



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

Czyste energie

Wykład 7

Projektowanie systemów PV

dr inż. Janusz Teneta

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

Wydział EAIiIB

Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej

AGH Kraków 2017

Projektowanie systemów fotowoltaicznych:

- Cel projektu/aplikacji
- Parametry elektryczne
- Lokalizacja
- Ograniczenia powierzchniowe
- Ograniczenia środowiskowe
- Ograniczenia finansowe
- Proces symulacji
- Weryfikacja wyników
- Budowa systemu
- Nadzór nad pracą systemu

Cel projektu

- Badawczy
- Demonstracyjny
- Użytkowy
 - Komercyjny (zarobkowy)
 - Prywatny
- Uniwersalny
- Indywidualny

Parametry elektryczne

- Maksymalizacja produkcji energii elektrycznej – systemy zarobkowe
- Pokrycie konkretnych potrzeb odbiornika z zasilania fotowoltaicznego:
 - Profil czasowo-mocowy odbiornika:
 - napięcie
 - autonomia
 - chwilowe zapotrzebowanie na moc
 - maksymalna potrzebna moc
 - niezawodność zasilania

Kalkulator energii

Daily use of Energy, Variant "New simulation variant"

Consumption definition by:

Year

Seasons

Months

Week-end use

Use only during 7 days in a week

Model

Load

Save

Display Values of

January

Copy Values

Daily consumptions

Number		Power		Mean Daily use	Daily energy	
1	Fluorescent lamps	18	W/lamp	5.0	h/day	90 Wh
1	TV / Magnetoscope / PC	75	W/app.	3.0	h/day	225 Wh
1	Domestic appliances	0	W/app.	0.0	h/day	0 Wh
1	Fridge / Deep-freeze			0.60	kWh/day	600 Wh
0	Dish-washer, Cloth-washer			1.20	kWh/day	0 Wh
	Other uses	0	W tot	0.0	h/day	0 Wh
	Stand-by consumers	0	W tot	24h/day		0 Wh
Total daily energy					915 Wh/day	
Total monthly energy					27.4 kWh/month	

Appliances info

Hourly distribution

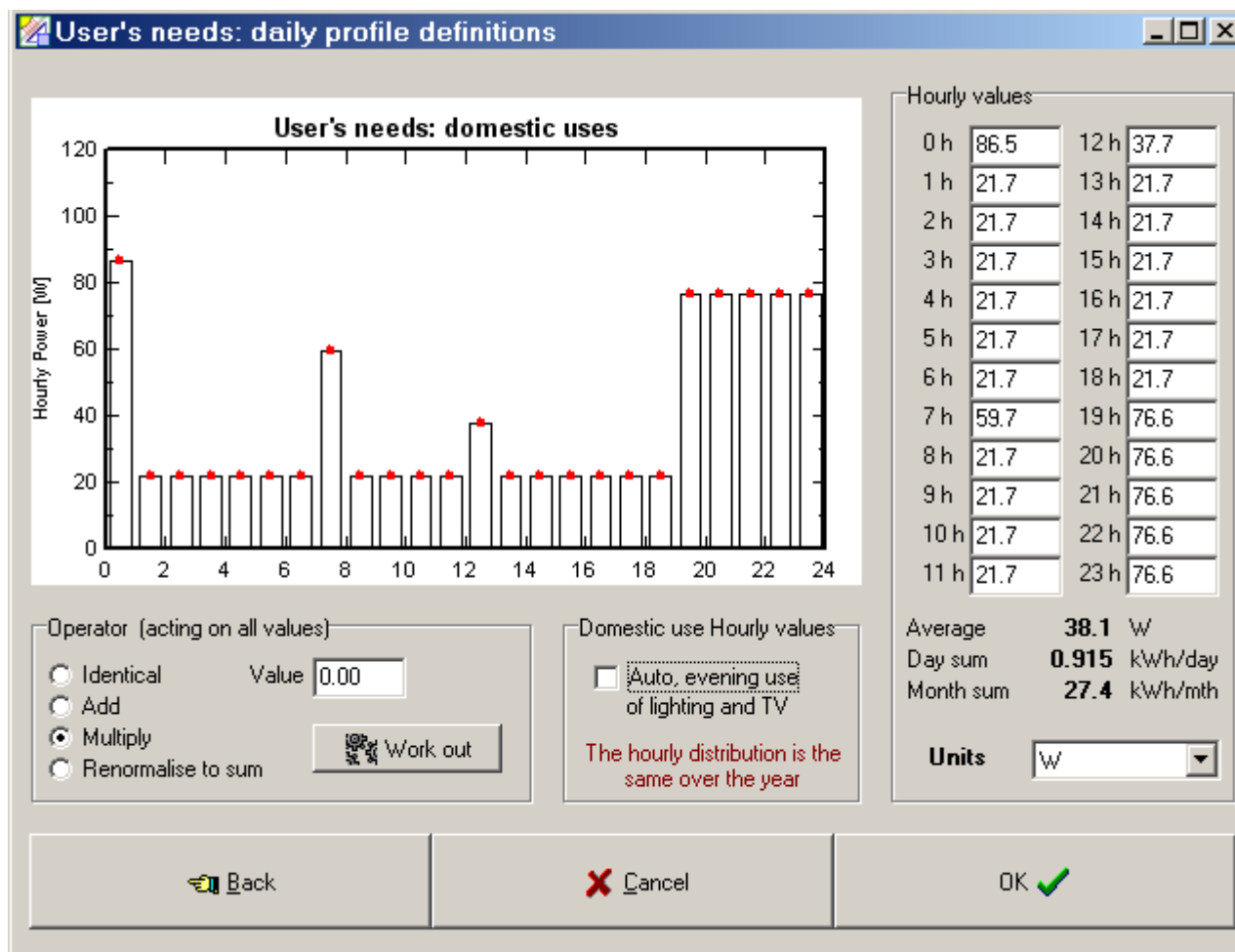
Back

Other profile

Cancel

Next

Czasowy rozkład mocy

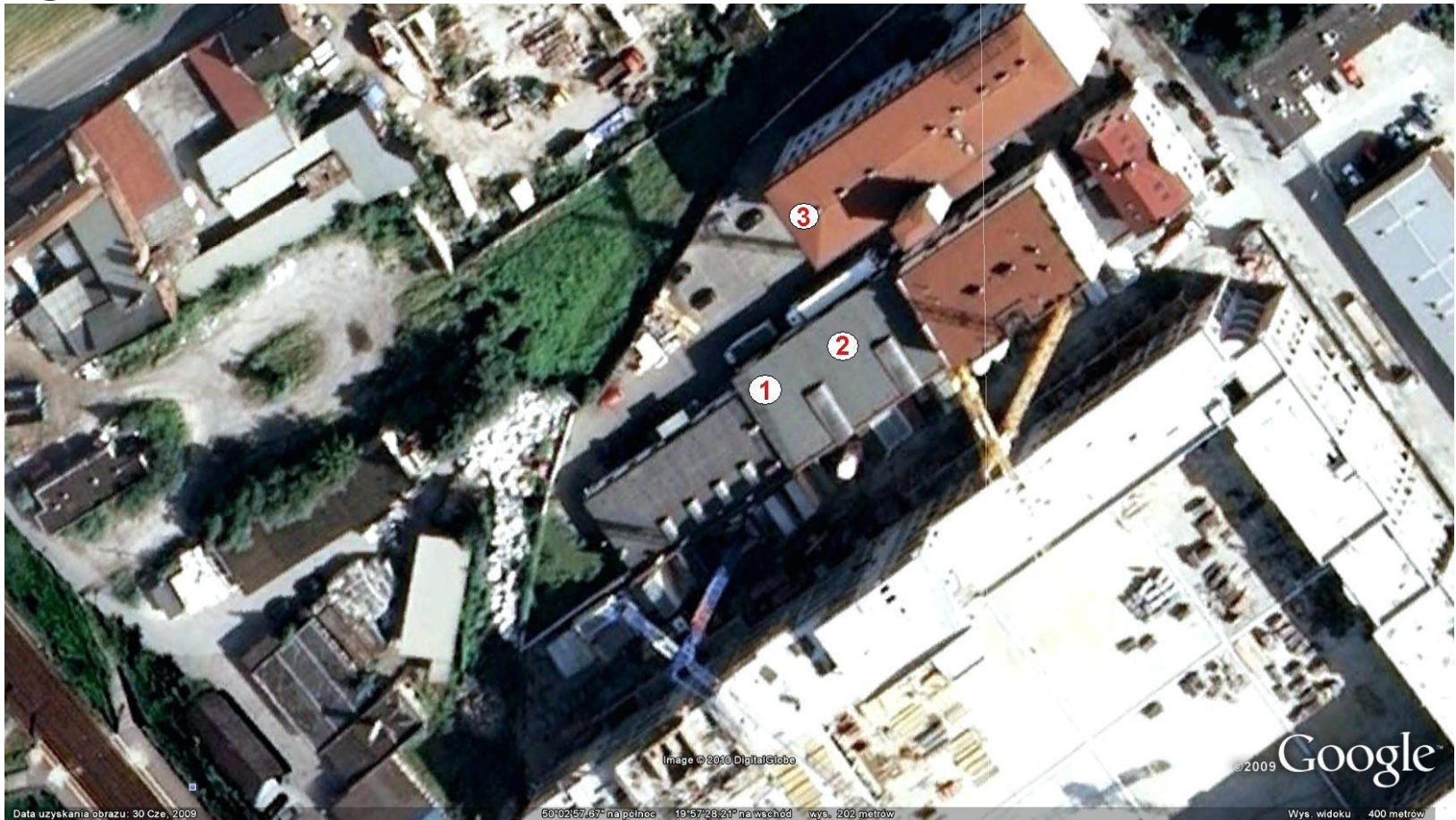


Lokalizacja

- Położenie geograficzne
 - Dostępność energii słonecznej
 - Optymalne kąty ustawienia baterii słonecznych
- Częściowe zacielenienie przez obiekty znajdujące się w pobliżu:
 - drzewa
 - budynki
- Albedo – wpływ odbicia od powierzchni płaskich przed instalacją (woda, trawnik, śnieg)

