznik przepięć  
typ II, 1000 V DC

**Każde urządzenie narażone jest na działanie wyładowania impulsowego o bardzo krótkim czasie narastania do dużej wartości przykładowo z wyładowania atmosferycznego ( $10\mu\text{s}$  /  $350\mu\text{s}$ ).**

**Najczęściej elektronika narażona jest jednak na przepięcia wynikające z procesów łączeniowych, czy częstej zmiany obciążenia transformatorów i silników.**

**W celu prawidłowego zabezpieczenia inwertera i odbiornika zaleca się stosować ograniczniki przepięć także po stronie AC inwertera.**

**- Typ I+II, Ex9UE1+2 służące do ochrony instalacji przed skutkami wyładowań piorunowych oraz przed przepięciami łączeniowymi**

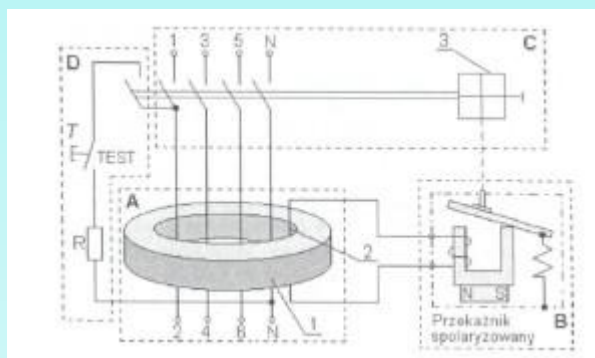
**- Typ II, Ex9EU2 służące do ochrony instalacji, a zwłaszcza urządzeń elektrycznych przed skutkami przepięć wynikającym iz procesówłączeniowychw siecidystrybucyjnej**



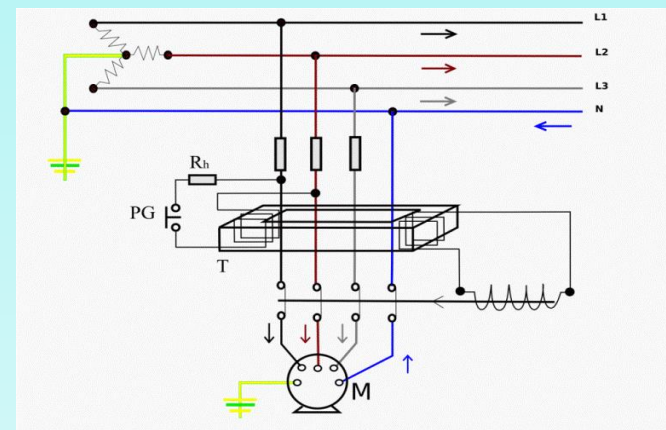
## 2.4.4. ELEMENTY INSTALACYJNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI KABLE, ZŁĄCZA, BEZPIECZNIKI)

### Wyłączniki różnicowoprądowe.

**Wyłącznik różnicowoprądowy** (nazwy potoczne, lecz niepoprawne **wyłącznik przeciwporażeniowy**, **różnicówka**, **bezpiecznik różnicowoprądowy**, czasami używany angielski skrót **RCCB** – *residual current circuit breaker*, **RCD** – *residual current device* lub niemiecki **FI** – *Fehlerstrom-Schutzschalter*) – zabezpieczenie elektryczne, urządzenie, które rozłącza obwód, gdy wykryje, że prąd elektryczny wypływający z obwodu nie jest równy prądowi wpływającemu. Służące do ochrony ludzi przed porażeniem prądem elektrycznym przy dotyku pośrednim, jak i bezpośrednim ogranicza także skutki uszkodzenia urządzeń, w tym wywołanie pożaru.  
(Wikipedia)



Schemat blokowy wyłącznika różnicowoprądowego.  
A – człon pomiarowy, B – człon wzmacniający, C – człon wyłączający,  
D – człon kontrolny, R – rezystor kontrolny, T – przycisk testujący, 1 – rdzeń przekładnika Ferrantiego, 2 – uzwojenie wtórne przekładnika Ferrantiego, 3 – zamek



## 2.4.4. ELEMENTY INSTALACYJNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI KABELE, ZŁĄCZA, BEZPIECZNIKI )

### Zastosowanie

Wyłącznik różnicowoprądowy jest stosowany jako ochrona dodatkowa, obok „samoczynnego wyłączenia zasilania” działającego przy bezpośrednim zwarciu faza-obudowa. Wykrywa on znacznie mniejsze prądy upływu, które mogłyby nie spowodować zadziałania zabezpieczeń nadprądowych ze względu na dużą rezystancję (na przykład ciała ludzkiego).




Wyłączniki różnicowoprądowe stosuje się w układach sieci TN-S, TN-C-S (na odcinku z rozdzielonymi przewodami ochronnym PE i neutralnym N), TT, oraz (rzadko) IT.

Oznaczenia na obudowie wyłącznika różnicowoprądowego:

-  $I_{\Delta n}$  - znamionowy prąd różnicowy



## 2.4.4. ELEMENTY INSTALACYJNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI KABLE, ZŁĄCZA, WYŁĄCZNIKI BEZPIECZNIKI )

### Oznaczenia urządzeń - Klasy ochronności:

Klasy ochronności	Klasa 0	Klasa I	Klasa II	Klasa III
1	2	3	4	5
Symbol	Nie ma			
Cechy charakterystyczne wykonania urządzenia	<ul style="list-style-type: none"> <li>izolacja jedynie podstawowa</li> <li>brak zacisku ochronnego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>izolacja jedynie podstawowa</li> <li>zacisk ochronny do przyłączenia przewodu PE lub PEN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>izolacja podwójna lub wzmocniona</li> <li>brak zacisku ochronnego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zasłanie napięciem bardzo niskim w układzie BTLV lub PELV</li> </ul>
Wymagania szczególne dotyczące sposobu wykonania ochrony przeciwprzepięciowej	<ul style="list-style-type: none"> <li>izolowanie stanowiska</li> <li>uniemożliwienie jednoczesnego dotknięcia dwóch różnych części przewodzących</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przyłączenie przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN do zacisku ochronnego</li> </ul>	nie ma	nie ma
Zakres zastosowania	<ul style="list-style-type: none"> <li>w pomieszczeniach o izolowanych ścianach i podłogach, bez konstrukcji i uziorów naturalnych (<u>izolowanie stanowiska</u>)</li> <li>w obwodzie zasilanym z transformatora separacyjnego, tylko z jędnym odbiornikiem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>w pomieszczeniach mieszkalnych, przemysłowych i podobnych, o ile wymagania szczególne dotyczące określonych miejsc i pomieszczeń nie ograniczają stosowania urządzeń tej klasy ochronności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>w wszystkich w zasadzie pomieszczeniach i warunkach, o ile wymagania szczególne dotyczące określonych miejsc i pomieszczeń nie ograniczają stosowania urządzeń tej klasy ochronności</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>w każdych warunkach i pomieszczeniach</li> </ul>
Przykłady zastosowania	oprawy oświetleniowa (zyrandole)	silniki, rozdzielnice metalowa, pralki, chłodziarki, kucharki elektryczne, zmywarki	myłki do rąk, suszarki do włosów, golarki, wiertarki i inne elektronarzędzia ręczne stosowane na placach budowy	zabawki, ręczne przenośne lampy oświetleniowe, niektóre elektronarzędzia ręczne

## 2.4.4. ELEMENTY INSTALACYJNE ( W SZCZEGÓLNOŚCI KABLE, ZŁĄCZA, WYŁĄCZNIKI BEZPIECZNIKI )

### Oznaczenia urządzeń - IPXY:

Typ	Oznaczenie	Przeznaczenie
AC		Wyłącznik reaguje tylko na prądy przemiennie sinusoidalne
A		Wyłącznik reaguje na prądy różnicowe przemiennie sinusoidalne, na prądy pulsujące jed-nopółokwowe, ze składową stałą do 6 mA
G		Wyłącznik działa z opóźnieniem minimum 10ms (jeden półokres) i jest odporny na udary 8/10 $\mu$ s do 3000 A (oznaczany również symbolem $[kV]$ )
U		Wyłącznik reaguje na prądy różnicowe przemiennie, jednopółokwowe ze składową stałą do zastosowań z przetwornicami częstotliwości
B		Wyłącznik reaguje na prądy różnicowe przemiennie, jednopółokwowe ze składową stałą do 6 mA i na prądy wyprostowane (stałe)
		Wyłącznik jest odporny na udary 8/20 $\mu$ s do 250A
S		Wyłącznik selektywny. Minimalna zwłoka czasowa 40 ms (200 ms przy 1 $\mu$ s). Odporny na udary 8/20 $\mu$ s do 5kA
-25°C		Wyłącznik odporny na temperatury do -25°C bez oznaczenia do -5°C
F		Wyłącznik na inną częstotliwość (np 150Hz)
80 A		Wyłącznik wytrzyma prąd zwarcia 10 000 A, pod warunkiem zabezpieczenia go bezpiecznikiem topikowym gG 80 A

Druga cyfra	
Stopień ochrony	Ochrona przed wodą (w zakresie nieszkodliwym dla urządzenia)
IP X0	brak ochrony
IP X1	kapiącą
IP X2	kapiącą - odchylenie obudowy urządzenia do 15°
IP X3	opryskiwaną pod kątem odchylonym max. 60° od pionowego
IP X4	rozpryskiwaną ze wszystkich kierunków
IP X5	laną strumieniem
IP X6	laną mocnym strumieniem
IP X7	przy zanurzeniu krótkotrwałym
IP X8	przy zanurzeniu ciągłym

Pierwsza cyfra		
Stopień ochrony	Ochrona przed dostępem do części ruchomych lub niebezpiecznych urządzenia:	Ochrona przed wnikaniem do urządzenia:
IP 0X	brak ochrony	brak ochrony
IP 1X	całą powierzchnią dłoni	obcych ciał stałych o średnicy > 50 mm
IP 2X	palcem	obcych ciał stałych o średnicy > 12,5 mm
IP 3X	druetem, itp. o średnicy > 2,5 mm	obcych ciał stałych o średnicy > 2,5 mm
IP 4X	druetem, itp. o średnicy > 1 mm	obcych ciał stałych o średnicy > 1 mm
IP 5X	druetem, itp. o średnicy > 1 mm	pyłu - w zakresie nieszkodliwym dla urządzenia
IP 6X	druetem, itp. o średnicy > 1 mm	pyłu (całkowita pyłoszczelność)

## 2.4.5. ZABEZPIECZENIA I OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA, ODGROMOWA I PRZECIWPRIĘCIOWA W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Ochrona przeciwporażeniowa.

Ochronę przeciwporażeniową w systemach fotowoltaicznych możemy podzielić na:

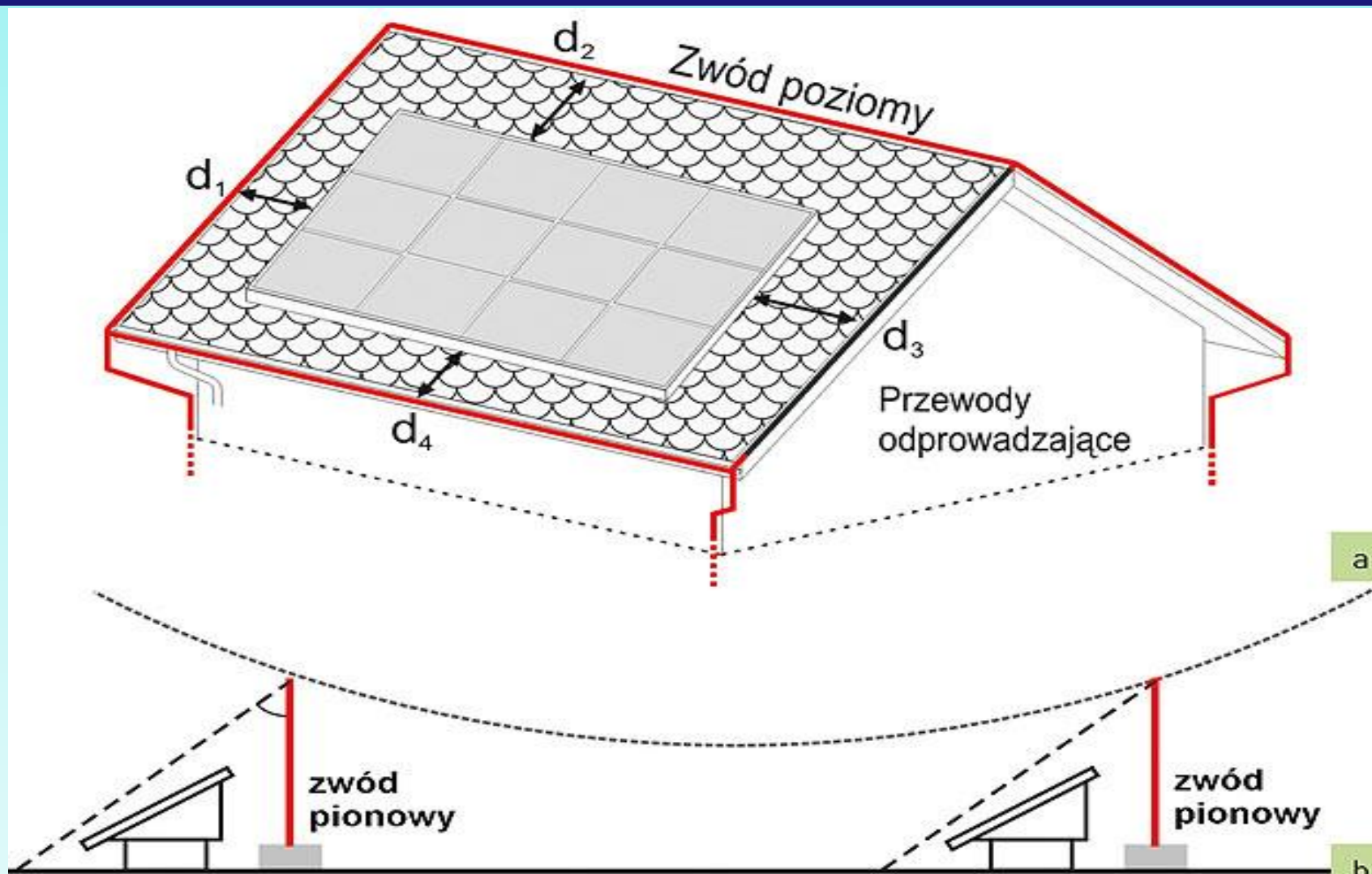
1. Ochronę podstawową (przed dotykiem bezpośrednim):
  - Izolacja podstawowa (np. odpowiednie przewody, złączki);
  - Ograniczenie dostępu – osłony, płoty, bariery, umieszczenie poza zasięgiem ręki;
  - Odłączenie inwertera z zapewnieniem bezpiecznej izolacji podczas prac konserwacyjnych i usuwania awarii;
2. Ochronę przy uszkodzeniu (przed dotykiem pośrednim);
  - Urządzenia II klasy ochronności
  - Uziemione połączenia wyrównawcze;
  - Połączenie inwertera z przewodem PE sieci AC;
3. Umieszczenie tabliczek ostrzegawczych („Urządzenia pod napięciem”, itp.)

## 2.4.5. ZABEZPIECZENIA I OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA, ODGROMOWA I PRZECIWPRIĘCIOWA W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Ochrona odgromowa i przeciwprzebieciowa.

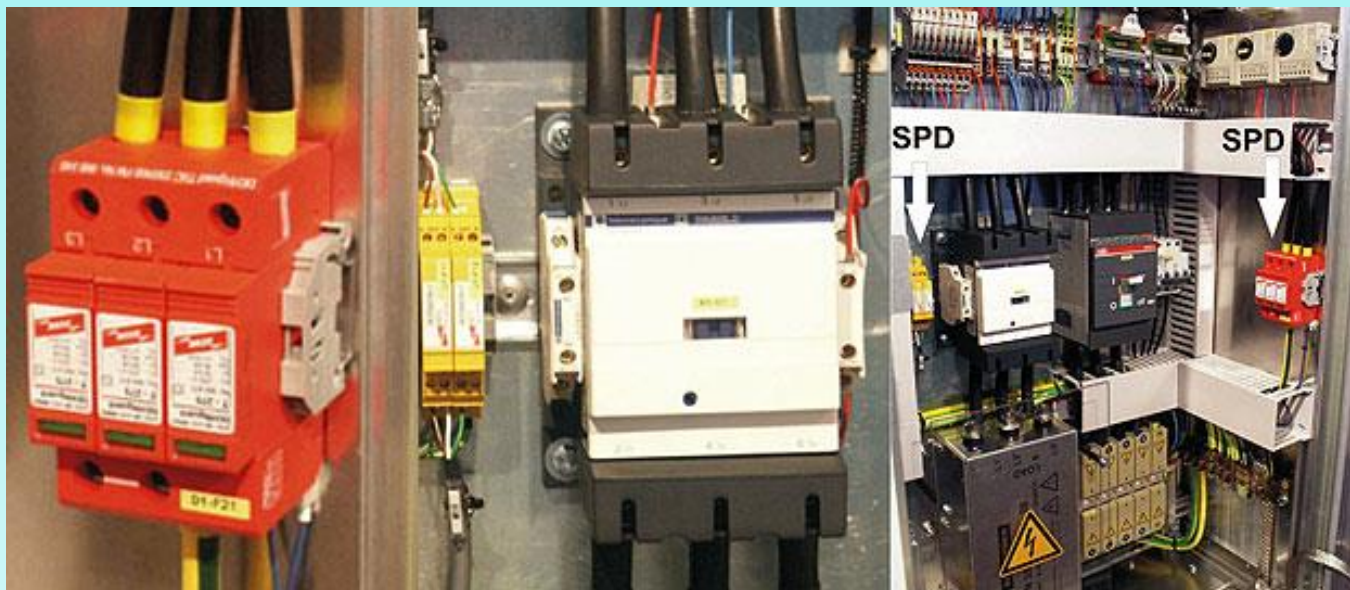
1. Ochrona odgromowa
2. Ochrona przeciwprzebieciowa po stronie DC
3. Ochrona przeciwprzebieciowa po stronie AC
4. Ochrona przebieciowa w ZK
5. Ochrona przebieciowa sprzętu IT
6. Uziemienie konstrukcji

## 2.4.5. ZABEZPIECZENIA I OCHRONA ODGROMOWA I PRZECIWPRAZIEPCIOWA W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH



