



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Czyste energie

Wykład 7

Eksploatacja systemów PV

dr inż. Janusz Teneta

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

Wydział EAIiIB

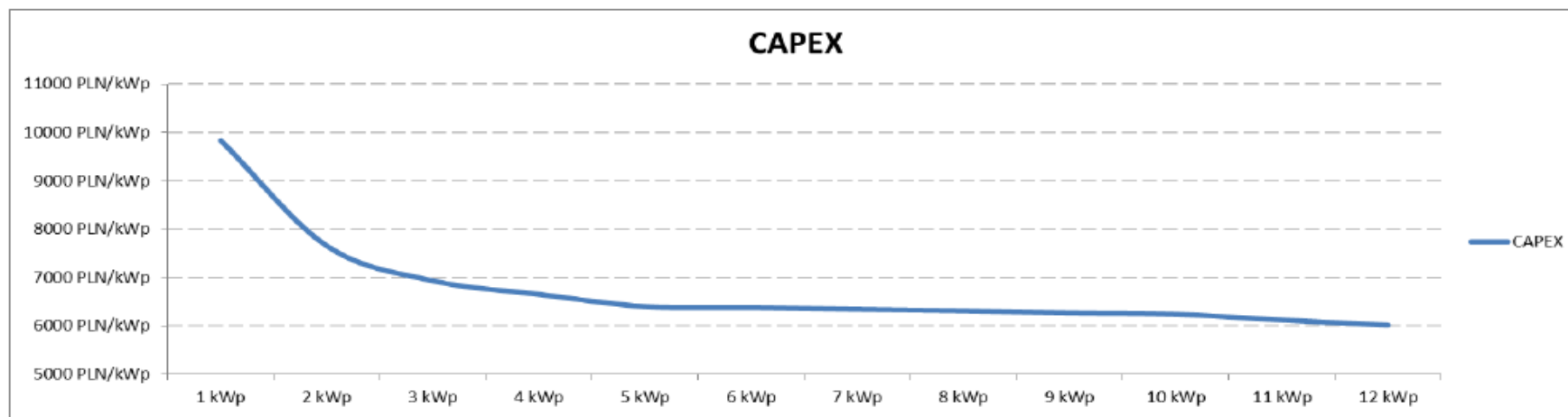
Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej

AGH Kraków 2016

Tabela 2 Wysokość nakładów inwestycyjnych (CAPEX) oraz rocznych kosztów eksploatacyjnych (OPEX) w zależności od mocy instalacji fotowoltaicznej

MOC	1 kWp	2 kWp	3 kWp	4 kWp	5 kWp	6 kWp	7 kWp	8 kWp	9 kWp	10 kWp	11 kWp	12 kWp
CAPEX	9830 PLN/kWp	7650 PLN/kWp	6930 PLN/kWp	6650 PLN/kWp	6400 PLN/kWp	6380 PLN/kWp	6342 PLN/kWp	6312 PLN/kWp	6268 PLN/kWp	6239 PLN/kWp	6120 PLN/kWp	6015 PLN/kWp
OPEX	85 PLN/kWp	76 PLN/kWp	59 PLN/kWp	48 PLN/kWp	42 PLN/kWp	39 PLN/kWp	37 PLN/kWp	35 PLN/kWp	34 PLN/kWp	33 PLN/kWp	31 PLN/kWp	30 PLN/kWp

Z kolei na rysunku 4 zilustrowano w formie graficznej ww. zmienność nakładów inwestycyjnych.



Rysunek 4 Trend wysokości nakładów inwestycyjnych (CAPEX) w zależności od mocy instalacji fotowoltaicznej

- Ubezpieczenie
- Dozór i ochrona
- Coroczny (lub raz na dwa lata) serwis techniczny
- Czyszczenie/odśnieżanie
- Administracja związana z dokumentowaniem i raportowaniem ilości wyprodukowanej energii (pod rygorem kar pieniężnych)
- Obsługa biur maklerskiego (jeśli handel zielonymi certyfikatami)
- Podatki (gruntowy, od budowli, od działalności gospodarczej, VAT, PIT)

Dochody z eksploatacji systemu PV

- Energia elektryczna (sprzedaż, oszczędność)
- Świadectwa pochodzenia (zielone certyfikaty)
- Optymalizacja sieciowych grup taryfowych
- Świadectwa efektywności energetycznej

Bezpieczeństwo podpinania instalacji PV do sieci elektroenergetycznych.

Ustawa o OZE z 20 lutego 2015

Art. 7 ust. 8 pkt 3

- Za przyłączenie źródeł współpracujących z siecią oraz sieci przedsiębiorstw energetycznych zajmujących się przesyłaniem lub dystrybucją paliw gazowych lub energii pobiera się opłatę ustaloną na podstawie rzeczywistych nakładów poniesionych na realizację przyłączenia, **z wyłączeniem:**
- a) odnawialnych źródeł energii o mocy elektrycznej zainstalowanej **nie wyższej niż 5 MW oraz jednostek kogeneracji o mocy elektrycznej zainstalowanej poniżej 1 MW**, za których przyłączenie pobiera się **połowę opłaty** ustalonej na podstawie rzeczywistych nakładów,
- b) **mikroinstalacji**, za której przyłączenie do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej **nie pobiera się opłaty**.

Bezpieczeństwo podpinania instalacji PV do sieci elektroenergetycznych.

Ustawa o OZE z 20 lutego 2015

Art. 7 ust. 8d

- 8d⁴. W przypadku gdy podmiot ubiegający się o przyłączenie mikroinstalacji do sieci dystrybucyjnej jest przyłączony do sieci jako odbiorca końcowy, **a moc zainstalowana mikroinstalacji**, o przyłączenie której ubiega się ten podmiot, **nie jest większa niż określona w wydanych warunkach przyłączenia**, przyłączenie do sieci odbywa się na **podstawie zgłoszenia** przyłączenia mikroinstalacji, złożonego w przedsiębiorstwie energetycznym, do sieci którego ma być ona przyłączona, po zainstalowaniu odpowiednich układów zabezpieczających i układu pomiarowo-rozliczeniowego. W innym przypadku przyłączenie mikroinstalacji do sieci dystrybucyjnej odbywa się na podstawie **umowy o przyłączenie do sieci**. Koszt instalacji układu zabezpieczającego i układu pomiarowo-rozliczeniowego ponosi operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego.
- 8d⁵. Zgłoszenie, o którym mowa w ust. 8d⁴, zawiera w szczególności:
 - 1) oznaczenie podmiotu ubiegającego się o przyłączenie mikroinstalacji do sieci dystrybucyjnej oraz określenie rodzaju i mocy mikroinstalacji;
 - 2) informacje niezbędne do zapewnienia spełnienia przez mikroinstalację wymagań technicznych i eksploatacyjnych, o których mowa w art. 7a.
- 8d⁶. Do zgłoszenia, o którym mowa w ust. 8d⁴, podmiot ubiegający się o przyłączenie mikroinstalacji do sieci dystrybucyjnej jest obowiązany dołączyć oświadczenie następującej treści: „Świadomy odpowiedzialności karnej za złożenie fałszywego oświadczenia wynikającej z art. 233 § 6 ustawy z dnia 6 czerwca 1997 r. – Kodeks karny oświadczam, że posiadam tytuł prawny do nieruchomości na której jest planowana inwestycja oraz do mikroinstalacji określonej w zgłoszeniu.”. Klauzula ta zastępuje pouczenie organu o odpowiedzialności karnej za składanie fałszywych zeznań.

Bezpieczeństwo podpinania instalacji PV do sieci elektroenergetycznych.

Współczynnik jednoczesności

Tablica 1. Współczynniki jednoczesności przy doborze przewodów wewnętrznych linii zasilających [4,5]

Jednofazowe zasilanie mieszkań		Trójfazowe zasilanie mieszkań	
Liczba mieszkań zasilanych z jednej wewnętrznej linii zasilającej lub jednego złącza	Współczynnik jednoczesności	Liczba mieszkań zasilanych z jednej wewnętrznej linii zasilającej lub jednego złącza	Współczynnik jednoczesności
1 – 3	1,0	1	1,0
4 – 6	0,8	2	0,90
7 – 9	0,65	3	0,80
10 – 12	0,50	4	0,70
13 – 15	0,45	5	0,60
16 – 18	0,40	6	0,55
19 – 21	0,38	7 – 8	0,50
22 – 24	0,36	9 – 10	0,45
25 – 27	0,35	11 – 12	0,43
28 – 33	0,34	13 – 14	0,41
34 – 39	0,33	15 – 16	0,40
40 – 45	0,32	17 – 18	0,39
46 – 50	0,31	19 – 20	0,38
51 – 60	0,30	21 – 25	0,36
61 – 80	0,29	26 – 30	0,35
81 – 100	0,28	31 – 35	0,34
101 i więcej	0,27	36 – 40	0,33
		41 – 45	0,32
		46 – 50	0,31
		51 – 60	0,30
		61 – 80	0,29
101 i więcej	0,28	81 – 100	0,28
		101 i więcej	0,27

Źródło: COBR Elektromontaż

Bezpieczeństwo podpinania instalacji PV do sieci elektroenergetycznych.

Współczynnik jednoczesności

Tablica 2. Współczynniki jednoczesności przy doborze przewodów wewnętrznych linii zasilających [3,9]

Liczba mieszkań w budynku	Zapotrzebowanie mocy WLZ [kVA] dla mieszkań:					
	nie mających zaopatrzenia w ciepłą wodę z zewnętrznej, centralnej sieci grzewczej		mających zaopatrzenie w ciepłą wodę z zewnętrznej, centralnej sieci grzewczej		wariant zubożony – dla instalacji modernizowanych ¹⁾	
	wartość mocy	współczynnik jednoczesności	wartość mocy	współczynnik jednoczesności	wartość mocy	współczynnik jednoczesności
1	30	1	12,5	1	7	1
2	44	0,733	22	0,88	13	0,929
3	55	0,611	28	0,747	17	0,81
4	64	0,533	33	0,66	20	0,714
5	72	0,48	37	0,592	23	0,657
6	80	0,444	41	0,547	25	0,595
7	86	0,409	44	0,503	28	0,571
8	91	0,379	47	0,470	30	0,536
9	97	0,359	49	0,436	32	0,508
10	101	0,337	51	0,408	34	0,486
12	110	0,306	55	0,367	38	0,452
14	116	0,276	59	0,337	41	0,418
16	123	0,256	62	0,31	44	0,393
18	128	0,237	66	0,293	47	0,373
20	133	0,222	69	0,276	50	0,357
25	144	0,192	74	0,237	55	0,314
30	153	0,17	80	0,213	61	0,29
35	160	0,152	84	0,192	65	0,265
40	165	0,138	87	0,174	70	0,25
45	170	0,126	91	0,162	74	0,235
50	175	0,117	94	0,15	77	0,22
60	183	0,102	99	0,132	82	0,195
70	189	0,09	102	0,117	86	0,176
80	195	0,081	104	0,104	90	0,161
90	200	0,074	106	0,094	93	0,148
100	205	0,068	108	0,086	96	0,137

¹⁾ Dotyczy instalacji modernizowanych w budynkach wyposażonych w instalację gazową, w których za zgodą administratora budynku i jego lokatorów bądź właściciela zadeklarowano się na zubożony wariant. Zgoda taka powinna zawierać deklarację, że w przewidzianym okresie eksploatacji mieszkania nie zajdzie potrzeba zmiany mocy zapotrzebowanej mieszkań na większą.

Bezpieczeństwo podpinania instalacji PV do sieci elektroenergetycznych.

Zainteresowanie poszczególnymi źródłami OZE

Rodzaj systemu	Liczba instalatorów	Udział procentowy
Systemy fotowoltaiczne	1179	78,5%
Kolektory słoneczne	81	5,4%
Pompy ciepła	162	10,8%
Piece na biomasę	46	3,0%
Systemy geotermalne	34	2,3%
Razem	1502	

Źródło: UDT Rejestr certyfikowanych instalatorów mikro i małych instalacji OZE

Bezpieczeństwo podpinania instalacji PV do sieci elektroenergetycznych.

W przypadku instalacji fotowoltaicznych współczynnik jednoczesności produkcji energii w systemach rozproszonych na sporych obszarach geograficznych **będzie często wynosił 1**. Jest to związane z występowaniem jednakowych warunków oświetleniowych na tych obszarach. Różnice w mocy oddawanej do sieci mogą wynikać jedynie z różnego zorientowania generatorów PV względem kierunków geograficznych oraz chwilowych poziomów autokonsumpcji energii.

Zjawisko jednoczesności produkcji energii może doprowadzić do przeciążenia a następnie uszkodzenia linii przesyłowych.

