



**II KONFERENCJA  
13-14 CZERWCA 2023 R., WARSZAWA  
PROSUMENT ENERGII ODNAWIALNEJ  
JAKO AKTYWNY UCZESTNIK  
SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO**



Organizator



Patronat medialny



<http://prosument.ptpiree.pl>







II Konferencja  
**PROSUMENT ENERGII ODNAWIALNEJ  
JAKO AKTYWNY UCZESTNIK  
SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO**  
13-14 CZERWCA 2023 R., WARSZAWA

Organizator



Patronat medialny



Materiały konferencyjne  
zostały przygotowane na podstawie  
składów komputerowych  
dostarczonych przez Autorów

Wydawca: Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej  
ul. Wołyńska 22, 60-637 Poznań  
tel. +48 61 846-02-00, fax +48 61 846-02-09  
www.ptpiree.pl e-mail: [ptpiree@ptpiree.pl](mailto:ptpiree@ptpiree.pl)

## SPIS TREŚCI

*Referaty zostały umieszczone w materiałach zgodnie z kolejnością nadsyłania*

<i>Nr sesji / Nr referatu</i>	<i>Tytuł</i>	<i>Strona</i>
1/2	<b>Prosument lokatorski i Grant OZE</b> <i>Andrzej Strzałkowski (Ministerstwo Rozwoju i Technologii) .....</i>	5
2/1	<b>Aktualny stan ilościowy/jakościowy w zakresie instalacji prosumenckich. Mikroinstalacja OZE okiem prosumenta</b> <i>Sebastian Brzozowski (PTPiREE) .....</i>	11
4/2	<b>Zmienność generacji mocy małych instalacjach fotowoltaicznych</b> <i>Grzegorz Wiczyński (Politechnika Poznańska) .....</i>	19
4/3	<b>Techniczne i prawne warunki aktywnego udziału prosumentów w funkcjonowaniu systemu energetycznego</b> <i>Zbigniew Krzemiński (MMB Drives Sp. z o.o.) .....</i>	29
5/2	<b>Certyfikacja urządzeń wytwórczych od zaplecza: Wnioski z 4-letnich doświadczeń certyfikacji NC RfG w Polsce</b> <i>Artur Zbroński (DNV Poland Sp. z o.o.) .....</i>	45
5/3	<b>Banki nastaw inwerterów współpracujących z modułami wytwarzania typu A i B</b> <i>Marcin Habrych (Politechnika Wroclawska) .....</i>	53



## PROSUMENT LOKATORSKI I GRANT OZE

Andrzej Strzałkowski (Ministerstwo Rozwoju i Technologii)



### Prosument energii odnawialnej (indywidualny) a prosument lokatorski

#### Prosument energii odnawialnej (indywidualny):

- 1) Jest odbiorcą końcowym
- 2) Wytwarza energię elektryczną wyłącznie z odnawialnych źródeł energii (OZE)
- 3) Wytwarza energię elektryczną na własne potrzeby
- 4) Wytwarzana przez niego energia elektryczną pochodzi z **mikroinstalacji (do 50 kW)**
- 5) W przypadku prowadzenia przez niego biznesu, wytwarzanie energii elektrycznej nie stanowi przedmiotu przeważającej działalności gospodarczej (określonej zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 40 ust. 2 ustawy z dnia 29 czerwca 1995 r. o statystyce publicznej)

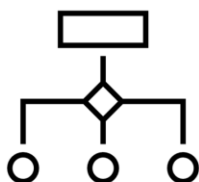


#### Prosument lokatorski to nie nowy rodzaj prosumenta a prosument indywidualny, który dodatkowo spełnia warunki:

- 6) Mikroinstalacja przyłączona za układem pomiarowo-rozliczeniowym części wspólnej budynku wielolokalowego
- 7) Mikroinstalacja **umiejscowiona na tym budynku wielolokalowym**
- 8) Moc mikroinstalacji nie większa niż moc przyłączeniowa całego budynku (części wspólnej i lokalowej razem)
- 9) Budynek ma przeważającą funkcję mieszkalną

2

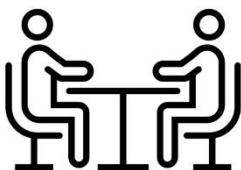
## Jak rozliczany będzie prosument lokatorski?



- 1) Energia wytworzona i zużyta w ciągu tej samej godziny jest traktowana jako autokonsumpcja, a tym samym nie uiszcza się za nią ceny energii i opłat dystrybucyjnych zmiennych
- 2) Energia wprowadzona do sieci (nadwyżka w ciągu godziny) jest przeliczana na wartość pieniężną po miesięcznej cenie hurtowej (od 1 lipca 2024 r. po cenie godzinowej), a wartość ta jest zapisywana na koncie prosumenta jako depozyt prosumencki
- 3) Na koniec okresu rozliczeniowego całość środków z depozytu prosumenckiego jest przekazywana przez sprzedawcę na wskazany rachunek bankowy
- 4) Wyplacone środki można przeznaczyć **wyłącznie na**:
  - a) rozliczenie zobowiązań przez prosumenta z tytułu **zakupu energii elektrycznej** i/lub
  - b) **obniżenie opłat** (np. na fundusz remontowy, energia elektryczna, ciepło, gaz, administracja, sprząatanie) związanych z lokalami mieszkalnymi w budynku, na którym jest umiejscowiona instalacja OZE i/lub
  - c) obniżenie opłat związanych z lokalami mieszkalnymi w **innych budynkach** o przeważającej funkcji mieszkalnej, których części wspólne są zarządzane przez tego prosumenta

3

## Kiedy prosument lokatorski wejdzie w życie, kto może nim zostać i jak?

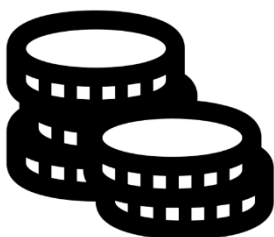


- Przepisy są już gotowe i znajdują się na końcowym etapie prac w rządzie, mamy nadzieję, że prosument lokatorski wejdzie w życie **w ciągu najbliższych miesięcy**
- Może nim zostać **każdy, kto spełnia warunki** prosumenta energii odnawialnej (indywidualnego) oraz dodatkowe warunki prosumenta lokatorskiego (pierwszy slajd)
- Można nim zostać **niezależnie od czasu przyłączenia mikroinstalacji**, czyli zarówno przyłączone w przeszłości, które zostaną przyłączone przed wejściem w życie przepisów i które zostaną przyłączone po ich wejściu w życie
- Należy złożyć wniosek do sprzedawcy energii
- Sprzedawca zmienia formę rozliczeń **najpóźniej od drugiego miesiąca po miesiącu, w którym złożono wniosek**
- Zawsze można powrócić do standardowych rozliczeń prosumenta indywidualnego
- **Do czasu złożenia wniosku** zgromadzone środki depozytu będą rozliczane na standardowych zasadach dla innych prosumentów indywidualnych

4



## Refinansowanie z Grantu OZE – wstępne informacje



- Refinansowanie **wynosi 50%** wartości inwestycji netto (**bez VAT**)
- Jest pomniejszane o udział w powierzchni użytkowej innej niż służąca celom mieszkalnym lub wykonywania zadań przez organy administracji publicznej
- Refinansowanie nie jest zależne od formy rozliczeń, tzn. można być np. prosumentem indywidualnym, lokatorskim, zbiorowym, **ale nie trzeba**
- Przysługuje na inwestycje nierozpoczęte, czyli co do których nie dokonano żadnych płatności, **nie licząc analiz i przygotowania dokumentacji. Można już wcześniej podpisać umowy**
- Przysługuje na zasadzie refinansowania, czyli po złożeniu wniosku i pozytywnej decyzji realizuje się inwestycje za swoje środki, a następnie otrzymuje zwrot
- Do czasu uzyskania zwrotu instalację można sfinansować **np. z funduszu remontowego**

5

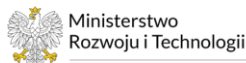
## Refinansowanie z Grantu OZE – warunki



- 1) inwestorem jest **właściciel lub zarządca budynku wielorodzinnego**;
- 2) przedmiotem przedsięwzięcia jest:
  - a) zakup, montaż lub budowa nowej instalacji odnawialnego źródła energii lub
  - b) modernizacja instalacji odnawialnego źródła energii, w wyniku której zainstalowana moc instalacji wzrośnie o co najmniej 25%;
- 3) w instalacji odnawialnego źródła energii jest wytwarzana energia na potrzeby budynku, o którym mowa w pkt 1;
- 4) przedsięwzięcie nie wyrządza poważnych szkód dla celów środowiskowych.
- 5) Do kosztów przedsięwzięcia, o którym mowa w ust. 1, wlicza się koszt **infrastruktury niezbędnej do funkcjonowania instalacji odnawialnego źródła energii**
- 6) Do kosztów **można wliczyć magazyn energii elektrycznej**, jako, że jest on częścią instalacji OZE zgodnie z definicją. **Pompa ciepła to również instalacja OZE**
- 7) Moc instalacji do refinansowania **nie jest ograniczona**, jednak **ograniczenia występują w przypadku chęci skorzystać z konkretnej formy rozliczeń**:
  - a) prosument indywidualny, w tym lokatorski – do 50 kW
  - b) prosument zbiorowy – do 1 MW

Można jednak rozważyć, przy uzgodnieniu z operatorem sieci dystrybucyjnej, zamontowanie na dachu generatorów OZE o mocy powyżej 50 kW, jednakże przyłączyć je **jako odrębne mikroinstalacje, do odrębnych punktów poboru energii**

6



## Warto mieć na uwadze przepisy o zwolnieniach podatkowych:



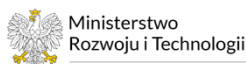
Art. 17 ust. 1 pkt 44 ustawy z dnia 15 lutego 1992 r. o podatku dochodowym od osób prawnych. Stanowi on, że **wolne od podatku są:**

- „44) dochody spółdzielni mieszkaniowych, wspólnot mieszkaniowych, społecznych inicjatyw mieszkaniowych, товариств будownицтва спoлeчнoгo, samorządowych jednostek organizacyjnych prowadzących działalność w zakresie gospodarki mieszkaniowej oraz społecznych agencji najmu, o których mowa w art. 22a ust. 1 ustawy z dnia 26 października 1995 r. o społecznych formach rozwoju mieszkalnictwa (Dz. U. z 2021 r. poz. 2224 oraz z 2022 r. poz. 807 i 1561), uzyskane z gospodarki zasobami mieszkaniowymi – w części przeznaczonej na cele związane z utrzymaniem tych zasobów, z wyłączeniem dochodów uzyskanych z innej działalności gospodarczej niż gospodarka zasobami mieszkaniowymi;”.