## 2.4.5. ZABEZPIECZENIA I OCHRONA ODGROMOWA I PRZECIWPZEPĘCIOWA W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH

### Ochrona przeciwprzebieciowa -

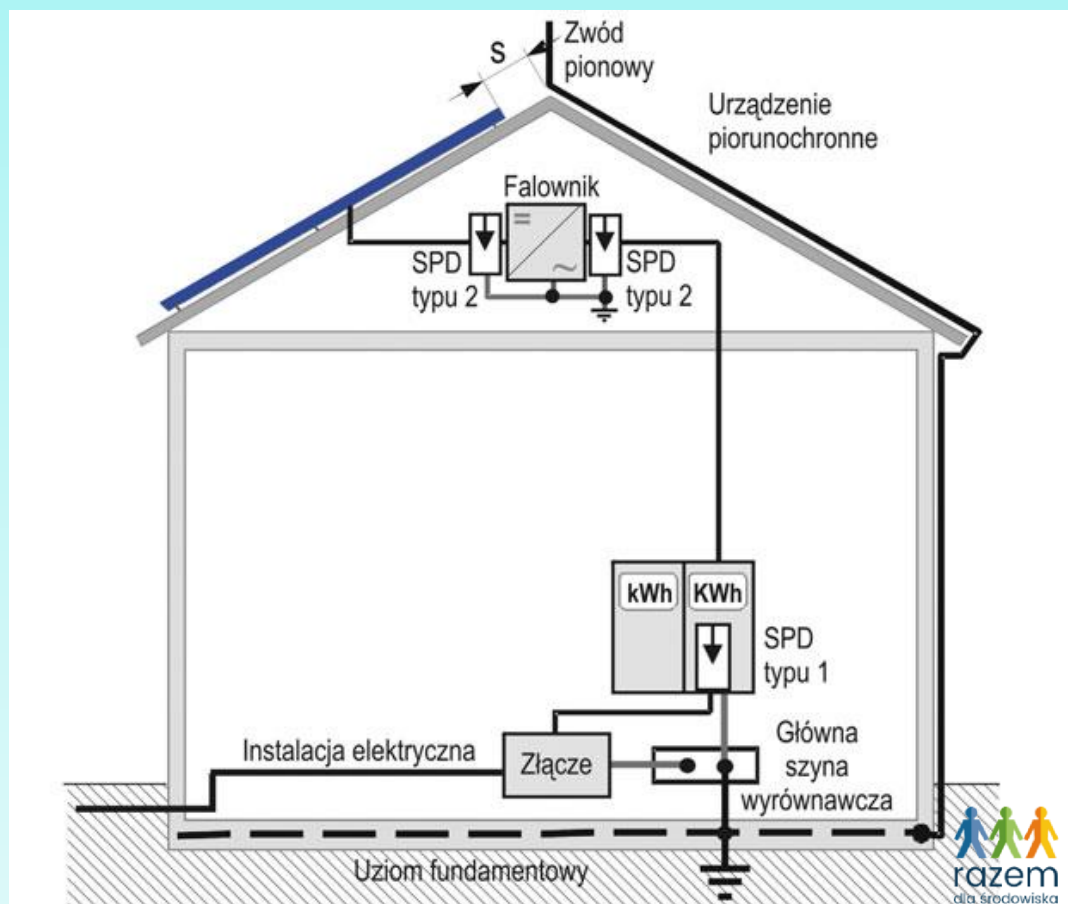


Układy urządzeń ograniczających przepięcia w systemie fotowoltaicznym :

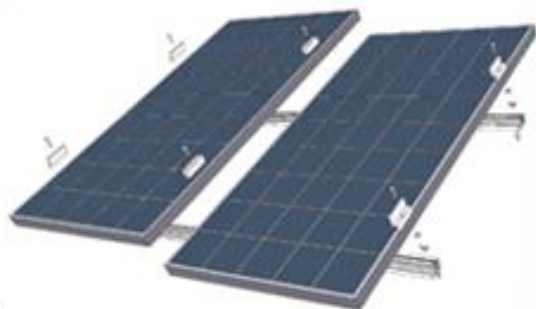
a) widok ogólny części falownika, b) SPD w systemie sterowania, c) ograniczania przepięć



## 2.4.5. ZABEZPIECZENIA I OCHRONA ODGROMOWA I PRZECIWPZEPĘCIOWA W SYSTEMACH FOTOWOLTAICZNYCH



## 2.4.6. SPOSOBY MONTAŻU KONSTRUKCJI WSPORCZYCH I PROFILI MOCUJĄCYCH MODUŁY FOTOWOLTAICZNE



Systemy montażowe dachowe



Systemy naziemne



Systemy montażowe elewacyjne



## 2.4.6. SPOSOBY MONTAŻU KONSTRUKCJI WSPORCZYCH I PROFILI MOCUJĄCYCH MODUŁY FOTOWOLTAICZNE

### **SPOSOBY MONTAŻU PANELI FOTOWOLTAICZNYCH**

- 1. Układy stacjonarne** – panele fotowoltaiczne są na stałe przymocowane do podłoża i pozostają w niezmienniej pozycji przez cały rok. W niektórych rozwiązaniach możliwa jest sezonowa ( lato – zima ) zmiana kąta nachylenia np. Elektrownia Wisznice.
- 2. Układy nadążne – „Trakery”** – rozwiązanie takie wymaga wyposażenia instalacji fotowoltaicznej w mechanizmy sterujące ich pozycją .Obrót platformy z modułami PV może odbywać się wokół jednej lub dwóch osi. Jako napęd stosuje się silniki elektryczne , jak również napędy wykorzystujące zjawiska fizyczne związane z promieniowaniem słonecznym. Trakery zwiększają wydajność pracy systemu, jednak znacząco podrażają cenę inwestycji. Układy nadążne wymagają .

1



## 2.4.6. SPOSOBY MONTAŻU KONSTRUKCJI WSPORCZYCH I PROFILI MOCUJĄCYCH MODUŁY FOTOWOLTAICZNE



Fot. Internet



Fot. Internet



Fot. Internet



Fot. Internet

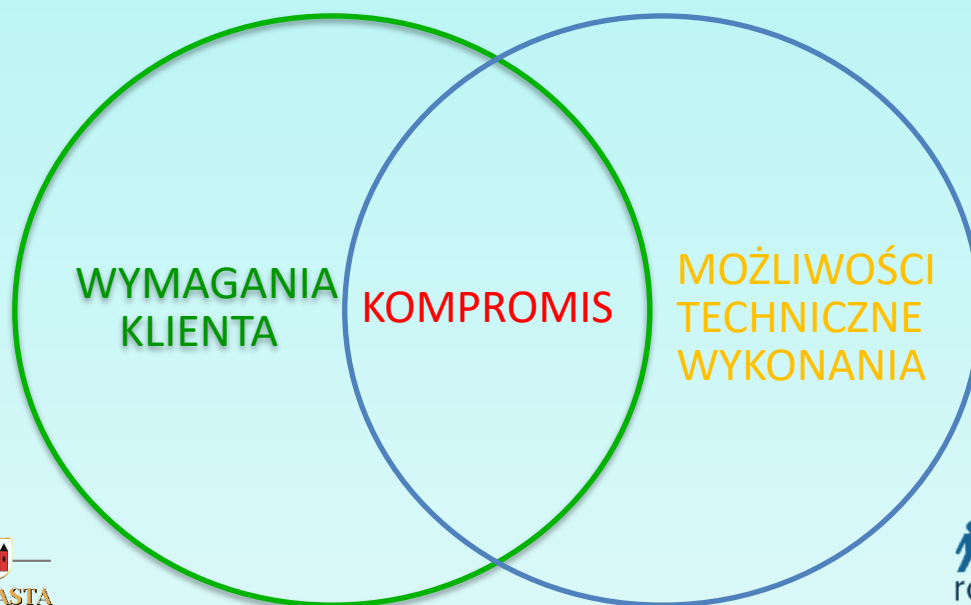
## 2.4.6. SPOSOBY MONTAŻU KONSTRUKCJI WSPORCZYCH I PROFILI MOCUJĄCYCH MODUŁY FOTOWOLTAICZNE



### 3. ZASADY DOBORU SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH

#### Wstępna ocena możliwości montażu

1. Zapoznanie się z wymaganiami klienta
2. Sprawdzenie, jakie są możliwości wykonania instalacji wg sugestii klienta.
3. Należy wybrać kompromis pomiędzy tym co klient chce, a tym co można wykonać.



## 3.1. WYBÓR ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH

# Wstępna ocena możliwości montażu

### 1. Rodzaj dachu i pokrycia dachowego.

- określić orientację dachu w/g stron świata i jego kąt nachylenia
- zlokalizować elementy mogące rzucać cień na instalację
- ocenić stan techniczny dachu oraz parametry materiałowe
- Zwrócić uwagę na właściwe odprowadzenie wody
- Uwzględnić aspekty fizyczno-konstrukcyjne (np. możliwość przenikania wody roztopowej przez warstwy izolacyjne), obciążenie śniegiem lub wiatrem
- W przypadku montażu instalacji PV na dachach z płyt włóknisto-cementowych należy skontrolować czy elementy dachu zawierają azbest.
- W razie wątpliwości należy zasięgnąć opinii specjalistów (konstruktorów, dekarzy itp.), wydana przez nich pisemna ekspertyza pozwoli nam uniknąć odpowiedzialności w razie wystąpienia nieprawidłowości.

## 3.1. WYBÓR ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH

- Czy konieczne jest użycie rusztowania – konieczne dla prac powyżej 1,8 m
- Czy istnieje możliwość dojazdu dźwigiem – jeżeli jest to konieczne
- Czy są wymagane zezwolenia od konserwatora zabytków
- Czy będzie konieczne uzyskanie pozwolenia na budowę (np. w przypadku systemu montażowego Sundeck i instalacji powyżej 50 [kW].)
- Czy instalacja będzie zgodna z przepisami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego terenu w przypadku instalacji naziemnej o mocy powyżej 50 [kW],
- Czy instalację wykonać na dachu , czy na ziemi.
- Czy potrzebna będzie budowa instalacji odgromowej.



## 3.1. WYBÓR ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH

### Układ elektryczny

- Jeżeli na obiekcie istnieje instalacja odgromowa należy pamiętać, o zachowaniu bezpiecznych odległości od tej instalacji oraz o tym, że przy każdej ingerencji w tą instalację bierzemy pełną odpowiedzialność za jej przyszłe funkcjonowanie
- Należy sprawdzić stan istniejącej instalacji elektrycznej (możliwość przyłączenia, system uziemienia, itp.).
- Należy zastosować zabezpieczenia zgodnie z obowiązującymi przepisami.

### 3.1.1. OKREŚLENIE LOKALIZACJI, KIERUNKU I NACHYLENIA OGNIWA SŁONECZNEGO, NASŁONECZNIENIA I WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH, ORAZ METOD / TECHNIK INSTALACYJNYCH W ZALEŻNOŚCI OD MIEJSCA MONTAŻU.

Orientacja i kąt nachylenia ogniwa słonecznego.

Dla naszej szerokości geograficznej optymalny kąt nachylenia paneli fotowoltaicznych to  $35^\circ$  na południe. Jednak w praktyce nie uzyskamy takiej lokalizacji. Dla mikroinstalacji nie ma to większego znaczenia. Odchylenie rzędu  $45^\circ$  na wschód czy zachód zmniejsza wydajność całego systemu jedynie o 5%, zaś odchylenie rzędu  $90^\circ$  zmniejsza wydajność całego systemu w stosunku do optymalnego ustawienia zaledwie o około 10 %.

Przy kącie 18 stopni instalacja pracuje wydajniej w miesiącach letnich, natomiast przy kącie 35 stopni w miesiącach zimowych. Przy dachach skośnych najlepiej jest montować moduły pod kątem nachylenia dachu, aby uniknąć dodatkowych kosztów. Poza tym nie stwarza to dodatkowych oporów w czasie silnych wiatrów.

W niektórych przypadkach korzystniejsza niż południowa jest orientacja wschód-zachód. W niektórych obiektach panele skierowane na wschód-zachód mogą produkować o 49% więcej energii w godzinach wyższego zapotrzebowania niż te ustawione w kierunku południowym dające większe uzyski w południe.

### 3.1.1. OKREŚLENIE LOKALIZACJI, KIERUNKU I NACHYLENIA OGNIWA SŁONECZNEGO, NASŁONECZNIENIA I WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH, ORAZ METOD / TECHNIK INSTALACYJNYCH W ZALEŻNOŚCI OD MIEJSCA MONTAŻU.

#### **Zacienienie**

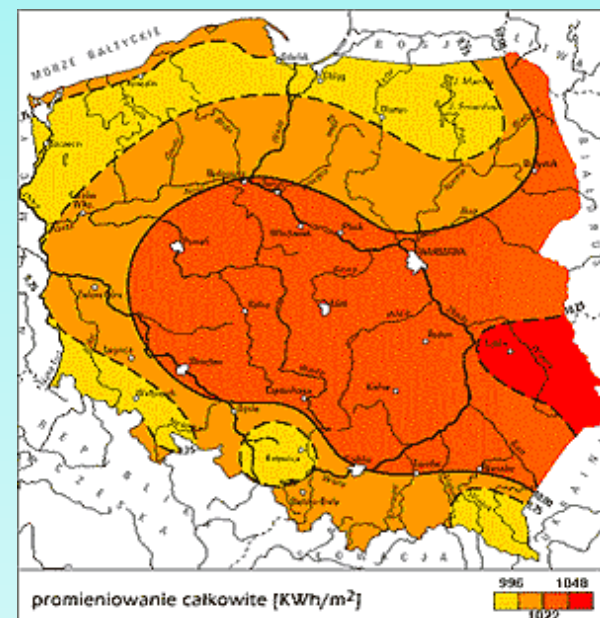
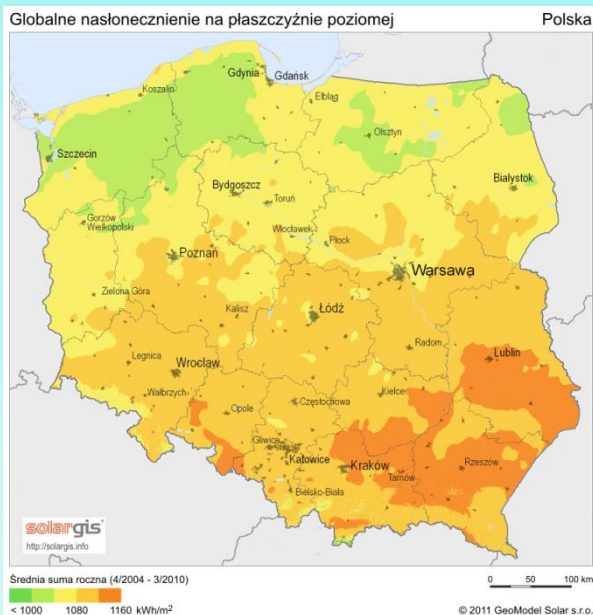
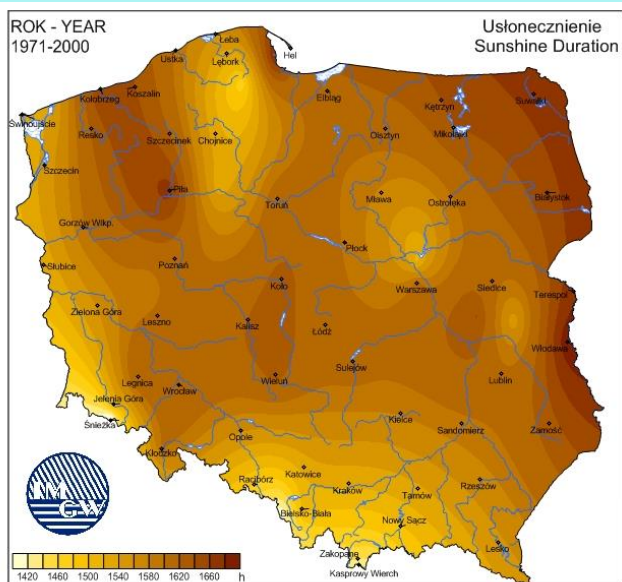
Miejsca montażu instalacji fotowoltaicznej należy sprawdzić pod względem występującego zacienienia. Ma ono decydujący wpływ na wielkość wyprodukowanej energii elektrycznej. Wszystkie bariery w postaci kominów, anten, kabli, balustrad oraz przeszkód naturalnych takich jak, np. drzewa, spowodują mniejszą efektywność systemu.

#### **Straty systemu (straty przesyłowe)**

Straty systemowe pojawiają się w systemie fotowoltaicznym zarówno po stronie stałoprądowej (DC) jak i zmiennoprądowej (AC). W celu ograniczenia strat przesyłowych między modułami solarnymi a inwerterem, należy stosować kable o właściwie zaprojektowanym przekroju i minimalnej odległości między wymienionymi elementami systemu w celu ograniczeniu spadków napięcia. Nie tylko sam przesył między modułem a inwerterem pociąga za sobą występowanie strat przesyłowych. Konwersja energii DC/AC poprzez inwerter, a następnie zasilanie odbiorców z wykorzystaniem linii zasilających, przyczynia się również do występowania strat w instalacji. Nawet prawidłowo zaprojektowana i wykonana instalacja solarna pozwala uzyskać w efekcie końcowym od 60 do 90% mocy systemu względem mocy znamionowej modułów solarnych. Resztę stanowią straty z instalacji.

### 3.1.1. OKREŚLENIE LOKALIZACJI, KIERUNKU I NACHYLENIA OGNIWA SŁONECZNEGO, NASŁONECZNIENIA I WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH

W Polsce najkorzystniejsze warunki dla montażu instalacji fotowoltaicznej występują w województwie lubelskim, a szczególnie na Roztoczu.



W dużym uproszczeniu można przyjąć, że w Polsce z 1 [kW] prawidłowo wykonanej instalacji wyprodukuje rocznie ok. 1000 [kWh] energii elektrycznej.