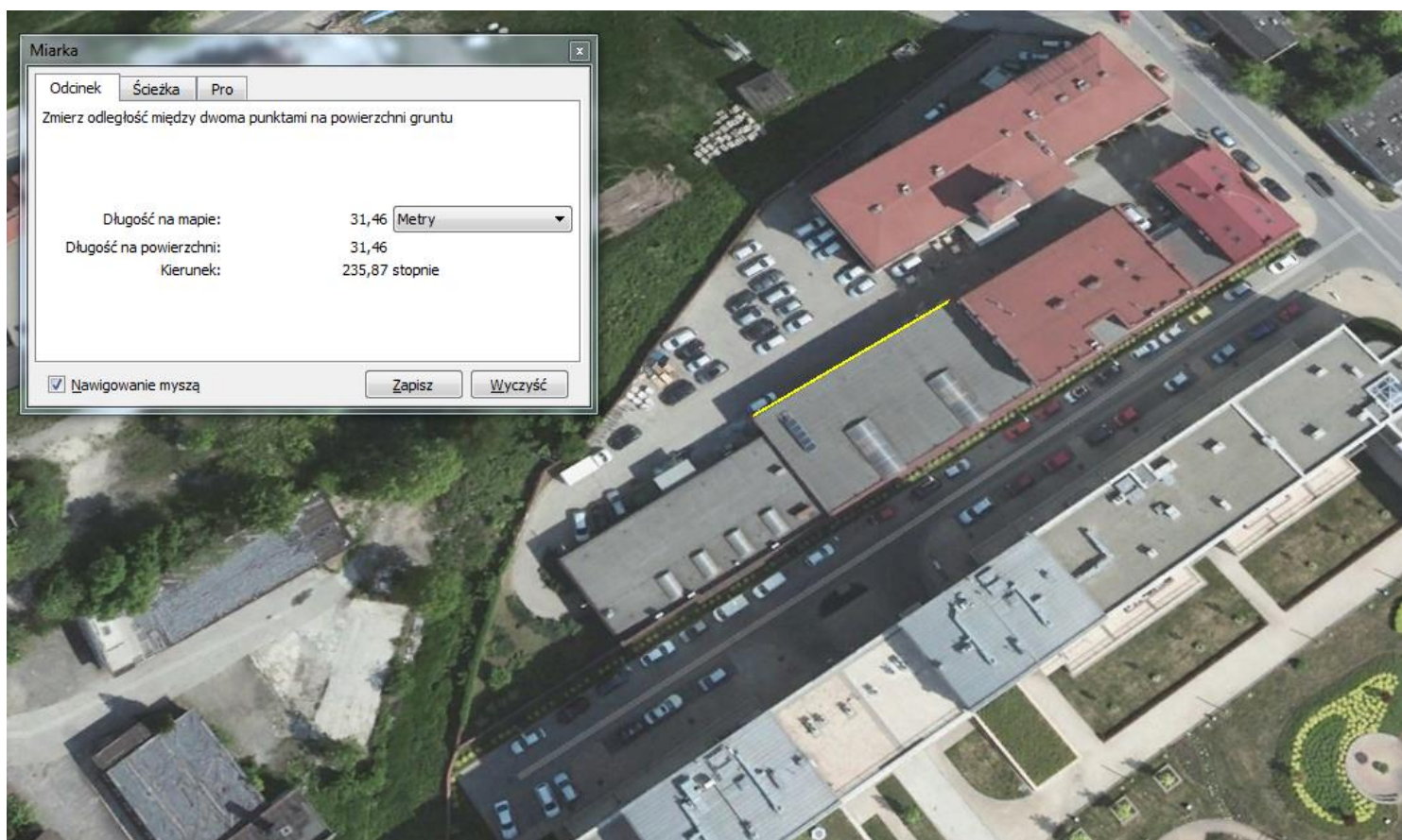
Narzędzia analizy przestrzennej

Google Earth



Narzędzia analizy przestrzennej

Google Earth



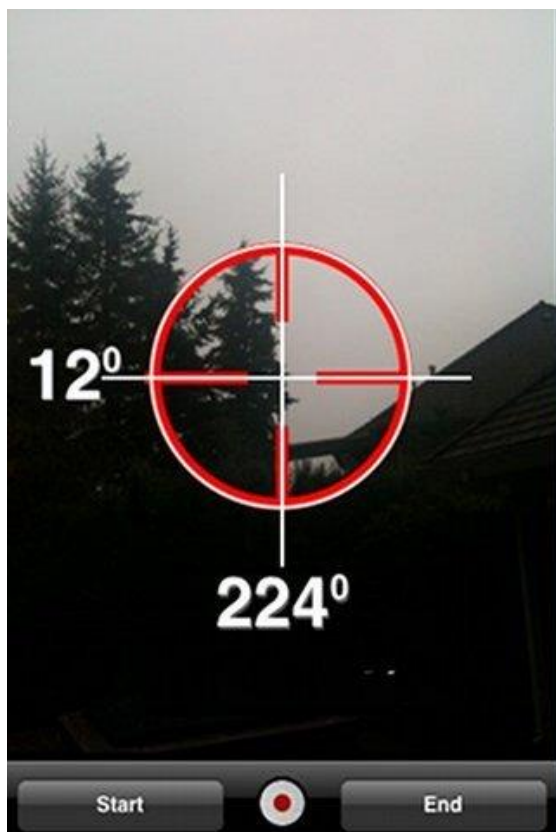
Narzędzia analizy przestrzennej

Dokumentacja fotograficzna



Narzędzia analizy przestrzennej

Aplikacje na telefony komórkowe (iPhone)




Carrier 8:19 PM

Setup

205W String Ribbon Module, Black Frame
Size 1.57m². PTC Rating 118.2W/m² BIPV: NO
40 Module Installation: Rating 7.4kW Area 62.7m²

EPV Solar	ES-A-200-fa3
ET Solar	ES-A-205-fa2
Evergreen Solar	ES-A-205-fa3
First Solar	ES-A-210-fa2
GE Energy	ES-A-210-fa3

Narzędzia analizy przestrzennej

Specjalistyczne urządzenia

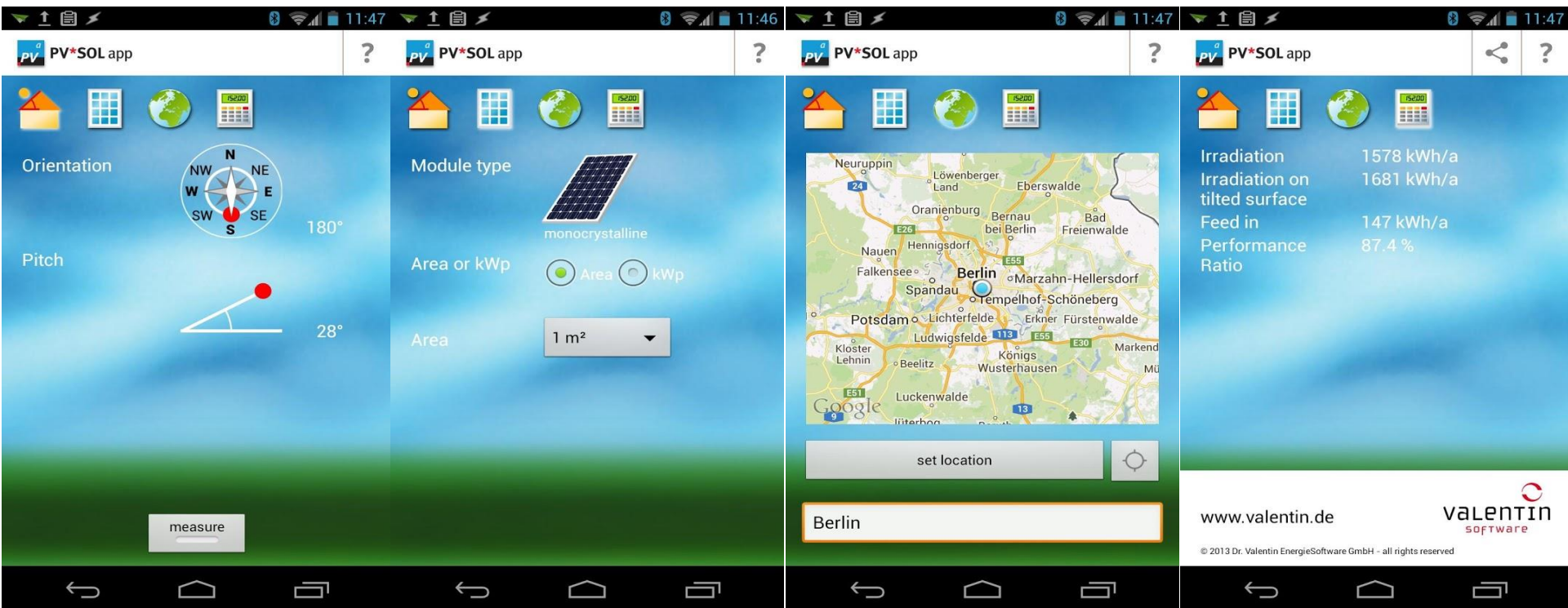


Narzędzia analizy przestrzennej

Narzędzia geodezyjne – dalmierze, poziomice, niwelatory np. Leica Disto D8



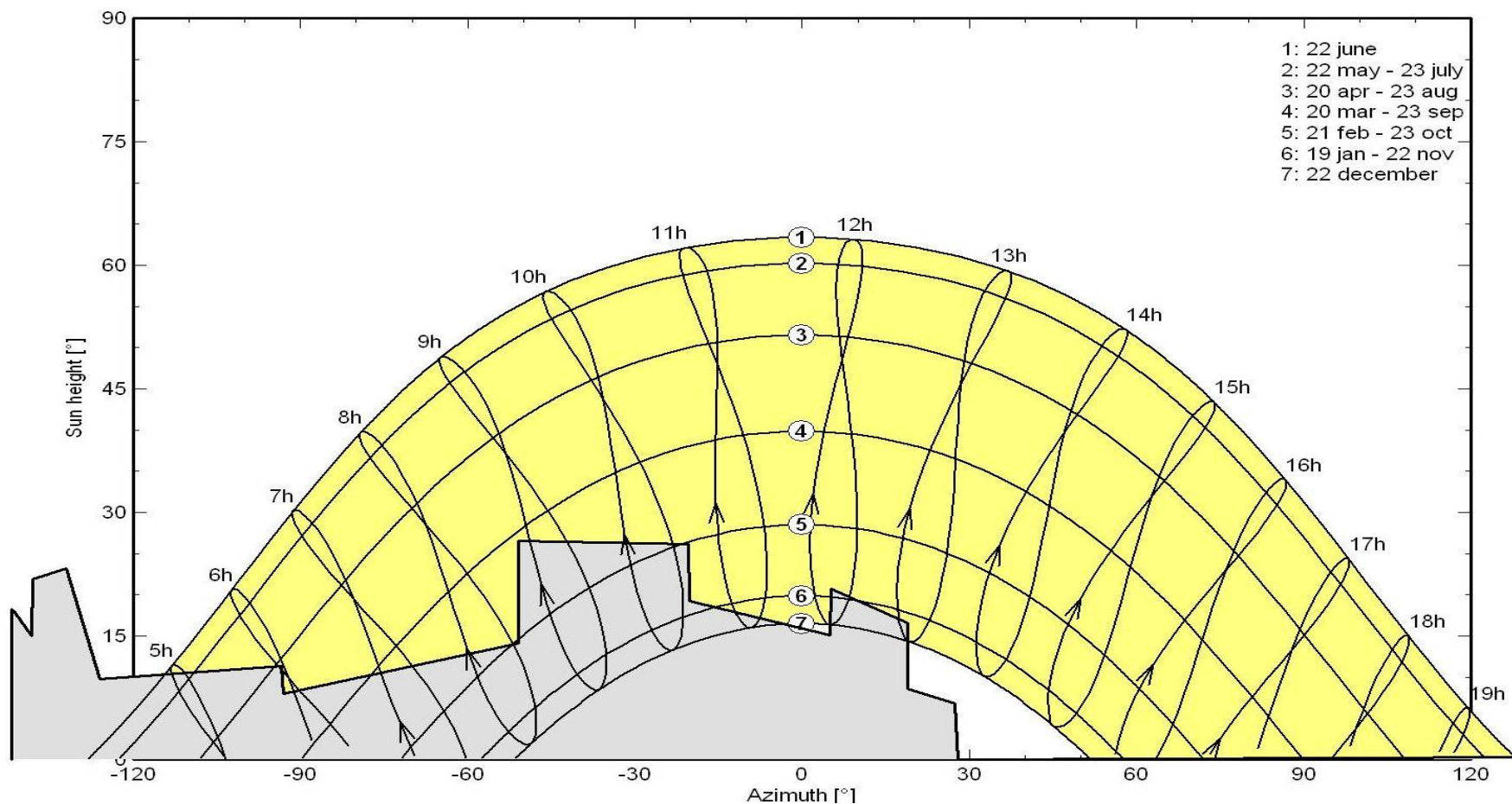
Aplikacje mobilne – PV*SOL (Android)