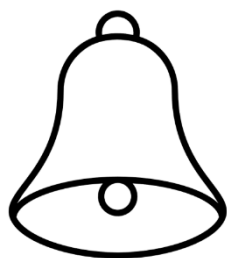
Par 5 ust. 1 rozporządzenia Ministra Finansów, Funduszy i Polityki Regionalnej z dnia 28 czerwca 2021 r. w sprawie zwolnień od podatku akcyzowego (Dz. U. poz. 1178, 2501 i 2851):

- „Zwalnia się od akcyzy zużycie energii elektrycznej przez podmiot, który wyprodukował ją z generatorów o łącznej mocy nieprzekraczającej 1 MW, z tym że w przypadku jednostki samorządu terytorialnego produkującej energię elektryczną z odnawialnych źródeł energii w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. z 2022 r. poz. 1378, 1383, 2370 i 2687) łączna moc generatorów jest ustalana odrębnie dla każdej z jednostek organizacyjnych jednostki samorządu terytorialnego w rozumieniu art. 16 ust. 7b ustawy.”.

7



## Zwolnienie z obowiązku uzyskania pozwolenia na budowę i zgłoszenia



- Projekt UC99 Ministerstwa Klimatu i Środowiska przewiduje, że przepis art. 29 w ust. 4 w pkt 3 w lit. c Prawa budowlanego stanowić będzie, że nie wymaga pozwolenia na budowę ani zgłoszenia instalowanie:
- „pomp ciepła, wolno stojących kolektorów słonecznych, urządzeń fotowoltaicznych o mocy zainstalowanej elektrycznej **nie większej niż 150 kW** z zastrzeżeniem, że do urządzeń fotowoltaicznych o mocy zainstalowanej elektrycznej **większej niż 6,5 kW stosuje się obowiązek uzgodnienia z rzeczoznawcą** do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej, zwany dalej „uzgodnieniem pod względem ochrony przeciwpożarowej”, projektu tych urządzeń oraz **zawiadomienia organów Państwowej Straży Pożarnej**, o którym mowa w art. 56 ust. 1a.”.

8



Dziękuję za uwagę! 😊

**Andrzej Strzałkowski**

Główny specjalista

e-mail: [Andrzej.Strzalkowski@mrit.gov.pl](mailto:Andrzej.Strzalkowski@mrit.gov.pl)

Wydział Energetyki Prosumenckiej i Rozproszonej

**Departament Gospodarki Niskoemisyjnej**

---

 <https://www.gov.pl/web/development-technology>  
 [www.twitter.com/mrpit\\_gov\\_pl](https://twitter.com/mrpit_gov_pl)  
 [www.facebook.com/MRPITGOVPL](https://www.facebook.com/MRPITGOVPL)  
 [www.youtube.com/MRPIT\\_GOV\\_PL](https://www.youtube.com/MRPIT_GOV_PL)  
 [www.linkedin.com/company/mrpit\\_gov\\_pl](https://www.linkedin.com/company/mrpit_gov_pl)  
 [www.instagram.com/ministerstworozwoju](https://www.instagram.com/ministerstworozwoju)

9



## MIKROINSTALACJA OZE OKIEM PROSUMENTA

Andrzej Strzałkowski (Ministerstwo Rozwoju i Technologii)

PTPiREE

II Konferencja  
Prosument energii odnawialnej  
jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
13-14 czerwca 2023 r.

Okiem prosumenta  
– doświadczenia z eksploatacji  
własnej instalacji PV

**Sebastian Brzozowski**  
Polskie Towarzystwo Przesyłu  
i Rozdziału Energii Elektrycznej

**PROSUMENT**

PTPiREE

PTPiREE

II Konferencja  
Prosument energii odnawialnej  
jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
13-14 czerwca 2023 r.

Mikroinstalacje w Polsce  
– stan ilościowy i jakościowy  
(stan na 31 marca 2023 r.)

**1.243.281**  
mikroinstalacji OZE

Łączna ilość mikroinstalacji przyłączonych przez OSD - cykl kwartalny

Quarter	Number of Micro-installations
30 CZERWIEC 2017	21 458
30 WZIEŚNIĄC 2017	25 336
31 GRUDNIA 2017	28 778
31 MARCIA 2018	31 657
30 CZERWCA 2018	36 431
30 WZIEŚNIĄC 2018	44 696
31 GRUDNIA 2018	54 217
31 MARCIA 2019	65 376
30 CZERWCA 2019	85 623
30 WZIEŚNIĄC 2019	106 117
31 GRUDNIA 2019	154 426
31 MARCIA 2020	186 265
30 CZERWCA 2020	263 343
30 WZIEŚNIĄC 2020	356 866
31 GRUDNIA 2020	457 598
31 MARCIA 2021	521 599
30 CZERWCA 2021	601 713
30 WZIEŚNIĄC 2021	712 888
31 GRUDNIA 2021	853 958
31 MARCIA 2022	1006 775
30 CZERWCA 2022	1121 375
30 WZIEŚNIĄC 2022	1176 752
31 GRUDNIA 2022	1210 299
31 MARCIA 2023	1243 281

PTPiREE

PTPiREE

II Konferencja  
**Prosument energii odnawialnej**  
 jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
 13-14 czerwca 2023 r.

Mikroinstalacje w Polsce  
 – stan ilościowy i jakościowy  
 (stan na 31 marca 2023 r.)

**9.640,4 MW**  
 moc mikroinstalacji OZE

Łączna moc mikroinstalacji przyłączonych przez OSD - cykl kwartalny

Okres	Moc [MW]
30 CZERWIEC 2017	139,3
30 WRZEŚNIĄ 2017	161,6
31 MARC 2018	183,0
30 CZERWIEC 2018	202,3
30 WRZEŚNIĄ 2018	235,9
31 MARC 2019	288,5
30 CZERWIEC 2019	342,9
30 WRZEŚNIĄ 2019	415,3
31 MARC 2020	552,6
30 CZERWIEC 2020	684,8
31 GRUDZIA 2020	992,0
31 MARC 2021	1 205,7
30 CZERWIEC 2021	1 734,1
30 WRZEŚNIĄ 2021	2 358,1
31 GRUDZIA 2021	3 010,0
30 CZERWIEC 2022	3 483,5
31 GRUDZIA 2022	4 075,5
31 MARC 2023	4 918,5
30 CZERWIEC 2022	6 070,6
31 GRUDZIA 2022	7 336,0
30 CZERWIEC 2022	8 350,1
31 MARC 2023	8 878,8
31 GRUDZIA 2022	9 254,0
31 MARC 2023	9 640,4

PTPiREE

PTPiREE

II Konferencja  
**Prosument energii odnawialnej**  
 jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
 13-14 czerwca 2023 r.

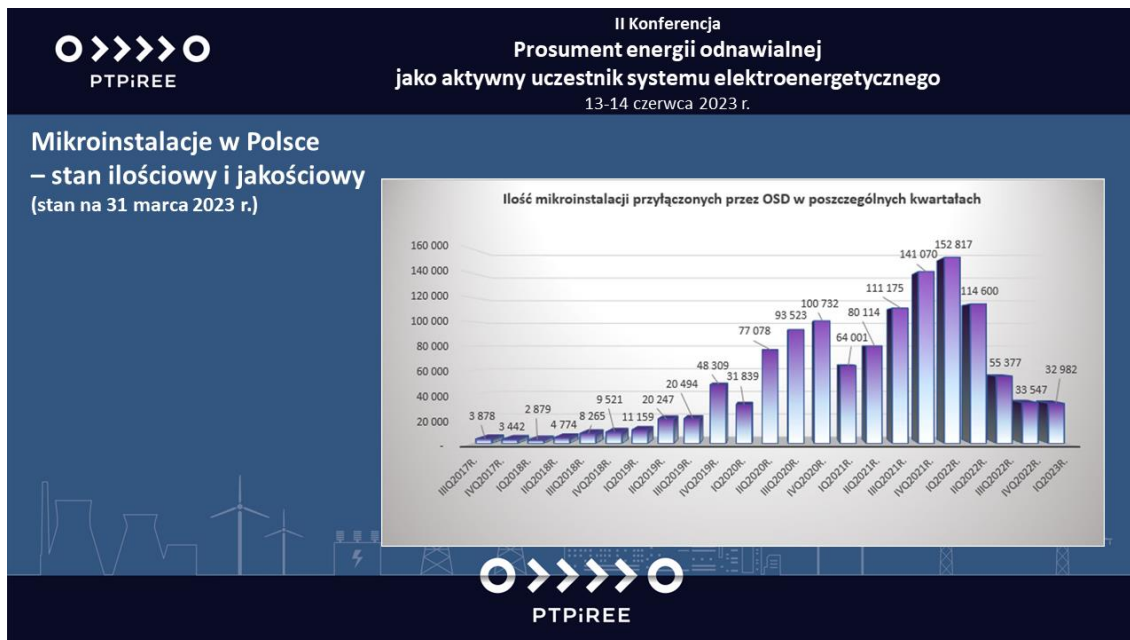
Mikroinstalacje w Polsce  
 – stan ilościowy i jakościowy  
 (stan na 31 marca 2023 r.)

**11,71 kW**  
 średnia moc mikroinstalacji przyłączonej do sieci w marcu 2023 r.

Średnia moc przyłączonych mikroinstalacji

Okres	Moc [kW]
2018	6,45
2019	6,52
2020	6,68
2021	7,62
2022	7,62
Q1 2023	9,68
IIQ 2023	7,09
IIIQ 2023	7,64
IVQ 2023	7,58
IQ 2023	8,17
IIQ 2023	8,28
IIIQ 2023	8,85
IVQ 2023	9,55
Q1 2023	11,18
Q2 2023	11,71
PAŹDZIERNIK 2021	8,31
LISTOPAD 2021	8,01
GRUDZIEŃ 2021	8,19
STYCZEŃ 2022	8,39
LUTY 2022	8,16
MARZEC 2022	8,30
KWIECIEŃ 2022	8,73
MAJ 2022	8,38
CZERWIEC 2022	10,32
LIPIEC 2022	8,70
SIERPIEŃ 2022	8,80
WRZEŚNIĄ 2022	11,83
PAŹDZIERNIK 2022	9,79
LISTOPAD 2022	10,96
GRUDZIEŃ 2022	13,83
STYCZEŃ 2023	10,39
LUTY 2023	11,01
MARZEC 2023	13,05

PTPiREE



PTPiREE

II Konferencja  
**Prosument energii odnawialnej**  
 jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
 13-14 czerwca 2023 r.

**Mikroinstalacje w Polsce – stan ilościowy i jakościowy**  
 (stan na 31 marca 2023 r.)

- Po pierwszym kwartale 2022 r. (zmiana zasad rozliczeń prosumentów z net metering na net billing) widać gwałtowne przyhamowanie w zakresie przyłączania nowych mikroinstalacji do sieci.
- Mimo zmniejszenia ilości nowych przyłączeń stale rośnie średnia moc mikroinstalacji przyłączonej do sieci: jest to spowodowane z jednej strony zwiększaniem wielkości mikroinstalacji przez dotychczasowych prosumentów jak i zniesieniem bariery wielkości 10 kW mikroinstalacji przy której zmniejszeniu ulegał współczynnik rozliczania energii zmagazynowanej w sieci.
- Popularność pomp ciepła jako źródeł ogrzewania może spowodować dalsze zwiększanie mocy mikroinstalacji przyłączanych do sieci. Niestety, zapotrzebowanie na energię elektryczną pompy ciepła nie występuje w momencie kiedy mikroinstalacja wytwarza energię elektryczną - stąd zapewne nastąpi spadek wskaźnika autokonsumpcji w mikroinstalacjach OZE.