Zacienienie



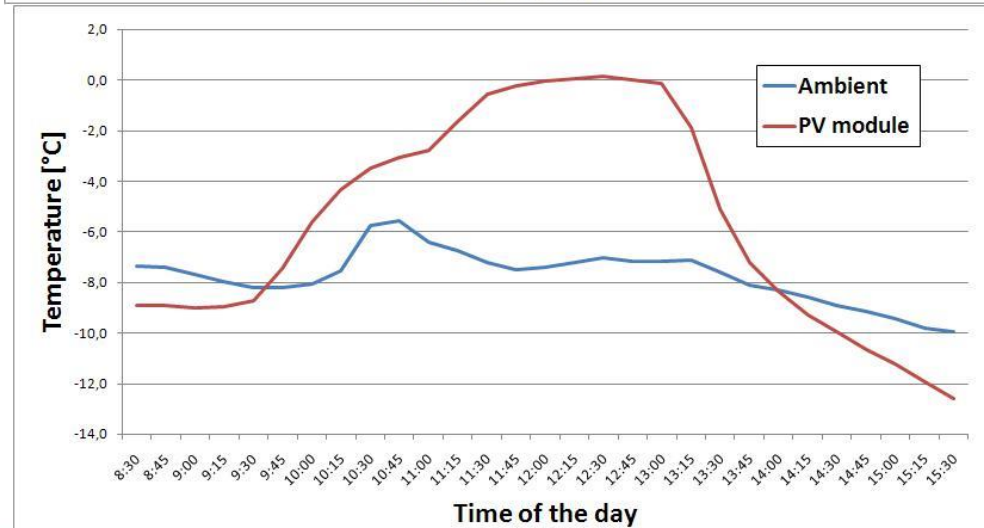
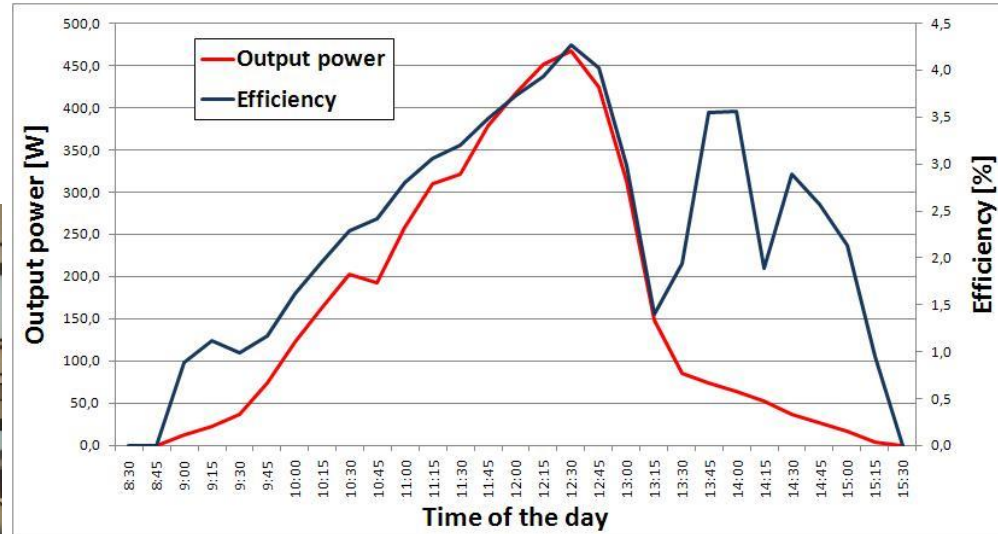
Brud



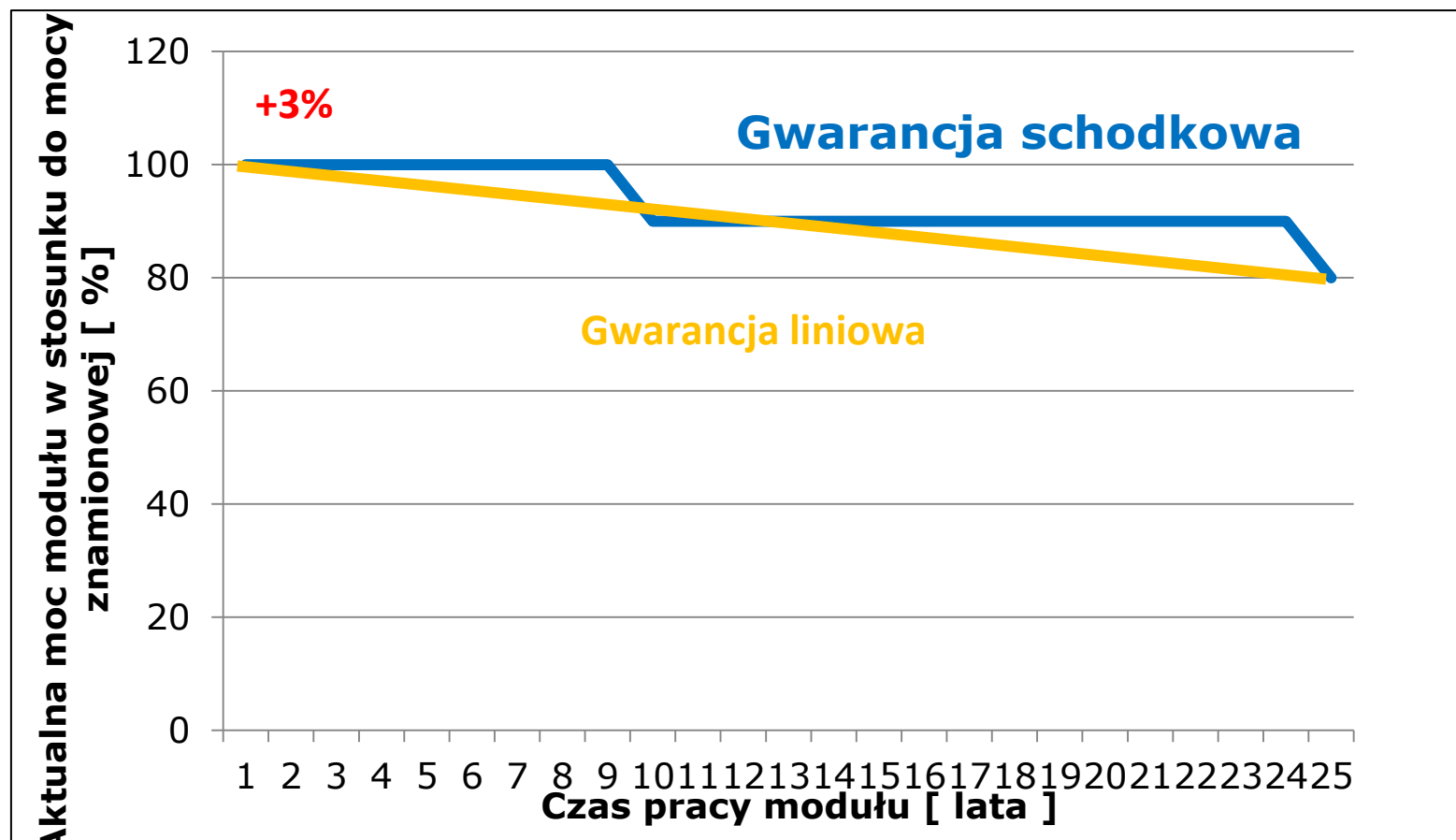
Śnieg



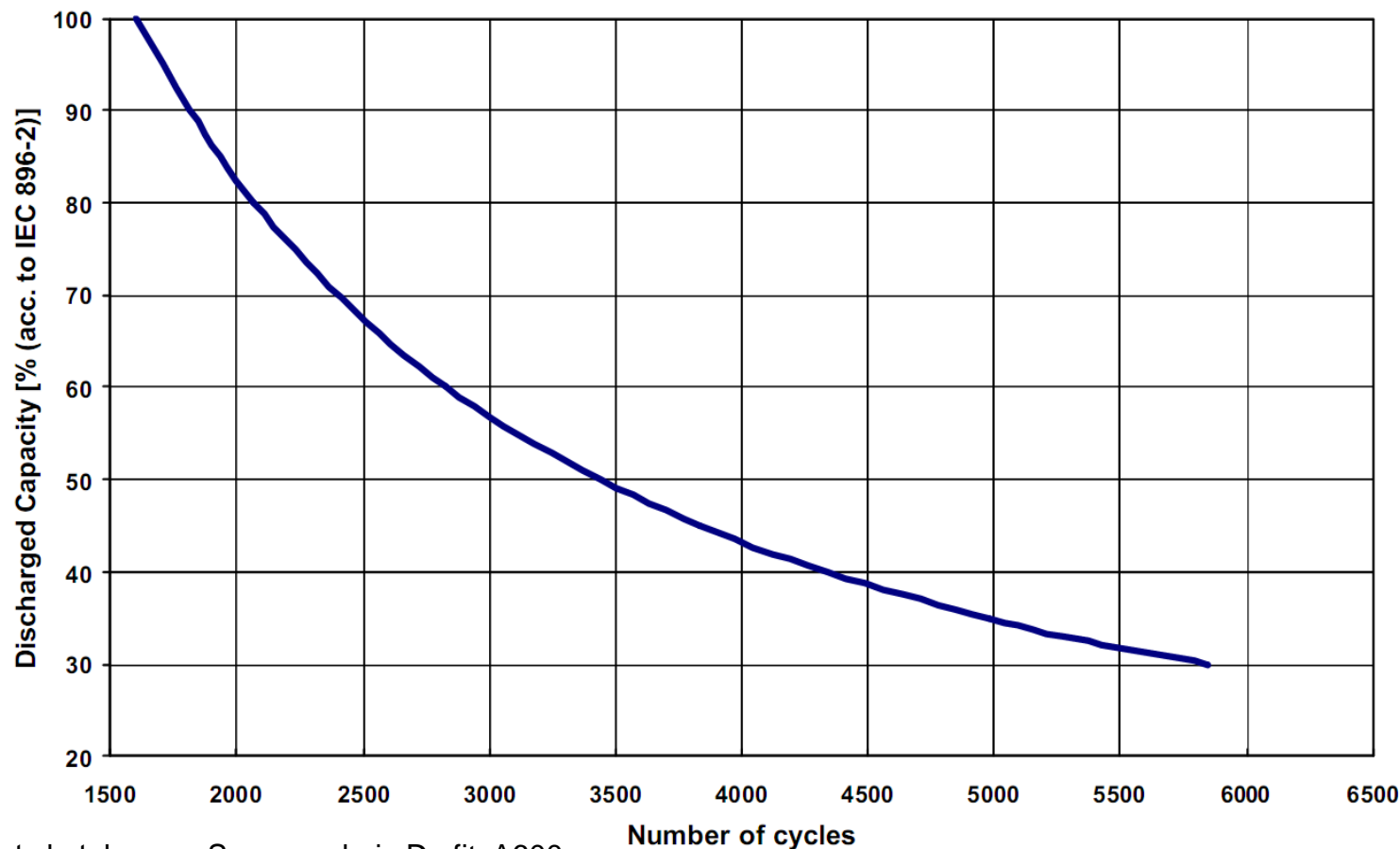
Moduły CIS przy częściowym zaciemnieniu



Problemy eksploatacyjne – starzenie się modułów PV

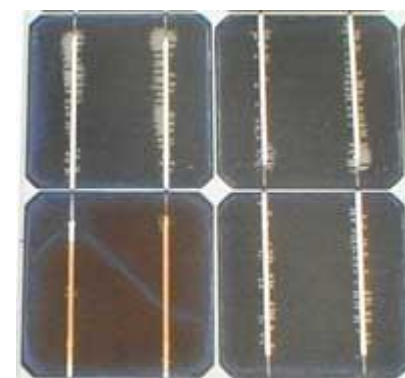
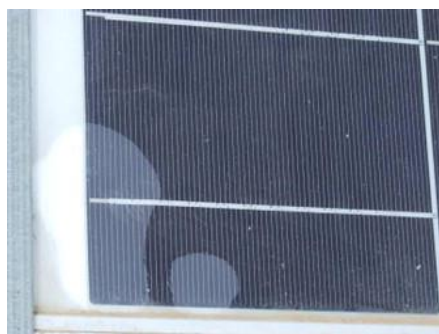
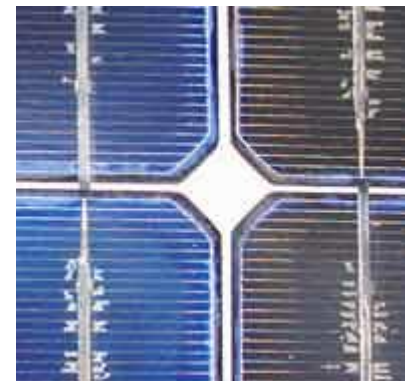


Problemy eksploatacyjne – starzenie się akumulatorów



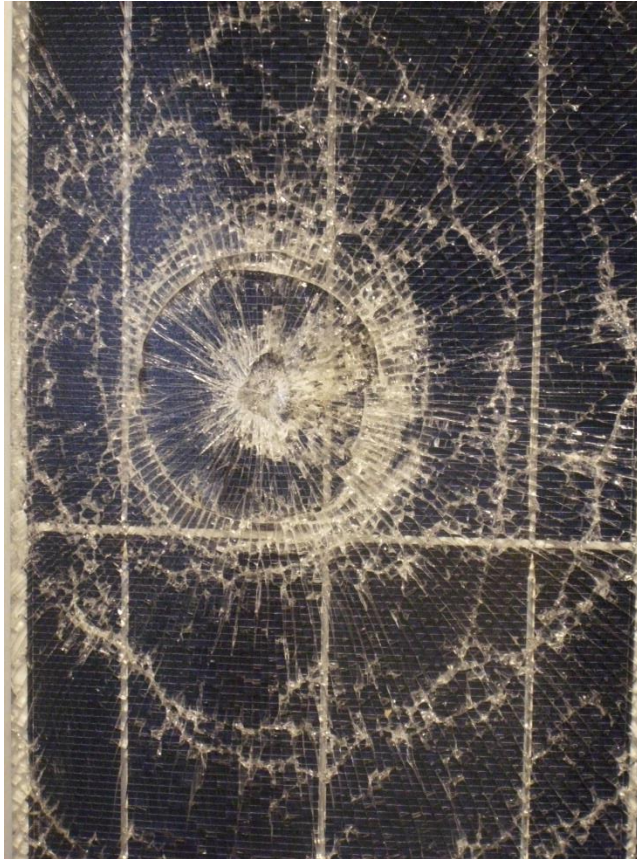
źródło: Karty katalogowe Sonnenschein Dryfit A600