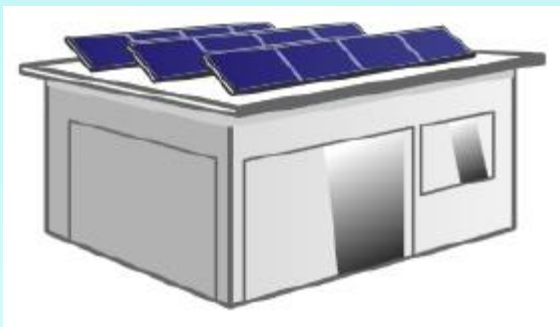
## 3.1.2. MIEJSCE DOSTĘPU DO INSTALACJI (POWIERZCHNIA, USTAWIENIE WZGLĘDEM HORYZONTU, I KIERUNKU GEOGRAFICZNEGO POŁUDNIA



### Określenie wielkości instalacji

1 [m<sup>2</sup>] → 0,125 kW

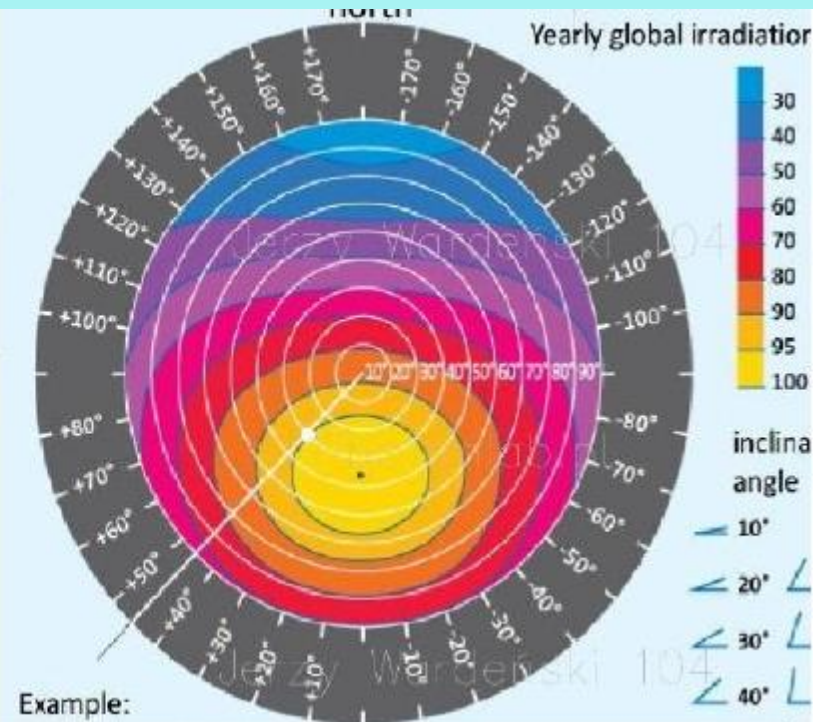
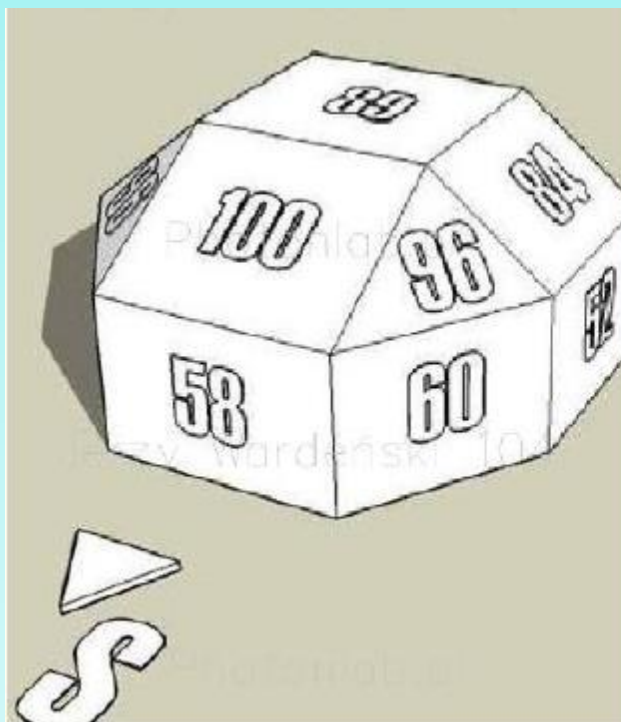
1 [kW] → 5 [m<sup>2</sup>]



1 [m<sup>2</sup>] → 0,067 [kW]

1 [kW] → 10 [m<sup>2</sup>]

### 3.1.2. MIEJSCE DOSTĘPU DO INSTALACJI (POWIERZCHNIA, USTAWIENIE WZGLĘDEM HORYZONTU, I KIERUNKU GEOGRAFICZNEGO POŁUDNIA



### 3.1.2. MIEJSCE DOSTĘPU DO INSTALACJI (POWIERZCHNIA, USTAWIENIE WZGLĘDEM HORYZONTU I KIERUNKU GEOGRAFICZNEGO POŁUDNIA)

**Prawidłowy montaż paneli fotowoltaicznych oraz ich usytuowanie ma duży wpływ na wydajność instalacji i wynikającą z niej opłacalność jej zastosowania, więc należy mu poświęcić dużo uwagi.**

Planując rozmieszczenie modułów fotowoltaicznych należy zapewnić dostęp do:

- modułów fotowoltaicznych ( konieczność konserwacji, mycia, wymiany itp.);
- w przypadku dachów płaskich zachować odpowiednie odległości między rzędami ( uwzględnić zacienienie, możliwość mycia, odśnieżania, konserwacji );
- wyposażenia dodatkowego budynku ( anteny, kominy, inne instalacje );
- zachować odstępy normatywne od instalacji odgromowej–w praktyce 05-1,0 [m];
- gdzie jest to możliwe zachować odpowiednie odstępy od elementów zacieniających;

### 3.1.3. ELEMENTY ZACIENIAJĄCE

Elementami zacieniającymi mogą być:

- elementy budynków np. lukarny, mury ogniowe,
- sąsiednie budynki
- drzewa
- maszty
- kominy
- maszty



Image: PowerBox

Zacienienie jednego ogniwa w stringu sprawia, że prąd całego szeregu spada do poziomu 25 %.



### 3.1.4. ISTNIEJĄCA INSTALACJA ODGROMOWA

Istniejącą instalację odgromową należy wykorzystać do ochrony projektowanej instalacji fotowoltaicznej. Należy przy tym upewnić się, czy jest ona sprawna i czy zapewni dostateczną ochronę.

Należy też zapewnić odpowiednie odległości paneli od instalacji odgromowej, a także zwrócić uwagę, aby przewody instalacji fotowoltaicznej nie krzyżowały się z odgromową.

W praktyce odległość ta winna mieścić się w przedziale 0,5 – 1,0 [m].

## 3.2. PROFILE ENERGETYCZNE ODBIORNIKÓW

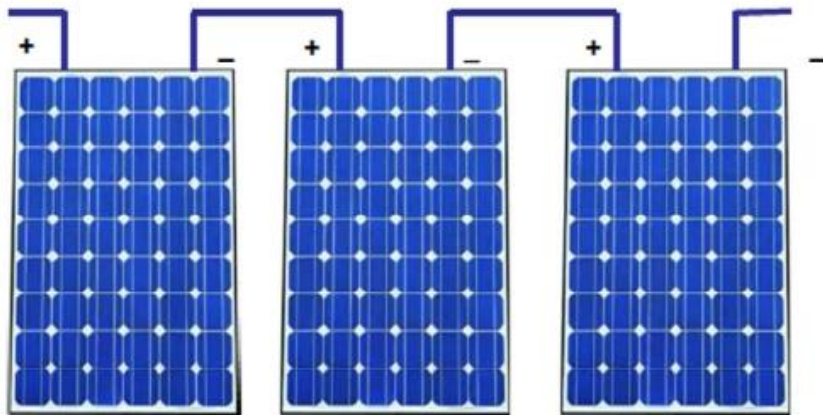
### **Projekt instalacji PV powinien zostać wykonany w oparciu o rzeczywisty profil zużycia energii danego budynku**

Podstawowe dane dotyczące ilości zużywanej energii możemy odczytać z rachunków za energię, które otrzymujemy od lokalnego sprzedawcy energii. Jednak to nie wystarczy do określenia godzinowego profilu zużycia energii. Nasze dane powinny określać możliwie dokładne minutowe, godzinowe, dobowe oraz miesięczne charakterystyki zużycia u odbiorcy. Chodzi o nasz profil zużycia w czasie, czyli jak wygląda zużycie energii w ciągu określonego czasu np. dnia, tygodnia, miesiąca czy roku. Z reguły bowiem nasze zapotrzebowanie na energię nie pokrywa się w 100% z produkcją energii z systemu fotowoltaicznego. Zależnie od charakterystyki obiektu może się znacznie różnić. I tak przykładowo w domu często zapotrzebowanie na energię największe jest w cyklach rannych i wieczorem, wtedy gdy produkcja energii z systemu PV z instalacji jest mała.

Z kolei w obiektach biurowych lub produkcyjnych ta relacja jest dużo bardziej korzystna.

### 3.3. WYBÓR RODZAJU I MOCY MODUŁÓW FOTOWOLTAICZNYCH .

Połączenie szeregowe modułów PV

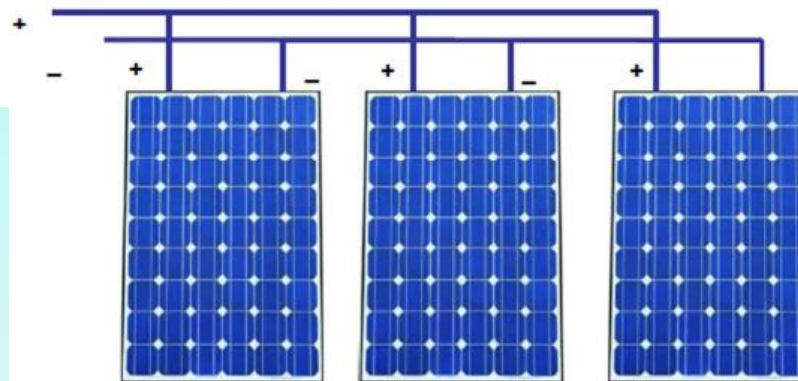


1 modul  
 $U = 30 \text{ V}$   
 $I = 8 \text{ A}$   
 $P = U \cdot I = 240 \text{ W}$

3 moduły  
 $U = U_1 + U_2 + U_3 = 90 \text{ V}$   
 $I = I_1 = I_2 = I_3 = 8 \text{ A}$   
 $P = P_1 + P_2 + P_3 = U \cdot I = 720 \text{ W}$

Połączenie szeregowe stosujemy w celu podwyższeniu napięcia  $U = U_1 + U_2 + U_3$ . Prąd jest stały, a moc równa się iloczynowi mocy modułu i ich ilości.

Połączenie równoległe modułów PV



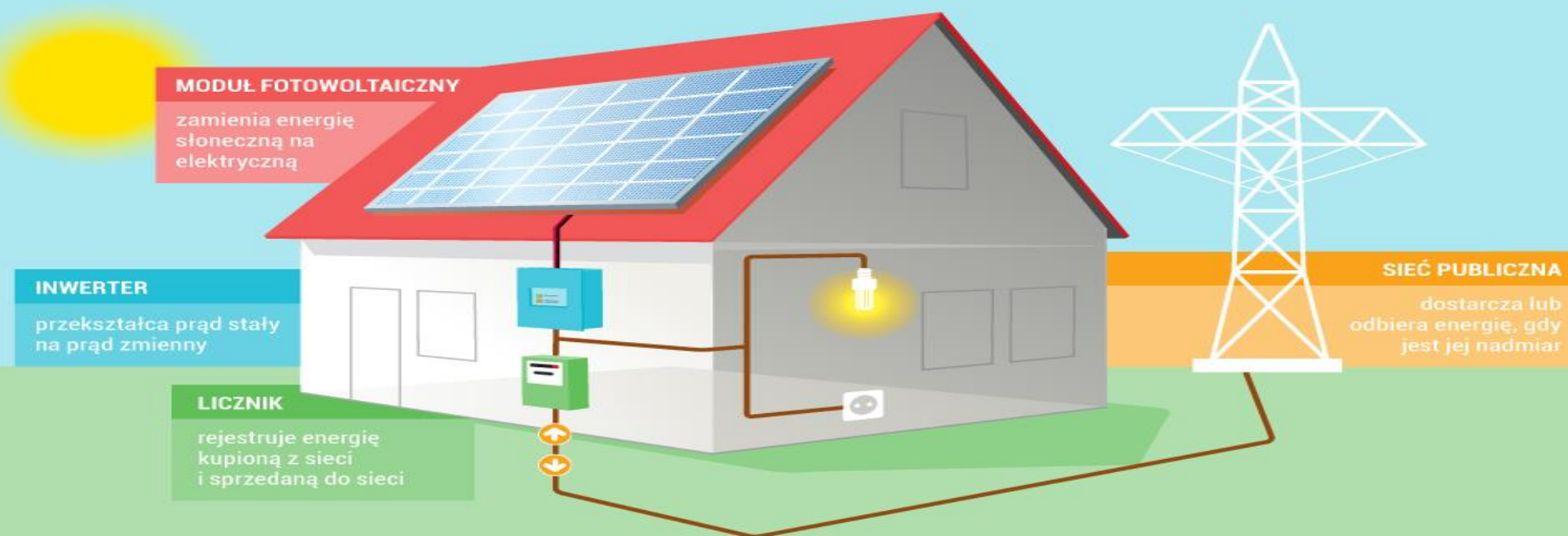
1 modul  
 $U = 30 \text{ V}$   
 $I = 8 \text{ A}$   
 $P = U \cdot I = 240 \text{ W}$

3 moduły  
 $U = U_1 = U_2 = U_3 = 30 \text{ V}$   
 $I = I_1 + I_2 + I_3 = 24 \text{ A}$   
 $P = P_1 + P_2 + P_3 = U \cdot I = 720 \text{ W}$

Połączenie równoległe stosujemy w celu podwyższeniu prądu  $I = I_1 + I_2 + I_3$ . Napięcie jest stałe, a moc równa się iloczynowi mocy modułu i ich ilości.

### 3.3. WYBÓR RODZAJU I MOCY MODUŁÓW FOTOWOLTAICZNYCH.

Zdecydowanie bezpieczniejszy i bardziej opłacalny jest system on-grid – zasilanie z ogniw jest połączone z siecią energetyczną. Ta opcja pozwala na sprzedaż nadwyżek energii oraz, co ważniejsze, bezpośrednie bilansowanie mocy – zasilanie z sieci energetycznej w przypadku, gdy ogniwa dostarczają zbyt mało energii. Konfiguracja systemu ogniw zależy przede wszystkim od mocy odbiorników, jakie będą włączone w obwód czyli zapotrzebowania na energię elektryczną. Możemy wyodrębnić trzy sposoby tworzenia systemu:



## 3.4. OKREŚLENIE WYMAGAŃ DLA INSTALACJI ODGROMOWEJ.

### Czy warto zainstalować piorunochron?

**Należy o tym pomyśleć gdyż w miejscu, gdzie uderza piorun, napięcie może sięgać kilkuset milionów woltów, a natężenie 250 tysięcy amperów. Moc takiego wyładowania sięga 700 bilionów watów i potrafi w mgnieniu oka wywołać uszkodzenie urządzeń elektrycznych i pożar domu.**



Silne wyładowania elektryczne, które towarzyszą burzom, stanowią zagrożenie nie tylko w przypadku bezpośredniego trafienia pioruna w budynek. Niszczycielską siłę ma też wysokie napięcie indukowane przez wyładowania w instalacji elektrycznej oraz w metalowych elementach domu. Mimo to wielu prywatnych inwestorów, kierując się źle pojętą oszczędnością, zastanawia się nad tym, czy w nowo budowanym domu zamontować piorunochron

## 3.4. OKREŚLENIE WYMAGAŃ DLA SYSTEMU (INSTALACJI) OGRANICZENIA PRZEPIĘĆ.

**Ogranicznik przepięć**, dawniej **odgromnik** (także ochronnik przepięciowy, arrystor, ang. surge arrester) – urządzenie zaprojektowane do ochrony aparatury elektrycznej przed przejściowymi przebieciami, ograniczające czas trwania i częstotliwość prądu następczego<sup>[1]</sup>. Przebiecia mogą powstać podczas np. załączania lub wyłączenia nieobciążonej linii napowietrznej lub przy uderzeniu pioruna w linię napowietrzną, mogą one spowodować zniszczenie izolacji i innych elementów sieci. Ponieważ odgromniki są urządzeniami stosunkowo drogimi, są stosowane tylko do ochrony ważnych elementów sieci jak np. transformator bądź generator

Pod względem charakterystyki działania rozróżnia się trzy rodzaje ochronników:

- odcinające
- ograniczające
- kombinowane



## 3.5. AUTONOMICZNE SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE.

**System autonomiczny** składa się z

1. paneli słonecznych,
2. regulatora ładowania,
3. akumulatorów
4. inwertera dla systemów off-grid.

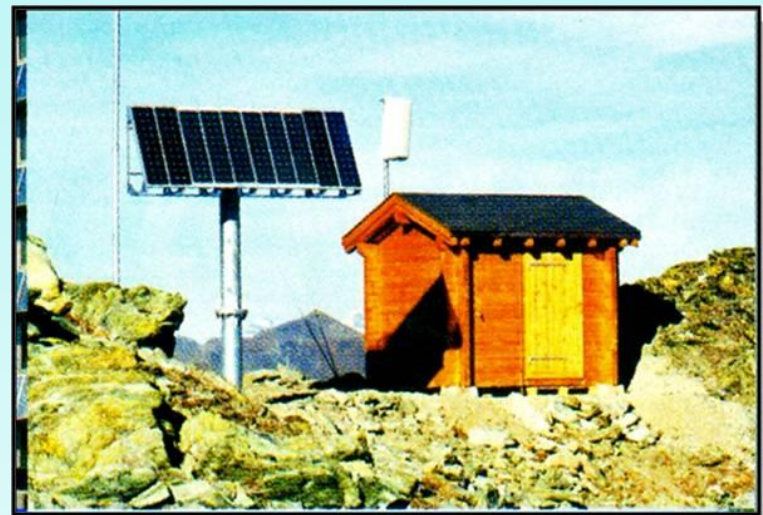
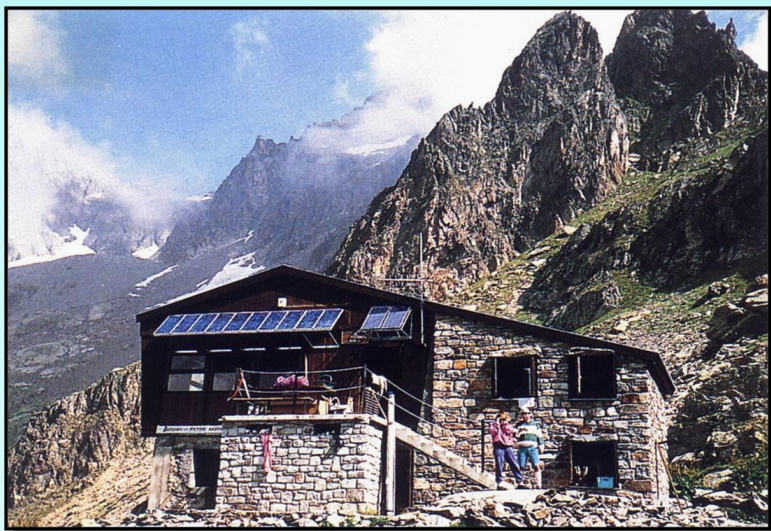


Ilość paneli, akumulatorów oraz inwertera dobiera się do mocy wszystkich urządzeń i planowanego czasu ich dobowego użytkowania. Należy również określić dni autonomii, czyli dni o bardzo złych warunkach pogodowych, kiedy produkcja elektryczności będzie mniejsza. Zaletą autonomicznego systemu fotowoltaicznego jest jego całkowita samoobsługowość.