PTPiREE

PTPiREE

II Konferencja  
Prosument energii odnawialnej  
jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
13-14 czerwca 2023 r.

### Podstawowe dane instalacji

- 10 modułów monokrystalicznych o mocy 340 W każdy,
- falownik jednofazowy 3,0 kW z możliwością podłączenia do www przez wi-fi,
- konstrukcje wsporcze do paneli,
- rozdzielnia DC z rozłącznikami i ogranicznikami przepięć,
- rozdzielnia AC,
- instalacja usytuowana na dachu domku jednorodzinnego na dachu o nachyleniu 45 stopni w kierunku południowym z 10 stopniowym odchyleniem na wschód

### Dane finansowe

- całkowity koszt instalacji: 17.000,00 zł brutto,
- dofinansowanie w ramach programu Mój Prąd: 5.000,00 zł brutto,
- odliczenie w ramach ulgi termomodernizacyjnej: 2.040,00 zł brutto,
- ostateczny koszt instalacji: 9.960,00 zł brutto.



PTPiREE

PTPiREE

II Konferencja  
Prosument energii odnawialnej  
jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
13-14 czerwca 2023 r.

### Proces oddania do eksploatacji / dofinansowanie

- budowa instalacji – ostatni tydzień lutego 2020 r.
- zgłoszenie instalacji do OSD – 3 marca 2020 r.
- przyłączenie instalacji (wymiana licznika) do sieci OSD – 14 kwietnia 2020 r. (opóźnienie niezawinione przez OSD – błędy w zgłoszeniu)
- załączenie instalacji – 14 kwietnia 2020 r.
- zgłoszenie mikroinstalacji do programu Mój Prąd – 26 kwietnia 2020 r.
- otrzymanie dofinansowania z programu Mój Prąd – lipiec 2020 r.



PTPiREE

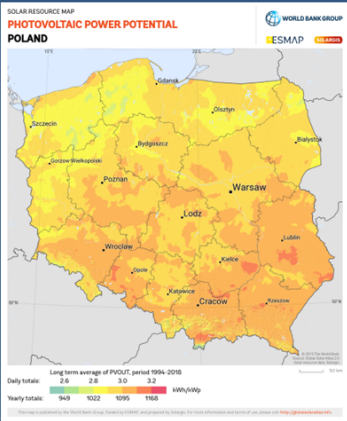


PTPiREE

II Konferencja  
**Prosument energii odnawialnej**  
 jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
 13-14 czerwca 2023 r.

**Produkcja energii elektrycznej w instalacji PV**

- całkowita produkcja w skali 3 lat (01.05.2020-30.04.2023): 11.116,44 kWh co daje średnią 3.705,48 kWh/rok
- stosunek energii wyprodukowanej do zainstalowanej: 1.090 kWh / 1 kWp
- największa produkcja dzienna: 24 kWh
- minimalna produkcja dzienna: 20 Wh
- miesiąc z największą generacją: maj 2022 r. – 518,24 kWh
- miesiąc z najmniejszą generacją: grudzień 2022 r. – 61,12 kWh
- średnia dzienna generacja: 10,152 kWh




PTPiREE


PTPiREE

II Konferencja  
**Prosument energii odnawialnej**  
 jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
 13-14 czerwca 2023 r.

**Zmienność generacji w czasie**

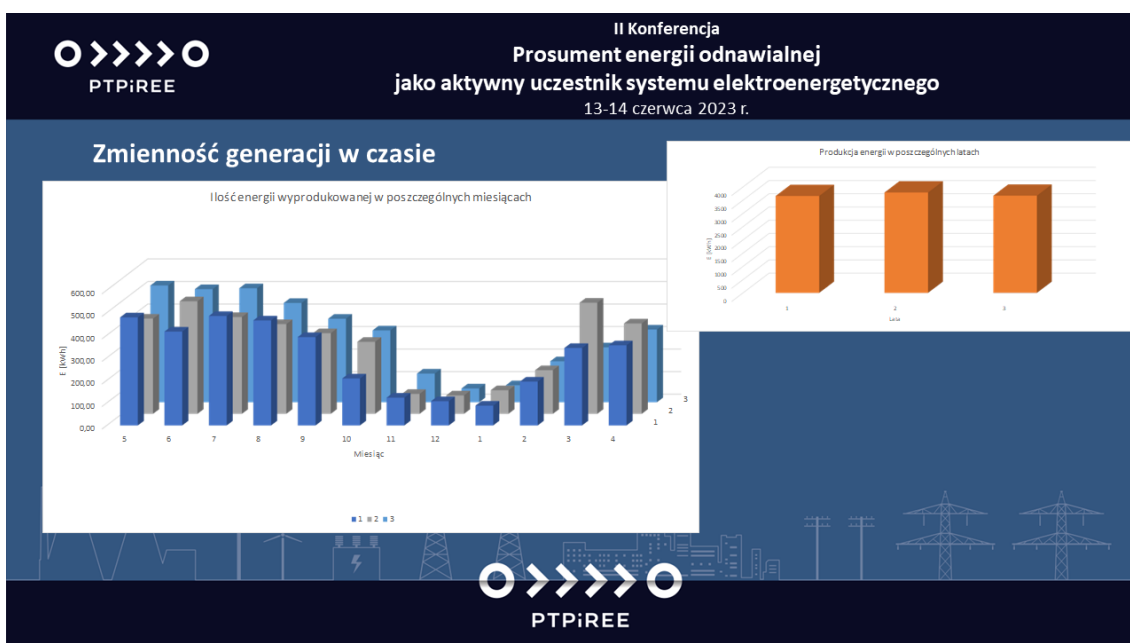
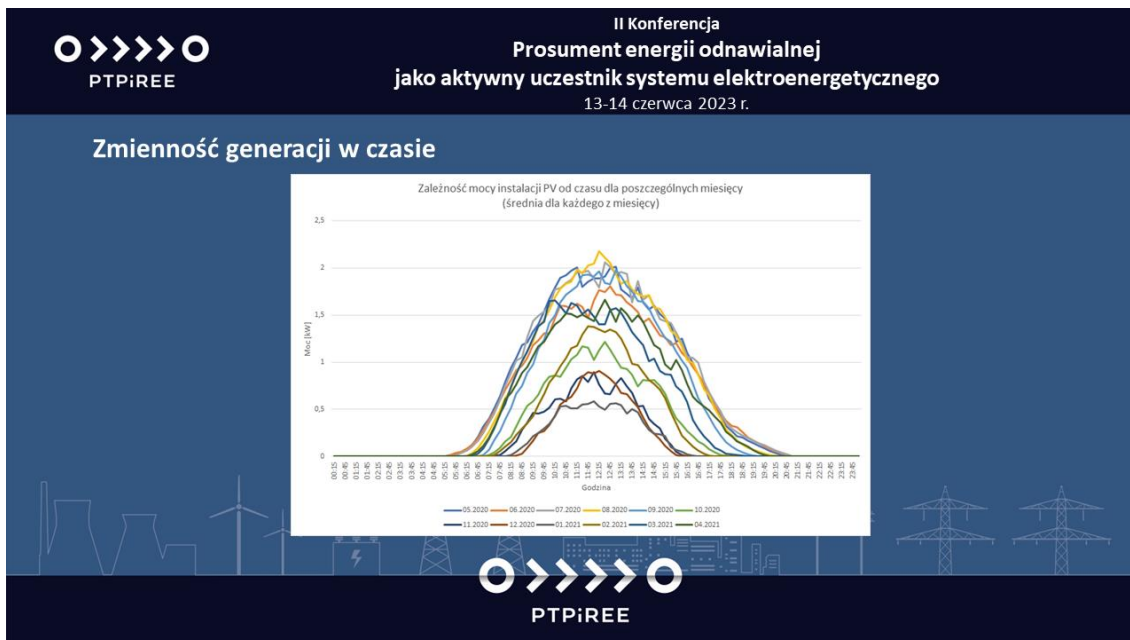


Produkcja energii w poszczególnych dniach kwietnia 2021 r.



Moc instalacji w funkcji czasu

PTPiREE



**PTPiREE**

II Konferencja  
**Prosument energii odnawialnej**  
**jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego**  
13-14 czerwca 2023 r.

### Zagospodarowanie wyprodukowanej energii we własnym zakresie (autokonsumpcja)

- całkowita produkcja w ciągu 3 lat (01.05.2020-30.04.2023): 11.428 kWh
- ilość energii oddanej do sieci: 10.061 kWh
- autokonsumpcja\*: 1.367 kWh (11,96% w całym okresie, 5,35% w pierwszym roku)



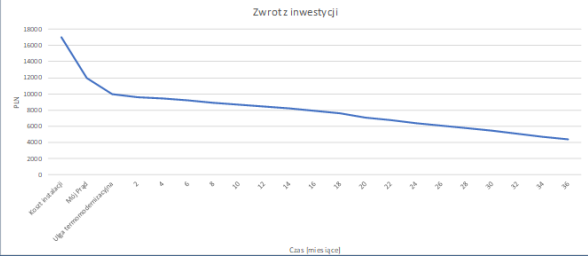
**PTPiREE**

II Konferencja  
**Prosument energii odnawialnej**  
**jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego**  
13-14 czerwca 2023 r.


### Zwrot z inwestycji


- Koszt mikroinstalacji: 17.000 zł brutto
- Dotacja z programu Mój Prąd: 5.000 zł brutto
- Ulga termomodernizacyjna: 2.040 zł brutto
- Koszt energii niepobranej z sieci (za okres 3 lat): 5.605,60 zł brutto

Przy utrzymaniu dzisiejszych cen energii elektrycznej inwestycja zwróci się po ok. 5 latach.



Czas (miesiące)	Wartość (zł brutto)
0	17000
1	10000
2	9500
3	9000
4	8500
5	8000
6	7500
7	7000
8	6500
9	6000
10	5500
11	5000
12	4500
13	4000
14	3500
15	3000
16	2500
17	2000
18	1500
19	1000
20	500
21	0
22	-500
23	-1000
24	-1500
25	-2000
26	-2500
27	-3000
28	-3500
29	-4000
30	-4500
31	-5000
32	-5500
33	-6000
34	-6500
35	-7000
36	-7500



 PTPiREE


II Konferencja  
**Prosument energii odnawialnej**  
jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
13-14 czerwca 2023 r.


### Problemy prosumentów

- Brak możliwości „wypchnięcia” energii z mikroinstalacji do sieci
- Wyłączenie falownika na skutek zbyt wysokiego napięcia w sieci nn
- Długie procedury reklamacyjne

Ale także:

- Brak informacji na etapie przyłączenia mikroinstalacji o obciążeniu poszczególnych faz
- Wzajemna kanibalizacja (podnoszenie napięcia pracy falownika)
- Zmiana nastaw falownika (kody serwisowe)
- Wyłączenie zabezpieczeń przeciwprzepięciowych
- Zmniejszanie autokonsumpcji idące w parze ze zwiększaniem mocy mikroinstalacji


 PTPiREE

 PTPiREE

II Konferencja  
**Prosument energii odnawialnej**  
jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego  
13-14 czerwca 2023 r.