Problemy eksploatacyjne – rozwarstwienie się laminatu w module PV



Zdjęcia : <http://www.homepower.com>, <http://www.schatzlab.org>, M.A. Munoz : Early degradation of silicon PV modules and guaranty conditions

Problemy eksploatacyjne – uszkodzenia mechaniczne



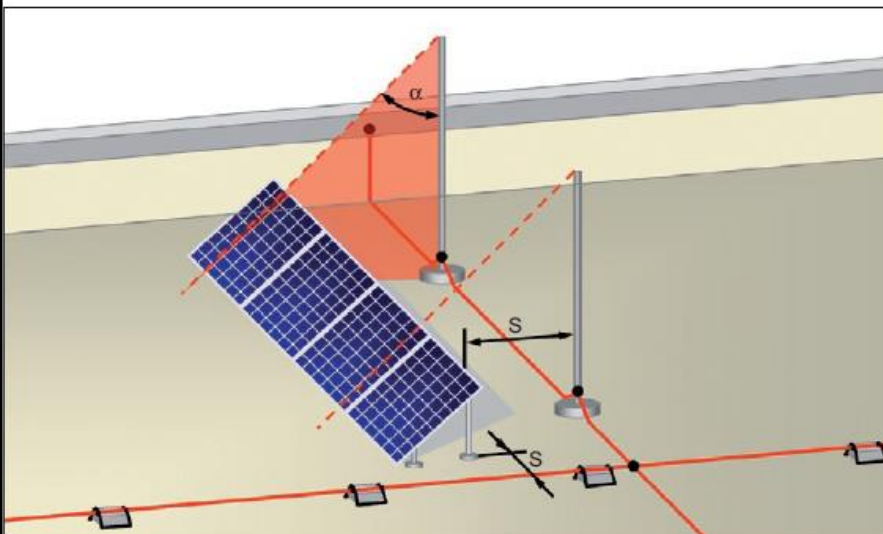
Problemy eksploatacyjne – uszkodzenia spowodowane wyładowaniami atmosferycznymi



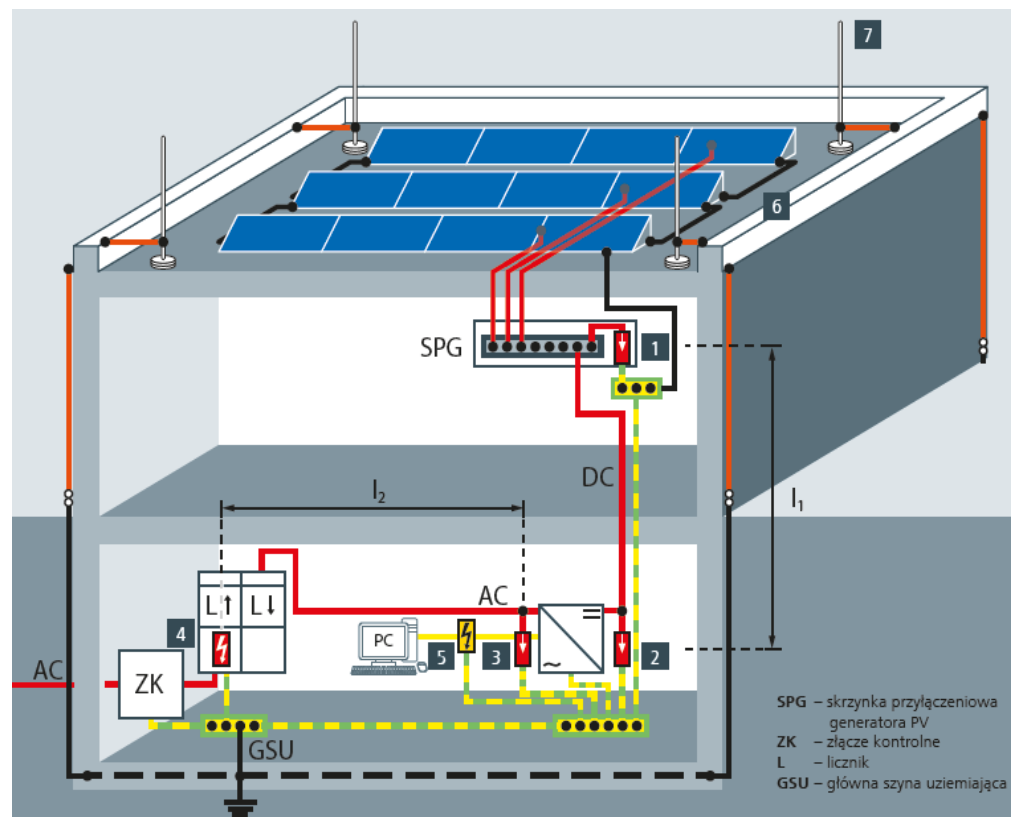
Efekt bezpośredniego trafienia pioruna w panele fotowoltaiczne

Zdjęcia: <http://surge-arrester.com>, Fraunhofer ISE

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

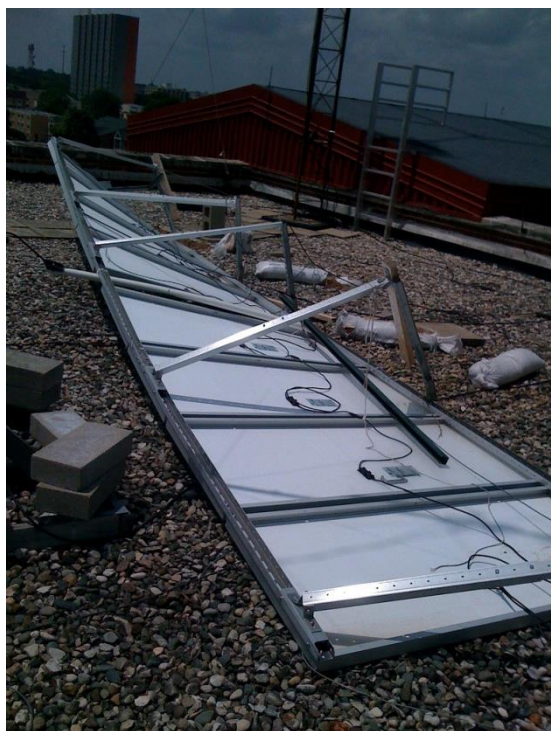


Źródło: K. Wincencik - Ochrona odgromowa paneli słonecznych , elektroinfo 3/2009, materiały informacyjne firmy Dehn

A praktyka jest taka:

- c. Inwestor oświadcza, że instalacja elektryczna w budynku, do której ma zostać podłączona Elektrownia Słoneczna, jest wykonana zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami oraz że został poinformowany o zagrożeniach związanych z brakiem zewnętrznej instalacji odgromowej na budynku i świadomie rezygnuje z jej dodatkowego montażu. Za ewentualne szkody powstałe w związku z brakiem instalacji odgromowej Wykonawca nie odpowiada.
3. Inwestor według jego najlepszej wiedzy oświadcza, że nie są mu znane jakiegokolwiek okoliczności, które mogłyby uniemożliwić wykonanie Umowy. W tym Inwestor oświadcza, iż dach, na którym będzie zamontowana Elektrownia Słoneczna posiada odpowiednią nośność i wytrzymałość do posadowienia na nim projektowanej Elektrowni Słonecznej. Wykonawca może dokonać ekspertyzy wytrzymałości dachu za dodatkową opłatą ustaloną odrębnym porozumieniem pomiędzy Inwestorem i Wykonawcą. W przypadku braku ekspertyzy Wykonawca nie ponosi odpowiedzialności za ewentualne szkody w przypadku, gdy okaże się, że dach nie jest odpowiednio wytrzymały.

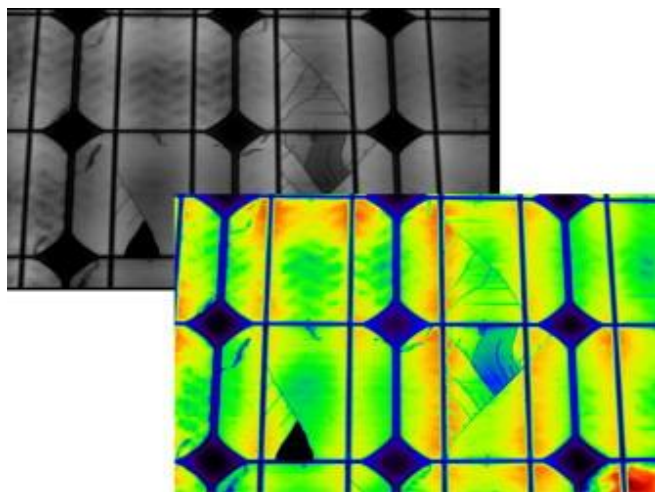
Problemy eksploatacyjne – uszkodzenia spowodowane podmuchami wiatru



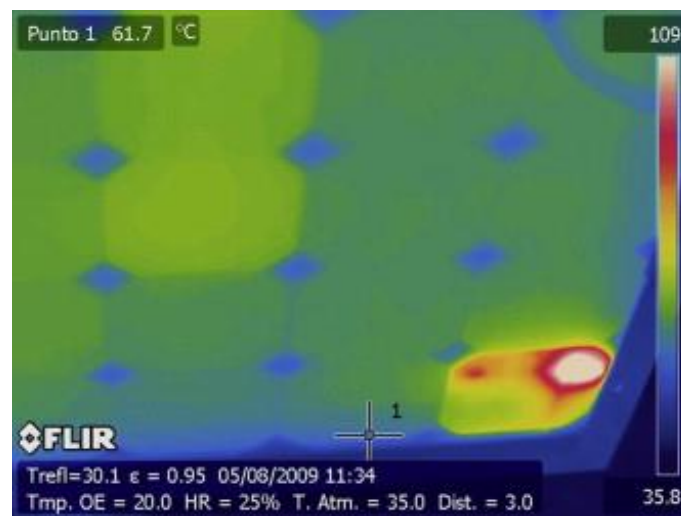
Zdjęcia: www.australiansolarquotes.com.au, Chris Granda homeenergypros.lbl.gov, www.homepower.com

Wyszukiwanie uszkodzeń metodami termowizyjnymi

Zdjęcia : M.A. Munoz : Early degradation of silicon PV modules and guaranty conditions

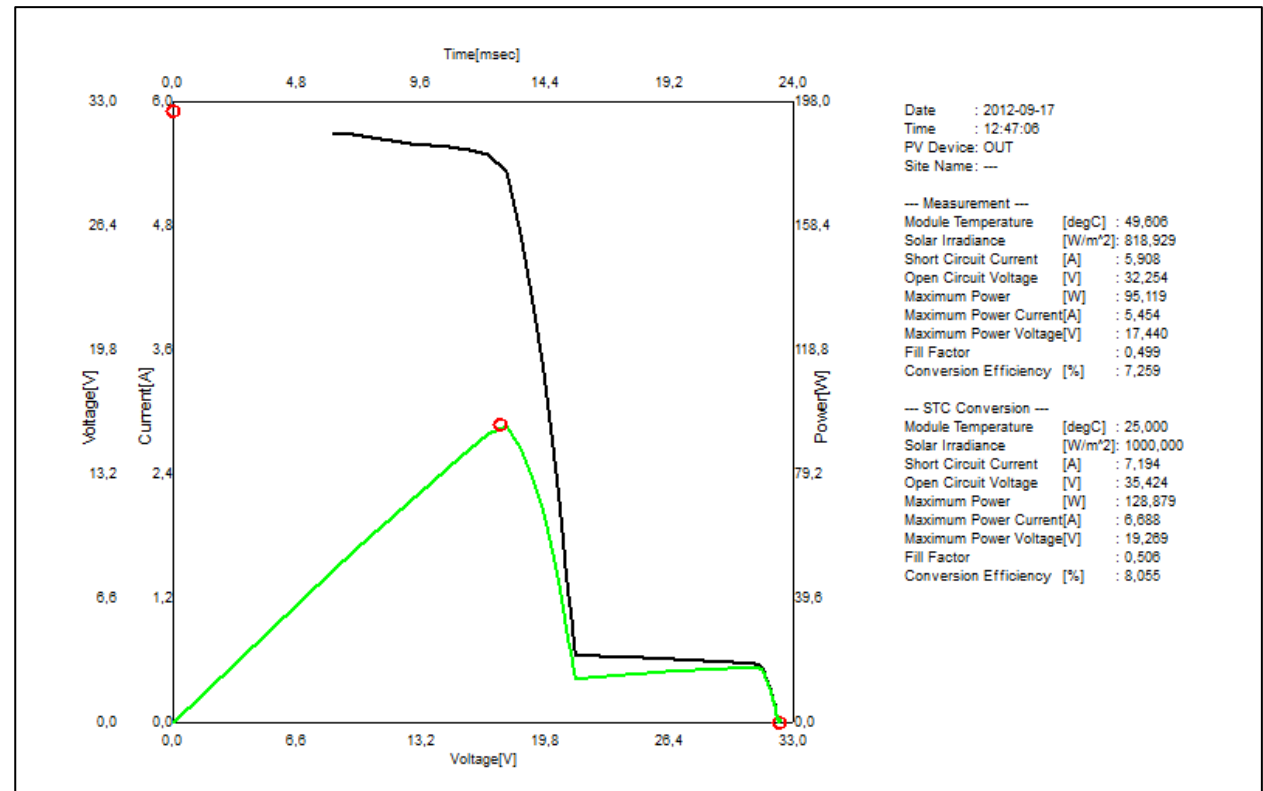


Widoczne pęknięcia struktury krystalicznej



Widoczny punkt o znacznie wyższej temperaturze tzw. „hot-spot”