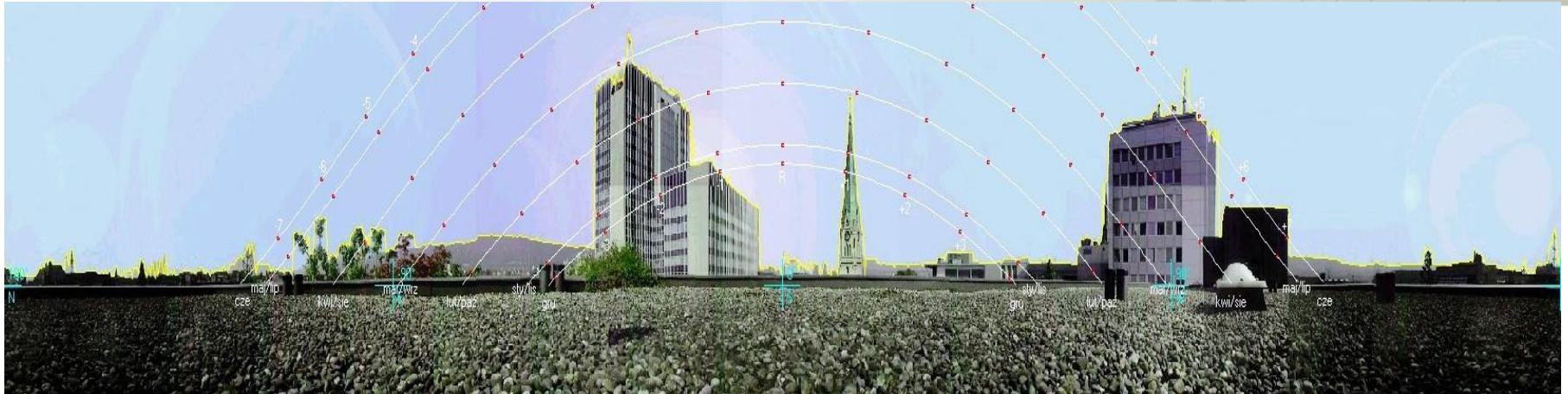


zdjęcia: Google Play

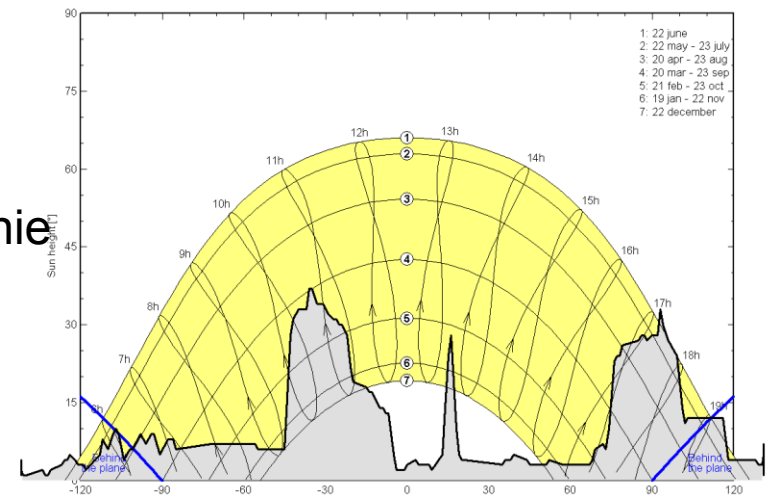
Obrys horyzontu

ES SYSTEM Horizont na krawędzi niższego dachu



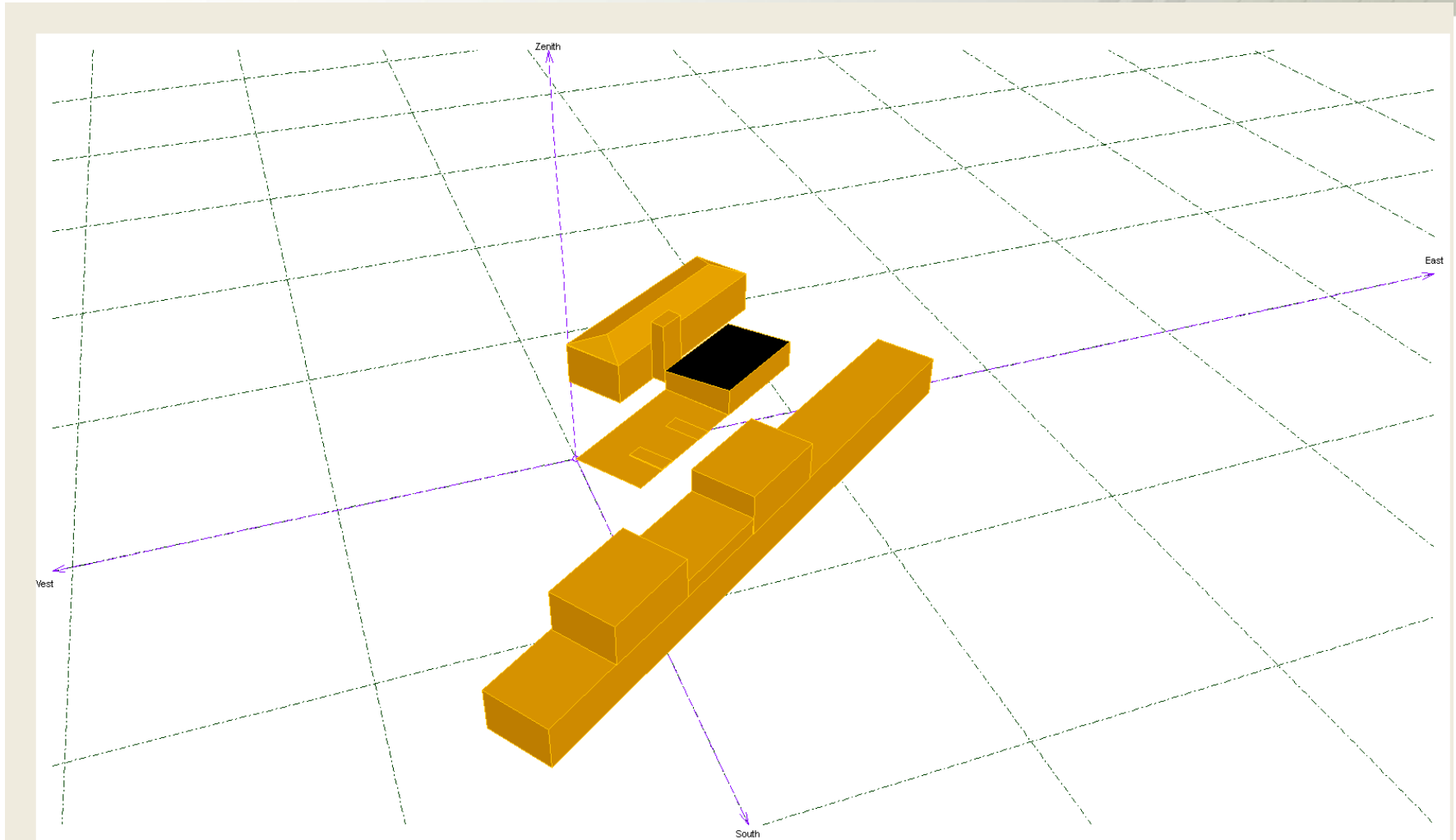


Pojedyncze zdjęcia składane w panoramę 360° przy użyciu programu Horizon v2.0 (www.energieburo.ch), a następnie automatycznie generowany plik opisu horyzontu, wczytany do programu PVSyst (www.pvsyst.com)

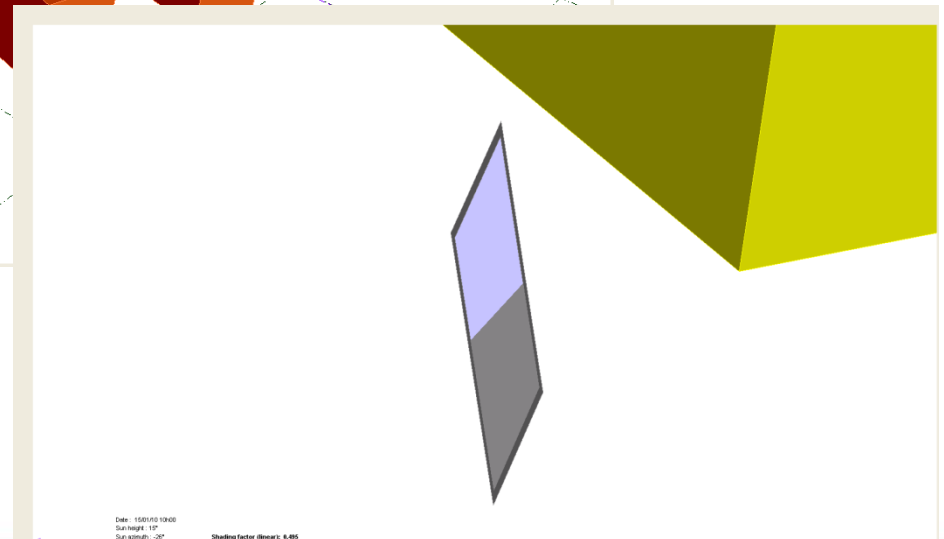
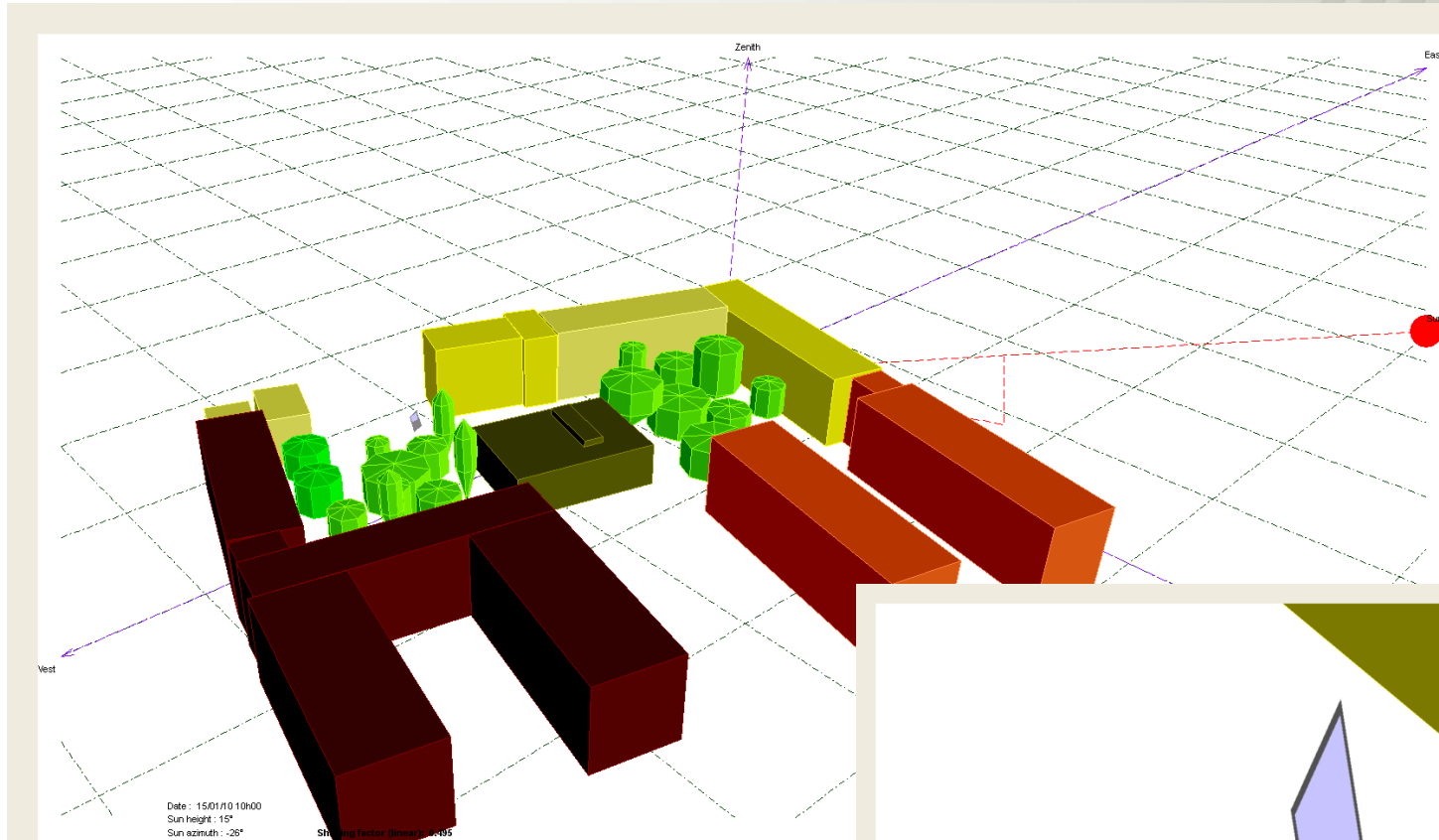