Dziękuję Państwu za uwagę,  
serdecznie zapraszam do kontaktu i dalszej dyskusji w temacie Prosumenta:

**Sebastian Brzozowski**  
PTPiREE  
e-mail: [brzozowski@ptpiree.pl](mailto:brzozowski@ptpiree.pl)

 PTPiREE

## ZMIENNOŚĆ GENERACJI MOCY MAŁYCH INSTALACJACH FOTOWOLTAICZNYCH

*Grzegorz Wiczyński (Politechnika Poznańska)*

### **Streszczenie**

Instalacje fotowoltaiczne przetwarzają energię promieniowania optycznego na energię elektryczną. Moc promieniowania optycznego docierającego do powierzchni Ziemi jest zmienna. Tym samym energia elektryczna wytwarzana przez instalacje fotowoltaiczne ulega zmianom. Takie zmiany mają charakter deterministyczny (roczna i dobową zmianą położenia Słońca) lub stochastyczny (przesłanianie przez chmury, roślinność, ptaki, samoloty, itp.). Zmienność promieniowania optycznego wywołuje nieprzewidywalne zmiany generowanej mocy wprowadzanej do sieci elektroenergetycznej. W referacie opisano przykłady zmienności mocy wytwarzanej w małych i mikro instalacjach fotowoltaicznych zlokalizowanych w Poznaniu. Określono kres górny zmienności mocy i zestawiono z wynikami pomiarów.

### **1. Wprowadzenie**

Instalacje fotowoltaiczne to źródła energii elektrycznej o dużej zmienności wytwarzanej mocy. Można wyróżnić zmienność wywołowaną przyczynami o charakterze deterministycznym i stochastycznym. Zmienność deterministyczna powodowana jest zmianami położenia względem Słońca (w ujęciu rocznym i dobowym). Zmienność stochastyczna przede wszystkim związana jest z przesłanianiem przez chmury. Do takiej zmienności można także zaliczyć przesłanianie przez roślinność oraz zabudowę w pobliżu instalacji, przy czym takie oddziaływanie nasila się dla niskie położonego Słońca. Zmienność wytwarzanej energii elektrycznej jest podstawową cechą instalacji fotowoltaicznej zależną od szerokości geograficznej i klimatu. Określenie właściwości generacyjnych wymaga przeprowadzenie badań dla wybranego obszaru – wiedza z pewnych obszarów nie musi być reprezentatywna dla innych lokalizacji. Referat zawiera wyniki badań instalacji fotowoltaicznych i jest kontynuacją prezentacji [1] na konferencji w 2022 roku.

### **2. Specyfikacja wybranych instalacji fotowoltaicznych**

Do przedstawienia zmienności mocy wykorzystano wyniki pomiarów w czterech instalacjach fotowoltaicznych na dachach budynków położonych w Poznaniu – dwóch mikro i dwóch małych instalacjach. Podstawowe informacje o tych instalacjach zawarto w tabeli 1.

**Tabela 1.** Specyfikacja wybranych instalacji fotowoltaicznych

symbol instalacji	orientacja instalacji	moc znamionowa instalacji PPV	moc znamionowa inwerterów PINV	uwagi
<b>A</b>	południowa	21,73 kW <sub>p</sub>	20 kW	Instalacje oddalone od siebie o 50 m, dołączone do wspólnego obwodu SN
<b>B</b>	południowa	39,6 kW <sub>p</sub>	36 kW	
<b>C</b>	południowa	199,8 kW <sub>p</sub>	192 kW Max. moc wyjściowa: 211,2 kVA	Instalacje oddalone od siebie o ok. 500 m, dołączone do oddzielnych obwodów SN
<b>D</b>	wschód-zachód	153,12 kW <sub>p</sub>	136 kW Max. moc wyjściowa: 149,6 kVA	

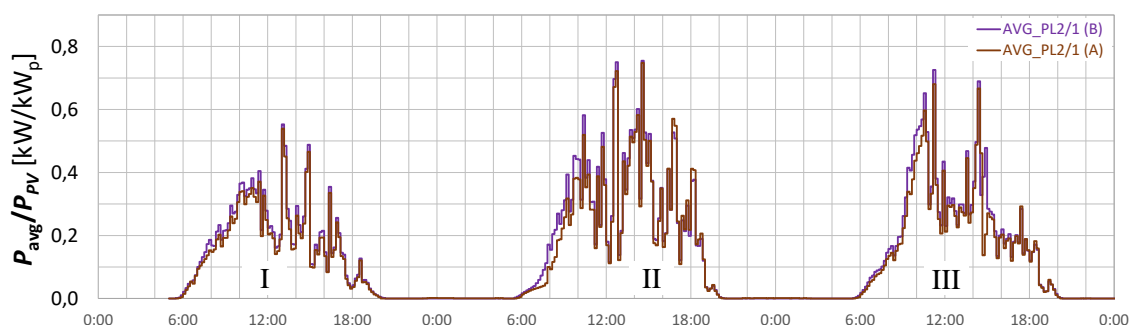
W referacie zamieszczono wyniki pomiarów analizatorem SPE Energo zarejestrowanych w następujących okresach:

- instalacje A ( $P_{INV}=20$  kW) i B ( $P_{INV}=36$  kW): 25-27.04.2023;
- instalacje C ( $P_{INV}=192$  kW) i D ( $P_{INV}=136$  kW): 11-12.03.2023 i 16.03.2023.

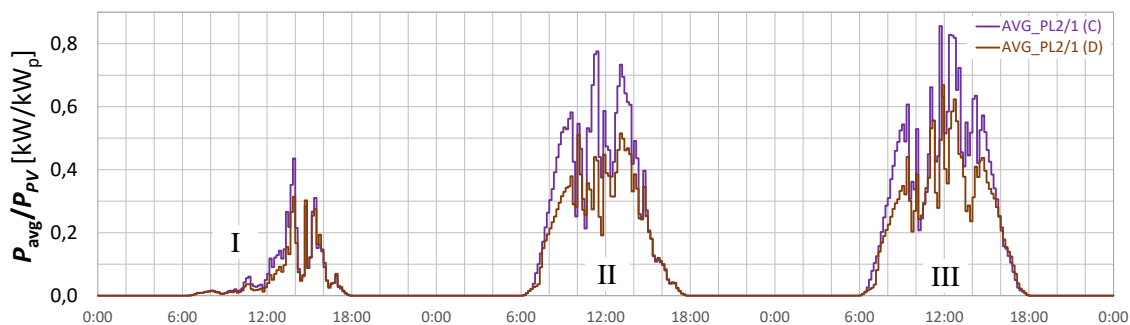
Dla łatwiejszego porównywania wyników pomiarów w instalacjach o różnych mocach znamionowych  $P_{PV}$ , wytworzoną moc czynną  $P$  odniesiono do wartości  $P_{PV}$ , a wartość mocy wyrażono w kW/kW<sub>p</sub>. W trakcie pomiarów fazowej mocy czynnej  $P$  rejestrowano wartości maksymalne  $P_{max}$ , średnie  $P_{avg}$  i minimalne  $P_{min}$  z różnymi okresami dyskryminacji/uśredniania  $T_D$ . Do porównań wybrano czasy uśredniania/okresy dyskryminacji  $T_D$  o wartościach 1, 5 i 10 min.

### 3. Średnia moc wytwarzana w wybranych instalacjach fotowoltaicznych

Najczęściej dostępną informacją o generacji energii elektrycznej w instalacjach fotowoltaicznych są wartości średniej mocy  $P_{avg}$  wyznaczanej w kilkuminutowych okresach  $T_D$ . Dla zachowania spójności z normatywnymi wymaganiami względem jakości energii elektrycznej przyjęto  $T_D = 10$  min. Na rys. 1-2 zamieszczono przebiegi czasowe  $P_{avg}$  w instalacjach A-D z kolejno oznaczonymi dniami: I, II i III.



**Rys. 1.** Przebiegi czasowe  $P_{avg}=f(t)$  w instalacjach A (20 kW) i B (36 kW) w dn. 25-27.04.2023 dla  $T_D=10$  min



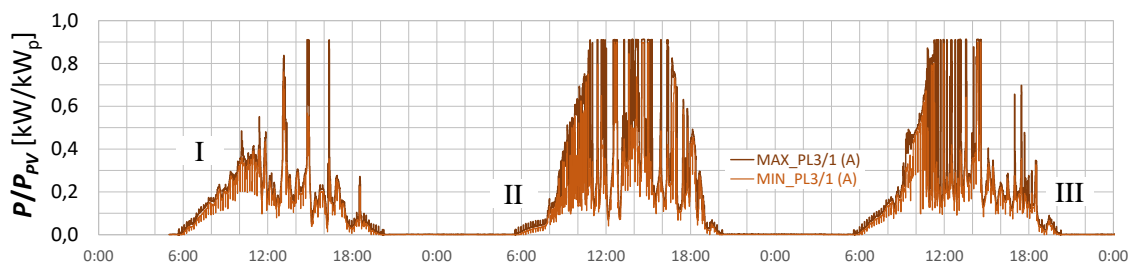
**Rys. 2.** Przebiegi czasowe  $P_{avg}=f(t)$  w instalacjach C (192 kW) i D (136 kW) w dn. 11-12, 16.03.2023 dla  $T_D=10$  min

przebiegów czasowych z rys. 1 i 2 pokazuje zmienność  $P_{avg}$  wywołaną zmiennością zachmurzenia nałożoną na dobowe zmiany położenia Słońca względem położenia instalacji fotowoltaicznej. Zgodność orientacji blisko położonych instalacji A i B skutkuje podobieństwem przebiegów czasowych  $P_{avg}=f(t)$  na rys. 1. Odmienne orientacje niedaleko położonych instalacji C i D wyrażają się różnymi kształtami przebiegów czasowych  $P_{avg}=f(t)$  na rys. 2. Różnice te nasilają się w czasie, gdy Słońce jest wyżej położone na nieboskłonie. Dla silnego zachmurzenia, kiedy dominuje promieniowanie rozproszone, różnice pomiędzy instalacjami C i D maleją.

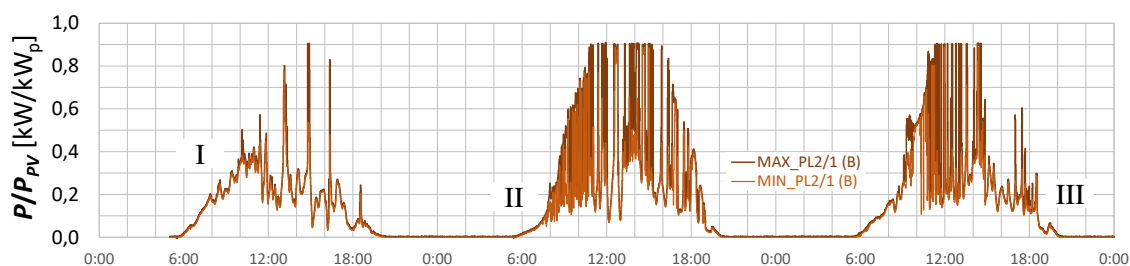
Oglądając rys. 1-2 należy zadać pytanie, czy przebiegi czasowe z tych rysunków rzetelnie przedstawiają zmienność mocy.