Wyszukiwanie uszkodzeń metodami elektrycznymi



I-V Checker EKO MP 170 i uzyskana za jego pomocą charakterystyka zacienionego modułu PV
zdjęcie: EKO Instruments

Instalacje pilotażowe – dane pomiarowe z działających instalacji FASADA PV C3 AGH 1,92kWp

Dane pomiarowe - fasada PV C3 AGH 1,92kWp



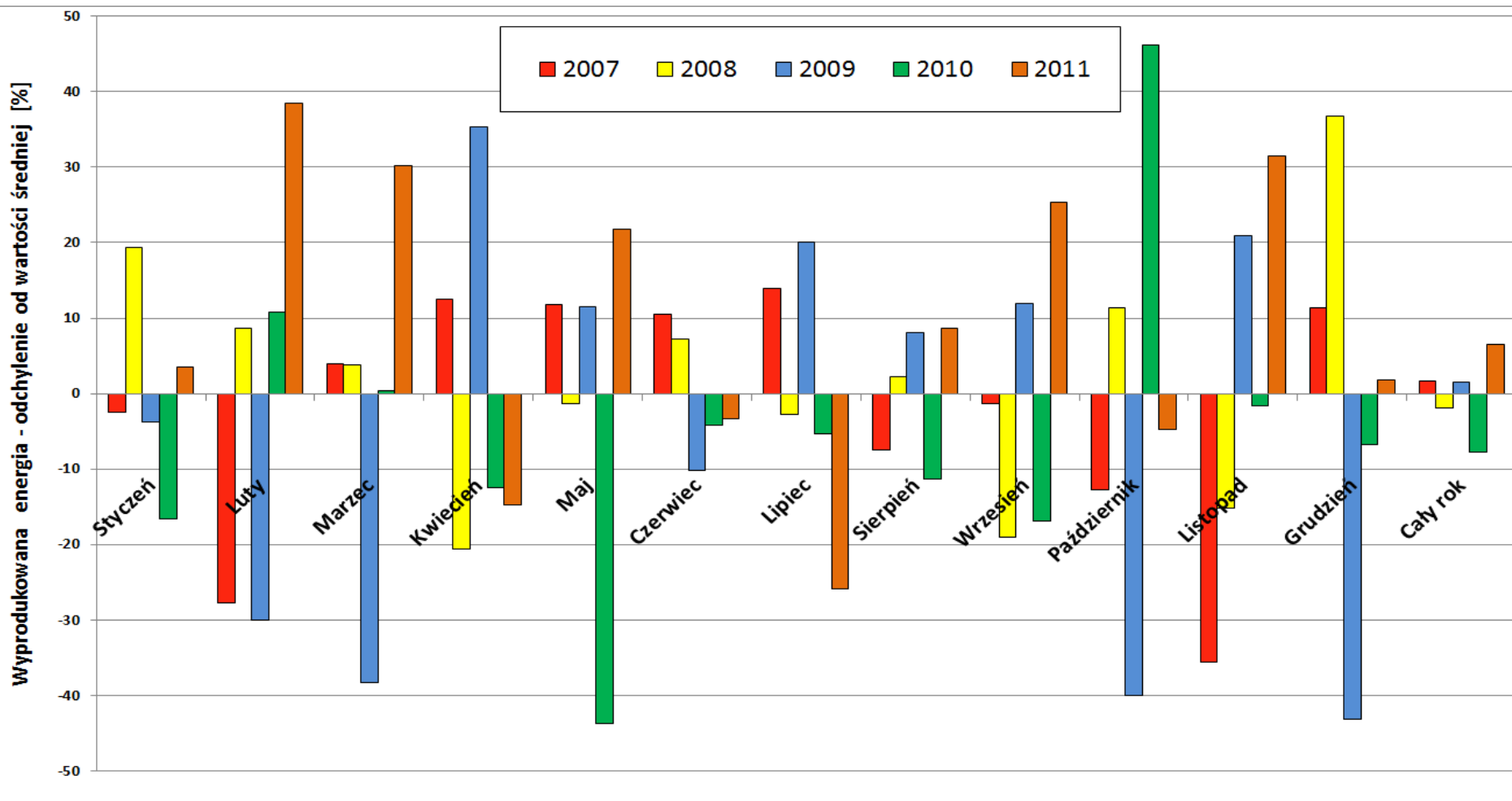
Azymut $20^{\circ}W$, pochylenie 60°

Instalacje pilotażowe – dane pomiarowe z działających instalacji FASADA PV C3 AGH 1,92kWp

	Średnia	2007	2008	2009	2010	2011	2007/śred.	2008/śred.	2009/śred.	2010/śred.	2011/śred.
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Styczeń	34.4	33.5	41.0	33.1	28.7	35.6	-2.5	19.3	-3.8	-16.6	3.5
Luty	61.1	44.1	66.4	42.8	67.7	84.6	-27.8	8.6	-30.0	10.8	38.4
Marzec	129.8	134.9	134.7	80.2	130.3	169.0	3.9	3.7	-38.2	0.4	30.2
Kwiecień	172.3	194.0	136.9	233.1	150.8	146.8	12.6	-20.6	35.3	-12.5	-14.8
Maj	159.6	178.6	157.4	178.0	89.8	194.5	11.9	-1.4	11.5	-43.8	21.8
Czerwiec	149.7	165.4	160.6	134.5	143.3	144.7	10.5	7.3	-10.1	-4.3	-3.3
Lipiec	163.7	186.6	159.1	196.6	155.0	121.2	14.0	-2.8	20.1	-5.3	-25.9
Sierpień	177.3	164.0	181.4	191.5	157.1	192.6	-7.5	2.3	8.0	-11.4	8.6
Wrzesień	138.2	136.3	111.9	154.6	114.8	173.3	-1.4	-19.0	11.9	-16.9	25.4
Październik	98.5	86.0	109.7	59.0	144.0	93.8	-12.7	11.4	-40.1	46.2	-4.7
Listopad	54.0	34.8	45.8	65.3	53.1	71.0	-35.6	-15.2	21.0	-1.6	31.5
Grudzień	21.5	23.9	29.4	12.2	20.0	21.9	11.4	36.8	-43.2	-6.8	1.8
Cały rok	1360.0	1381.8	1334.1	1380.9	1254.5	1448.9	1.6	-1.9	1.5	-7.8	6.5
Lato [%]	70.6	74.2	68.0	78.8	64.6	67.2					
Zima [%]	29.4	25.8	32.0	21.2	35.4	32.8					

**Średnio 708,3
kWh/kWp**

Instalacje pilotażowe – dane pomiarowe z działających instalacji FASADA PV C3 AGH





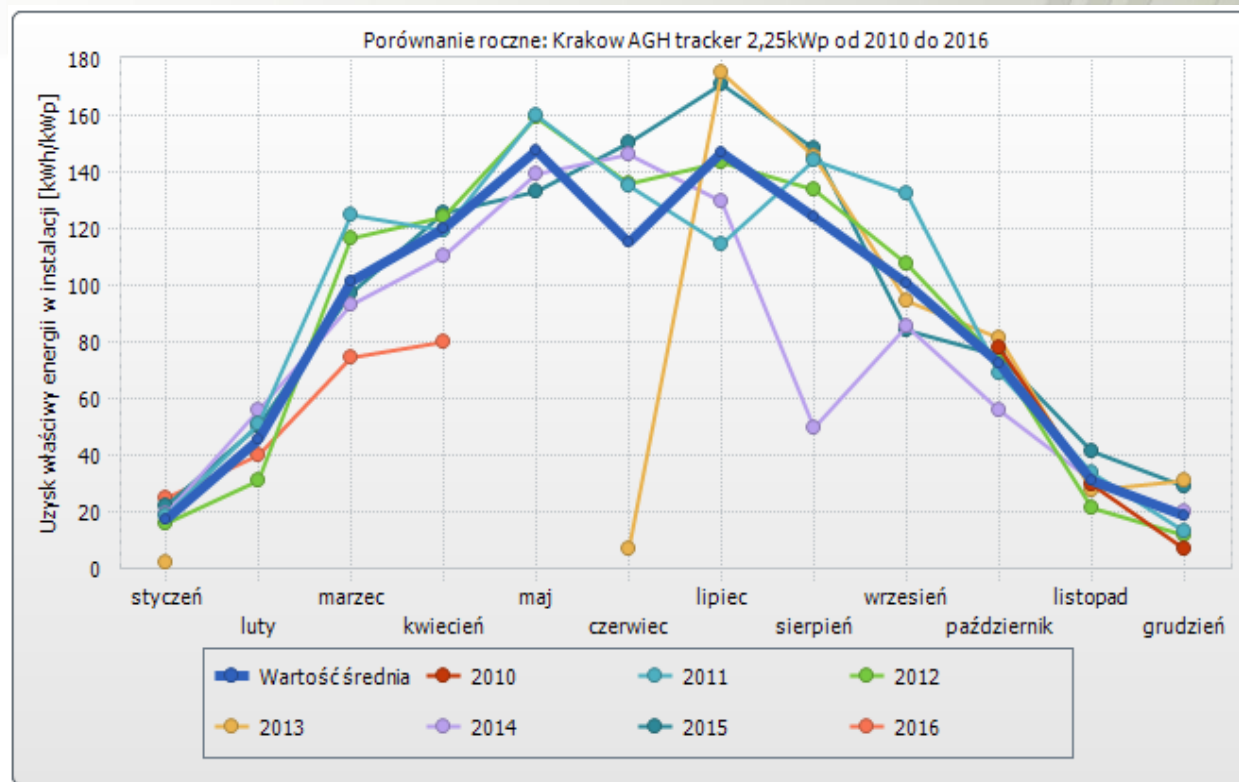
AGH

Instalacje pilotażowe – dwuosiowy tracker

2,25kWp AGH przy pawilonie B1



Instalacje pilotażowe – tracker 2,25kWp AGH przy pawilonie B1- dane pomiarowe



Uzysk własny energii w instalacji [kWh/kWp]

	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień	Suma
2010										77,86	29,59	6,56	114,01
2011	18,40	51,05	124,56	119,50	159,96	135,42	114,56	143,84	132,50	68,96	33,87	13,08	1115,70
2012	15,92	31,13	116,23	124,09	159,25	136,09	143,35	133,76	107,43	72,88	21,69	11,89	1073,71
2013	2,09					6,83	175,14	145,86	94,26	81,64	27,92	31,11	564,85
2014	19,65	56,11	93,31	110,64	139,06	146,52	129,50	49,72	85,38	56,19	31,13	19,73	936,94
2015	22,37	50,52	97,50	125,53	133,30	150,43	171,08	148,25	84,13	75,05	41,70	28,85	1128,70
2016	24,78	39,96	74,28	80,31									219,34
Wartość średnia	17,20	45,75	101,18	119,94	147,89	115,06	146,72	124,29	100,74	72,10	30,98	18,54	1040,39
Udział roczny	1,65%	4,40%	9,72%	11,53%	14,22%	11,06%	14,10%	11,95%	9,68%	6,93%	2,98%	1,78%	100,00%

Instalacje pilotażowe – trackery (2x675Wp) AGH dach pawilonu C-3

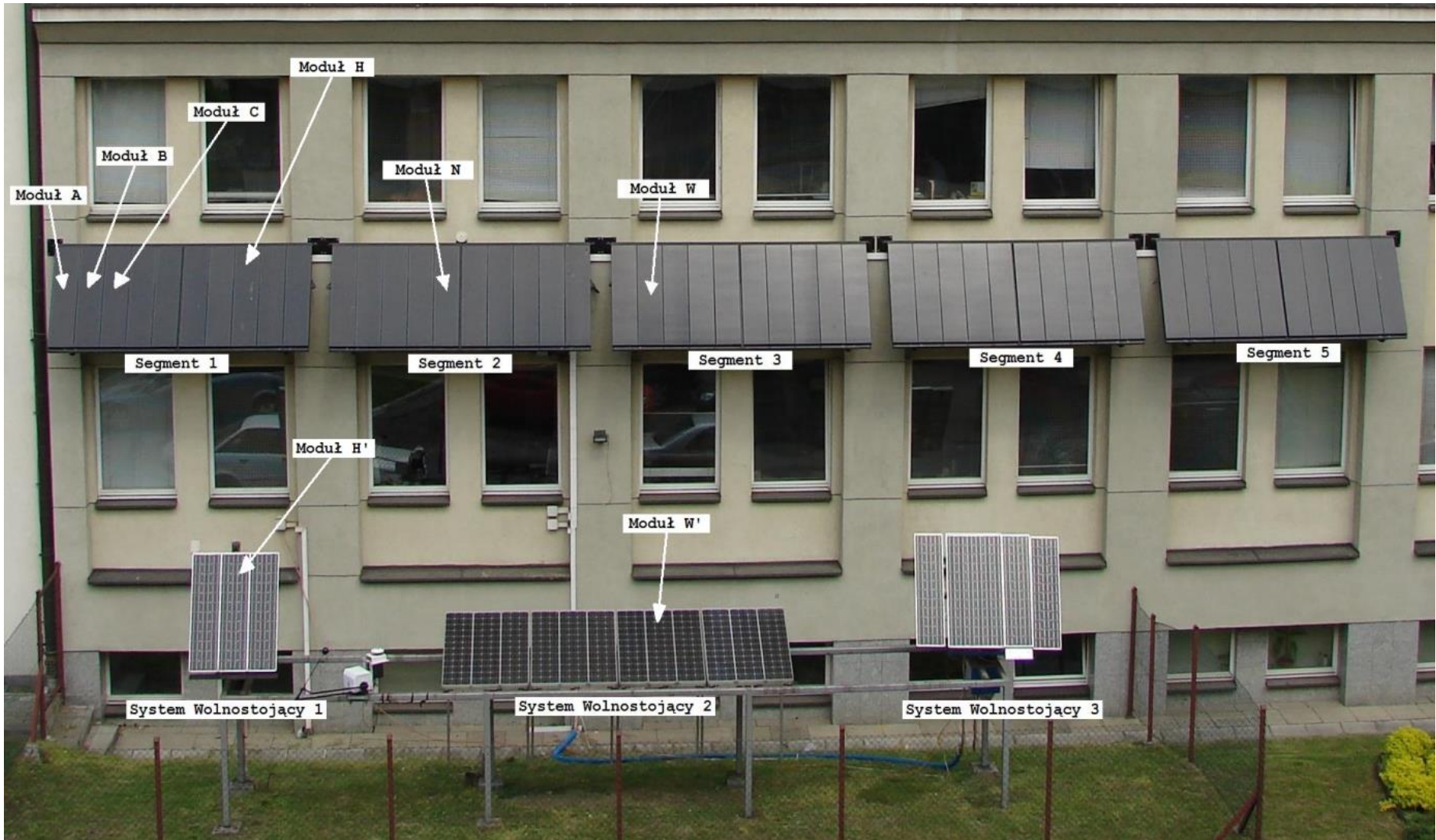


Przykład badań termograficznych

Zdjęcia, wykresy i opisy pochodzą z pracy magisterskiej oraz prezentacji przygotowanej na jej obronę:

Łukasz Głąb
„Termograficzne badania systemów
fotowoltaicznych” AGH 2010

BADANE SYSTEMY PV

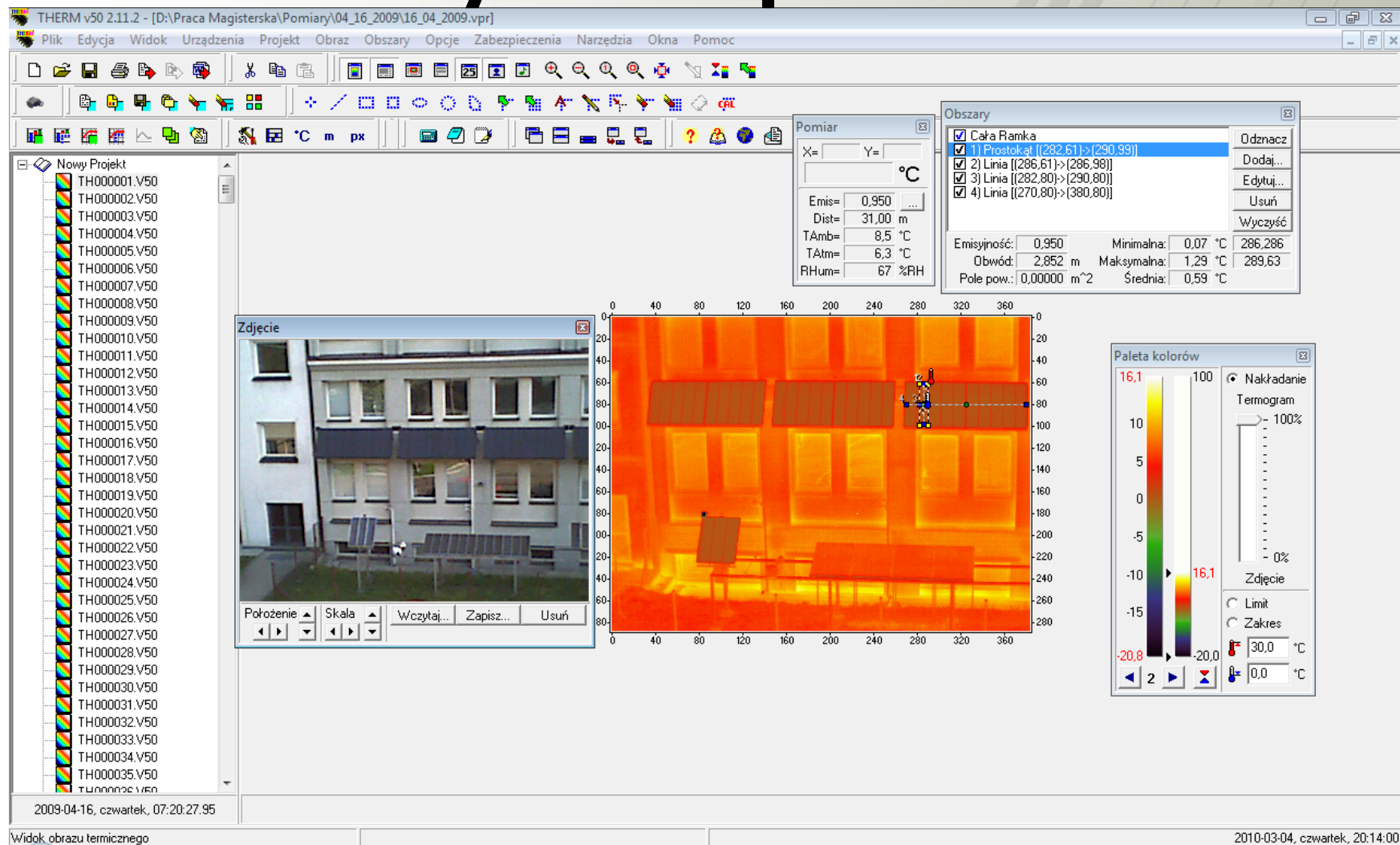


SPRZĘT POMIAROWY I STANOWISKO BADAWCZE



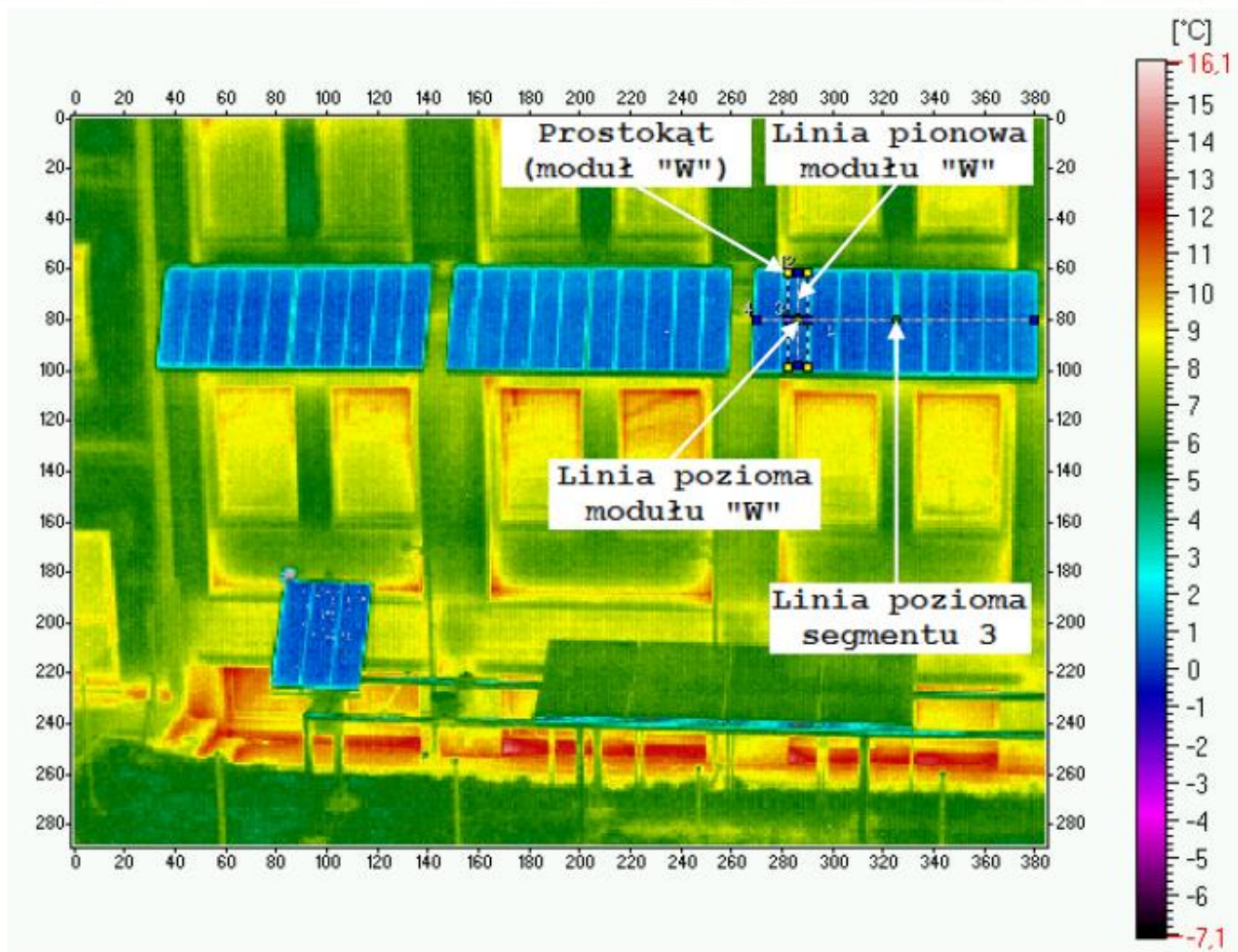
VigoCam v50

Oprogramowanie do analizy wyników pomiarów:

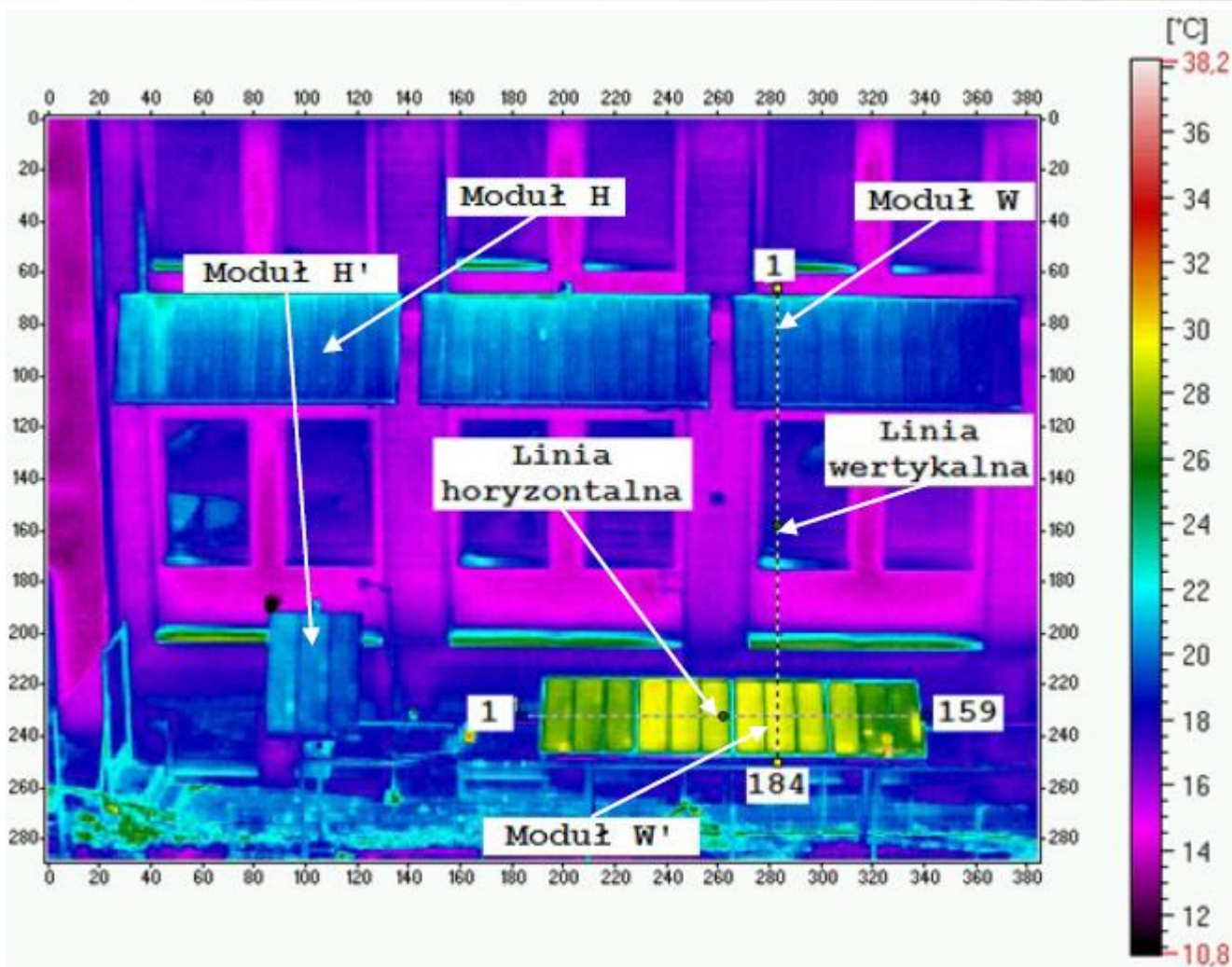


- Emisyjność
- Odległość
- Temperatura otoczenia
- Temperatura atmosfery
- Wilgotność względna