## 3.5.1. PRZYKŁADY SYSTEMÓW AUTONOMICZNYCH .

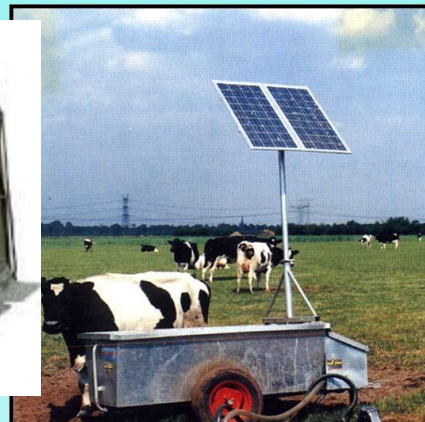
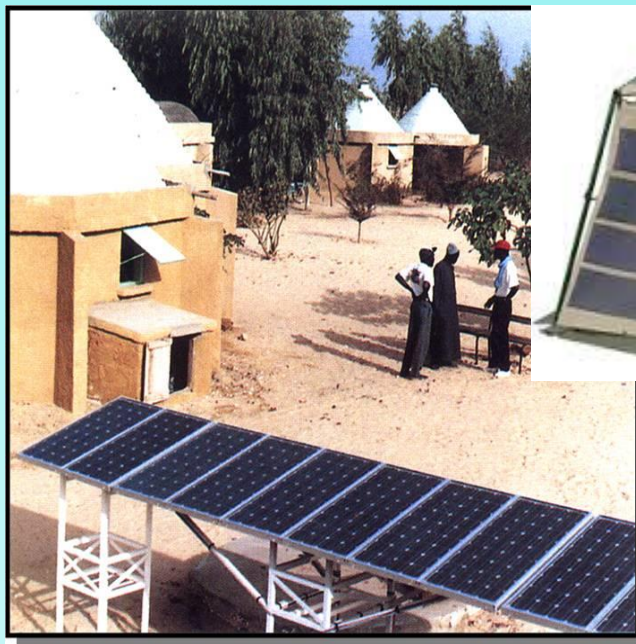
Systemy autonomiczne stosuje się przede wszystkim tam, gdzie nieopłacalna staje się budowa linii energetycznej oraz przyłączy do zasilania poszczególnych obiektów, np. takich jak:

- Schroniska górskie,
- przepompownie wody, przekaźniki telekomunikacyjne,
- sygnalizacja drogowa, tablice ogłoszeniowe,
- systemy zasilania awaryjnego,
- automaty z napojami, parkomaty,
- zasilanie jachtów, przyczep kempingowych,

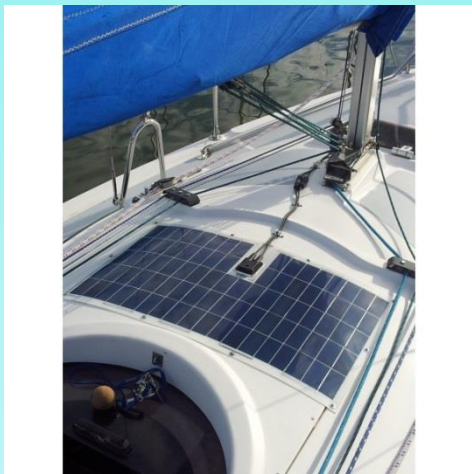




### 3.5.1. PRZYKŁADY SYSTEMÓW AUTONOMICZNYCH .



### 3.5.1. PRZYKŁADY SYSTEMÓW AUTONOMICZNYCH .

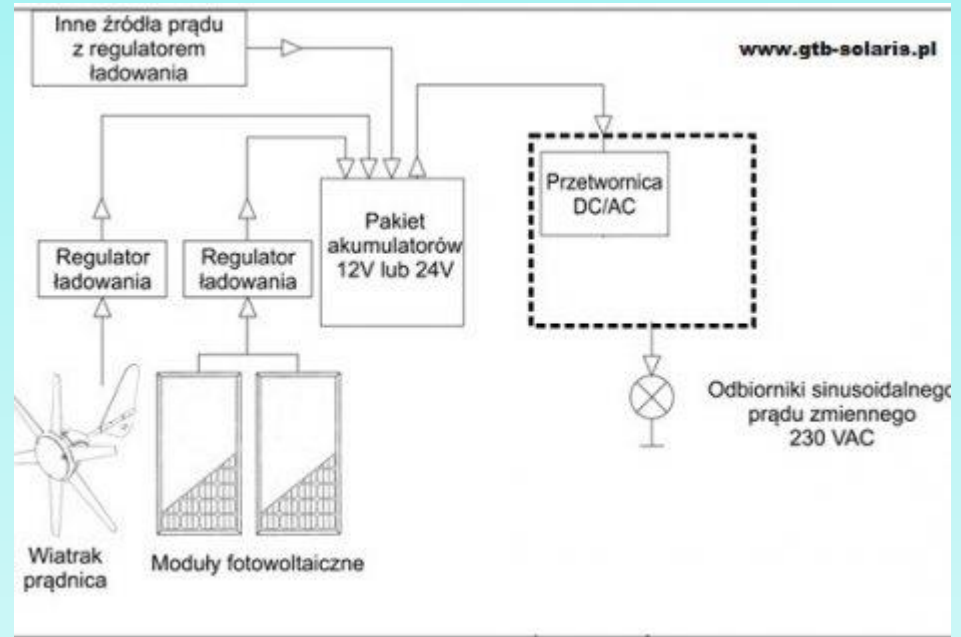
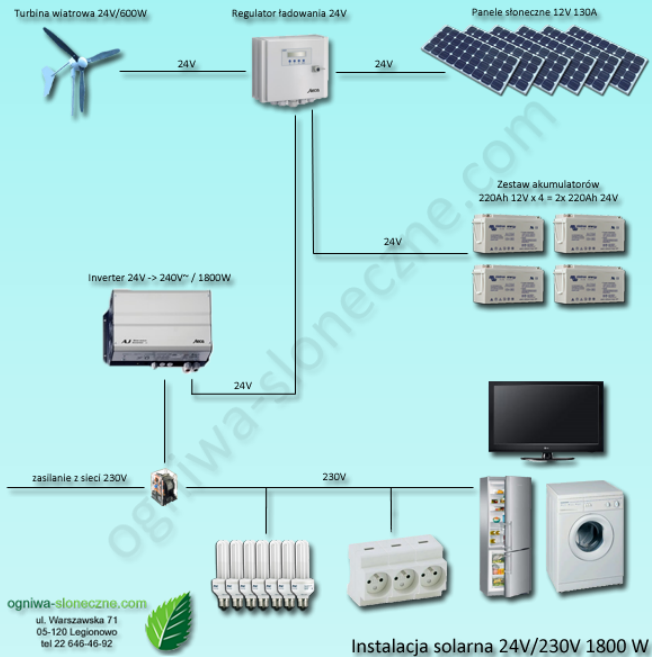


## 3.5.2 OCENA I PROTOKOŁY BADAŃ .

Każda instalacja przed uruchomieniem powinna być poddana szczegółowym oględzinom, próbom i pomiarom mającym na celu sprawdzenie:

1. zgodności wykonanych robót z dokumentacją projektową:
  - instalacji elektrycznej ;
  - konstrukcji montażowych, systemów mocowania, pokrycia i konstrukcji dachu;
2. prawidłowości mocowania konstrukcji, paneli i urządzeń;
3. właściwego wykonania instalacji;
4. połączeń elektrycznych;
5. wyników wymaganych pomiarów z przekazaniem wyników do protokołu odbioru.

### 3.5.3. ZASILANIE AWARYJNE .



Zasilanie awaryjne mogą stanowić:

1. Bateria akumulatorów.
2. Generator spalinowy.
3. Wiatrak.



Fundusze  
Europejskie  
Pomoc Techniczna



Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Fundusz Spójności



## 3.6. PODŁĄCZANIE SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO DO SIECI ENERGETYCZNEJ.

**Mikroinstalacja** – instalacja, której moc nie przekracza 50 [kW].

**Mała Instalacja** – instalacja, której moc jest wyższa niż 50 [kW], ale  
nie przekracza 200 [kW].

**Duża instalacja -elektrownia fotowoltaiczna (duża elektrownia) -**  
instalacja, której moc jest wyższa niż 200 [kW].



Politechnika  
Warszawska



## 3.6. PODŁĄCZANIE SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO DO SIECI ENERGETYCZNEJ.

### Przyłączenie instalacji do sieci NN, SN i WN

**Mikroinstalacje** - przyłączamy do napowietrznych lub kablowych sieci elektroenergetycznych o napięciu 0.4kV.

**Małe instalacje** – przyłączamy do sieci NN do mocy max. 100kW jeżeli są zachowane odpowiednie warunki techniczne dla instalacji tj. czy kabel zasilający punkt (złącze kablowe) lub też przewód linii napowietrznej jest wystarczającej średnicy przekroju. Małe instalacje pow. 100kW przyłączane są do linii SN, gdzie zabudowuje się mechaniczny odłącznik prądowy (odcinający Małą instalację od sieci)

**Duża instalacja (elektrownia fotowoltaiczna)** – są przyłączane najczęściej do linii SN (15kV). Ważny jest w tego rodzaju instalacjach jak i w poprzednich przewód linii napowietrznej SN a dokładnie jego średnica (jeżeli przewód jest głównym przewodem odchodzącym od GPZ-u (Głównego Punktu Zasilania) o przekroju 50mm<sup>2</sup>, 70mm<sup>2</sup> to moc jaką możemy przyłączyć jest większa niż na tzw. odgałęzieniu linii gdzie przekrój przewodu wynosi 35mm<sup>2</sup> lub mniejszy.

## 3.6. PODŁĄCZANIE SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO DO SIECI ENERGETYCZNEJ.

Jeżeli jesteśmy zainteresowani większą mocą wytwórczą, np. o mocy 3-4 MW, należy wystąpić do Operatora Systemu Dystrybucyjnego o warunki przyłączenia oraz możliwość rozbudowy istniejącego GPZ, lub też przy większych mocach, budowy nowego GPZ na potrzeby nowej instalacji. Takie moce możemy przyłączyć do linii wysokiego napięcia 110kV.

Procedurę przyłączenia wytwórców do sieci dystrybucyjnej przedsiębiorstwa energetycznego reguluje art. 7 ustawy Prawo energetyczne (Dz. U. z 2012 r. Nr 1059 z późn. zm.).

Przyłączenia odnawialnych źródeł energii o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej nie większej niż 50 kW, przyłączonych do sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV opisane jest w procedurze przyłączania mikroinstalacji.

Przyłączanie do sieci elektroenergetycznej jest zgodne procedurą przyłączania, która została uregulowana w art. 7 Prawa energetycznego;

- dwa etapy:
- uzyskanie warunków przyłączenia, oraz zawarcie umowy o przyłączenie do sieci.

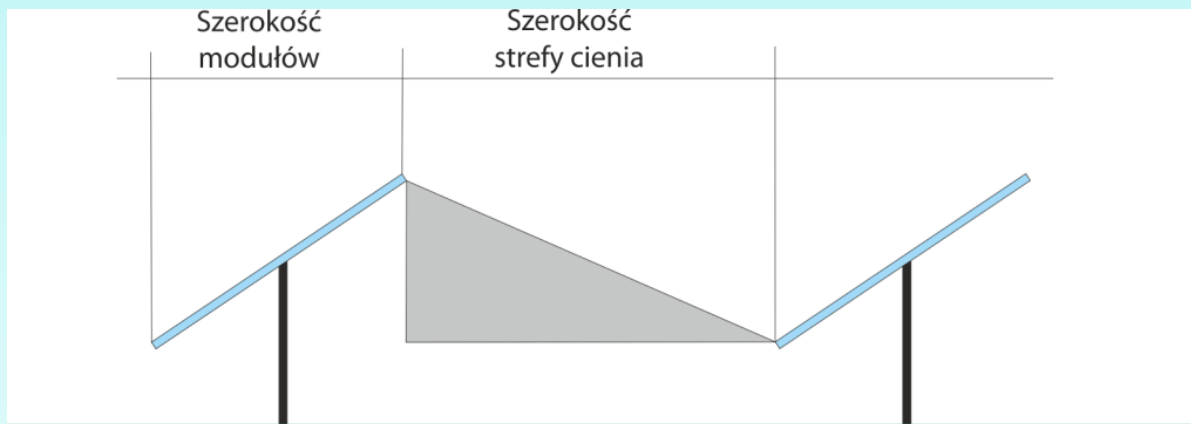
### 3.6.1. OBLICZANIE POWIERZCHNI SYSTEMU I WIELKOŚCI ZNAMIONOWYCH SYSTEMU, NIEZBĘDNYCH PODSYSTEMÓW I URZĄDZEŃ ORAZ ODPOWIEDNIEGO OSPRZĘTU.

#### Obliczenie powierzchni systemu.

Obliczenia powierzchni pod instalację fotowoltaiczną zlokalizowaną na dachu płaskim lub na gruncie są bardziej skomplikowane gdyż:

1. moduły montujemy pod pewnym kątem w stosunku do dachu płaskiego ( obliczamy powierzchnię rzutu tych modułów na dach ):
1. musimy uwzględnić strefę cienia tj. powierzchnię dachu na jaką pada cień z poprzedniego rzędu modułów (min. odstęp między rzędami x szerokość rzędu)

Tak więc powierzchnia instalacji fotowoltaicznej na dachu płaskim lub gruncie jest sumą podanych wyżej powierzchni.





### 3.6.1. OBLICZANIE POWIERZCHNI SYSTEMU I WIELKOŚCI ZNAMIONOWYCH SYSTEMU, NIEZBĘDNYCH PODSYSTEMÓW I URZĄDZEŃ ORAZ ODPOWIEDNIEGO OSPRZĘTU.

- Obliczenie powierzchni systemu dla powierzchni płaskich.**

Przykład:

Moc generatora fotowoltaicznego - 10 kW

Wymiary modułu wraz z przestrzeniami montażowymi -  
1,7x1,0m

Moc modułu - 400 W

**Powierzchnia =  $(1,7 \times 1,0 / 400) \times 10000 = 42,5 \text{ m}^2$**

**Można przyjąć, że korzystając ze standardowych modułów o sprawności ok 18% do budowy generatora fotowoltaicznego o mocy 10 kW (10 000 W) będziemy potrzebować powierzchni ok. 45m<sup>2</sup>.**

## 3.6.2. WYBÓR FALOWNIKA/ INWERTERA JAKO PRZETWORNIKA ENERGII, FUNKCJE BEZPIECZEŃSTWA FALOWNIKA/INWERTERA, OKREŚLENIE JEGO SPRAWNOŚCI

Przy doborze falownika należy kierować się zasadą zakładającą moc generatora PV mieszczącą się w zakresie 0,85 – 1,18 mocy falownika po stronie AC.

Należy przy tym uwzględnić parametry pracy falownika (moc, napięcia i prądy) oraz ilość niezależnych wejść.

Dane techniczne	Sunny Tripower 10000TL
<b>Wejście (DC)</b>	
Maks. moc DC (przy $\cos \phi = 1$ )	10200 W
Maks. napięcie wejściowe	1000 V
Zakres napięcia MPP / znamionowe napięcie wejściowe	320 V – 800 V / 600 V
Min. / początkowe napięcie wejściowe	150 V / 188 V
Maks. prąd wejściowy wejście A / wejście B	22 A / 11 A
Maks. prąd wejściowy na string wejście A <sup>2</sup> / wejście B <sup>2</sup>	33 A / 12,5 A
Liczba niezależnych wejść MPP / stringów na wejście MPP	2 / A:4; B:1

### 3.6.2. WYBÓR FALOWNIKA/ INWERTERA JAKO PRZETWORNIKA ENERGII, FUNKCJE BEZPIECZEŃSTWA FALOWNIKA/INWERTERA, OKREŚLENIE JEGO SPRAWNOŚCI

#### Na co zwracać uwagę przy wyborze falownika.

- Łatwość obsługi
- Wygląd, wykonanie, możliwie wysoka klasa ochrony (IP65)
- Wysoka sprawność urządzenia (falownik to serce instalacji fotowoltaicznej)
  - Szybkie wyszukiwanie i utrzymywanie punktu mocy maksymalnej MPP
  - Możliwie wysoka sprawność nawet przy słabym oświetleniu
- Wysoka niezawodność
- Duży zakres temperatur
- Niezawodny system chłodzenia
- Możliwość szczegółowego monitorowania urządzenia
- Prosta diagnostyka usterek
- Korzystny stosunek cena / moc
- Sprawny i szybki serwis
- Dokumentacja w języku polskim; karty katalogowe, deklaracje zgodności CE, poziom harmonicznych (dokumentacja niezbędna do wystąpienia o warunki przyłączenia).

### 3.6.3. DOPASOWANIE GENERATORA DO FALOWNIKA/INWERTERA

#### Określenie zakresu napięcia roboczego

Napięcie maksymalne pojedynczego  
modułu ( -25 °C )

$$U_{oc(-25)} = 37,5 - (-25-25) \times 0,139) \text{ V} = \underline{\underline{44,5 \text{ V}}}$$

+

Napięcie minimalne pojedynczego  
modułu (70 ° C)

$$U_{oc(70)} = 37,5 - (70-25) \times 0,139) \text{ V} = \underline{\underline{31,2 \text{ V}}}$$

Parametry modułu SW 245 poly (STC):

Moc Pmax:	245 Wp
Napięcie jałowe:	37,5 V
Napięcie MPP:	30,8 V
Prąd zwarcia:	8,49 A
Prąd MPP:	7,96 A
TK Uoc:	-0,37%/K (0,139 V/K)

## 4.1. BEZPIECZEŃSTWA I HIGIENA PRACY PRZY WYKONYWANIU INSTALACJI

### **Zagrożenia dla BHP związane z montażem, konserwacją.**

Główne zagrożenia są związane z pracą na wysokości i obejmują:

- problemy z dostępem;
- spadające przedmioty;
- upadki, poślizgnięcia i potknięcia spowodowane np. śliską powierzchnią szklwionych dachówek lub tym, że płytki montowane na powierzchniach dachowych są pokryte glonami lub mchem;
- prowadzenie prac na dachach o znacznym nachyleniu, dachach wykonanych z delikatnego materiału oraz kruchych lub uszkodzonych dachach.

Poza ryzykiem odniesienia obrażeń wskutek poślizgnięć, potknięć i upadków, wspomniane zagrożenia mogą również przyczyniać się do rozwoju zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego. Działania te często wiążą się również z koniecznością długotrwałej pracy w nienaturalnej pozycji, np. na klęczkach lub w przysiadzie, co oznacza, że pracownicy są narażeni na zagrożenia ergonomiczne podczas montażu i prowadzenia działań konserwacyjnych, które mogą doprowadzić do rozwoju zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego, takich jak urazy kręgosłupa.

Niesprzyjające warunki pogodowe, takie jak skrajne temperatury, wiążą się z dodatkowymi zagrożeniami, np. zagrożeniem wychłodzenia lub przegrzania organizmu.

## 4.1. BEZPIECZEŃSTWA I HIGIENA PRACY PRZY WYKONYWANIA INSTALACJI

Narażenie na oddziaływanie promieniowania słonecznego może prowadzić do poparzeń słonecznych, chorób oczu i rozwoju niektórych rodzajów raka. Opady deszczu lub śniegu mogą zwiększyć śliskość powierzchni i prowadzić do poślizgnięć i upadków. Systemy fotowoltaiczne wiążą się z zagrożeniami elektrycznymi. Po pierwsze, wykonywanie pracy w pobliżu linii napowietrznych, które przebiegają nad dachami, stanowi zagrożenie. Po drugie, systemy fotowoltaiczne wiążą się z zagrożeniami elektrycznymi, jeżeli doszło do naruszenia układu elektrycznego lub jeżeli pokrywy ochronne umieszczone na odpowiednich elementach uległy uszkodzeniu.

Typowe napięcie stosowane w instalacjach, które mieści się w granicach 600 woltów, może doprowadzić do porażenia prądem lub spowodować oparzenia elektryczne, termiczne i oparzenia spowodowane wyładowaniami łukowymi. Ponadto nawet niskie poziomy natężenia prądu mogą powodować mimowolne skurcze mięśni, co może doprowadzić do upadku z dachu. Dodatkowe wyzwanie jest związane z faktem, że systemy fotowoltaiczne są cały czas zasilane promieniowaniem słonecznym i w związku z tym nie można ich wyłączyć na czas przeprowadzania prac konserwacyjnych lub innych czynności. Również wprowadzanie nowych technologii może doprowadzić do powstania nowych zagrożeń elektrycznych. Na przykład ogniwa fotowoltaiczne mogą być wbudowane w płyty dachówkowe, co doprowadzić do sytuacji, w której będą one montowane przez dekarzy bez przygotowania z zakresu elektryki.