#### 4. Maksymalna i minimalna moc wytwarzana w wybranych instalacjach fotowoltaicznych

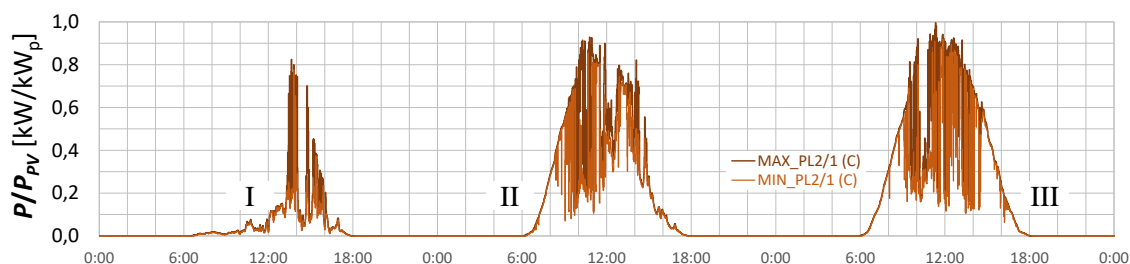
Pełniejszą informację o zmienności mocy wytwarzanej w instalacjach fotowoltaicznych, niż wykresy  $P_{avg}=f(t)$ , dostarczają przebiegi czasowe wartości maksymalnych  $P_{max}$  i minimalnych  $P_{min}$  mocy dyskryminowane w odpowiednio dobranych przedziałów czasu. Na rys. 3-6 zamieszczono przebiegi czasowe  $P_{max}=f(t)$  i  $P_{min}=f(t)$  zarejestrowane w instalacjach A-D. Przyjęto okres dyskryminacji  $T_D=1$  min – w każdej minucie dyskryminowane są wartości  $P_{max}$  i  $P_{min}$  na podstawie wartości mocy czynnej  $P$  wyznaczonej za okres  $T_c=1/f_c=20$  ms co 10 ms.



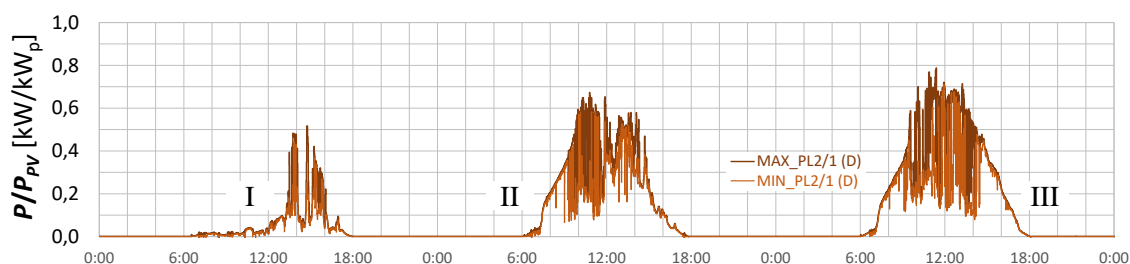
**Rys. 3.** Przebiegi czasowe wartości maksymalnych  $P_{max}=f(t)$  i minimalnych  $P_{min}=f(t)$  mocy w instalacji A (20 kW) w dn. 25-27.04.2023 dla  $T_D=1$  min



**Rys. 4.** Przebiegi czasowe wartości maksymalnych  $P_{max}=f(t)$  i minimalnych  $P_{min}=f(t)$  mocy w instalacji B (36 kW) w dn. 25-27.04.2023 dla  $T_D=1$  min

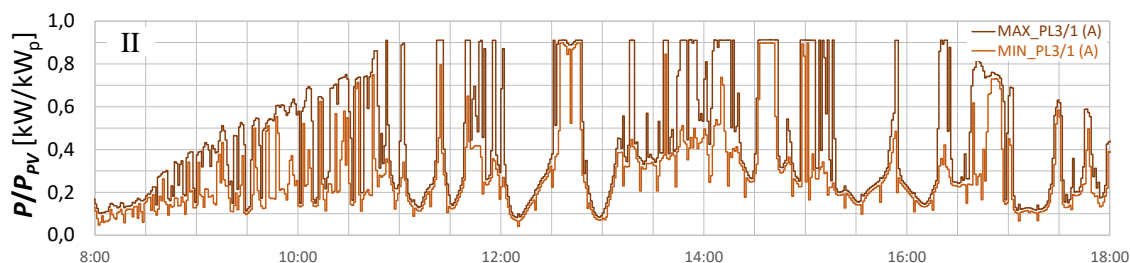


**Rys. 5.** Przebiegi czasowe wartości maksymalnych  $P_{max}=f(t)$  i minimalnych  $P_{min}=f(t)$  mocy w instalacji C (192 kW) w dn. 11-12,16.03.2023 dla  $T_D=1$  min



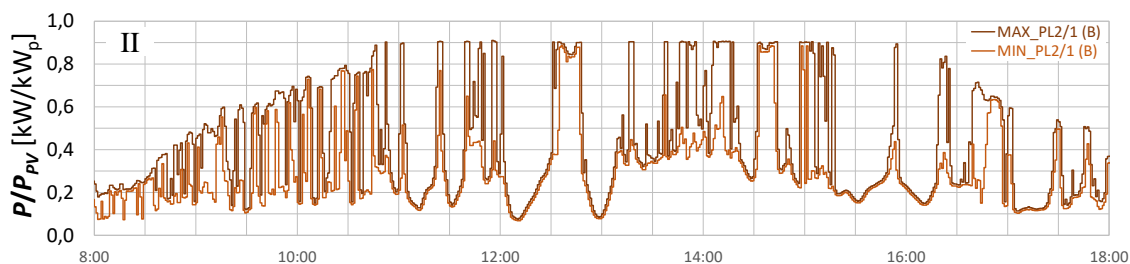
**Rys. 6.** Przebiegi czasowe wartości maksymalnych  $P_{max}=f(t)$  i minimalnych  $P_{min}=f(t)$  mocy w instalacji D (136 kW) w dn. 11-12,16.03.2023 dla  $T_D=1$  min

Przebiegi czasowe z rys. 3-6 ewidentnie wykazują dużą zmienność mocy wytwarzanej w instalacjach fotowoltaicznych. W instalacjach A i B widoczne jest ograniczenie mocy wynikające z właściwości inwerterów ( $P_{inv} < P_{PV}$ ). Dla przyjętego horzontu czasowego (72 godziny) analiza tej zmienności jest kłopotliwa. Dlatego zawężono horzont czasowy do 10 godzin. Na rys. 7-10 pokazano przebiegi czasowe  $P_{max}=f(t)$  i  $P_{min}=f(t)$  zarejestrowane w instalacjach A-D.

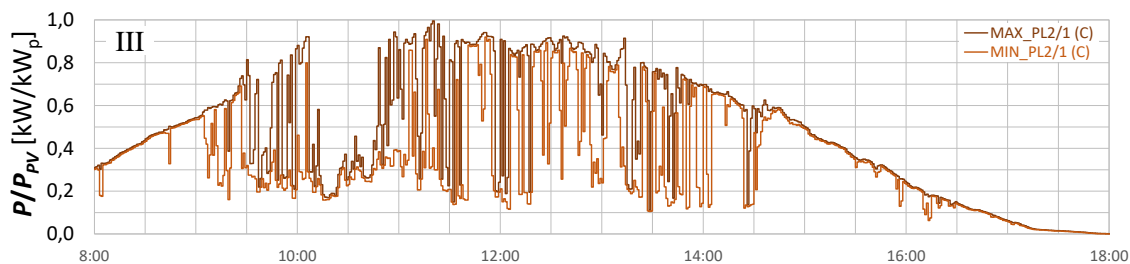


**Rys. 7.** Przebiegi czasowe wartości maksymalnych  $P_{max}=f(t)$  i minimalnych  $P_{min}=f(t)$  mocy w instalacji A (20 kW) w dn. 26.04.2023 (doba II) dla  $T_D=1$  min

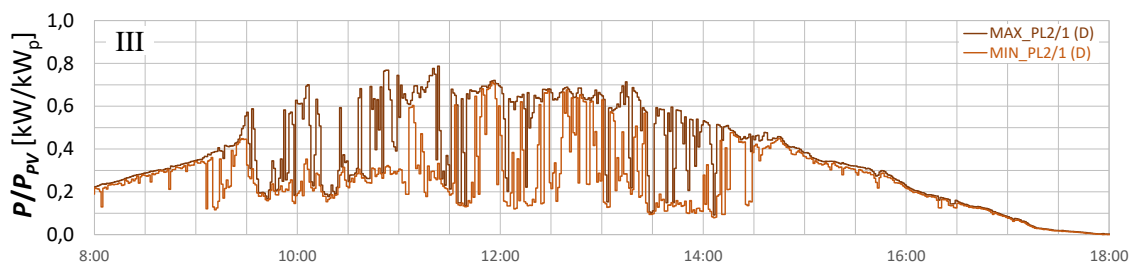




**Rys. 8.** Przebiegi czasowe wartości maksymalnych  $P_{max}=f(t)$  i minimalnych  $P_{min}=f(t)$  mocy w instalacji B (36 kW) w dn. 26.04.2023 (doba II) dla  $T_D=1$  min



**Rys. 9.** Przebiegi czasowe wartości maksymalnych  $P_{max}=f(t)$  i minimalnych  $P_{min}=f(t)$  mocy w instalacji C (192 kW) w dn. 16.03.2023 (doba III) dla  $T_D=1$  min



**Rys. 10.** Przebiegi czasowe wartości maksymalnych  $P_{max}=f(t)$  i minimalnych  $P_{min}=f(t)$  mocy w instalacji D (136 kW) w dn. 16.03.2023 (doba III) dla  $T_D=1$  min

Mimo zawężenia horyzontu czasowego analiza zmienności mocy  $P$  na przebiegach czasowych z rys. 7-10 nadal jest utrudniona. Jest to spowodowane dużą zmiennością mocy. Dla ułatwienia analizy można wybrać, albo dalsze zawężenie horyzontu czasowego, albo zastosowanie odpowiednich miar.