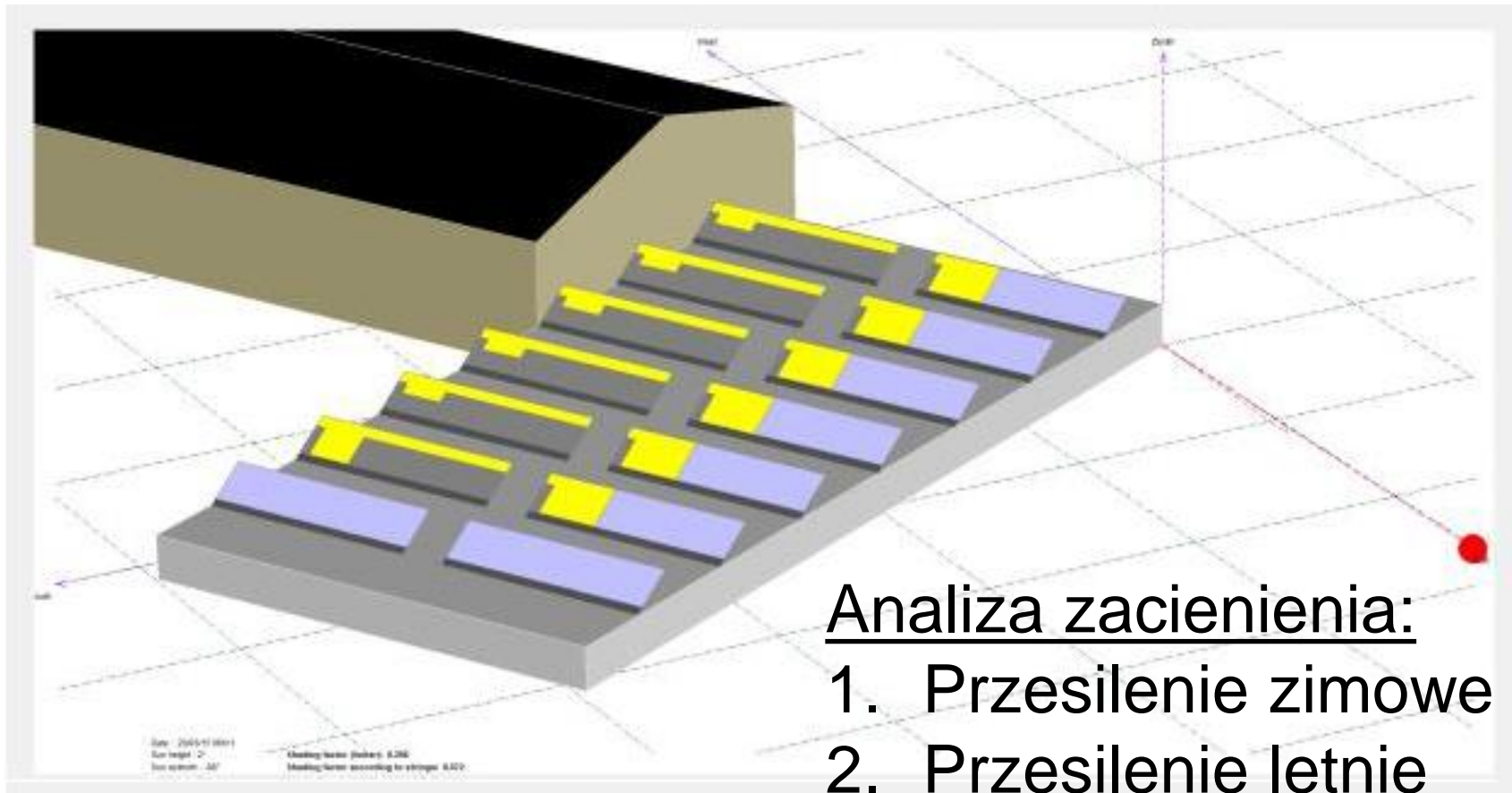
Grafika : program PVSyst oraz Horizon v2.0

Widok trójwymiarowy



Analiza układu cieni





Grafika : program PVSyst – Near Shadings

Ograniczenia powierzchniowe

- Powierzchnia dostępna na montaż instalacji: np. dach lub fasada budynku
- Parametry wytrzymałościowe:
 - Duża powierzchnia baterii słonecznych to duże siły powstające przy wiejącym wietrze (podciśnienie przy występowaniu szczeliny wentylacyjnej)

- Refleksy światła na panelach PV mogą być uciążliwe dla otoczenia
- Wybór odpowiedniego generatora pomocniczego w systemach hybrydowych:
 - Hałas
 - Zanieczyszczenia powietrza (spaliny)
 - Drgania
 - Zagrożenie pożarowe

Ograniczenia finansowe:

- Budżet określony na wstępie projektu
- Instalacja podpięta do sieci powinna generować zyski na zakładanym poziomie
- Cel projektu powinien zostać osiągnięty za rozsądną cenę
- Liniowość kosztów instalacji PV – możliwość rozbudowy etapami

Proces symulacji

- Reguły ogólne – obliczenia ręczne
- Symulacje komputerowe
- Optymalizacja systemu – iteracyjne dochodzenie do równowagi pomiędzy wskaźnikami jakości a kosztami

Komputerowe wspomaganie projektowania

- Specjalistyczne oprogramowanie darmowe (np. SunnyDesign by SMA, PVGIS)
- Specjalistyczne oprogramowanie komercyjne (np. PVSyst, PVSol, PolySun, Solar Design Studio, EasySolar, BlueSol)
- Otwarte środowiska obliczeniowe (np. Matlab)
- Bazy danych meteo (pomiar własne, PVGIS, Solar GIS, Meteonorm, Helioclim, NASA, Ministerstwo IiB)

Pozyskiwanie danych pogodowych (prywatne stacje pogodowe)

Kraków Fiolkowa - informacje meteo

Energia Słoneczna - kWh

Raport za Rok 2017

Aktualizacja 22/3/2017 13:55.

Day	Sty	Lut	Mar	Kwi	Maj	Cze	Lip	Sie	Wrz	Paź	Lis	Gru
1	1.4	0.7	1.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	0.5	1.3	2.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	0.4	0.5	3.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4	0.3	0.3	2.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	0.7	0.4	3.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6	0.9	0.3	1.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7	1.3	0.2	1.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8	1.2	0.0	1.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9	0.8	0.0	0.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	1.2	0.0	1.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11	1.2	2.0	3.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12	0.7	1.9	0.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13	0.6	0.6	0.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14	0.5	2.0	2.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15	0.7	2.3	1.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
16	1.2	2.3	2.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---
17	0.3	0.7	2.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---
18	0.3	0.6	0.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---
19	0.3	0.7	4.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20	0.4	1.7	1.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
21	0.9	0.6	2.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
22	0.9	1.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
23	1.2	0.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
24	0.3	0.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
25	0.2	2.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
26	0.7	0.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
27	1.3	3.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
28	1.2	2.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
29	1.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
30	1.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
31	1.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Kraków Fiolkowa - informacje meteo

Report Temperature (°C)

Report za Rok 2017

Aktualizacja 22/3/2017 13:58.

Day	Sty		Lut		Mar		Kwi		Maj		Cze		Lip		Sie	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	6.8	-3.7	2.2	-3.9	11.9	4.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	2.2	-4.4	6.6	-0.3	13.3	2.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	1.8	-2.4	4.2	0.3	12.5	2.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4	3.3	-0.3	0.9	0.1	17.6	3.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	0.9	-8.7	3.4	0.3	18.4	8.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6	-8.7	-16.1	2.7	-1.8	10.9	4.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7	-12.4	-19.2	-1.7	-6.5	11.2	2.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8	-5.8	-18.6	---	---	5.7	1.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9	-5.6	-10.9	---	---	6.6	-0.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	-4.3	-12.1	---	---	7.7	2.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11	-4.2	-13.9	-6.5	-9.1	9.7	3.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12	3.4	-8.0	-1.7	-9.4	6.3	2.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13	7.0	-1.1	-5.3	-7.1	6.4	2.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14	2.8	-0.2	6.4	-7.7	9.1	1.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15	2.1	-3.7	11.3	-3.5	11.6	1.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
16	3.1	-3.8	12.9	-2.7	11.1	1.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
17	-1.7	-5.8	7.7	0.2	14.6	-0.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
18	-5.2	-7.7	4.7	1.5	8.8	3.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
19	-4.4	-9.3	5.6	1.3	9.3	2.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20	0.6	-8.9	9.3	-1.6	12.8	3.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
21	4.9	-0.7	8.6	4.4	16.1	6.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
22	3.1	-3.1	10.9	3.2	9.1	5.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
23	1.4	-5.7	13.3	4.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
24	-3.0	-5.8	13.5	0.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
25	-0.3	-3.6	6.0	-1.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
26	-0.2	-7.0	8.7	0.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
27	3.6	-9.2	17.1	4.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
28	0.9	-8.7	16.0	5.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
29	0.4	-9.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
30	2.9	-9.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
31	3.1	-8.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Źródło: <http://meteo.kdwd.webd.pl/>

Wskaźniki jakości

- **Solar Fraction (F_{sol})** – udział energii słonecznej w całkowitej ilości energii zużytej przez odbiornik – docelowo 100%
- **Performance ratio (Pr)** – współczynnik wydajności określający stosunek rzeczywiście wyprodukowanej energii elektrycznej do energii, którą mógłby wyprodukować ten sam system pracując z nominalną sprawnością (η_{STC})
- **Final Yield (Y_f)** – uzysk końcowy – średnia **dzienna (?)** ilość wyprodukowanej energii odniesiona do zainstalowanej mocy

Współczynnik jakości systemu PV

Performance Ratio – PR

$$PR[\%] = 100 \cdot E_{\text{REAL}} / E_{\text{STC}}$$

Współczynnik jakości systemu **Performance Ratio** można również zdefiniować jako:

Wartość znormalizowana dostarczonej energii [kWh/kW]

$$PR = \frac{\text{POA Irradiation} / P_{\text{mSTC}} [\text{kWh/m}^2] / [\text{kW/m}^2]}{\text{POA Irradiation} / P_{\text{mSTC}} [\text{kWh/m}^2] / [\text{kW/m}^2]} \times 100 [\%]$$

$$PR = \frac{\frac{1}{P_{MSTC}} \times \int P_M dt}{\frac{1}{G_{POASTC}} \times \int G_{POA} dt} = \frac{E_A}{E_{GPOA} \cdot \eta_P} = \frac{\eta_{EN}}{\eta_P}$$

PR dla dobrego systemu to ~80%+

Weryfikacja wyników

- Przeprowadzenie symulacji na kilku różnych programach oraz dla różnych zestawów danych pogodowych
- Porównanie wyników z ogólnie przyjętymi regułami (eliminacja błędów „grubych”)
- Porównanie wyników z pomiarami w istniejących już instalacjach, pracujących możliwie blisko docelowej lokalizacji projektowanego systemu

Budowa systemu

- Wytrzymała konstrukcja nośna
- Odpowiednie chłodzenie baterii słonecznych
- Okablowanie odporne na UV i hermetyczne złącza
- Zabezpieczenia – uziemienie, odgromniki i ochronniki przepięciowe, bezpieczniki
- Wentylacja akumulatorów
- System monitoringu elektrycznego i pogodowego