## 4.2. BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY PRZY WYKONYWANIU INSTALACJI

### Praca na wysokości .



## 4.3. NARZĘDZIA I WYPOSAŻENIE DO MONTAŻU

### Zaciskarka do złącz MC4, fotowoltaiczna PV





## 4.3. NARZĘDZIA I WYPOSAŻENIE DO POMIARÓW

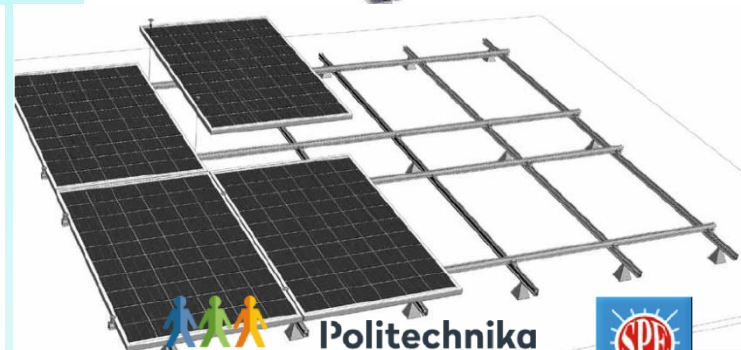
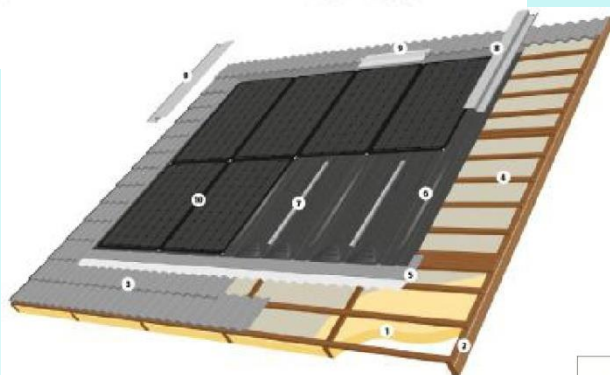


## 4.4. KONFIGUROWANIE PARAMETRÓW I KOMUNIKACJA Z REGULATOREM ŁADOWANIA ORAZ FALOWNIKIEM SIĘCIOWYM



# 4.5.1. MONTAŻ MODUŁÓW FOTOWOLTAICZNYCH NA PRZYKŁADOWYCH KONSTRUKCJACH WSPORCZYCH

## Systemy montażowe

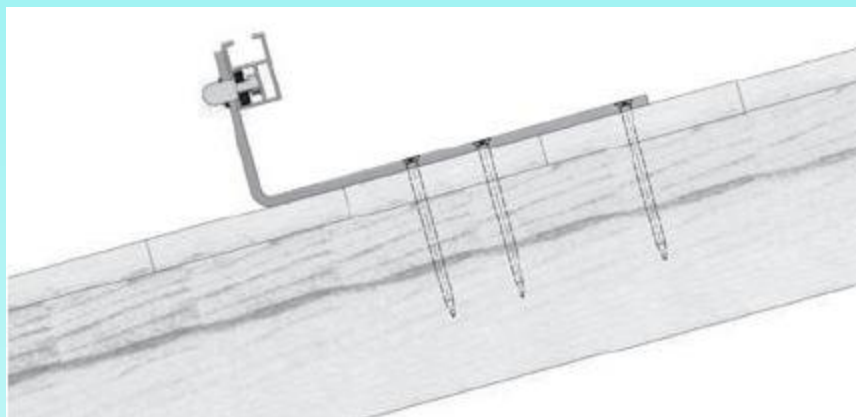


## 4.5.2. MONTAŻ MODUŁÓW FOTOWOLTAICZNYCH NA PRZYKŁADOWYCH KONSTRUKCJACH WSPORCZYCH

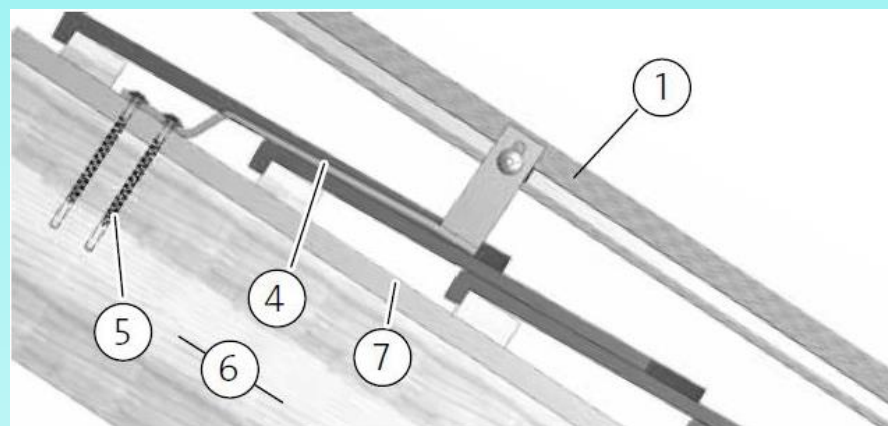
### Dachy spadziste

- Konstrukcje mogą być stosowane do wszystkich dachów spadzistych
- Mogą być przystosowane do różnych pokryć dachowych: blacha płaska, trapezowa, dachówkowa, dachówki itp.
- Łatwy i szybki montaż dzięki wstępnemu konfekcjonowaniu
- Nie wymagają ingerencji w poszycie dachu
- Zapewnia optymalną wentylację co wpływa na zwiększenie wydajności systemu PV
- Posiada certyfikat VDE – możliwe wyrównanie potencjałów całego systemu
- Indywidualnie dopasowane komponenty
- Profile nośne wykonane z aluminium
- Elementy mocujące i łączeniowej wykonane ze stali nierdzewnej lub aluminium
- System dobierany zgodnie z aktualnymi normami dot. obciążenia śniegiem i wiatrem

## 4.5.2. MONTAŻ MODUŁÓW FOTOWOLTAICZNYCH NA PRZYKŁADOWYCH KONSTRUKCJACH WSPORCZYCH



Zestaw dla dachu łupkowego / gontowego



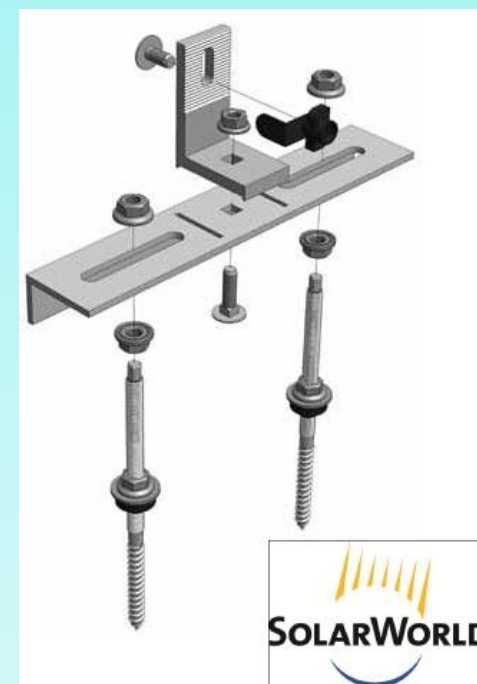
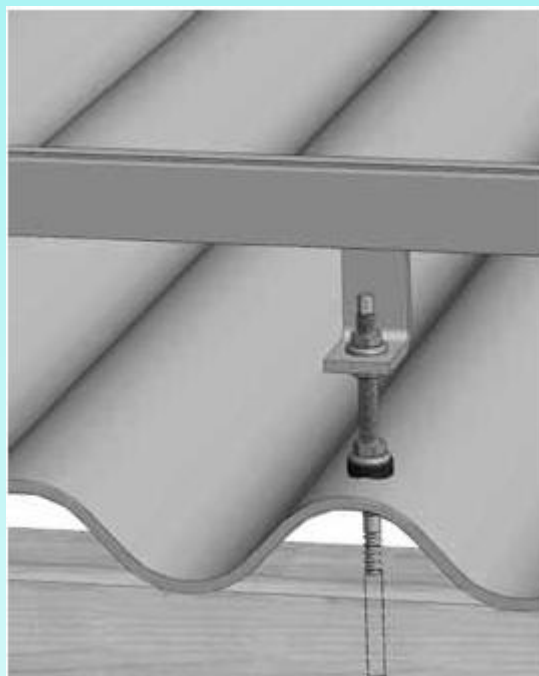
Zestaw haka dla dachu krytego „karpiówką”



Zestaw dla dachu krytego „karpiówką”

## 4.5.2. MONTAŻ MODUŁÓW FOTOWOLTAICZNYCH NA PRZYKŁADOWYCH KONSTRUKCJACH WSPORCZYCH

### Zestaw do mocowania śruby dwugwintowej





## 4.5.2. MONTAŻ MODUŁÓW FOTOWOLTAICZNYCH NA PRZYKŁADOWYCH KONSTRUKCJACH WSPORCZYZCH



- konstrukcja nośna dopasowana do różnych przypadków zastosowania, służąca do zainstalowania paneli słonecznych na dachach płaskich
- gotowy kompletny zestaw konstrukcyjnym



## 4.5.3. MONTAŻ I URUCHOMIANIE SYSTEMU AUTONOMICZNEGO

**System autonomiczny** składa się z:

- paneli słonecznych;
- regulatora ładowania;
- akumulatorów;
- inwertera dla systemów off-grid.

Ilość paneli, akumulatorów oraz inwertera dobiera się do mocy zainstalowanych urządzeń i planowanego czasu ich dobowego użytkowania.

Należy również określić dni autonomii, czyli dni o bardzo złych warunkach pogodowych, kiedy produkcja elektryczności będzie mniejsza lub niemożliwa.

Zaletą autonomicznego systemu fotowoltaicznego jest jego całkowita samoobsługowość.







## 4.6. WSPÓŁPRACA Z AKUMULATORAMI W SYSTEMACH AUTONOMICZNYCH

### Dobór wielkości akumulatora

Zadaniem akumulatora w systemach off-greedy jest kompensowanie szczytów i gromadzenie energii w okresach nadmiaru produkcji nad zużyciem.

Przykład: dobrać baterię akumulatorów dla domku letniskowego o zużyciu energii jak w poniższej tabelce.

Zużycie energii na przykładzie domku letniskowego

Odbiornik energii	Moc nominalna [W]	Czas pracy [h/dobę]		Dzienne zużycie energii [Wh]	
		lato	zima	lato	zima
3 lampy w salonie	$3 \cdot 12 = 36$	1	3	36	108
1 lampa w sypialni	12	0,5	0,5	6	6
Dwie lampy do czytania	$2 \cdot 7 = 14$	1	1	14	14
Lodówka	50	6	–	300	–
Telewizor	50	2	2	100	100
Hydrofor	60	1	0,33	60	20
<b>Razem</b>	<b>222</b>			<b>516</b>	<b>248</b>



## 4.7. OGRANICZANIE PRZEPIĘĆ

**Moduły PV i falowniki DC/AC wchodzące w skład instalacji PV są poważnie narażone na zniszczenie w wyniku bezpośredniego uderzenia pioruna w taką instalację lub w jej bezpośrednim otoczeniu, jak też na uszkodzenia w wyniku indukowanych przepięć powstałych przez pobliskie wyładowania atmosferyczne.**

Do ochrony instalacji PV konstruuje się specjalne ograniczniki przepięć na napięcia od 500 do 1500 V DC. Jeżeli przy projektowaniu ochrony odgromowej zgodnie z normą PN-EN 62305 nie udało się zachować właściwych odstępów izolacyjnych pomiędzy instalacją odgromową a instalacją PV (zwykle powyżej 0,5 m, co wynika z obliczeń) lub np. instalacja fotowoltaiczna jest zainstalowana na dachu pokrytym metalową dachówką, to wówczas należy koniecznie zastosować ograniczniki typu T1+T2 (dawniej zwane B+C).





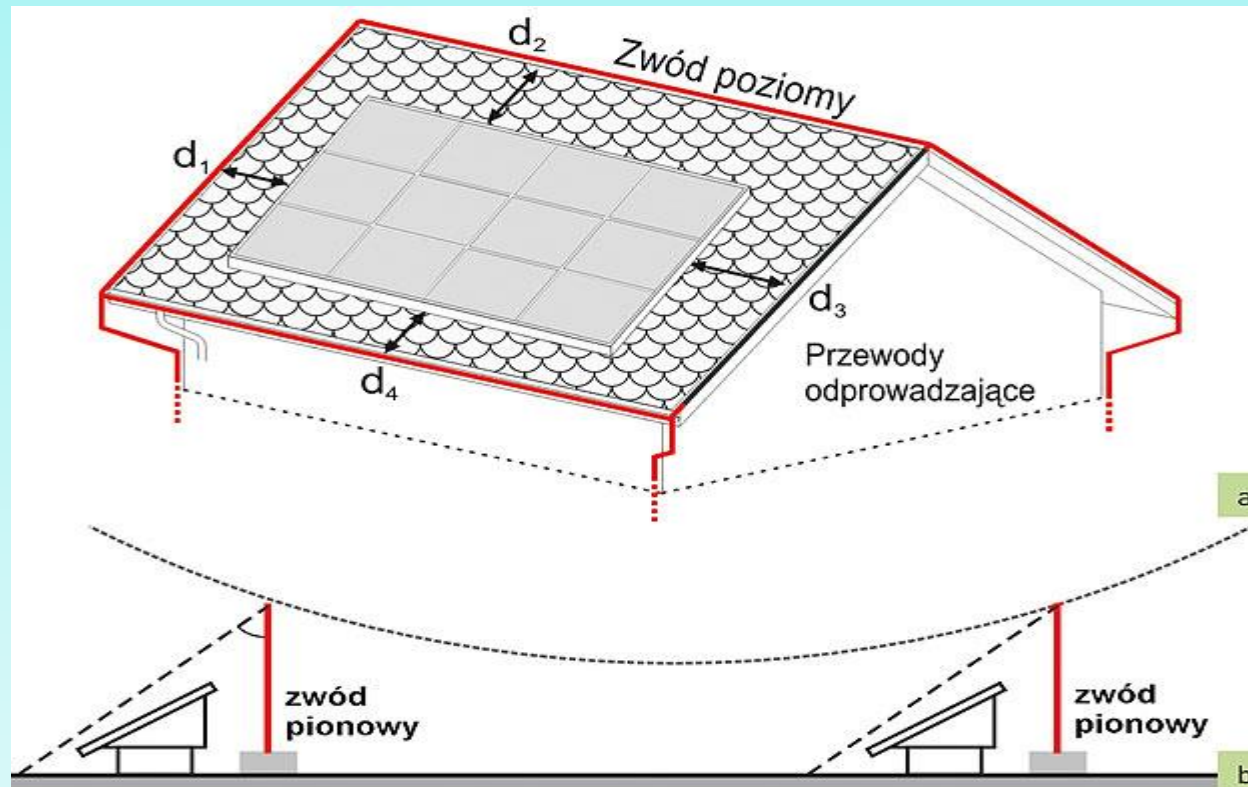
## 4.7. OGRANICZANIE PRZEPIĘĆ

**Przykładowy ogranicznik przepięć do instalacji PV typu 2 z trójstopniowym urządzeniem kontrolno-odłączającym DG M YPV SCI 1000 1000V/25kA**



## 4.8. INSTALACJA ODGROMOWA ORAZ INSTALACJA UZIEMIENIA

Umieszczanie kolektorów fotowoltaicznych w strefach osłonowych a) zwodu poziomego, b) zwodów pionowych na dachu obiektu budowlanego





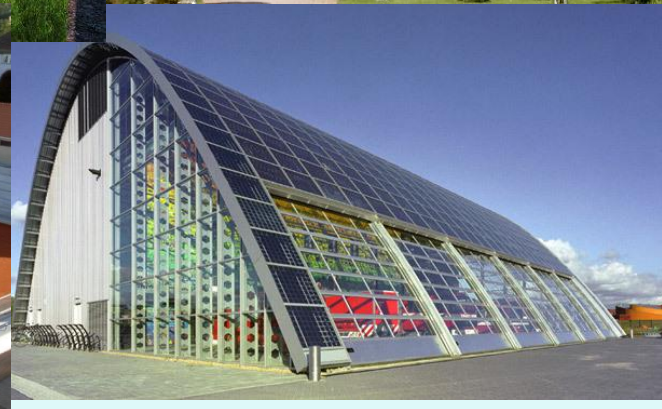
## 4.8. INSTALACJA ODGROMOWA ORAZ INSTALACJA UZIEMIENIA



## 4.9. MONTAŻ SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH ZINTEGROWANYCH Z BUDYNKAMI I KONSTRUKCJAMI BUDOWLANYMI (BIPV) I SYSTEMÓW NIEZINTEGROWANYCH (BAPV)

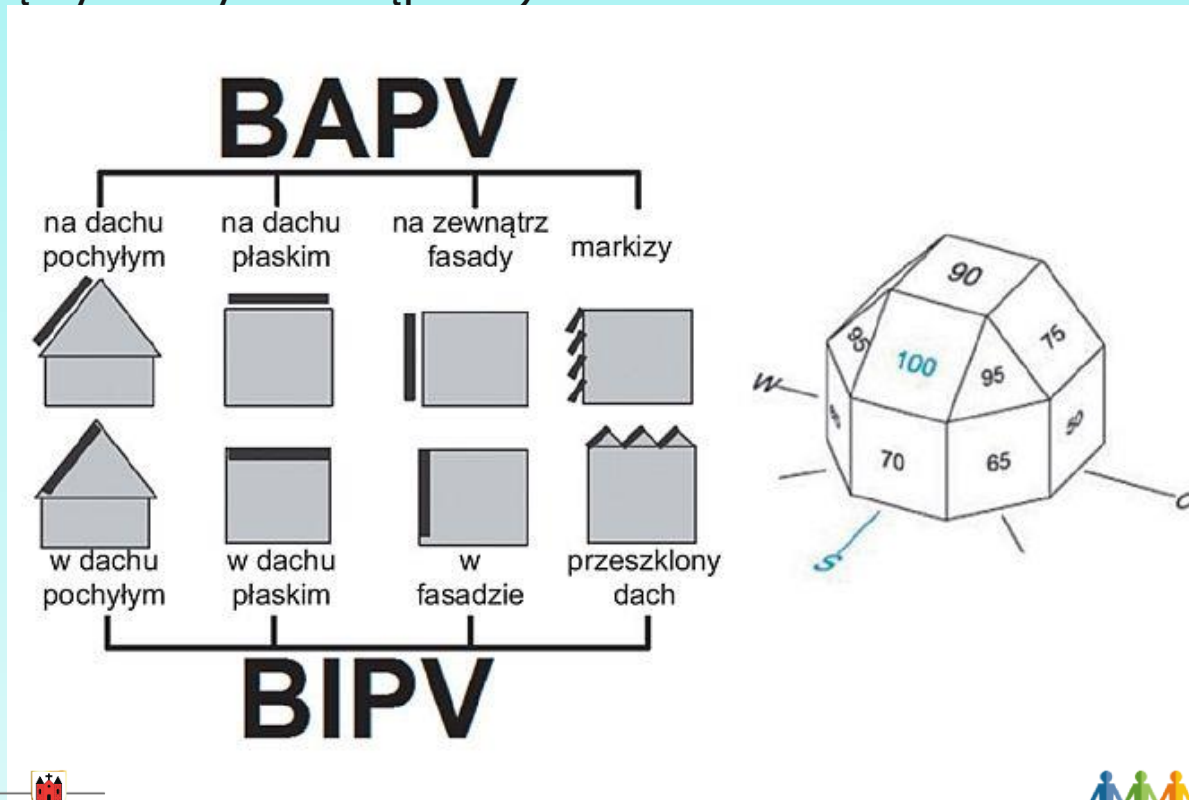


Fasad BiPV – Scheuten Solar, Gelsenkirchen  
[fot. Magdalena Muszyńska-Łanowy].