## 5. Ocena zmienności mocy wytwarzanej w wybranych instalacjach fotowoltaicznych

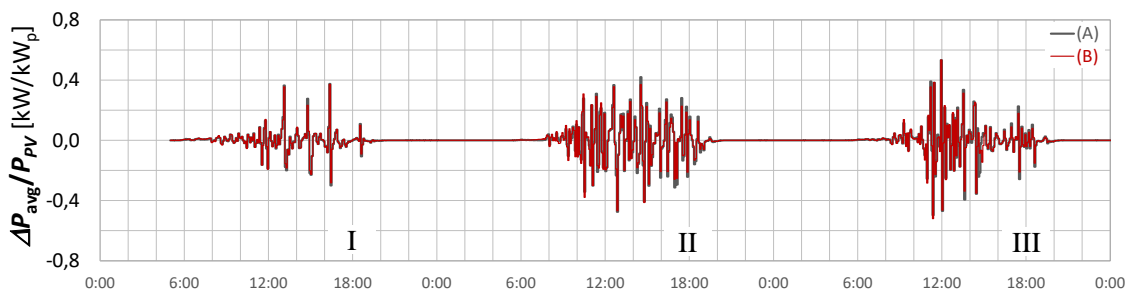
Do przedstawienia wolnych zmian mocy  $P$  zaproponowano

$$\Delta P_{avg}(m) = \frac{P_{avg}(m) - P_{avg}(m-1)}{P_{PV}}, \quad (1)$$

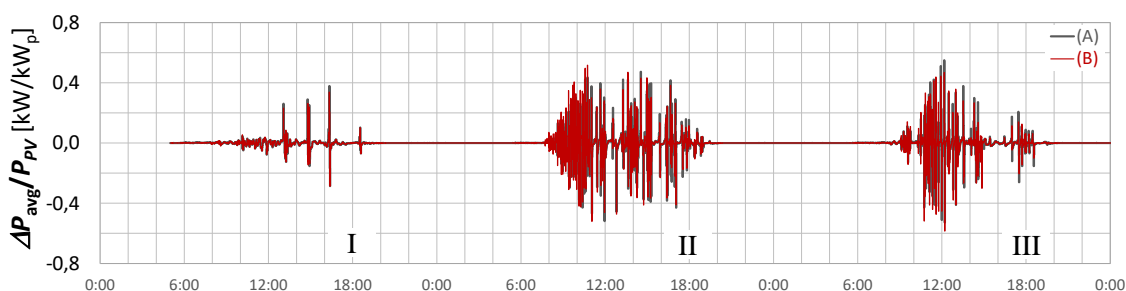
gdzie:  $m$  – numer kolejnego wyniku pomiaru.

Tak zdefiniowana miara opisuje zmiany średniej  $P_{avg}$  w kolejnych okresach uśredniania  $T_D$ . Ocena zmienności mocy na podstawie kolejnych wartości średnich cechuje się ograniczeniem wynikającym z właściwości uśredniania – „ukrywania” informacji o tym, jakie chwilowe stany wystąpiły w okresie uśredniania. Za to miara zmienności mocy odwołująca się do wartości

średnich informuje o zmienności wytworzonej energii. Na rys. 11-12 pokazano przebiegi czasowe  $\Delta P_{avg}=f(t)$  dla instalacji A i B oraz dwóch wartości czasu uśredniania  $T_D=1$  i 5 min.



Rys. 11. Przebiegi czasowe  $\Delta P_{avg}=f(t)$  w dn. 25-27.04.2023 dla instalacji A i B oraz  $T_D=5$  min



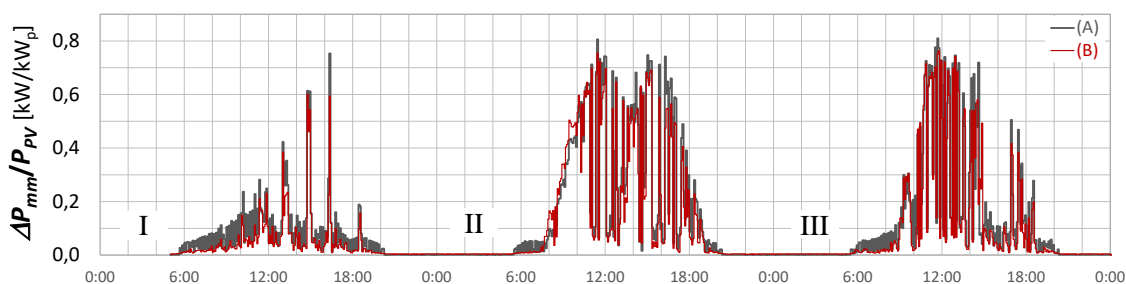
Rys. 12. Przebiegi czasowe  $\Delta P_{avg}=f(t)$  w dn. 25-27.04.2023 dla instalacji A i B oraz  $T_D=1$  min

Porównując wykresy z rys. 11-12 widoczny jest, skądinąd oczywisty, wpływ czasu uśredniania  $T_D$  na kształt przebiegów czasowych  $\Delta P_{avg}=f(t)$  – wydłużenie czasu  $T_D$  „kamuluje” informację o zmienności mocy.

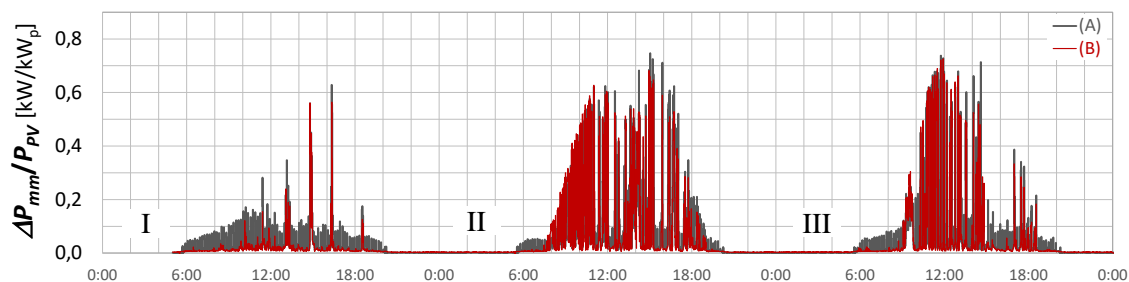
Pełniejszą informację o zmienności mocy dostarcza miara  $\Delta P_{mm}$

$$\Delta P_{mm} = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{PV}} \quad (2)$$

Tak sformułowana miara określa zakres zmian wartości mocy  $P$  w kolejnych okresach dyskryminacji  $T_D$ , bez uwzględniania stanu w okresach poprzedzających i następujących. Wartość takiej miary nie zależy od tego, ile czasu występowała wartość  $P_{max}$  i  $P_{min}$  – wystarczy, że taka wartość wystąpiła przez jeden okres  $T_c=20$  ms. Dlatego  $\Delta P_{mm}$  nie informuje o zmienności wytworzonej energii. Spodziewany jest wpływ okresu dyskryminacji  $T_D$  na wartość  $\Delta P_{mm}$  – wydłużenie okresu powinno zwiększać wartość miary. Na rys. 13-14 pokazano przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  dla instalacji A i B oraz dwóch wartości okresu dyskryminacji  $T_D=5$  min i 1 min.

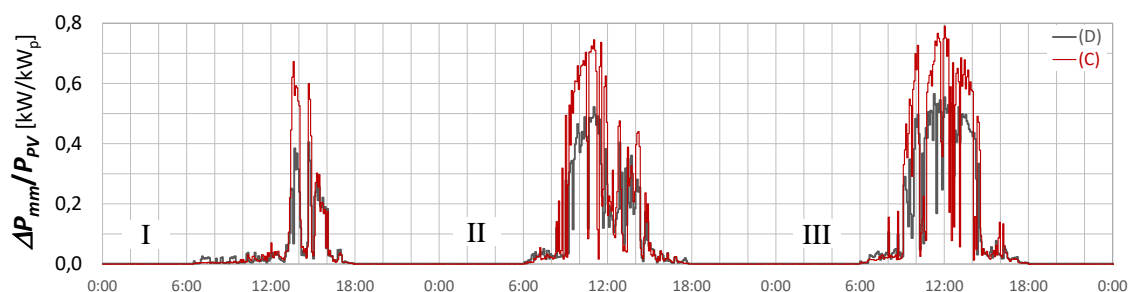


Rys. 13. Przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  w dn. 25-27.04.2023 dla instalacji A i B oraz  $T_D=5$  min

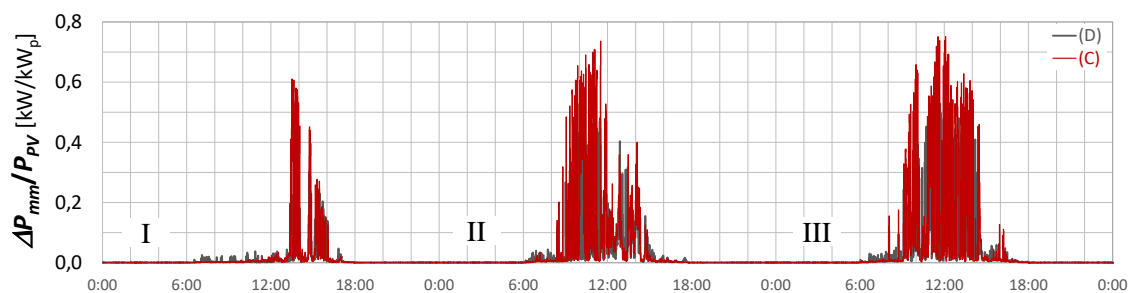


Rys. 14. Przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  w dn. 25-27.04.2023 dla instalacji A i B oraz  $T_D=1$  min

Przebiegi czasowe z rys. 13-14 dowodzą, że w badanych mikroinstalacjach fotowoltaicznych mocy  $P$  ulegała zmianie o ponad  $0,7$  kW/kW<sub>p</sub> na minutę i ponad  $0,8$  kW/kW<sub>p</sub> na 5 minut. Na rys. 15-16 zamieszczono przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  dla instalacji C i D oraz dwóch wartości okresu dyskryminacji  $T_D=5$  min i 1 min.



Rys. 15. Przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  w dn. 11-12,16.03.2023 dla instalacji C i D oraz  $T_D=5$  min



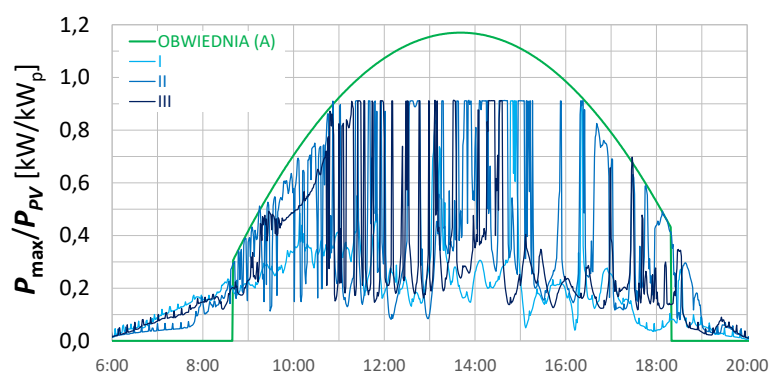
Rys. 16. Przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  w dn. 11-12,16.03.2023 dla instalacji C i D oraz  $T_D=1$  min

Na podstawie przebiegów czasowe z rys. 15-16 można stwierdzić, że w badanych małych instalacjach fotowoltaicznych zmienność mocy  $P$  ulegała zmianie o ponad  $0,7$  kW/kW<sub>p</sub> zarówno dla  $T_D=1$  min oraz 5 min.