Budowa systemu

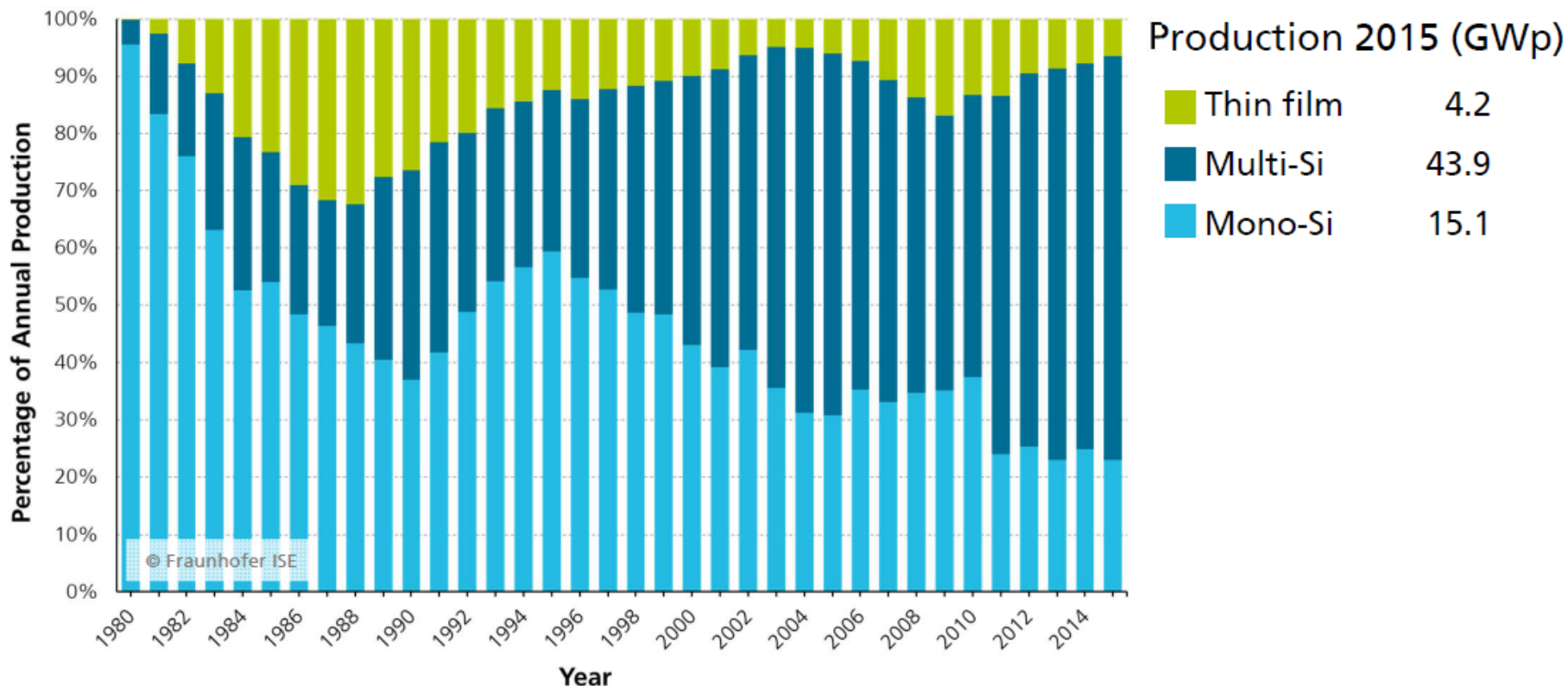
- Wytrzymała konstrukcja nośna
- Odpowiednie chłodzenie baterii słonecznych
- Okablowanie odporne na UV i hermetyczne złącza
- Zabezpieczenia – uziemienie, odgromniki i ochronniki przepięciowe, bezpieczniki (prąd cofający)
- Wentylacja akumulatorów
- System monitoringu elektrycznego i pogodowego

Dobre praktyki przy projektowaniu

Wybór technologii modułów fotowoltaicznych:

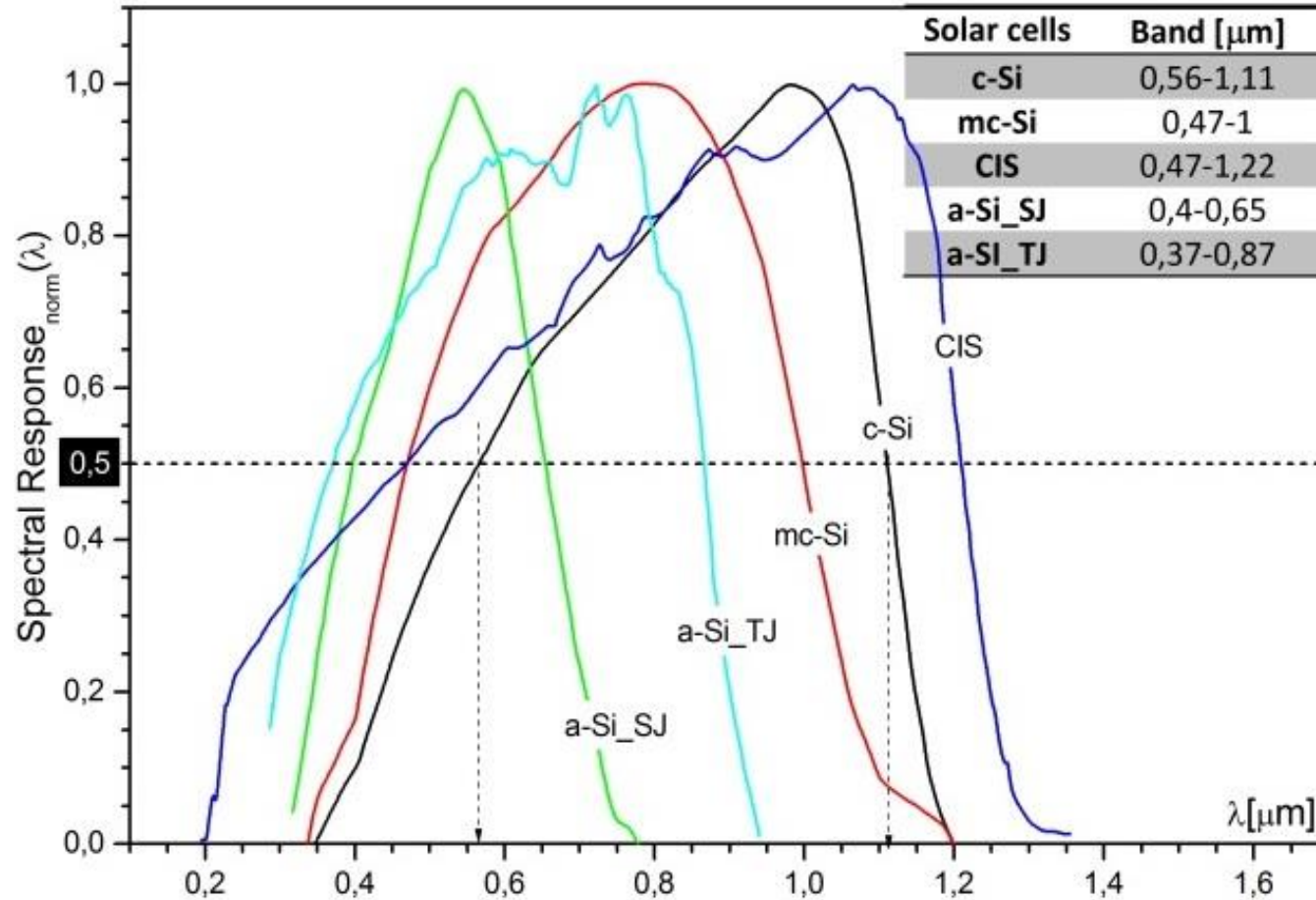
Technologia	Sprawność około [%]	Powierzchnia 1kWp [m ²]
Mono Si	23	4.4
Poly Si	18	5.5
CdTe	16.0	6.3
CIGS	16.0	6.3
HIT	25	4.0
Amorphous Si	7.5	13.3
Barwnikowy	11.1	9.0

Technologie modułów PV w latach 1980-2015



Źródło : Fotovoltaics Report 2016, www.ise.fraunhofer.de

Wybór technologii modułów fotowoltaicznych

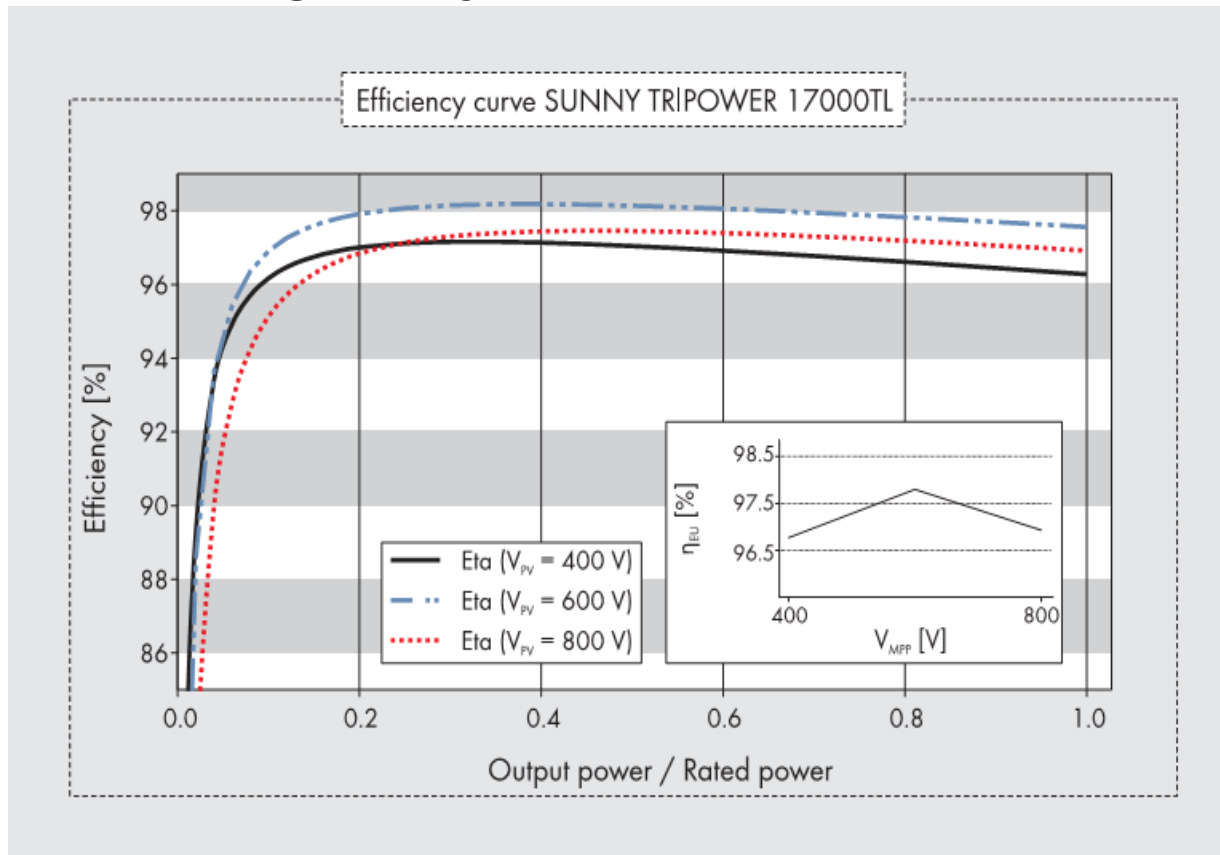


Dobre praktyki przy projektowaniu

Właściwa konfiguracja modułów PV do falownika:

- Łączna moc modułów PV (STC) powinna wynosić od **110 do 125%** mocy szczytowej falownika
- Jeżeli szeregi modułów łączymy równolegle to muszą one mieć **identyczną strukturę elektryczną** (typ i ilość modułów) oraz pracować w **identycznych warunkach nasłonecznienia** (kąty pochylenia, azymut)
- Wypadkowe napięcie układu otwartego na szeregu modułów nie może przekroczyć maksymalnego napięcia dopuszczanego na wejściu przez falownik przy **najniższej** spodziewanej temperaturze pracy systemu
- Wypadkowe napięcie punktu mocy maksymalnej na szeregu modułów nie może być niższe niż minimalne napięcie, dla którego falownik jest w stanie zaimplementować procedurę MPPT przy **najwyższej** spodziewanej temperaturze pracy systemu

Właściwa konfiguracja modułów PV do falownika



źródło: materiały reklamowe falownik SMA STP 17000TL

Dobre praktyki przy projektowaniu

Właściwy dobór kąta pochylenia modułów PV:

- Dla systemów podpiętych do sieci należy wybierać optymalny kąt całoroczny (ok. 35°).
- Dla systemów wydzielonych należy wybierać kąt optymalny dla sezonu zimowego (50° - 60°). Dodatkowo taki kąt pomoże w samooczyszczaniu modułów z zalegającego śniegu.