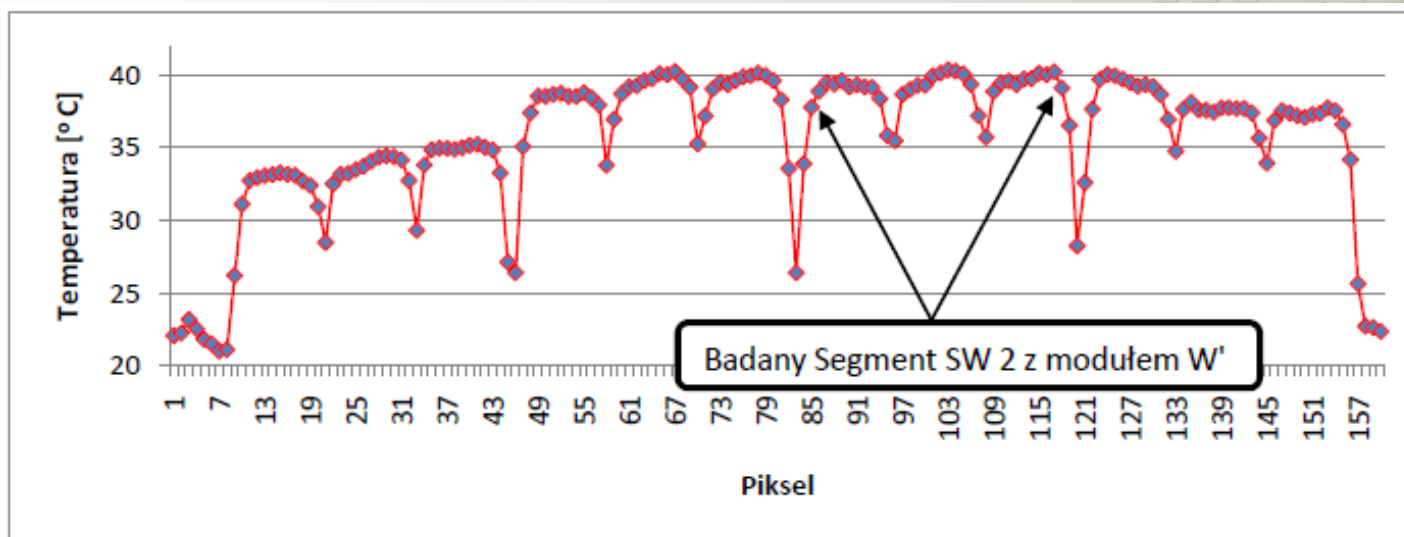
ROZKŁAD TEMPERATUR W MODULE I SEGMENTCIE



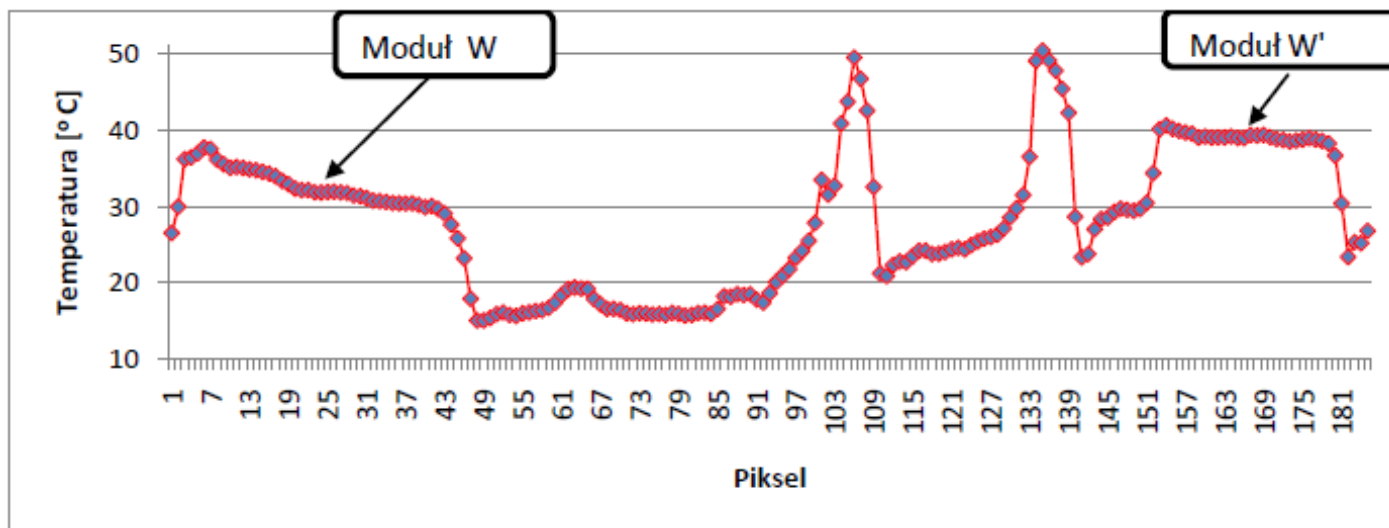
ROZKŁAD TEMPERATUR W SYSTEMACH WOLNOSTOJĄCYCH



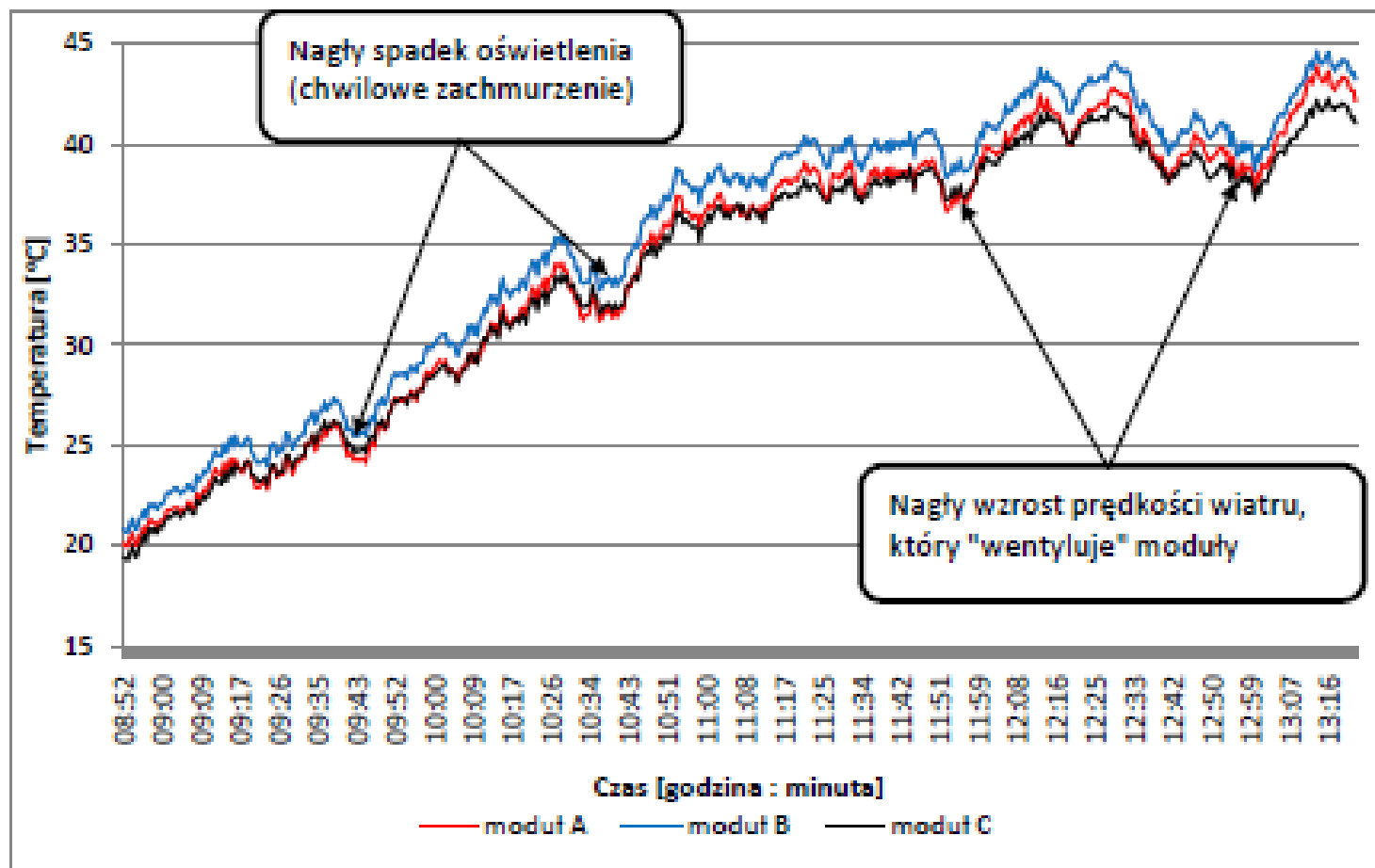
Wykres temperatury dla linii horyzontalnej



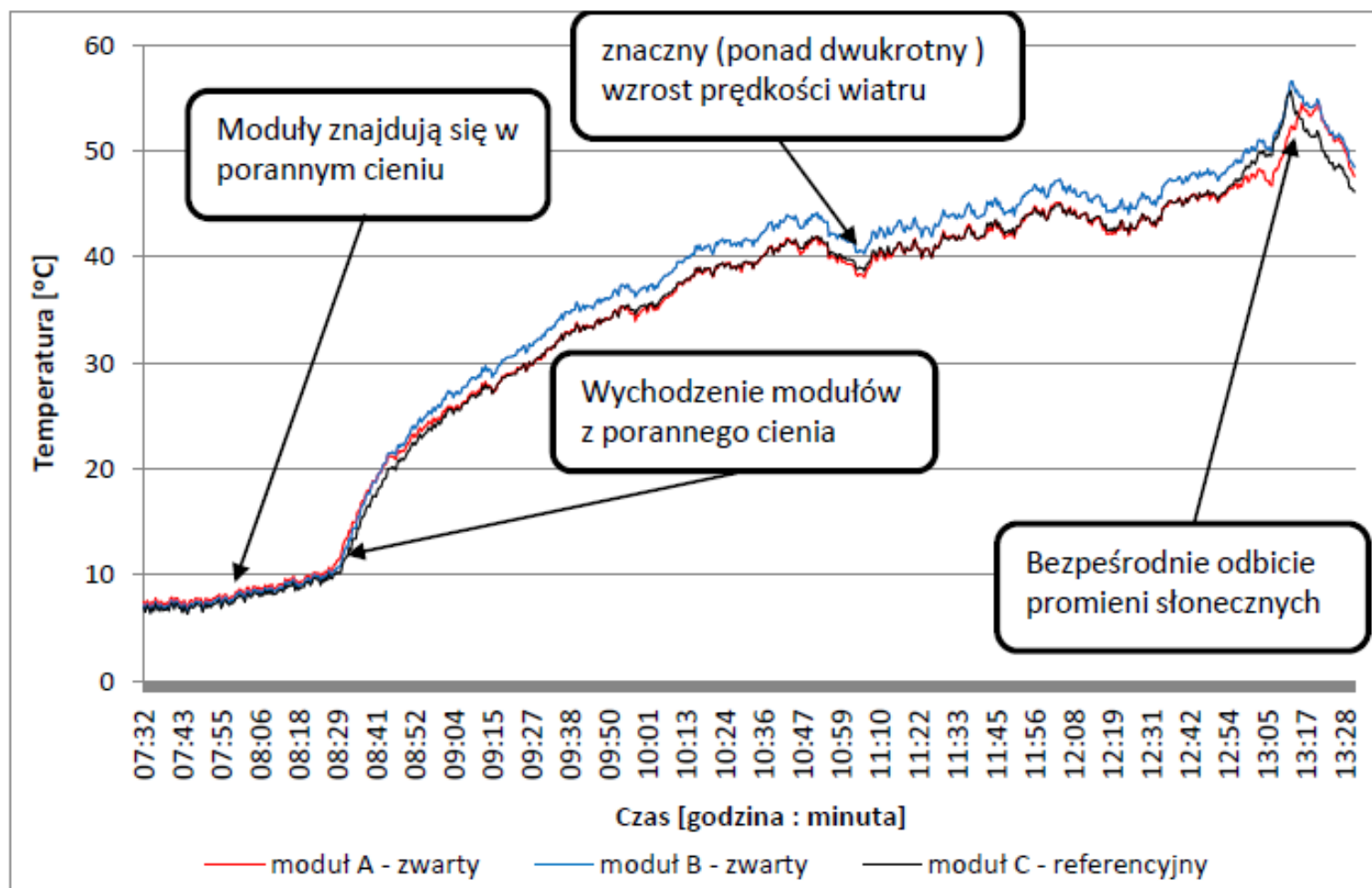
Wykres temperatury dla linii wertykalnej