## 6. Zmienność wytwarzanej mocy a zachmurzenie

Dotychczas w referacie do opisu zmienności wytwarzanej mocy w instalacjach fotowoltaicznych wykorzystano wyniki pomiarów wartości maksymalnych  $P_{max}$ , średnich  $P_{avg}$  i minimalnych  $P_{min}$ . Alternatywny sposobem przedstawienia takiej zmienności może być odniesienie mocy wytworzonej do mocy możliwej do uzyskania przy całkowitym braku zachmurzenia. Pomijając roczną i dobową zmianę położenia Słońca, podstawową przyczyną ograniczenia mocy promieniowania optycznego padającego na ogniwa fotowoltaiczne jest zachmurzenie. Największa moc padającego promieniowania występuje przy całkowitym braku zachmurzenia.

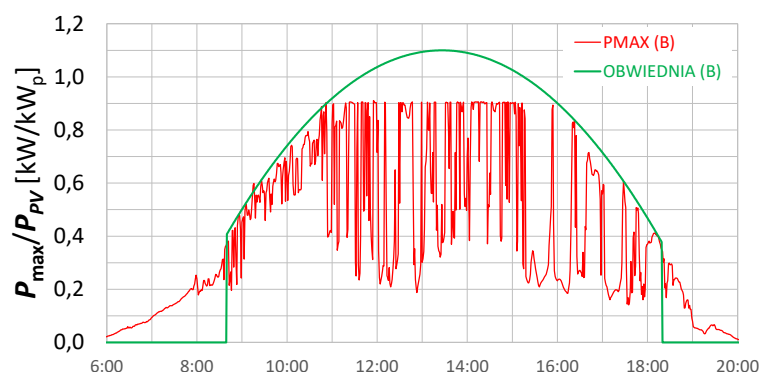
Jakiegokolwiek zachmurzenie zmniejsza moc tego promieniowania. Przy braku zachmurzenia wytworzona moc  $P$  jest największa. W sprzyjających warunkach pogodowych - zachmurzenie przelotne – na podstawie wartości maksymalnych  $P_{\max}$  możliwa jest estymacja mocy możliwej do uzyskania przy całkowitym braku zachmurzenia. Jeżeli warunki pogodowe utrudniają estymację na podstawie jednodobowych wyników pomiarów można złożyć wyników z kilku sąsiednich dób. Na rys. 17 pokazano przebiegi czasowe  $P_{\max}=f(t)$  zarejestrowane w ciągu trzech dób w instalacji A z naniesioną obwiednią odtwarzającą moc możliwą do uzyskania przy całkowitym braku zachmurzenia. Obwiednię aproksymowano równaniem funkcji kwadratowej. Stosowanie takiej aproksymacji jest zasadne dla godzin, w których Słońce jest wystarczająco wysoko. Dlatego aproksymację, ręcznie dobierając wartości współczynników równania kwadratowego, wykonano dla dobranych przedziałów czasu.



**Rys. 17.** Przebiegi czasowe  $P_{\max}=f(t)$  w dn. 25-27.04.2023 dla **instalacji A** (20 kW) i  $T_D=1$  min z naniesioną obwiednią (linia zielona)

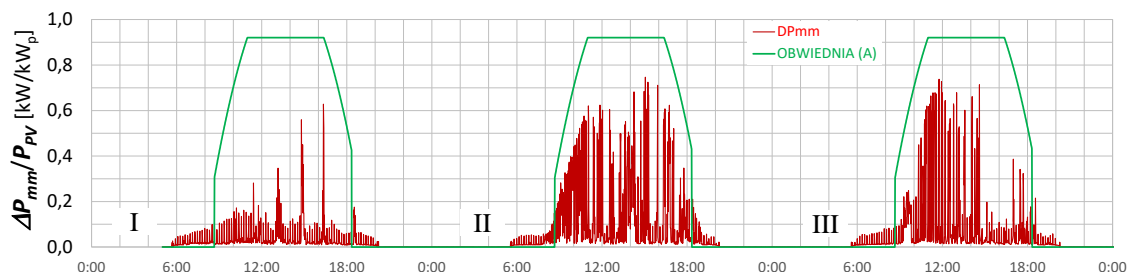
Obwiednia z rys. 17 pokazuje moc  $P$  możliwą do uzyskania przy całkowitym braku zachmurzenia. Zarazem ona określa kres górny zmienności mocy wytwarzanej przez instalację fotowoltaiczną. Dodatkowym ograniczeniem jest moc inwertera/inwerterów. Dla instalacji A ograniczenie to wynosi ok. 0,92 kW/kW<sub>p</sub>.

Na rys. 18 pokazano przebiegi czasowe  $P_{\max}=f(t)$  zarejestrowane w ciągu trzech dób w instalacji B z naniesioną obwiednią. Dla poprawy czytelności wykreślono  $P_{\max}=f(t)$ , gdzie  $P_{\max}$  na tym wykresie jest wartością maksymalną z  $P_{\max}$  zarejestrowanych o tej samej godzinie w poszczególnych dobach.

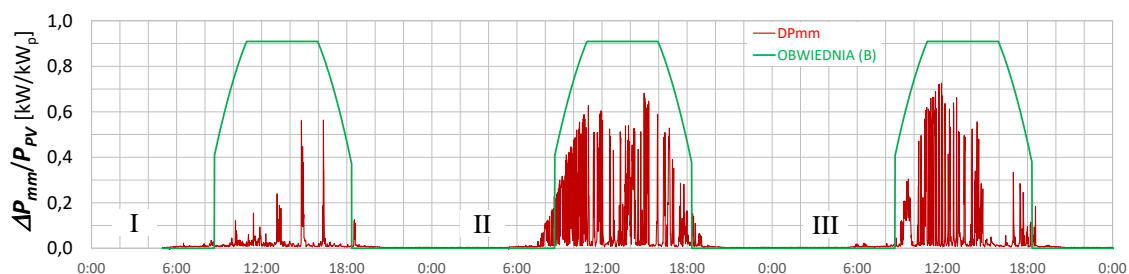


**Rys. 18.** Przebiegi czasowe  $P_{\max}=f(t)$  w dn. 25-27.04.2023 dla **instalacji B** (36 kW) i  $T_D=1$  min z naniesioną obwiednią (linia zielona)

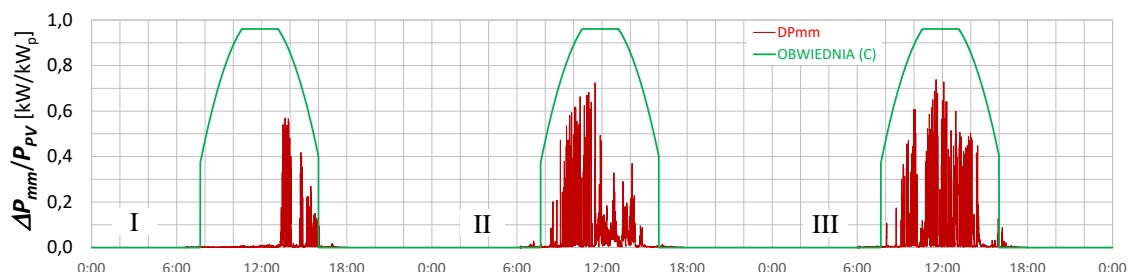
Wyznaczona moc możliwa do uzyskania przy braku zachmurzenia, uwzględniająca moc inwertera/inwerterów, stanowi kres górny zmienności mocy wytwarzanej przez instalację fotowoltaiczną. Moc możliwą do uzyskania warto zestawzić ze zmiennością wyznaczoną na podstawie wyników pomiarów mocy  $P$  - pozwoli to określić relację ilościową pomiędzy nimi. Na rys. 19-22 pokazano przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  z naniesionymi obwiedniami dla instalacji A-D.



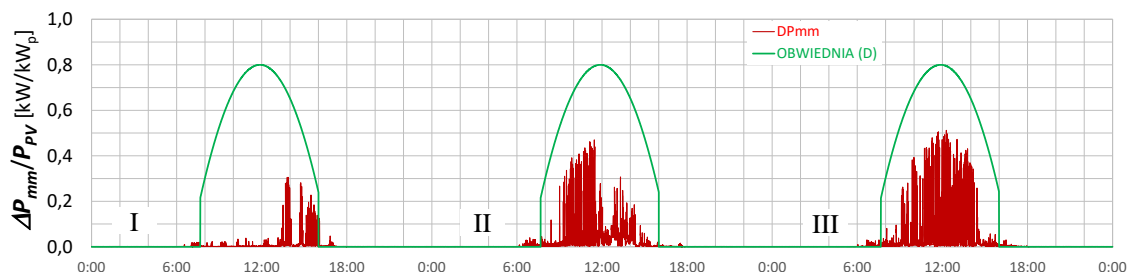
**Rys. 19.** Przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  w dn. 25-27.04.2023 dla **instalacji A** (20 kW) i  $T_D=1$  min z naniesioną mocą możliwą do uzyskania przy braku zachmurzenia (obwiednia - linia zielona)



**Rys. 20.** Przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  w dn. 25-27.04.2023 dla **instalacji B** (36 kW) i  $T_D=1$  min z naniesioną mocą możliwą do uzyskania przy braku zachmurzenia (obwiednia - linia zielona)



**Rys. 21.** Przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  w dn. 11-12,16.03.2023 dla **instalacji C** (192 kW) i  $T_D=1$  min z naniesioną mocą możliwą do uzyskania przy braku zachmurzenia (obwiednia - linia zielona)



**Rys. 22.** Przebiegi czasowe  $\Delta P_{mm}=f(t)$  w dn. 11-12,16.03.2023 dla **instalacji D** (136 kW) i  $T_D=1$  min z naniesioną mocą możliwą do uzyskania przy braku zachmurzenia (obwiednia - linia zielona)

## 7. Podsumowanie

Moc  $P$  wytwarzana przez instalacje fotowoltaiczne w Polsce charakteryzuje się dużą zmiennością. Jest to związane z lokalnymi warunkami pogodowymi. Na podstawie mocy średniej  $P_{avg}$  można oceniać zarówno zmienność mocy  $\Delta P_{avg}$ , jak i wytwarzanej energii elektrycznej. Pełniejszą informację o zmienności wytwarzanej mocy  $P$  udostępniają wartości maksymalne  $P_{max}$  i minimalne  $P_{min}$  oraz przyjęta miara  $\Delta P_{mm}$ . Kres górny zmienności można określić na podstawie obwiedni opisanej na przebiegu czasowym  $P_{max}(t)$  przy uwzględnieniu ograniczenia wynikającego z maksymalnej mocy inwerterów. W badanych instalacjach fotowoltaicznych zaobserwowano zmienność  $\Delta P_{mm}$  przekraczającą 0,8 kW/kW<sub>p</sub>. Należy zauważyć, że zaobserwowana zmienność jest mniejsza od kresu górnego (czyli mocy  $P$  wytwarzanej przy braku zachmurzenia).