Dobre praktyki przy projektowaniu

Szacowanie dziennej produkcji energii elektrycznej w systemie fotowoltaicznym:

$$E \text{ [Wh]} = H_p \text{ [Wh/m}^2\text{]} * \eta \text{ [%]} * PR \text{ [%]} * S \text{ [m}^2\text{]} / 10\ 000$$

$$E \text{ [Wh]} = H_p \text{ [Wh/m}^2\text{]} * P_{pV} \text{ [kWp]} * PR \text{ [%]} * /100$$

Gdzie

E – energia uzyskana z systemu

H_p – dzienna suma całkowitego promieniowania słonecznego w płaszczyźnie modułów PV

η - sprawność modułów PV (dla Si-poly można przyjąć 16%)

PR – Performance Ratio (można przyjąć 75-85%)

S - powierzchnia modułów PV

P_{pV} - nominalna moc systemu PV w warunkach STC

Dobre praktyki przy projektowaniu

Obliczanie pojemności akumulatora w systemie autonomicznym:

$$C = \frac{A * E}{U * 0,8}$$

Gdzie:

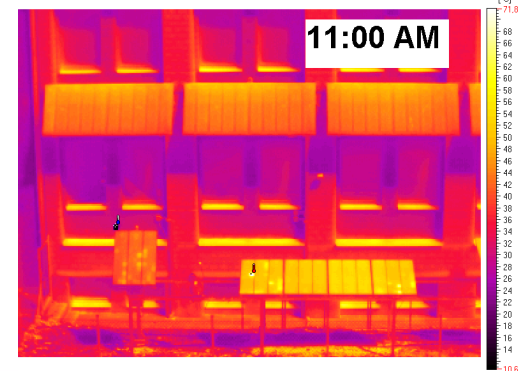
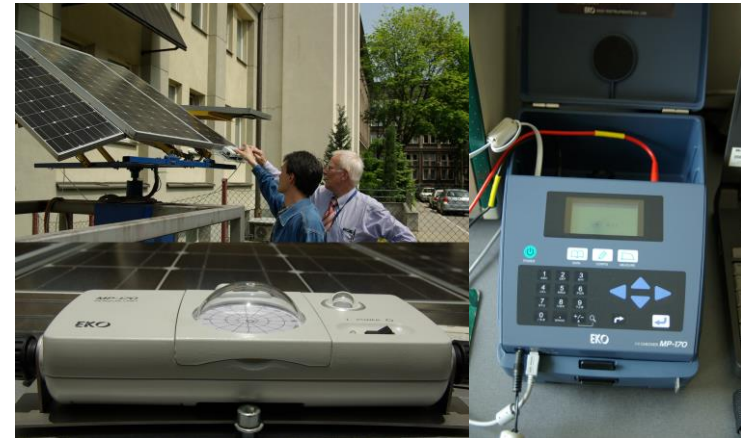
- C - pojemność akumulatora [Ah]
- A - wymagana autonomia systemu [dni]
- E - energia jaką potrzebuje odbiornik w ciągu doby [Wh]
- U - znamionowe napięcie systemu [V]

Najczęściej popełniane błędy

- Niewłaściwy dobór regulatora ładowania do typu zastosowanych akumulatorów
- Błędnie określona autonomia systemu
- Stosowanie akumulatorów z ciekłym elektrolitem
- Brak odpowiedniego chłodzenia modułów PV
- Złe określenie w projekcie minimalnej i maksymalnej temperatury pracy systemu PV
- Złe kąty montażu modułów PV
- Zbyt duże zagęszczenie w przypadku wielorzędowej instalacji PV na gruncie
- Pionowy montaż modułów PV przy spodziewanym zacienieniu o charakterze horyzontalnym
- Zła konfiguracja stringów PV podłączanych do falownika
- Brak zabezpieczeń antyprzepięciowych

Nadzór nad pracą systemu

- Statystyczna analiza parametrów chwilowych
- Wykrywanie uszkodzeń:
 - Pomiar elektryczny
 - Pomiar termiczny



Sprawność falownika w systemie PV

Sprawność świadczy o jakości falownika, jest ona definiowana jako:

$$\eta = \frac{\text{moc wyjściowa}}{\text{moc wejściowa}} = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

Sprawność nie jest stała, lecz zmienia się wraz ze zmianami mocy, temperatury i napięcia wejściowego.

Europejska sprawność ważona definiowana jest następująco:

$$\eta_{\text{euro}} = 0.03 \times \eta_{5\%P_n} + 0.06 \times \eta_{10\%P_n} + 0.13 \times \eta_{20\%P_n} + \\ + 0.1 \times \eta_{30\%P_n} + 0.48 \times \eta_{50\%P_n} + 0.2 \times \eta_{100\%P_n}$$

Sprawność ważona falownika dla południowo- zachodnich rejonów USA . California Energy Commision (CEC)

$$\eta_{\text{CEC}} = 0.04 \times \eta_{10\%P_n} + 0.05 \times \eta_{20\%P_n} + 0.12 \times \eta_{30\%P_n} + \\ + 0.21 \times \eta_{50\%P_n} + 0.53 \times \eta_{75\%P_n} + 0.05 \times \eta_{100\%P_n}$$

Parametr ten bierze pod uwagę zachowanie falownika przy niecałkowitym obciążeniu
Jest to dobry parametr do porównywania różnych falowników.

Sprawność przy częściowym obciążeniu

Sprawność vs. obciążenie falownika Sunny Boy 3000

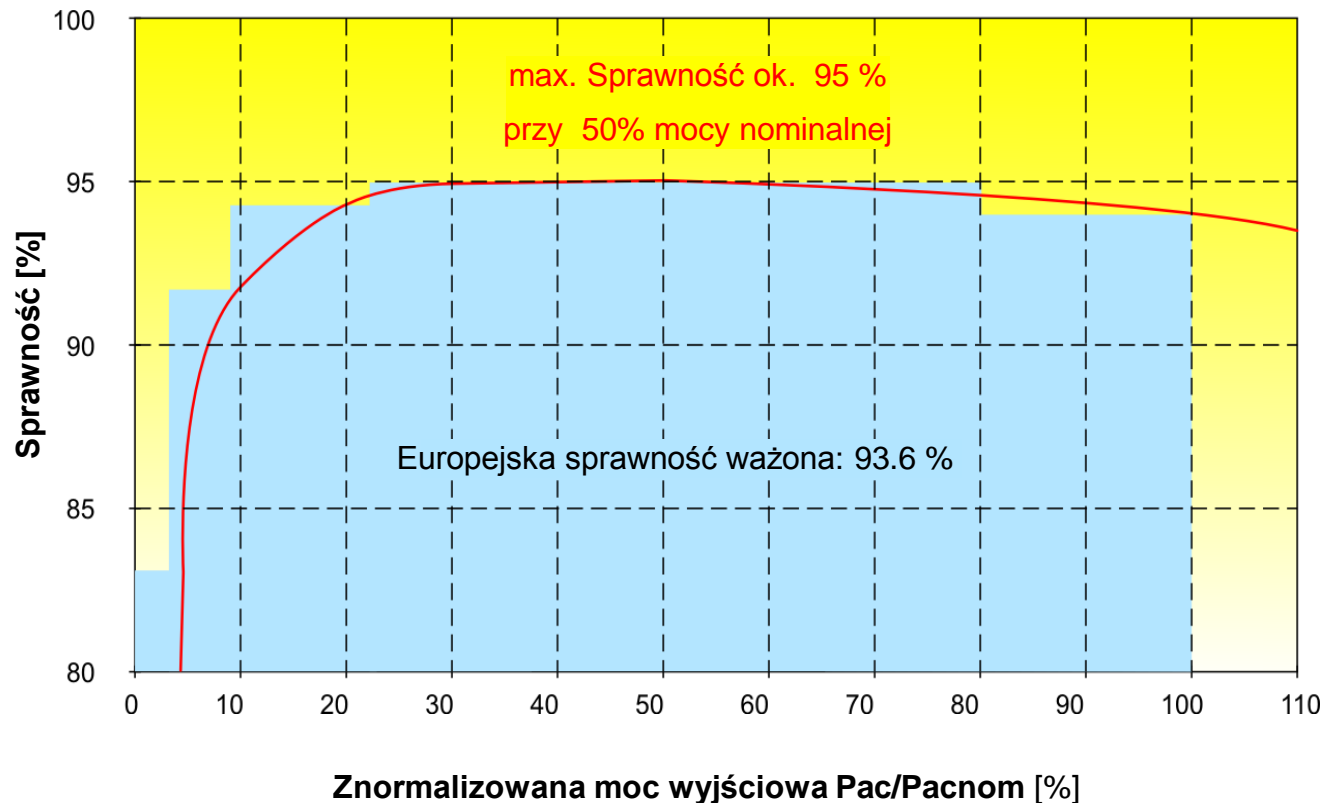


Image: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Germany

Sprawność przy różnym obciążeniu

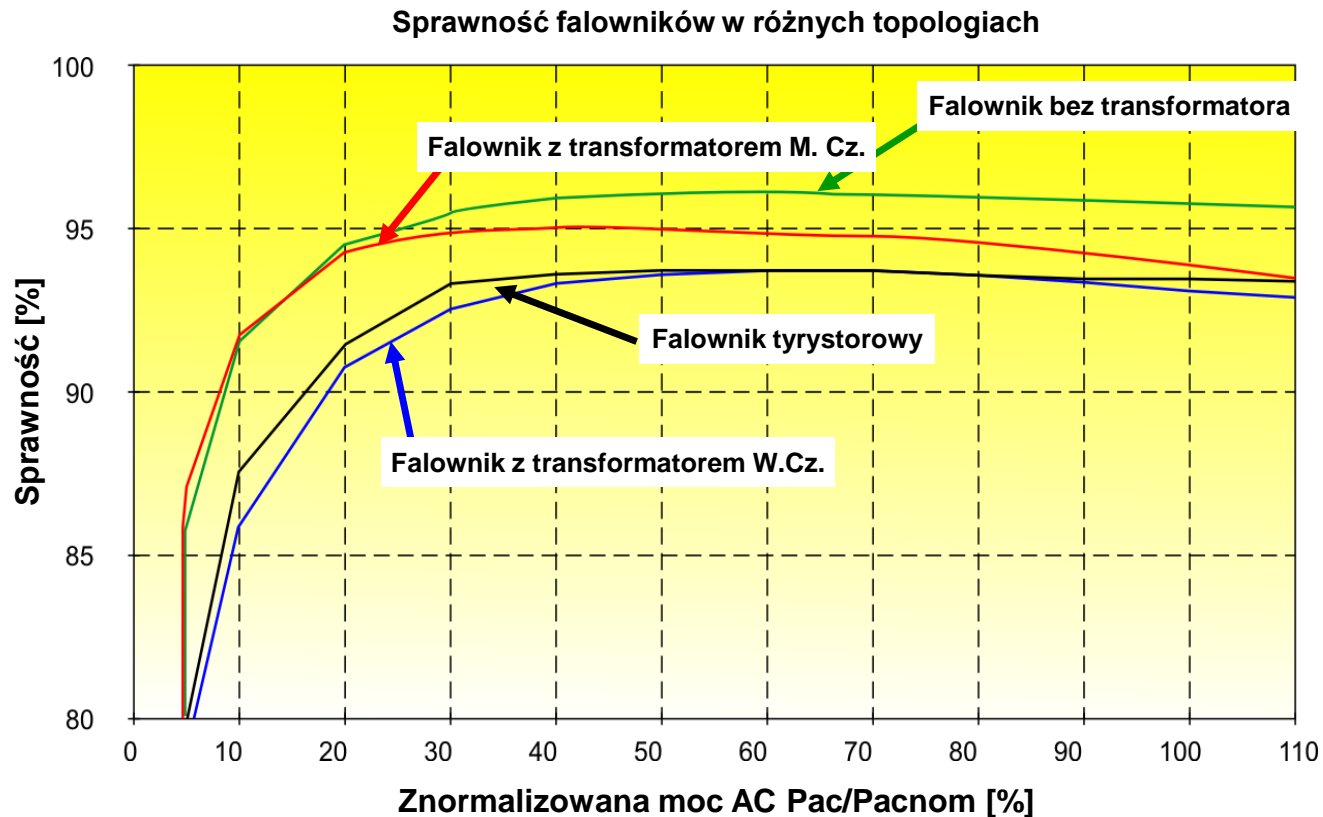
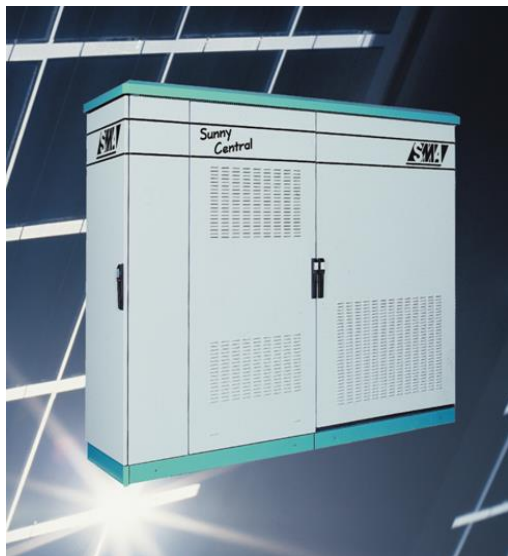