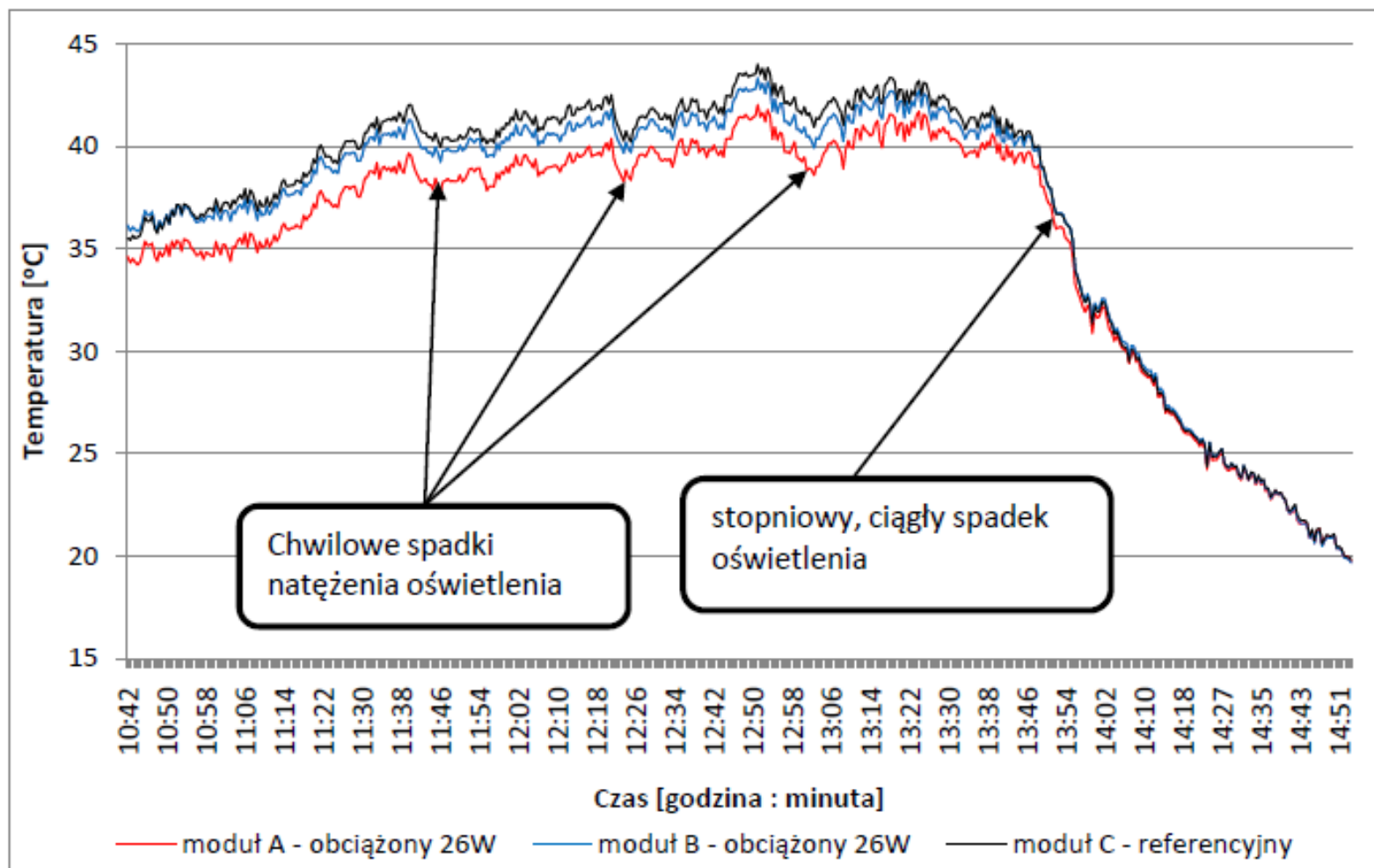
WPŁYW OBCIĄŻENIA MODUŁY ROZWARTE



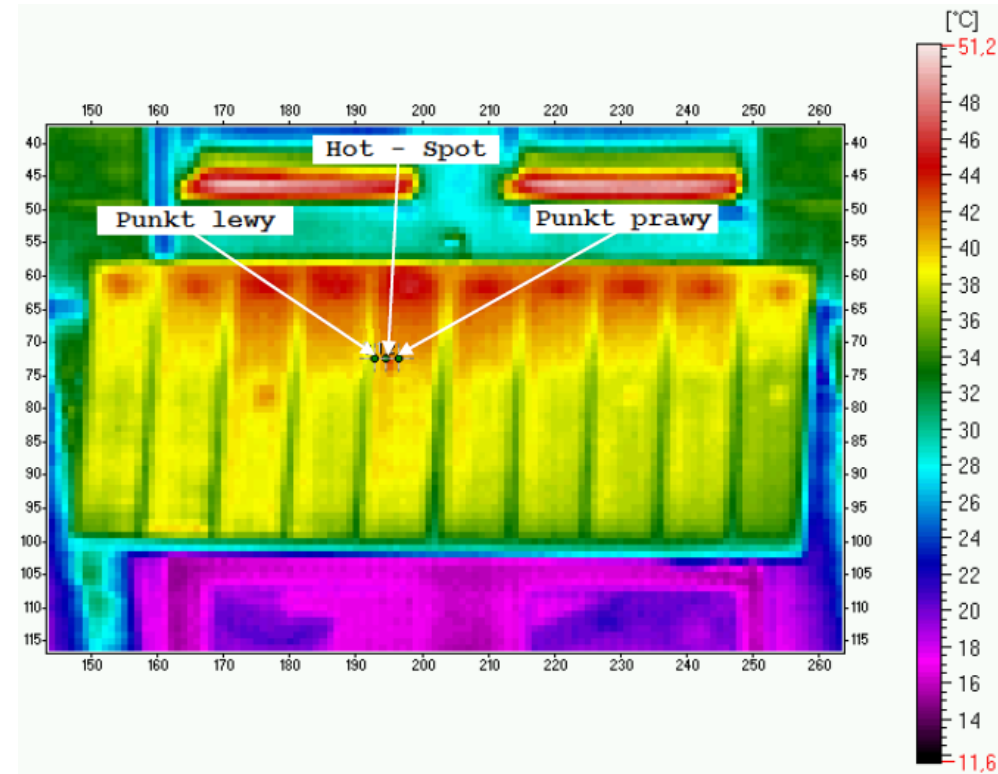
WPŁYW OBCIĄŻENIA MODUŁY ZWARTE



WPŁYW OBCIĄŻENIA MODUŁY OBCIĄŻONE

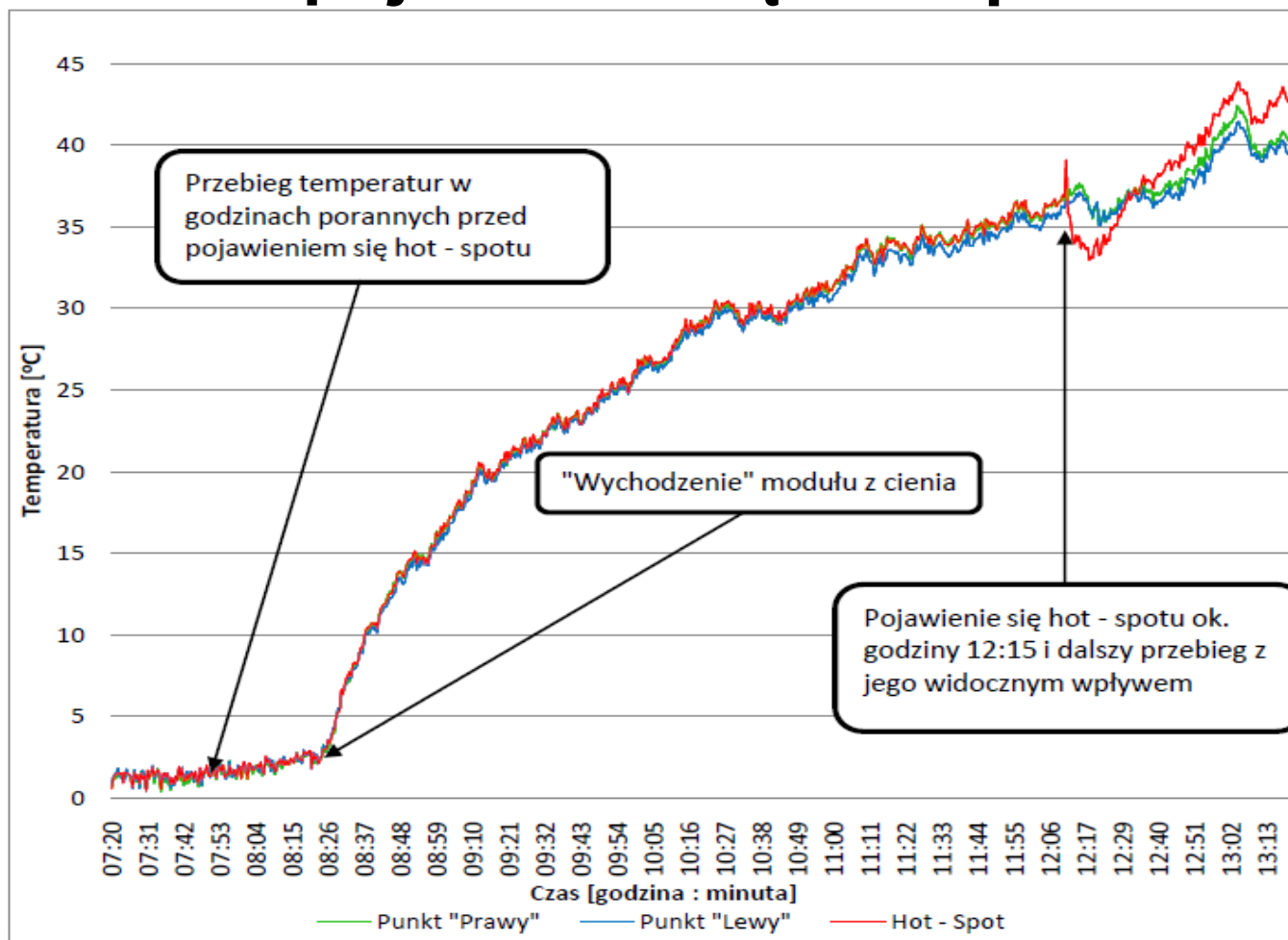


HOT - SPOT



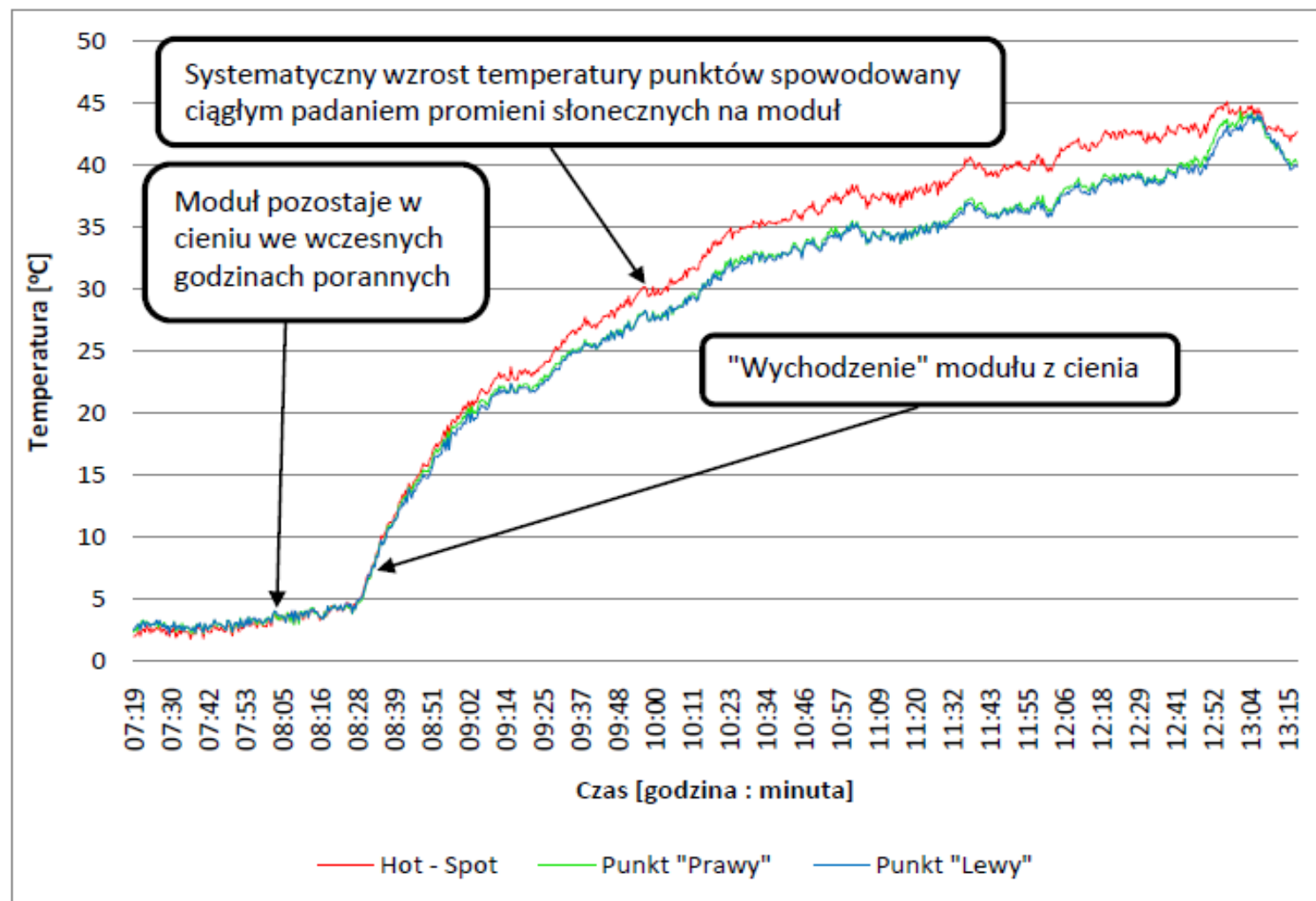
HOT - SPOT

Wykres temperatur z 16 kwietnia 2009 – pojawienie się hot-spotu



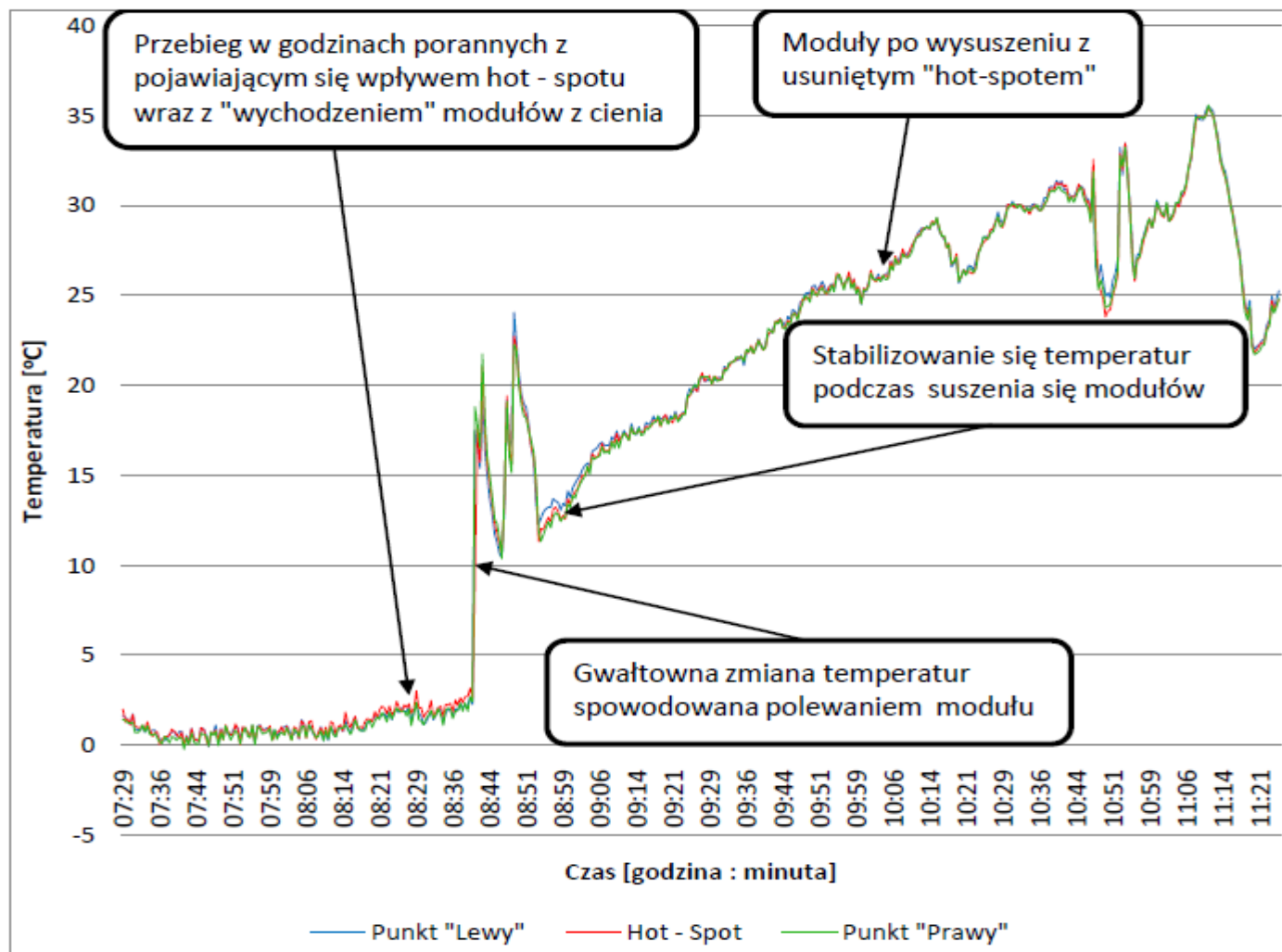
HOT - SPOT

Wykres temperatur z 21 kwietnia 2009 – wpływ hot-spotu



HOT - SPOT

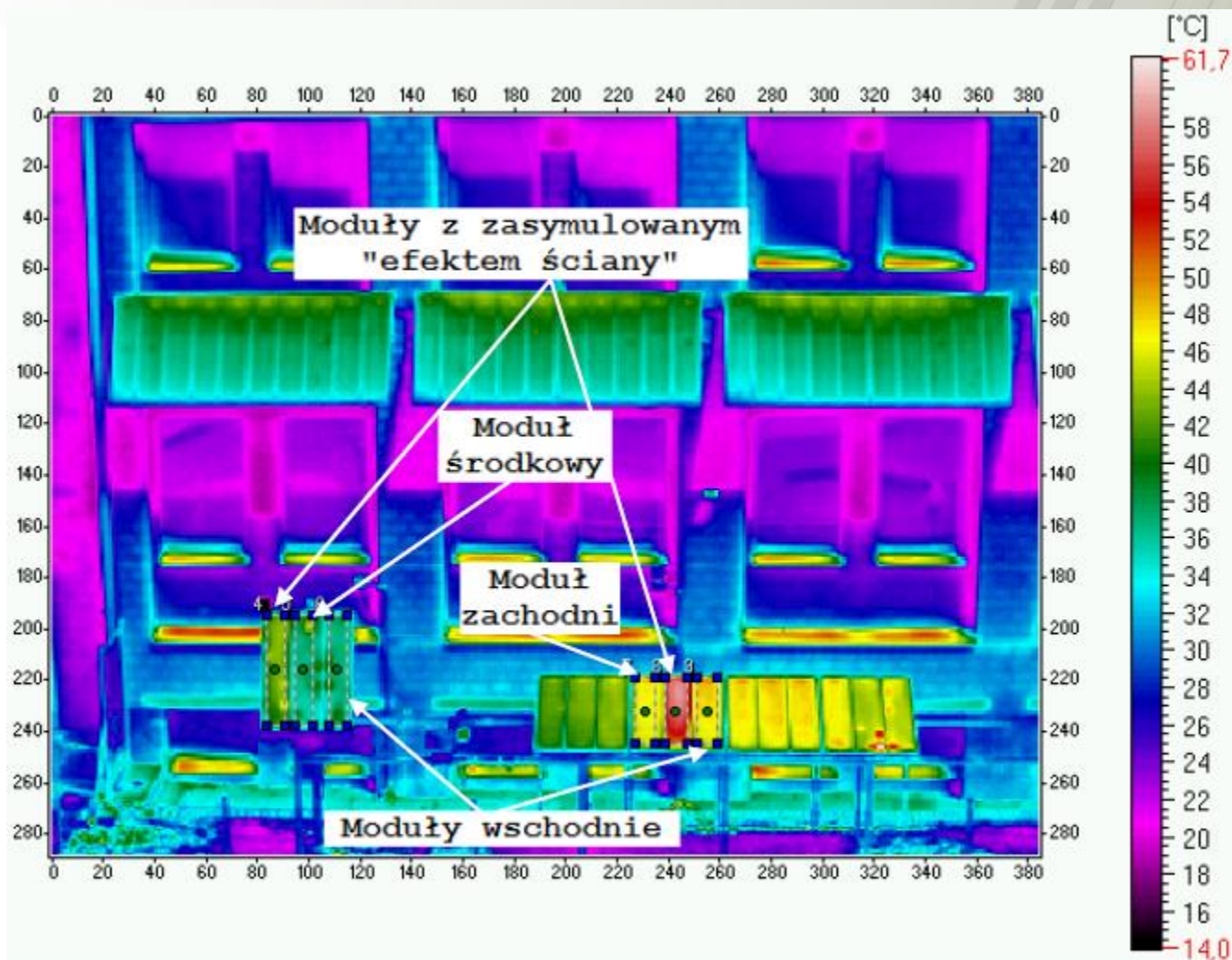
Wykres temperatur z 13 maja 2009 – usunięcie hot-spotu



EFEKT ŚCIANY

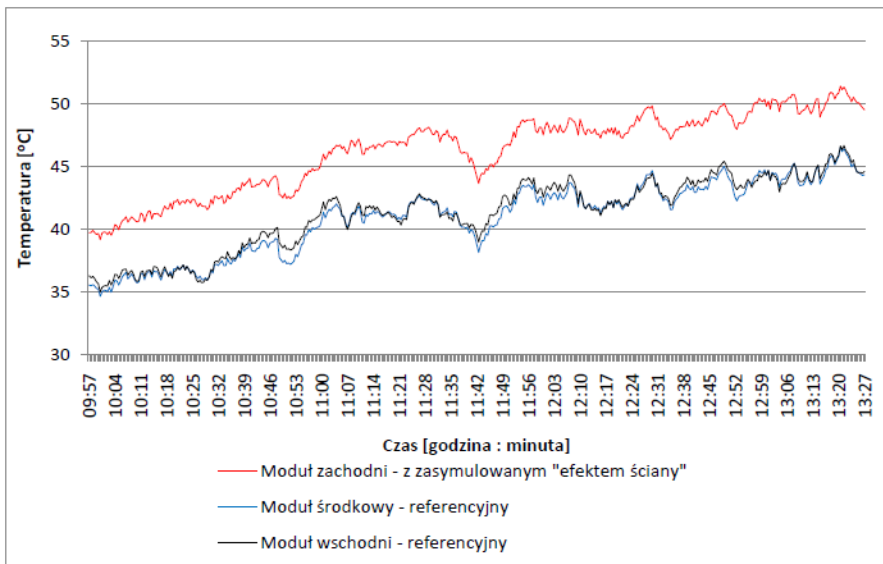


EFEKT ŚCIANY