## 4.9. MONTAŻ SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH ZINTEGROWANYCH Z BUDYNKAMI I KONSTRUKCJAMI BUDOWLANYMI (BIPV) I SYSTEMÓW NIEZINTEGROWANYCH (BAPV)

**BAPV** (Building Applied Photovoltaics) - koncepcja polegająca na zastosowaniu standardowych modułów fotowoltaicznych na budynkach w taki sposób, że nie stanowią integralnej części budynku (tzn. mogą być w każdej chwili zdemontowane i nie muszą być niczym zastąpione).



## 4.9. MONTAŻ SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH ZINTEGROWANYCH Z BUDYNKAMI I KONSTRUKCJAMI BUDOWLANYMI (BIPV) I SYSTEMÓW NIEZINTEGROWANYCH (BAPV)

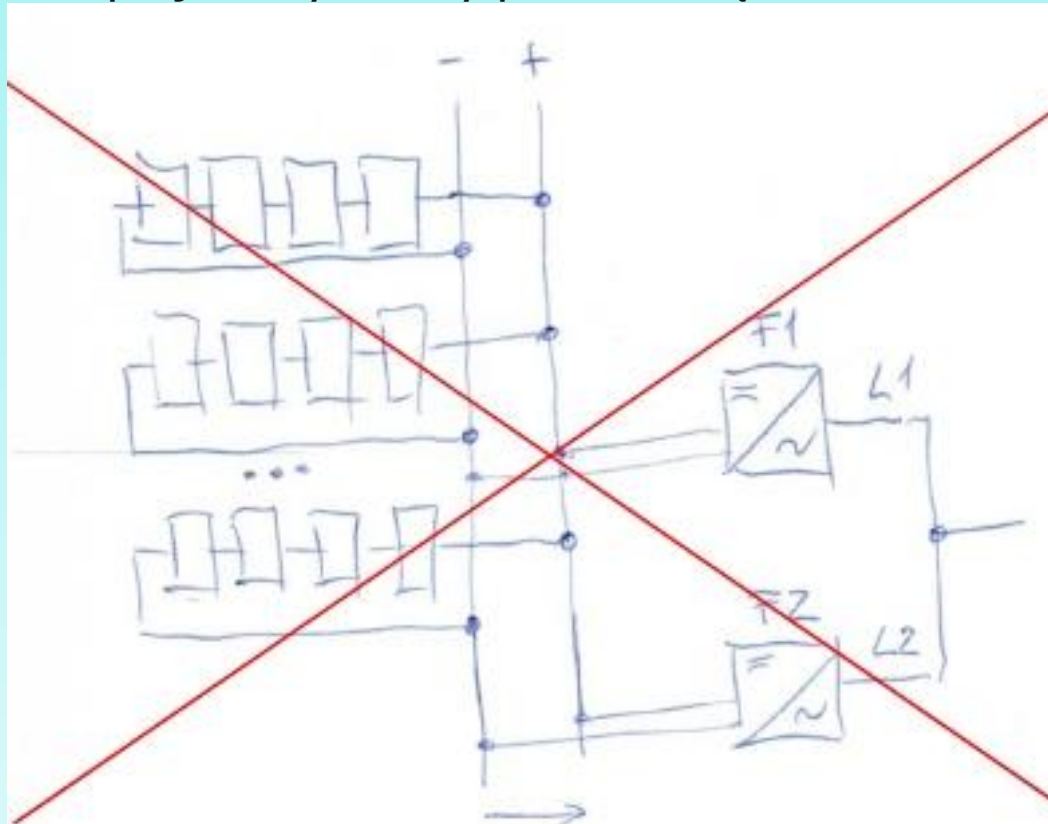




## 4.10. ANALIZA TYPOWYCH BŁĘDÓW MONTAŻOWYCH INSTALACJI

### Najczęściej popełniane błędy przy budowie instalacji fotowoltaicznej

1. Brak projektu lub projekt wykonany przez osobę bez dostatecznej wiedzy.



## 4.10. ANALIZA TYPOWYCH BŁĘDÓW MONTAŻOWYCH INSTALACJI

### 2. Brak ekspertyz i obliczeń

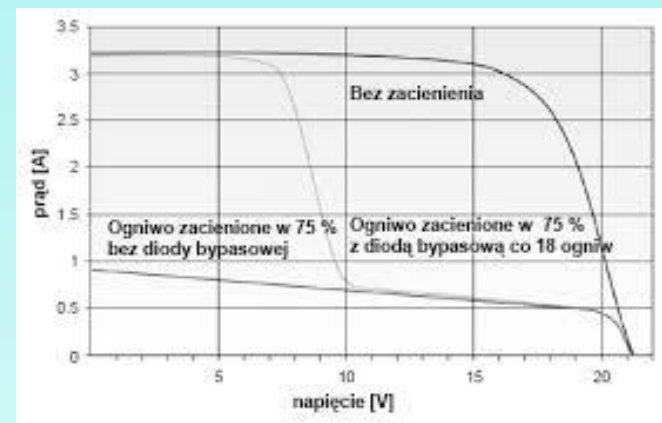
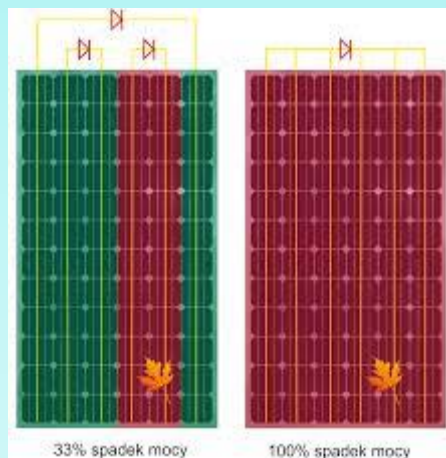
Brak ekspertyz i obliczeń może być przyczyną wielu awarii a nawet katastrof budowlanych. Szczególną uwagę należy zwrócić na stan konstrukcji dachu i możliwości jego obciążenia modułami fotowoltaicznymi. Należy też przeanalizować obciążenie instalacji przez śnieg i wiatr. Przy instalacjach naziemnych należy przeprowadzić badania hydrogeologiczne.



## 4.10. ANALIZA TYPOWYCH BŁĘDÓW MONTAŻOWYCH INSTALACJI

### 3. Montaż modułów w niewłaściwym miejscu (zacienienie)

Łańcuch modułów pracuje tak jak naj słabszy jego element. Nawet niewielki cień może obniżyć uzyski energii w całym łańcuchu modułów o kilkadziesiąt procent!



## 4.10. ANALIZA TYPOWYCH BŁĘDÓW MONTAŻOWYCH INSTALACJI

### 4. Pomijanie wpływu temperatury przy doborze falowników

#### Określenie zakresu napięcia roboczego

$U_{oc(-25)} = 37,5 - (-25 - 25) \times 0,139 \text{ V} = \underline{44,5 \text{ V}}$   
Napięcie maksymalne pojedynczego modułu (-25°C)

Napięcie minimalne pojedynczego modułu (70°C)

$U_{oc(70)} = 37,5 - (70 - 25) \times 0,139 \text{ V} = \underline{31,2 \text{ V}}$

Parametry modułu SW 245 poly (STC)

Moc Pmax:	245 Wp
Napięcie jałowe:	37,5 V
Napięcie MPP:	30,8 V
Prąd zwarcia:	8,49 A
Prąd MPP:	7,96 A
TK Uoc:	-0,37%/K (0,139 V/K)

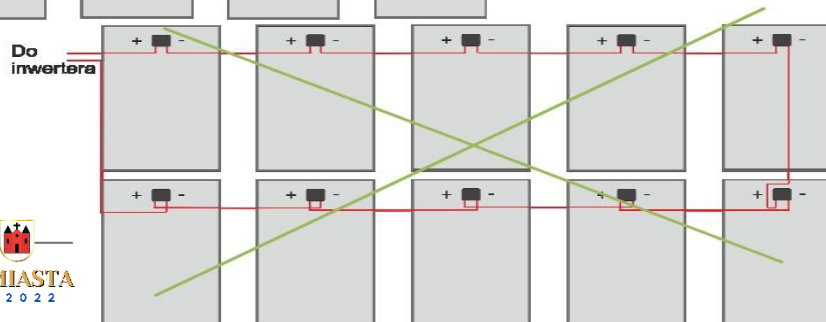
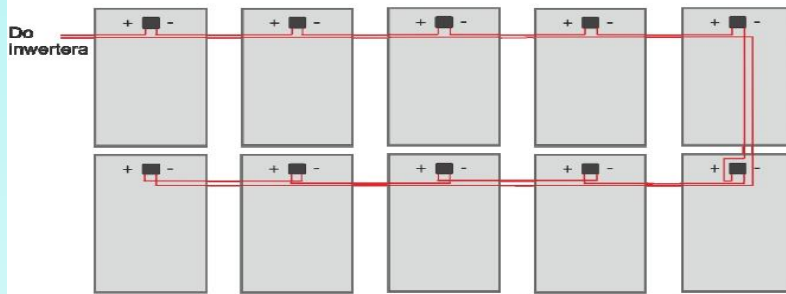
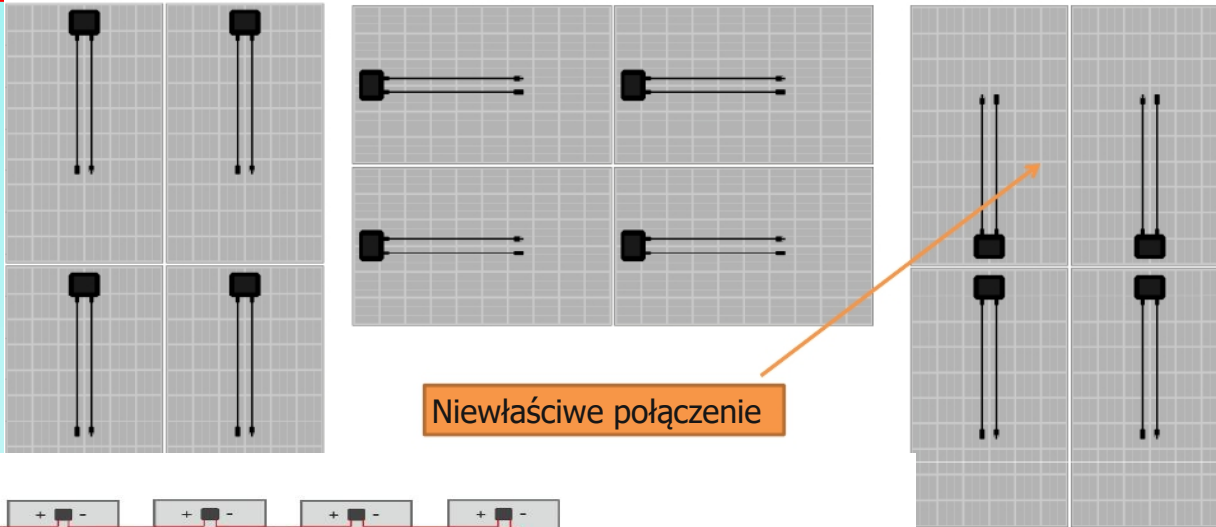
Producenci podają spadek mocy modułu fotowoltaicznego spowodowanego wzrostem (spadkiem) temperatury odniesienia o 1° C. Wynosi on najczęściej 0,25 – 0,5 %.

Najniższy wskaźnik spadku mocy wraz ze wzrostem temperatury charakteryzują się moduły CdTe tj. wykonane z tellurenku kadmu. Wraz ze wzrostem temperatury ogniwa :

- maleje napięcie i moc ogniwa
- wzrasta prąd zwarcia

# 4.10. ANALIZA TYPOWYCH BŁĘDÓW MONTAŻOWYCH INSTALACJI

## 5. Niewłaściwy montaż modułów.



## 4.10. ANALIZA TYPOWYCH BŁĘDÓW MONTAŻOWYCH INSTALACJI

### 6. Oszczędzanie na podzespołach i jakości usług

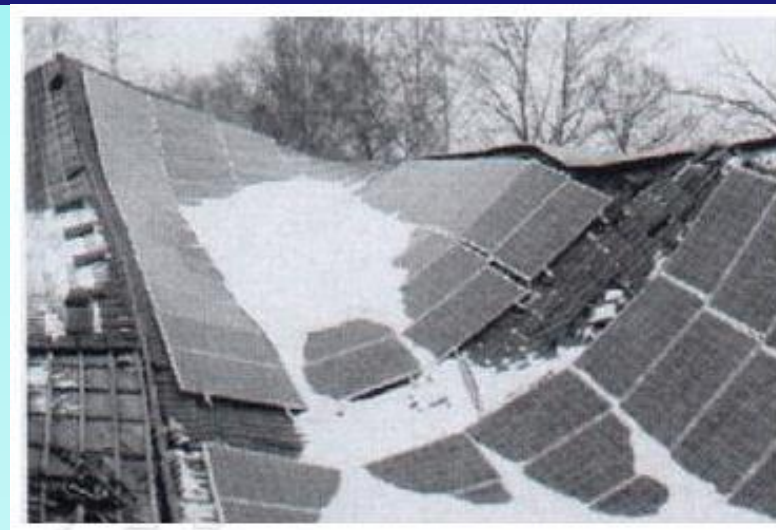
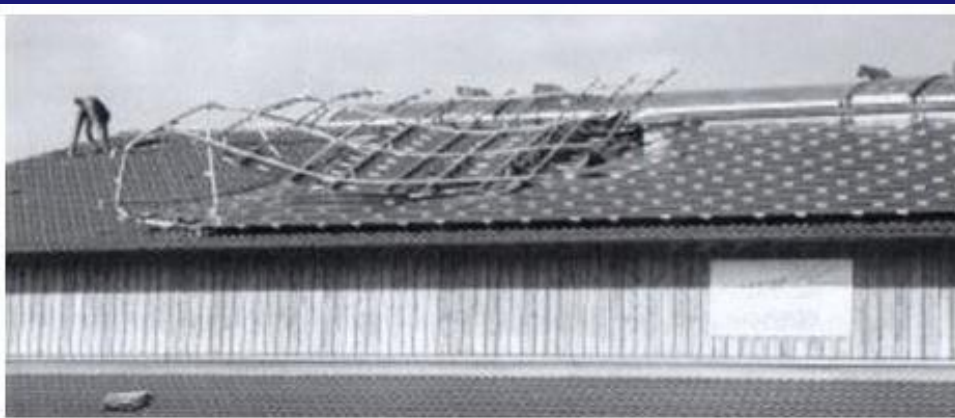
- nieprzestrzeganie zasad BHP w trakcie montażu,
- stosowanie niskiej jakości paneli pozbawionych atestów i znaków jakościowych,
- wykorzystanie słabej jakości przewodów i innych pomniejszych elementów instalacji elektrycznej mogących być w przyszłości źródłem awarii,
- zastosowanie nieodpowiednich systemów montażowych uniemożliwiających dobre przytwierdzenie paneli do powierzchni dachu,
- zły dobór typu i mocy inwertera oraz niejednokrotnie jego niska sprawność.

**Zignorowanie kąta ustawienia paneli**

**Brak instalacji odgromowej**



## 4.10. ANALIZA TYPOWYCH BŁĘDÓW MONTAŻOWYCH INSTALACJI

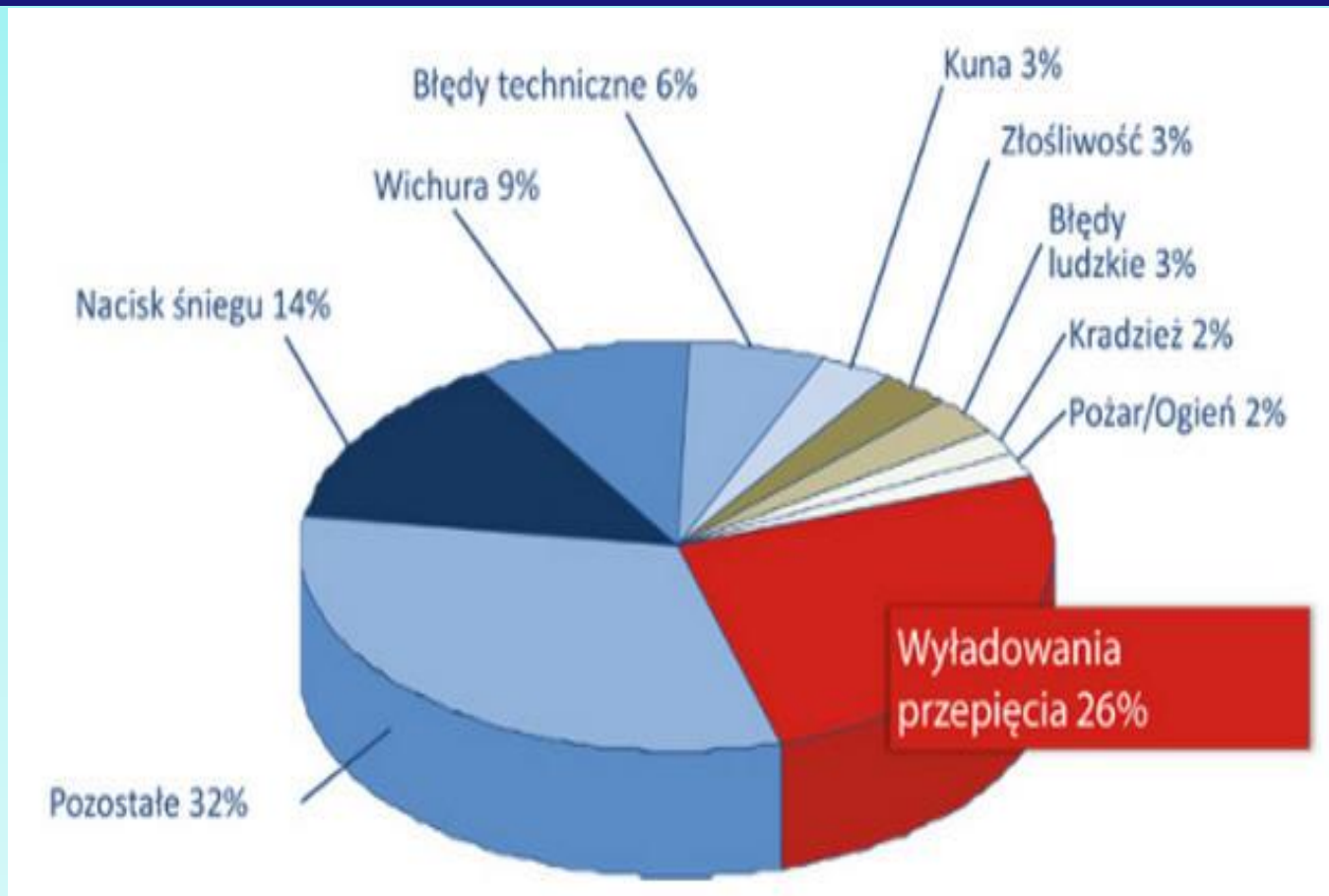


## 4.10. ANALIZA TYPOWYCH BŁĘDÓW MONTAŻOWYCH INSTALACJI





## 4.10. ANALIZA TYPOWYCH BŁĘDÓW MONTAŻOWYCH INSTALACJI



## 5. WYDAJNOŚĆ SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH

### **Na wydajność systemów fotowoltaicznych decydujący wpływ ma:**

1. Lokalizacja i rodzaj użytych modułów fotowoltaicznych: w Polsce prawidłowo wykonana instalacja fotowoltaiczna z ogniw krzemowych o mocy 1 kW może wyprodukować rocznie ok. 1 000 kWh. W praktyce ta wielkość waha się w przedziale 950 – 1025 kWh/kW w zależności od technologii wykorzystanych paneli fotowoltaicznych, inwertera i lokalizacji.