Image: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Germany

Różne rodzaje systemów PV



Falownik centralny



Falownik szeregowy (string)

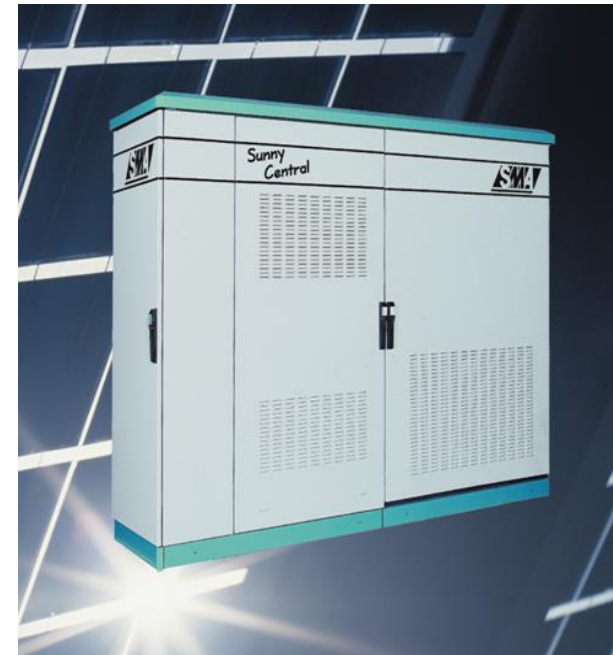
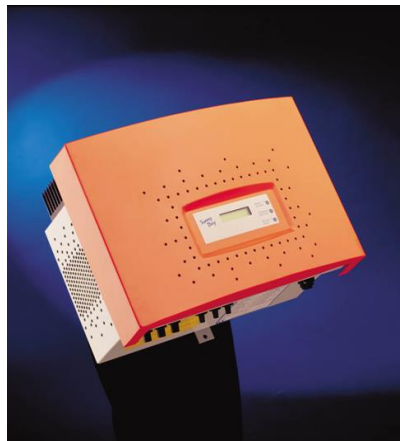


Koncepcje
master-slave lub „Team”

Photos: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Germany

Tryby pracy falowników w systemach PV

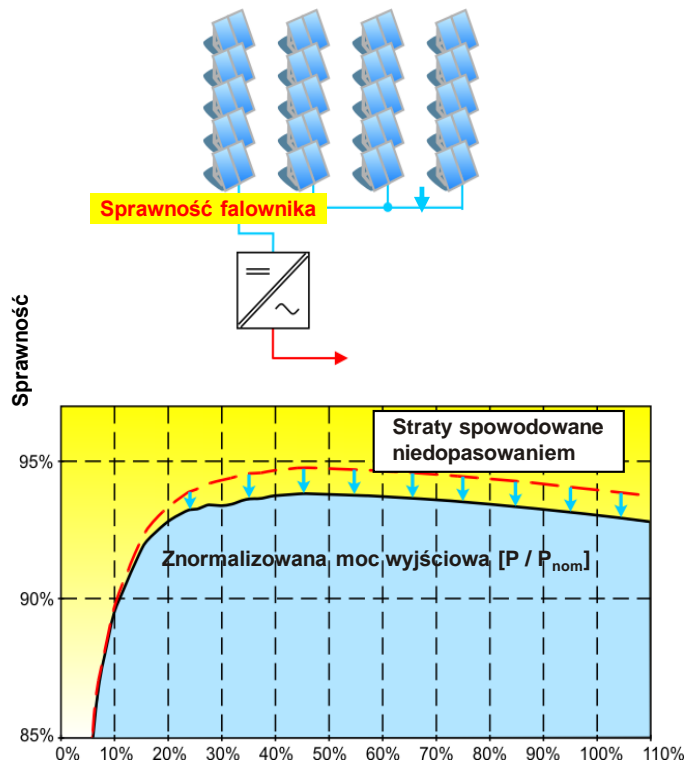
- Falownik centralny
- Koncepcja Master-Slave
- Moduły AC i falowniki (Multi-)String
- Koncepcja Sunny Team
- Optymalizer mocy + falownik



Photos: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Germany

Falownik centralny

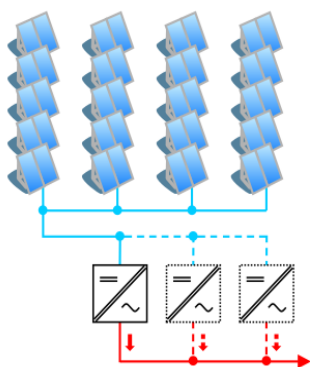
- + Duża moc nominalna \Rightarrow wysoka sprawność



- **Duże straty niedopasowania (1...3%) spowodowane przez:**
 - Rozrzuty parametrów modułów PV
 - Spadki napięcia na okablowaniu
 - Różnice w temperaturze ogniw PV
 - Różnice w orientacji modułów PV
 - Zacienienie
 - Zabrudzenie
 - ...

Konceptcja Master-Slave

- + **Sprawność bliska maksymalnej niezależnie od stopnia obciążenia**



- **Wysokie straty niedopasowania**
- **Konieczna wymiana danych pomiędzy falownikami**

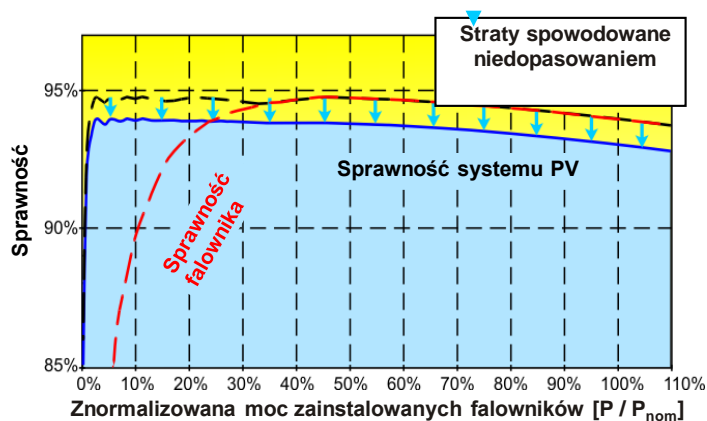
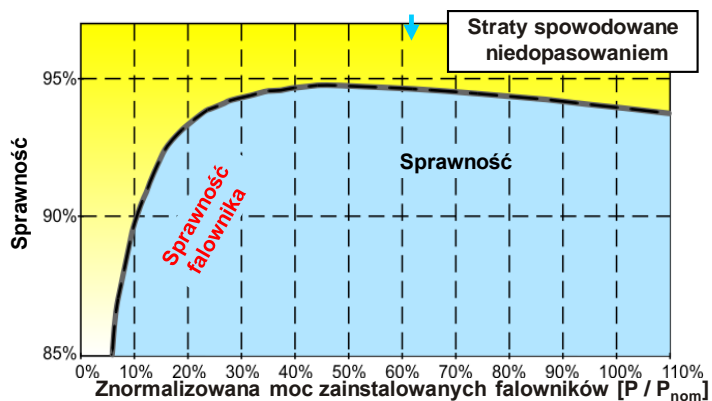
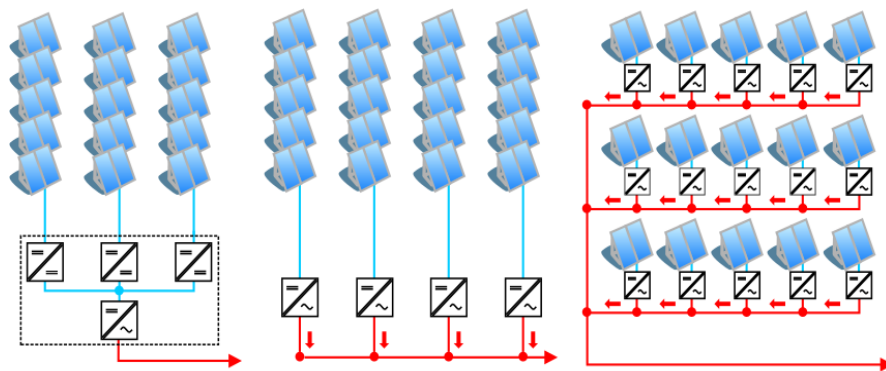


Image: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Germany

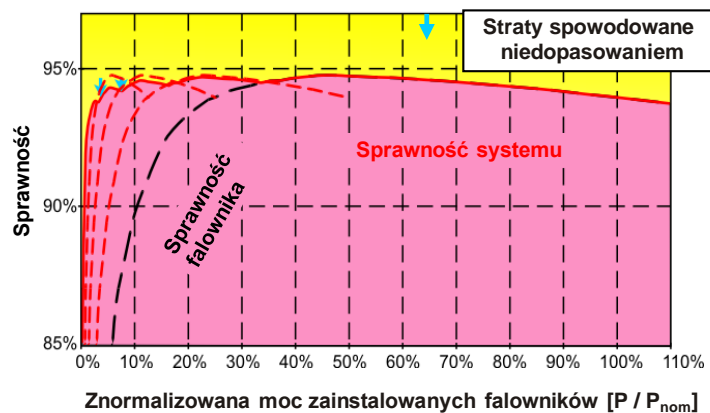
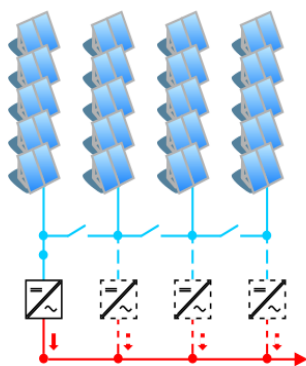
Moduły AC i falowniki (Multi-)String



- + zminimalizowane straty dopasowania (ok. 0,1%)
- + zredukowanie okablowanie DC
- - **Niska sprawność przy niepełnym obciążeniu**

Image: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Germany

Konceptcja Sunny Team



- + Zminimalizowane straty niedopasowania (ok. 0,1%)
- + Sprawność bliska maksymalnej niezależnie od obciążenia
- - Wymiana danych pomiędzy falownikami

Image: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Germany

Optymalizer mocy + falownik

solaredge



Źródło: www.solaredge.com

Monitoring

➤ Monitoring pogodowy

Dzięki niemu uzyskujemy informacje o chwilowych wartościach przetwarzanej energii promieniowania słonecznego oraz o warunkach pracy systemu PV (np. temperatura powietrza). Odpowiedni zbiór danych pozwala na przeprowadzanie wiarygodnych analiz i symulacji komputerowych.

➤ Monitoring energetyczny

Gromadzi informacje o parametrach elektrycznych systemu PV (stało- i zmiennoprądowych). Pozwala na kontrolę pracy systemu, wykrywanie sytuacji awaryjnych oraz analizę statystyczną.

➤ Porównanie danych z monitoringu pogodowego i energetycznego umożliwia ocenę sprawności całego systemu PV oraz wykrywanie nietypowych uszkodzeń.