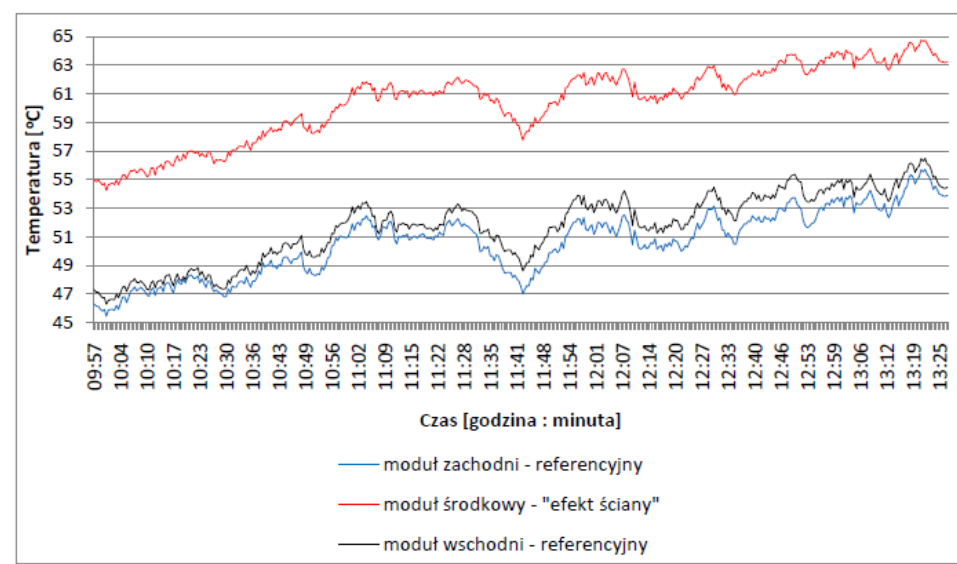


EFEKT ŚCIANY

Wykres średnich temperatur dla trzech modułów systemu wolnostojącego 1 z zasymulowanym „efektem ściany”

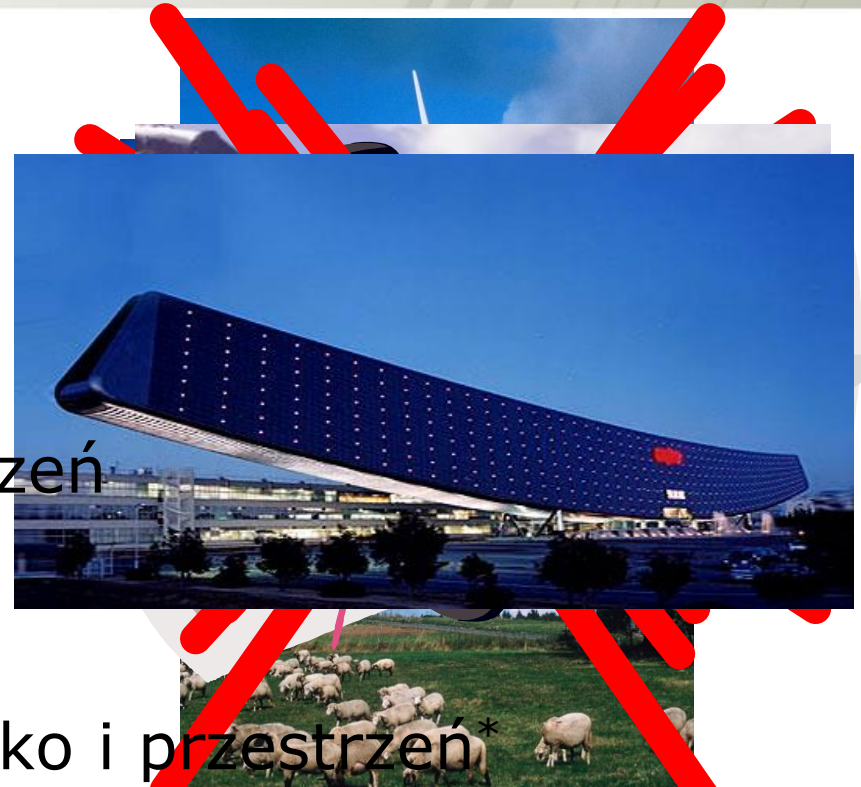


Wykres średnich temperatur dla trzech modułów systemu wolnostojącego 2 z zasymulowanym „efektem ściany”



Zalety fotowoltaki

- Nie emituje zanieczyszczeń
- Nie wytwarza hałasu
- Nie generuje wibracji
- Nie ingeruje w środowisko i przestrzeń*
- Łatwo ją zintegrować z budynkami
- Gwarancja parametrów paneli PV na 25 lat



Czy fotowoltaika potrzebuje wsparcia?

Pjongjang – Korea Północna



Zdjęcie:
PAP/EPA /
FRANCK
ROBICHON



Dziękuję za uwagę !!!