Moduły cienkowarstwowe np. CIGS i a-Si dają niższe uzyski na poziomie 910–970 kWh/kW co w połączeniu ze znacznie niższą ceną jest dobrym wynikiem.

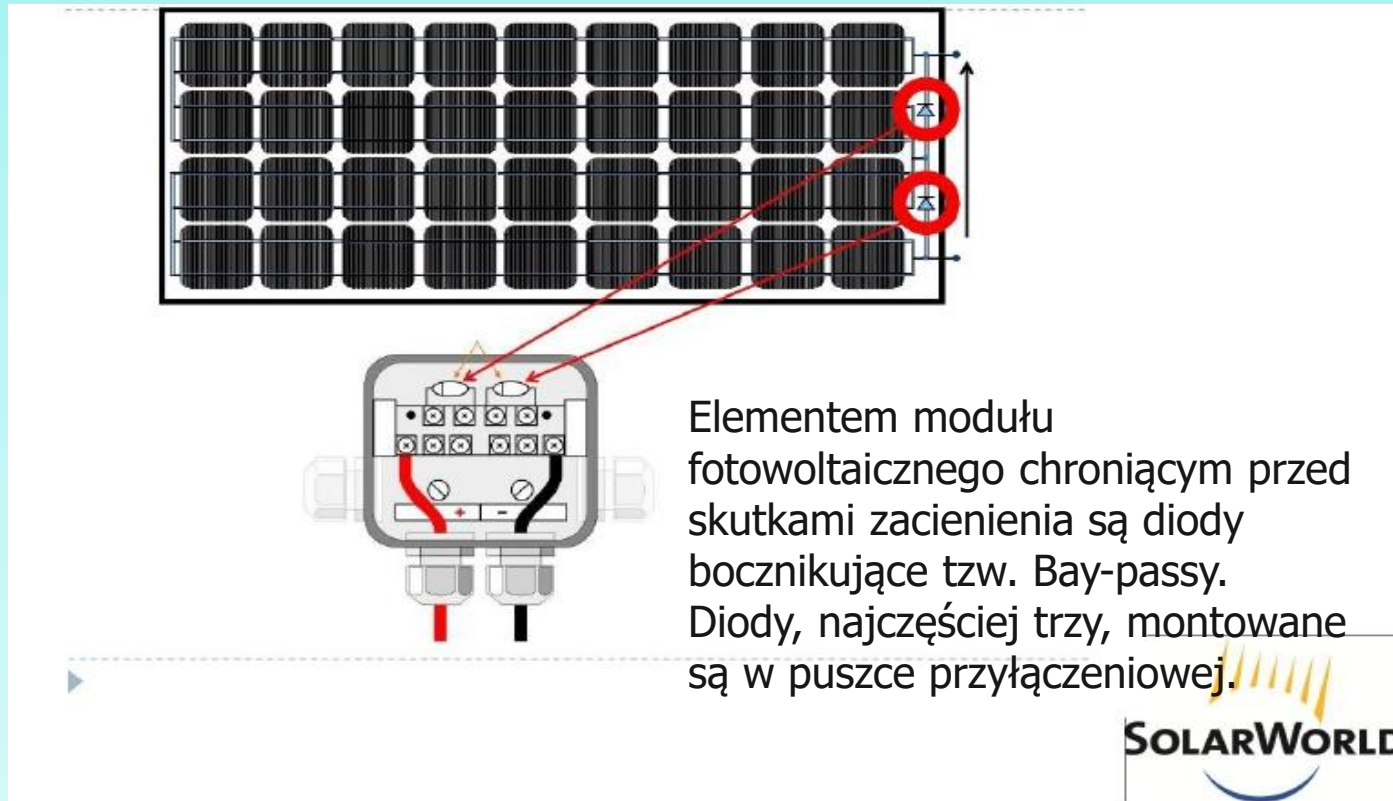
2. Jakość użytych urządzeń i materiałów: - w przypadku instalacji wykonanych przy użyciu z urządzeń i materiałów o słabych parametrach (zwłaszcza inwerter i panele fotowoltaiczne) uzysk energii może spaść nawet poniżej **750 kWh/kW**.

3. Ustawienie paneli: - optymalne to ustawienie paneli na południe pod kątem 30-40 stopni. Każde odchylenie od kierunku południowego oraz pochylenie pod innym kątem powodowało będzie spadek produkowanej energii.

4. Wentylacja: - najwyższy uzysk będą miały instalacje wolnostojące i na dachach płaskich; - montaż instalacji na dachu skośnym przy zachowaniu odstępów umożliwiających wentylację zmniejsza wydajność w stosunku do instalacji wolnostojącej o **2-5%**; - w przypadku instalacji zintegrowanych z dachem o słabej wentylacji powoduje spadek wydajności o **7-10%**. ( konieczność wykonania kanałów wentylacyjnych i zastosowanie paneli wykonanych z ogniw o niskim temperaturowym współczynniku straty mocy.

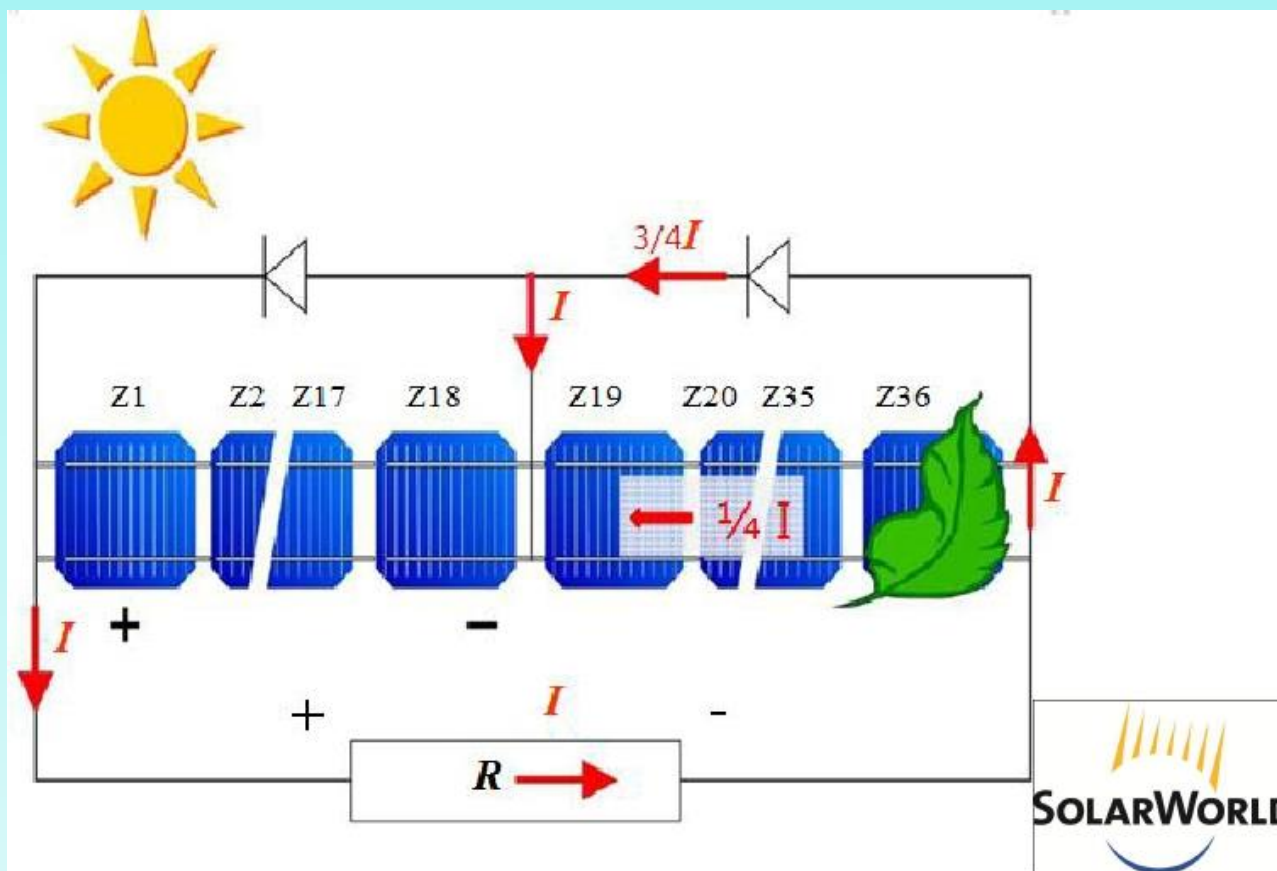
## 5.1. CZYNNIKI MAJĄCE WPŁYW NA WYDAJNOŚĆ PRACY

### Wpływ zacienienia.



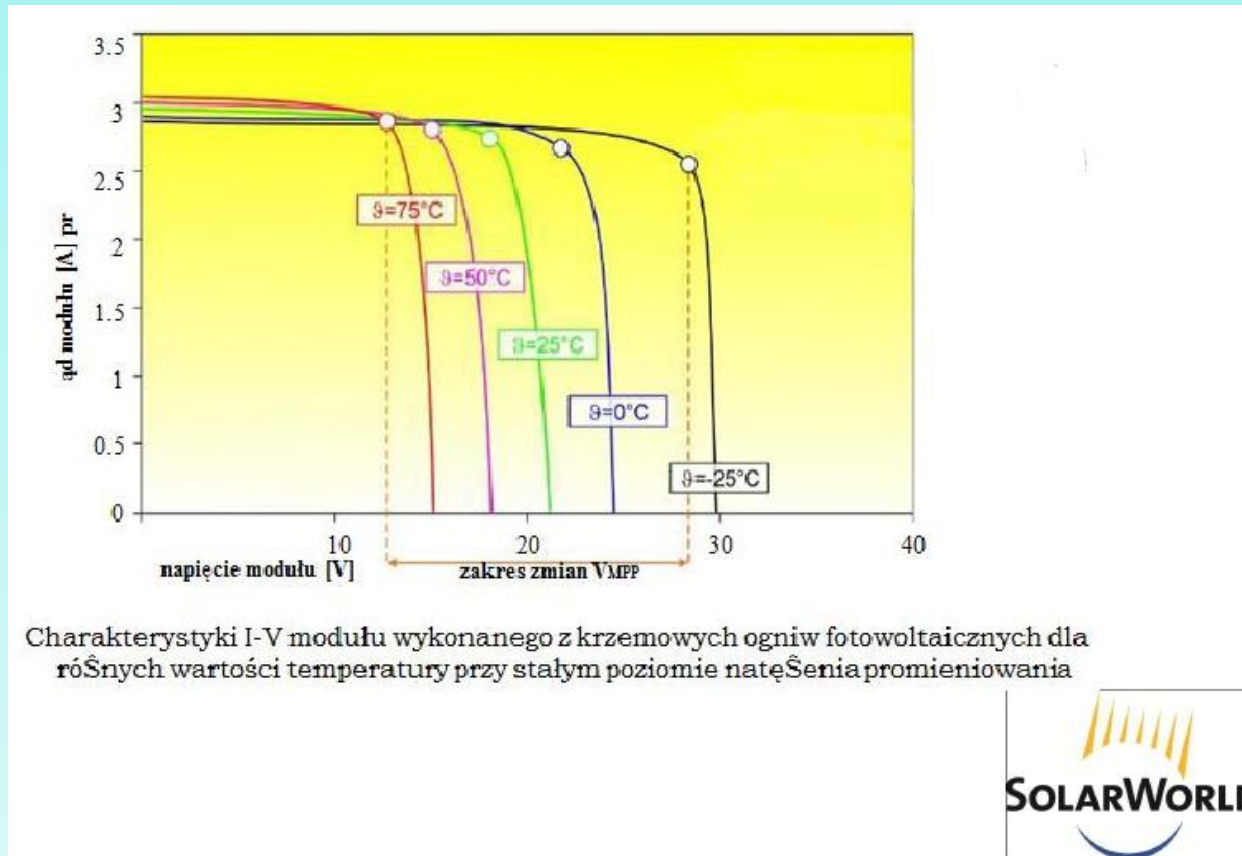
## 5.1. CZYNNIKI MAJĄCE WPŁYW NA WYDAJNOŚĆ PRACY

### Wpływ zacielenienia – działanie diody obejściowej.



## 5.1. CZYNNIKI MAJĄCE WPŁYW NA WYDAJNOŚĆ PRACY

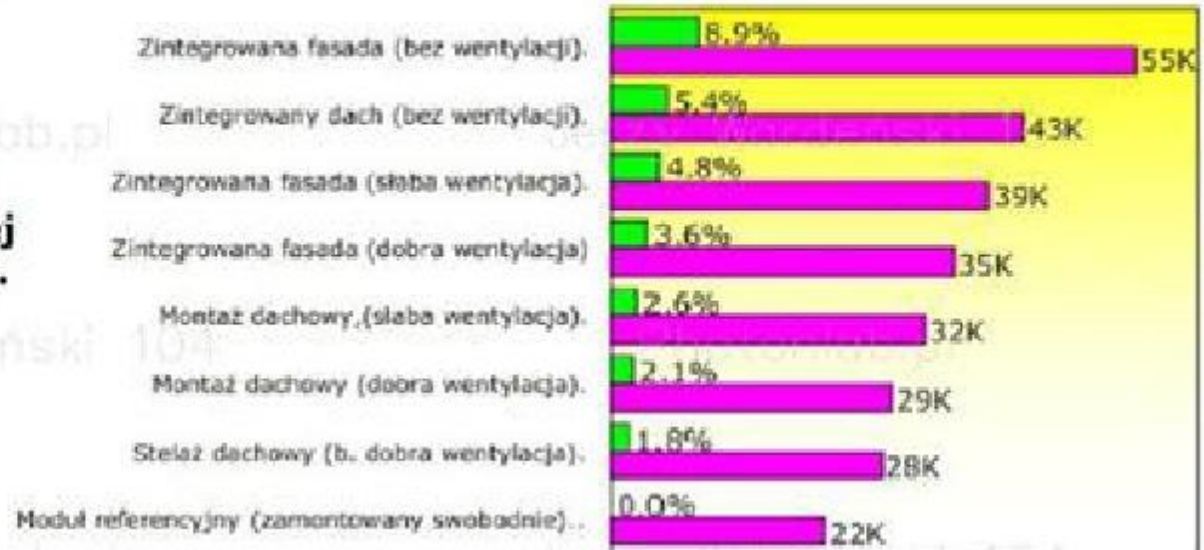
### Wpływ temperatury



## 5.1. CZYNNIKI MAJĄCE WPŁYW NA WYDAJNOŚĆ PRACY

### Wpływ sposobu montażu na temperaturę modułu

Różnice temperatury pomiędzy modułami słonecznymi a otoczeniem dla różnych sposobów montażu oraz spowodowane nimi straty produkowanej energii elektrycznej.



## 5.1. CZYNNIKI MAJĄCE WPŁYW NA WYDAJNOŚĆ PRACY

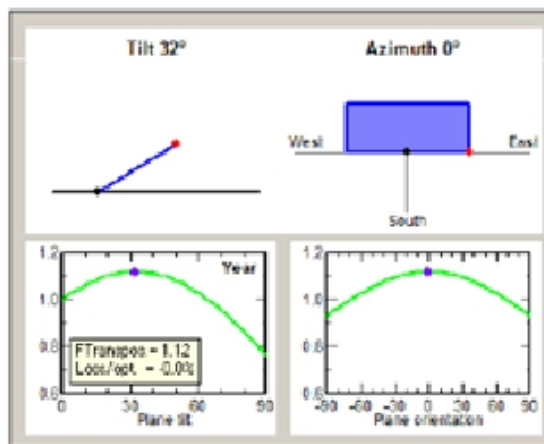
### Wpływ kąta nachylenia modułów.

- ▶ Powierzchnia absorbująca promieniowanie musi być jak najdłużej ustawiona prostopadle do kierunku promieniowania.
- ▶ Nachylenie zależy od szerokości geograficznej oraz potrzeby maksymalizacji uzysku dla danej pory roku lub globalnie.