Monitoring pogody

➤ Minimum

- Całkowite promieniowanie słoneczne w płaszczyźnie horyzontalnej
- Temperatura otoczenia

➤ Optimum

- Całkowite promieniowanie słoneczne w płaszczyźnie horyzontalnej
- Rozproszone promieniowanie słoneczne w płaszczyźnie horyzontalnej
- Całkowite promieniowanie słoneczne w płaszczyźnie modułów PV
- Temperatura otoczenia (powietrza)
- Temperatura modułów PV
- Prędkość i kierunek wiatru
- Ciśnienie atmosferyczne
- Wilgotność powietrza

Monitoring pogodowy przykłady stacji pomiarowych



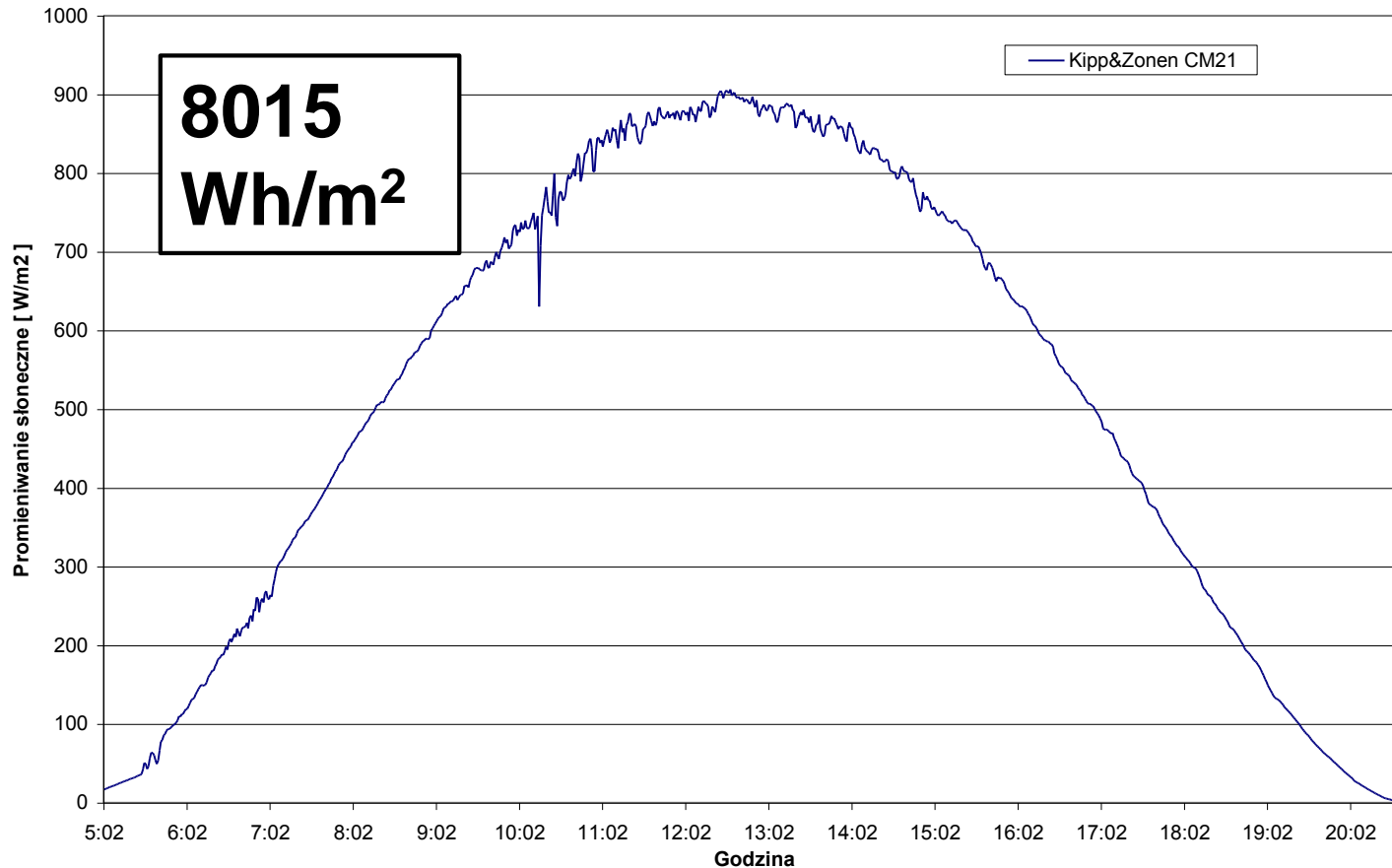
Stacja meteo na dachu budynku C3, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Monitoring pogodowy przykłady stacji pomiarowych



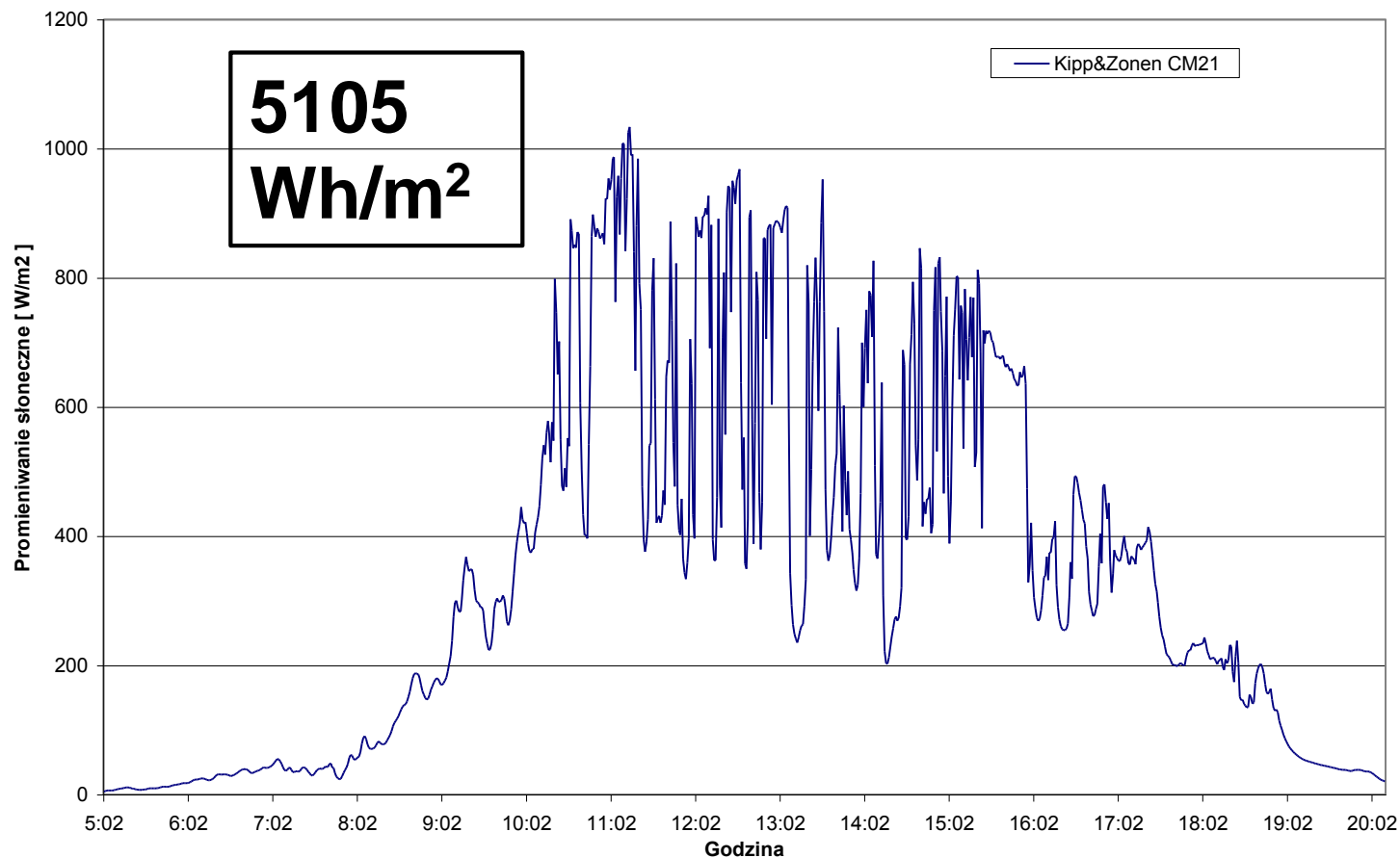
Hokuto City , Japonia monitoring farmy fotowoltaicznej 1,2MWp

Monitoring pogodyy - przykłady pomiarów nasłonecznienia (dzień słoneczny)



Źródło: pomiary własne

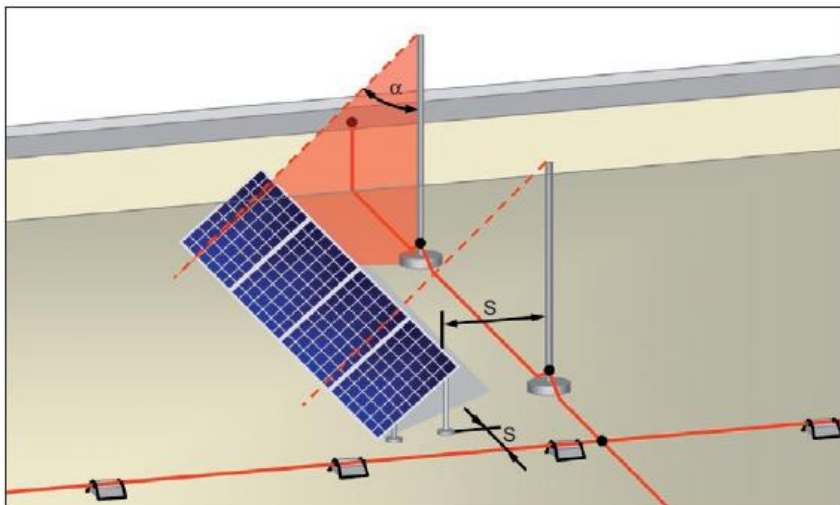
Monitoring pogody - przykłady pomiarów nasłonecznienia (dzień z zachmurzeniami)



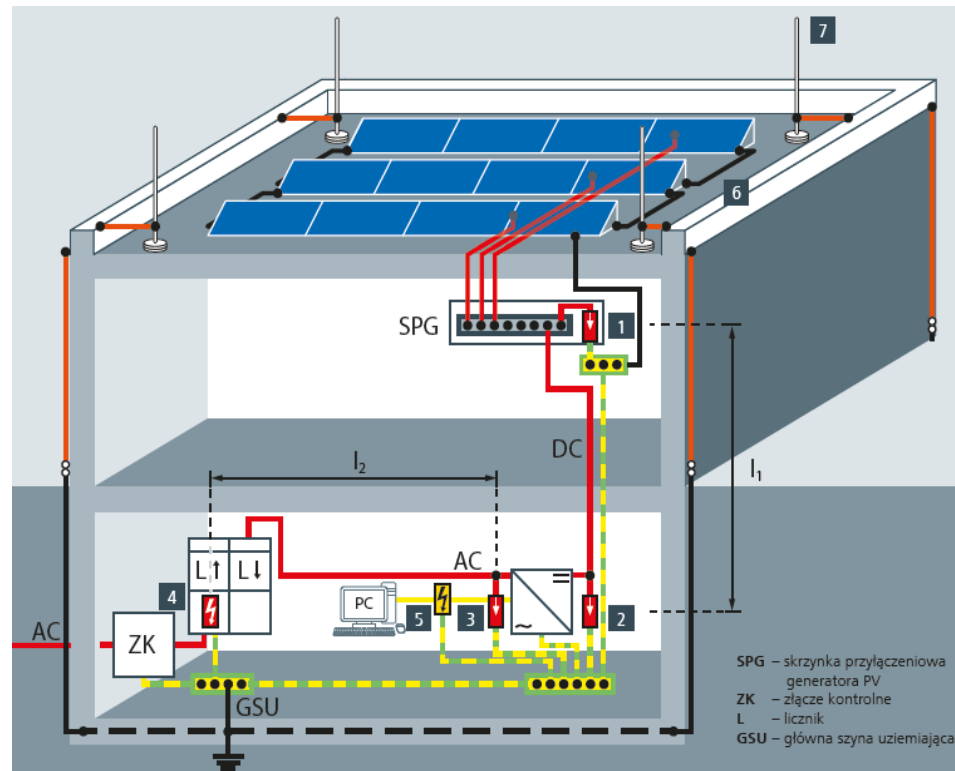
Źródło: pomiary własne

Na tym nie powinno się oszczędzać !!!

Instalacja odgromowa i antyprzebieciowa



Rys. 1. Ochrona odgromowa paneli fotowoltaicznych na dachu, gdzie: s – odstęp izolacyjny obliczony zgodnie z pkt 6.3. normy PN-EN 62305, α – kąt ochronny zgodny z tabelą 2. normy (PN-EN 62305-3), zależny od wysokości zwodu pionowego oraz przyjętej klasy LPS



Źródło: K. Wincencik - Ochrona odgromowa paneli słonecznych , elektroinfo 3/2009, materiały informacyjne firmy Dehn



Dziękuję za uwagę !!!