Przykład:

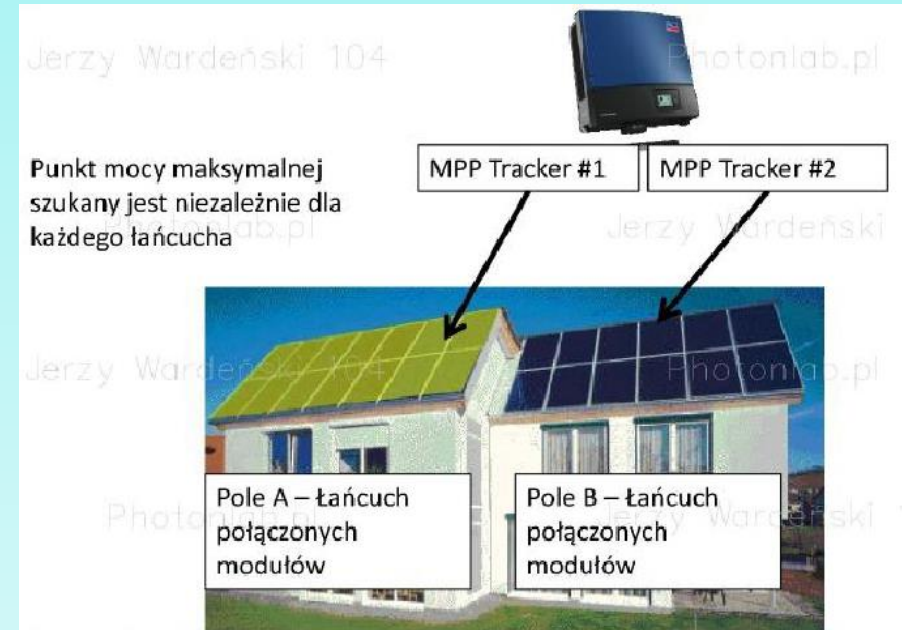
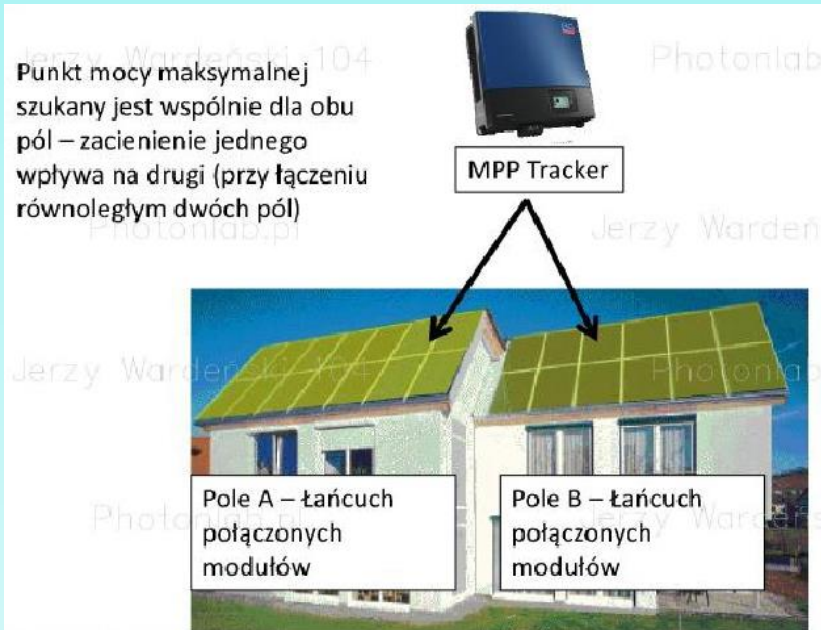
- ▶ Optymalne nachylenie dla Warszawy ( $52^{\circ}\text{N}$ ):

- ▶ W skali całego roku:  $32^{\circ}$
- ▶ W lecie:  $23^{\circ}$
- ▶ W zimie:  $54^{\circ}$



## 5.1. CZYNNIKI MAJĄCE WPŁYW NA WYDAJNOŚĆ PRACY

### Wpływ ilości falowników.







## 6. CZYNNOŚCI ZWIĄZANE Z MODERNIZACJĄ I UTRZYMANIEM SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH

Systemy fotowoltaiczne w przypadku prawidłowej eksploatacji i obsługi powinny funkcjonować bezawaryjnie ponad 30 lat. Podstawowymi czynnościami które należy okresowo przeprowadzać w przypadku paneli PV jest oczyszczenie z pyłu, zanieczyszczeń punktowych lub śniegu powierzchni modułów. Okresowe sprawdzanie uzysków energetycznych instalacji PV oraz pomiary elektryczne.

Przy modernizacji systemów fotowoltaicznych powinniśmy zwrócić szczególną uwagę na możliwość stosowania urządzeń o podobnych parametrach i charakterystykach elektrycznych oraz ewentualnej wymianie modułów na te o większej sprawności, dzięki czemu w przypadku ograniczonej powierzchni instalacji, możemy zwiększyć ilość generowanej energii z systemu co w okresie pracy systemy przełoży się na zyski i krótszy okres zwrotu inwestycji. W okresie kilku lat z panelu o wymiarach 1000 mm/1600mm uzyskiwano moc od 100 W do obecnych 400 W



## 6.1. PROGRAM UTRZYMANIA

Na rynku obowiązuje obecnie przekonanie o bezobsługowej pracy instalacji fotowoltaicznych. Niestety nie jest całkowitą prawdą. Prawidłowe jest stwierdzenie, że w porównaniu z innymi odnawialnymi źródłami energii, instalacje PV wymagają statystycznie najmniej zabiegów konserwacyjnych, lecz nie są w pełni bezobsługowe, czego w głównej mierze dotyczy wykonywanie pomiarów elektrycznych całego systemu oraz prac konserwacyjnych powierzchni paneli fotowoltaicznych.

Gdy na dnie ramy modułu fotowoltaicznego zgromadzi się działająca jak zacinienie warstwa brudu szerokości 2-4 cm lub powstały zabrudzenia miejscowe, dochodzi do straty wydajności w całym rzędzie połączonych szeregowo paneli. Strata zostaje przeniesiona również na czyste moduły, znajdujące się dalej od źródła zacinienia.

## 6.1. PROGRAM UTRZYMANIA



## 6.2. ANALIZA TYPOWYCH BŁĘDÓW ZWIĄZANYCH Z MODERNIZACJĄ I UTRZYMANIEM INSTALACJI W NALEŻYTYM STANIE TECHNICZNYM

**Większość problemów, które pojawiają się w trakcie eksploatacji to wynik zdarzeń losowych (np. pogodowych) lub błędu ludzkiego. Niewłaściwie podjęte kroki podczas projektowania czy montażu oraz zaniechaniem czynności konserwacyjnych, mogą być źródłem poważnych problemów z instalacją PV.**

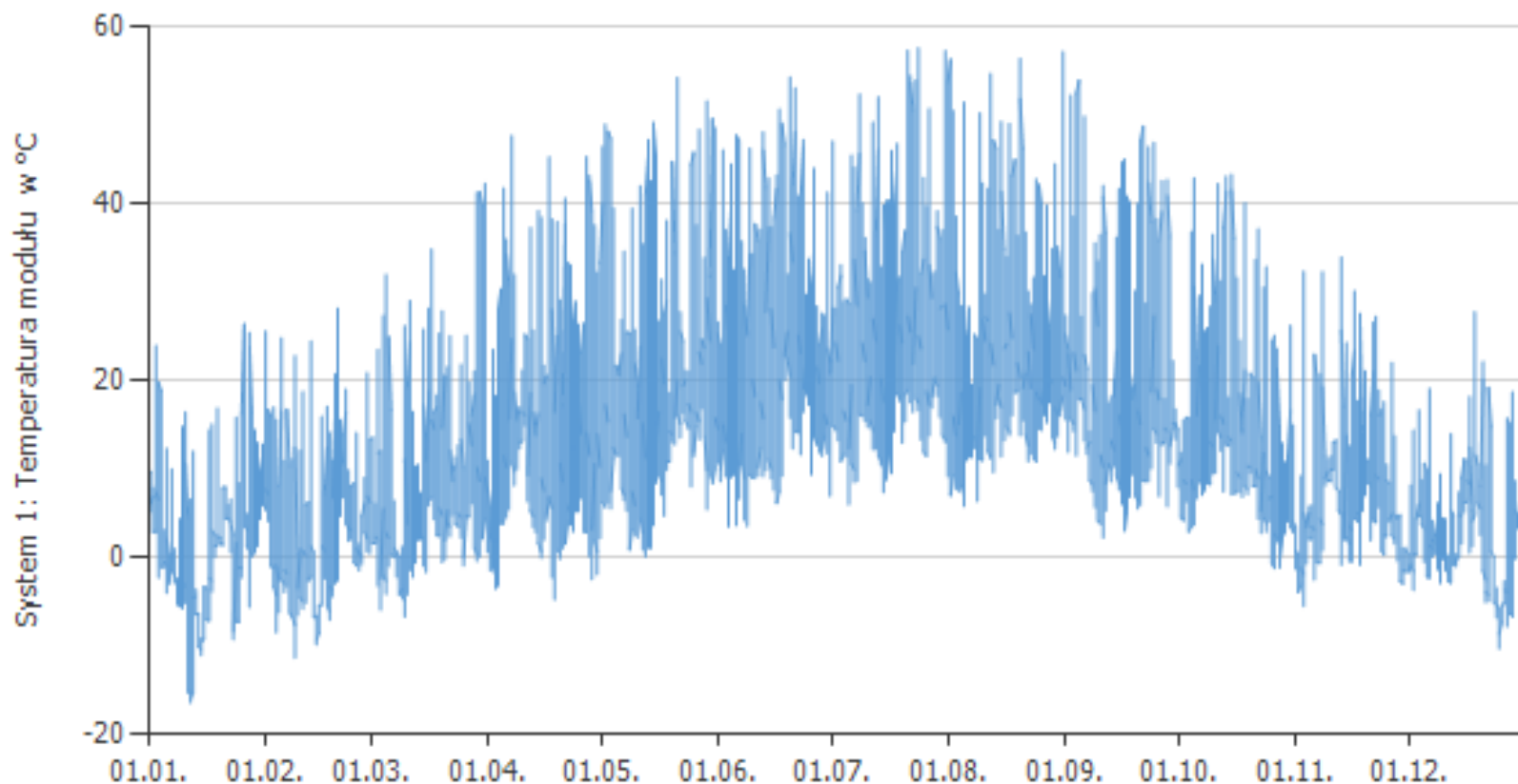
**Głównymi problemami które wpływają na poprawne działanie instalacji fotowoltaicznej, dotyczą:**

- stosowania urządzeń bez atestów, certyfikatów,
- wykorzystania słabej jakości przewodów i paneli PV
- nieodpowiednim montażem paneli PV
- zastosowania nieodpowiednich systemów montażowych
- złym doбором typu i mocy inwertera
- brakiem czynności eksploatacyjnych, pomiarowych
- brakiem zabezpieczeń od wyładowań atmosferycznych

**oraz najtaniej nie znaczy najlepiej**

## 6.3. RODZAJE TYPOWYCH ZAKŁÓCEŃ I AWARII W SYSTEMACH

Przykładowy wykres obrazujący temperaturę modułu PV, która ma znaczący wpływ na sprawność systemu PV



## 6.3. RODZAJE TYPOWYCH ZAKŁÓCEŃ I AWARII W SYSTEMACH

### Zacienienie

Jednym z głównych problemów przydomowych instalacji PV jest wpływ zacienienia na sprawność systemu. Z punktu widzenia paneli fotowoltaicznych jest ono zjawiskiem niezwykle niekorzystnym mogącym skutkować nie tylko znacznym spadkiem sprawności instalacji, ale również jej przegrzewaniem i występującymi awariami. W związku z tym panele fotowoltaiczne powinno się w miarę możliwości instalować w miejscach niezacienionych. W fazie projektowania dzięki dedykowanemu oprogramowaniu możemy dokonać symulacji w/w zjawiska aby wyeliminować możliwość wystąpienia problemu.



## 6.3. RODZAJE TYPOWYCH ZAKŁÓCEŃ I AWARII W SYSTEMACH

### **nieprawidłowy kąt ustawienia paneli**

Do maksymalnego wykorzystania systemu fotowoltaicznego niezbędne jest ustawienie paneli PV pod kątem prostym względem padających nań promieni słonecznych. By taki kąt uzyskać na naszej szerokości geograficznej należy ustawić panele pod kątem 25-35 stopni względem powierzchni ziemi. Bezpośrednie przymocowanie paneli do dachów spadzistych o innym kącie nachylenia może skutkować spadkiem ich wydajności sięgającym nawet 20%. Niestety wielu instalatorów ignoruje ten fakt i zakłada panele do dachów spadzistych lub płaskich bez sprawdzenia kąta ich nachylenia. Oczywiście czasami mocowanie paneli pod optymalnym kątem nie jest ekonomicznie uzasadnione lub jest trudne do realizacji, jednak zawsze powinniśmy o nim pamiętać i w miarę możliwości korygować nachylenie paneli.

## 6.3. RODZAJE TYPOWYCH ZAKŁÓCEŃ I AWARII W SYSTEMACH

### **brak instalacji odgromowej**

Przez wielu projektantów taka instalacja może być uważana za zbędne ponoszenie kosztów. Nie należy jednak oszczędzać na bezpieczeństwie w systemie fotowoltaicznym. Zabezpieczenie odgromowe stanowi dodatkowy wydatek jednak jest on całkowicie uzasadniony biorąc pod uwagę koszty wynikłe z ewentualnego zniszczenia instalacji w skutek wyładowań atmosferycznych.

Podstawowe zasady ochrony przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego określono w normach ochrony odgromowej:

- PN-EN 62305-1:2008, Ochrona odgromowa – Część 1: Wymagania ogólne.
- PN-EN 62305-3:2009, Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów budowlanych i zagrożenie życia.
- PN-EN 62305-4:2009, Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach budowlanych.



## 6.3. RODZAJE TYPOWYCH ZAKŁÓCEŃ I AWARII W SYSTEMACH

### czyszczenie powierzchni paneli

Sprzedawcy instalacji fotowoltaicznych bardzo często przekonują klientów o samooczyszczaniu się paneli w trakcie opadów deszczu, co przekłada się na całkowitą bezobsługowość paneli. Niestety, założenie to nie sprawdza się we wszystkich przypadkach. Deszcz faktycznie umożliwia oczyszczanie paneli z osadzającego się na nich kurzu, jednak znacznie gorzej radzi sobie z innymi zabrudzeniami takimi jak np. ptasie odchody. W wypadku takich zabrudzeń konieczna jest interwencja człowieka. W związku z czym, co najmniej dwa razy w roku powinno się dokonać inspekcji instalacji i usunięcia zabrudzeń, które mogą wpływać na spadek sprawności instalacji. Kolejnym ważnym problemem na który warto zwrócić uwagę jest zalegający na panelach w miesiącach zimowych śnieg. Pokrycie paneli pokrywą śnieżną jest zjawiskiem równie niechcianym co zacienienie i może znacznie obniżyć sprawność instalacji. Na szczęście panele fotowoltaiczne charakteryzują się na tyle gładką powierzchnią, że śnieg jest w stanie w większości przypadków samoczynnie zsunąć się z paneli.

## 6.4. MONITOROWANIE WŁASNOŚCI SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO – WYTYCZNE I WYMAGANIA DOTYCZĄCE POMIARÓW I ICH ANALIZA

### Zdalny monitoring

Podstawowym zadaniem zdalnego monitoringu powinna być analiza pracy systemu PV, w tym przede wszystkim szybkie wykrywanie i sygnalizowanie awarii oraz uszkodzeń systemu. W tym celu system monitorowania powinien zawierać algorytmy pozwalające na taką diagnostykę oraz możliwość wysyłania informacji do sieci internetowej lub telefonicznej z wygenerowaną wiadomością o zdarzeniu aby była możliwa natychmiastowa reakcja administratora systemu fotowoltaicznego lub serwisu zewnętrznego w celu wyeliminowania nieprawidłowości i ich naprawa.



## 6.4.1. POMIAR CHARAKTERYSTYK PRĄDOWO-NAPIĘCIOWYCH MODUŁÓW / GENERATORÓW FOTOWOLTAICZNYCH

**Projektując system zasilania awaryjnego należy wziąć pod uwagę m. in.:**

- łączną **wydajność energetyczną** wyrażaną dostarczaną mocą średnią w założonym czasie podtrzymania,
- niezbędny **czas podtrzymania** wyrażany w minimalnej wymaganej liczbie minut pracy na zasilaniu awaryjnym,
- szacowaną **docelową liczbę odbiorników** i ich profile energetyczne,
- **lokalizację położenia systemu** – np. UPS-y z uwagi na ciężar baterii są umieszczane zwykle w piwnicy lub na parterze, a agregaty na zewnątrz z uwagi na zagrożenie pożarowe i emisje spalin,
- **ilość odbiorników** energii oraz ich położenie (piętra, budynki),
- **charakter pracy** odbiorników (praca ciągła czy urządzenie włączane okresowo),
- **niezawodność sieci zasilania**,
- **skalowalność** czyli zdolność do łatwej i taniej rozbudowy o kolejne odbiorniki,
- **sposób zarządzania** (możliwość zdalnego zarządzania zgodnie z protokołami
- SNMP- zdalny monitoring oraz konfiguracją systemu, sprawdzanie stanu naładowania baterii, wysyłanie ostrzeżeń do administratora emailem lub SMS-em).

## 6.4.2. BADANIA TERMOWIZYJNE

### Wymagania przy wykonywaniu pomiarów instalacji PV kamerą termowizyjną:

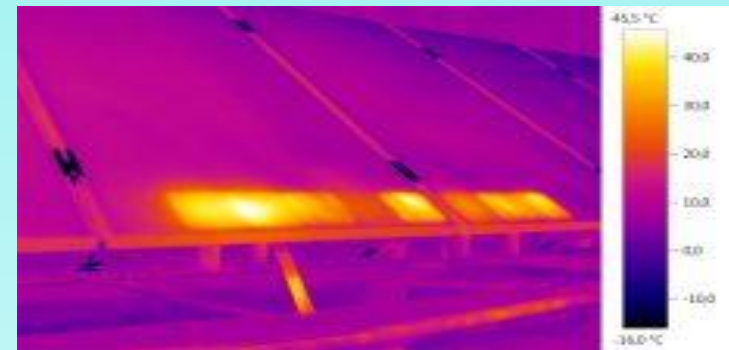
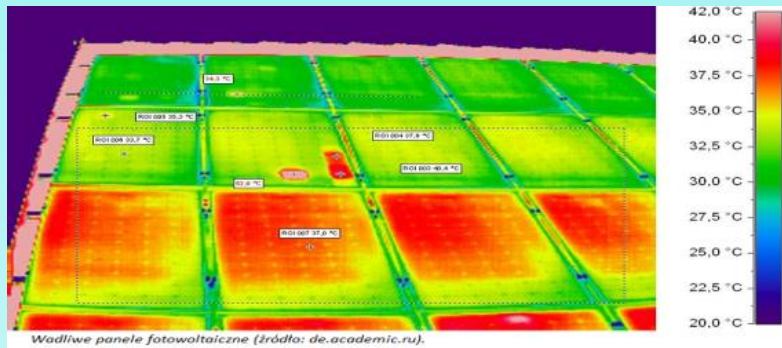
- Instalacja fotowoltaiczna musi być w stanie pracy (moduły PV obciążone) .
- Pogoda w czasie pomiarów powinna być sucha i bezchmurna.
- Pomiary powinny być wykonywane przy niskich temperaturach zewnętrznych.
- Natężenie promieniowania słonecznego na powierzchnię modułów w zakresie nie niższym jak  $400 \text{ W/m}^2$  , zalecane wyższe niż  $600 \text{ W/m}^2$ .

Kamera termowizyjna powinna znajdować się w odległości ok. 2-3 [m] od ogniwa, a pomiary winny być wykonywane pod kątem 90 stopni. Należy zwrócić uwagę, aby nie „rzucać cienia” na badany moduł, a także na to, aby uniknąć padania promieni odbitych od szyby na obiektyw kamery. Przy określaniu emisyjności jako mierzony materiał należy wybrać szkło.

- Pomiary można wykonywać zarówno z przodu, tyłu lub obu stron modułu , w zależności od możliwości ich wykonania. Wybieramy wtedy najlepszy obraz.
- W trakcie badania instalacji fotowoltaicznej należy wykonać również pomiary wszelkich połączeń w tym: kabli, puszek połączeniowych, diod blokujących itp..

## 6.4.2. BADANIA TERMOWIZYJNE

Zdjęcia z badań termowizyjnych instalacji fotowoltaicznych.



# DZIĘKUJĘ



Politechnika  
Warszawska