Ocena zmienności mocy  $P$  wytwarzanej przez instalacje fotowoltaiczne wymaga stosowania odpowiednich miar. W przedstawionej analizie wykorzystano dwie z nich:  $\Delta P_{avg}$  i  $\Delta P_{mm}$ . Należy pamiętać, że znane są jeszcze inne miary. Utrudnieniem przy porównywaniu zmienności wytwarzanej mocy  $P$  w różnych instalacjach PV jest wpływ czasu uśredniania/okresu dyskryminacji  $T_D$  na wartości miar zmienności mocy.

## Literatura

- [1] Wiczyński G., *Zmienność generacji mocy w mikro i małych instalacjach fotowoltaicznych*, mat. konf. „Pomiary i diagnostyka w sieciach elektroenergetycznych”, Kołobrzeg, 7-8.06.2022, s. 107–116.

TECHNICZNE I PRAWNE WARUNKI AKTYWNEGO UDZIAŁU PROSUMENTÓW  
W FUNKCJONOWANIU SYSTEMU ENERGETYCZNEGO

Zbigniew Krzemiński (MMB Drives Sp. z o.o.)



TECHNICZNE I PRAWNE WARUNKI AKTYWNEGO  
UDZIAŁU PROSUMENTÓW W FUNKCJONOWANIU  
SYSTEMU ENERGETYCZNEGO

Zbigniew KRZEMIŃSKI  
MMB Drives sp. z o.o.



Niedostosowanie sieci dystrybucyjnych do mikroinstalacji

Problem techniczny

Sieć niskiego napięcia jest zaprojektowana do przesyłu energii do odbiorcy

Problem prawny

Prawo energetyczne oraz Rozporządzenie określają warunki dostarczania energii do odbiorcy

Efekt fizyczny

Podczas wprowadzania energii z mikroinstalacji spadki napięć na liniach mają inne wartości i kierunki w porównaniu ze stanem, w którym występuje wyłącznie odbiór

**PRZEKROCZENIA DOPUSZCZALNYCH NAPIĘĆ FAZOWYCH  
PRZY MOCACH MIESZCZĄCYCH SIĘ W LIMITACH**



### Warunki techniczne uwzględniane przy projektowaniu sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia

Standardowy dobór przewodów linii zasilającej na obciążenie prądowe

Prąd obciążenia odbiorów trójfazowych  $I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cos \varphi U_N}$

Prąd linii trójfazowej  $I_N > 1,25 I_B$

Sprawdzenie spadków napięcia  $\Delta U_{\%} = \frac{100}{\gamma * S * U_n^2} * \sum_{i=1}^m P_i * L_i$



### Moce przesyłane liniami dystrybucyjnymi niskiego napięcia przy symetrii odbiorów i generacji

Standard Operatora Sieci Dystrybucyjnej

Wymagania stawiane przewodom linii napowietrznych nn (system pełnoizolowany samonośny, czteroprzewodowy): → przewody samonośne o żyłach aluminiowych i izolacji z polietylenu sieciowanego

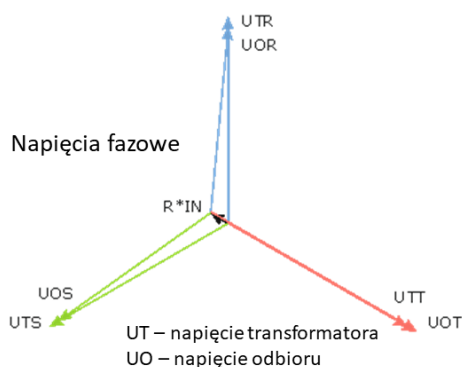
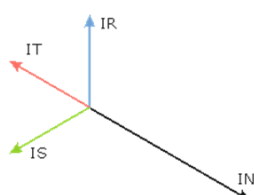
Znamionowy przekrój [mm <sup>2</sup> ]	70	95	25
Rezystancja [ $\Omega$ /km]	0,443	0,32	1,200
Obciążalność [A]	213	258	112
Reaktancja [ $\Omega$ /km]	0,05	0,084	0,091
Impedancja [ $\Omega$ /km]	0,2255	0,1654	0,6017
Moc przesyłana na 0,5 km z $\Delta U$ 23 V [kVA]	70	96	26
Prąd [A]	102	139	38





## Spadki napięcia w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia z mikroinstalacjami

Niesymetryczne prądy



## Moce przesłane siecią dystrybucyjną niskiego napięcia z mikroinstalacjami przy dopuszczalnych napięciach

Napięcia faz [V]  
253, 253, 253

Moc	Moc [kW]	Prąd [A]
<b>-70,4 kW</b>		
Faza 1	-23,5	-102
Faza 2	-23,5	-102
Faza 3	-23,5	-102

Napięcia faz [V]  
215, 253, 253

Moc	Moc [kW]	Prąd [A]
<b>-30,8 kW</b>		
Faza 1	0	0
Faza 2	-15,4	-67
Faza 3	-15,4	-67

Napięcia faz [V]  
224, 224, 253

Moc	Moc [kW]	Prąd [A]
<b>-11,7 kW</b>		
Faza 1	0	0
Faza 2	0	0
Faza 3	-11,7	-51

Napięcia faz [V]  
196, 253, 253

Moc	Moc [kW]	Prąd [A]
<b>-11,4 kW</b>		
Faza 1	11,4	49,5
Faza 2	-11,4	-49,5
Faza 3	-11,4	-49,5

Napięcia faz [V]  
215, 215, 253

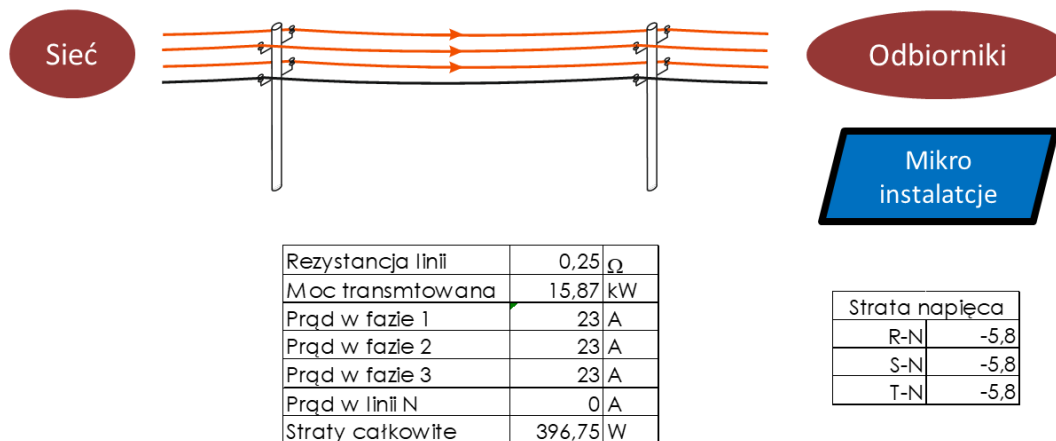
Moc	Moc [kW]	Prąd [A]
<b>7,8 kW</b>		
Faza 1	7,8	34
Faza 2	7,8	34
Faza 3	-7,8	-34

Napięcia faz [V]  
230, 207, 253

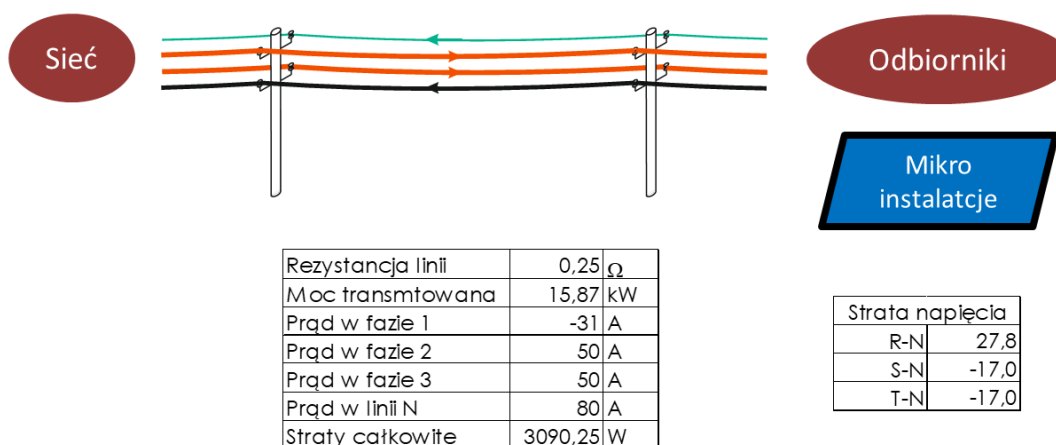
Moc	Moc [kW]	Prąd [A]
<b>0 kW</b>		
Faza 1	0	0
Faza 2	9,33	40,6
Faza 3	-9,33	-40,6



### Energia przesyłana z symetrią prądów

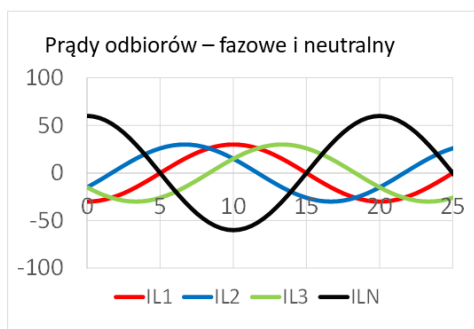


### Energia przesyłana z asymetrią prądów





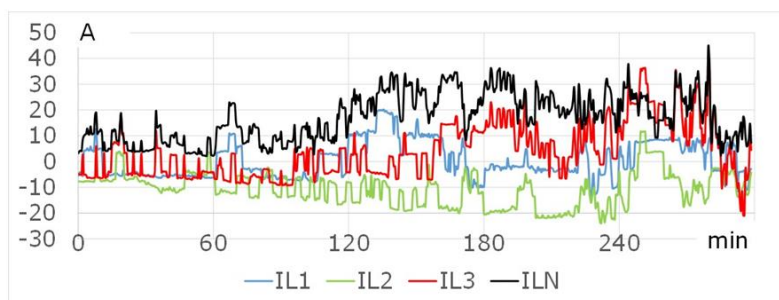
### Najgorszy przypadek – przebiegi czasowe



Generacja w fazie L1



### Prądy rzeczywiste – wartości skuteczne



+ energia transmitowana do odbiorów

– energia transmitowana do sieci



## Przyczyny problemów z napięciami

- Jedną z przyczyn wzrostów napięcia powyżej dopuszczalnych wartości jest niesymetria prądów w liniach trójfazowych.
- Szczególnie niekorzystne są przepływy energii w jednej fazie w odwrotnym kierunku niż w dwóch pozostałych.
- Prąd w przewodzie neutralnym może mieć wartość do dwóch razy większą od prądów liniowych.
- Przy niesymetrii prądów istotny jest spadek napięcia na przewodzie neutralnym.
- Spadek napięcia na przewodzie neutralnym dodaje się geometrycznie do spadków napięć na przewodach liniowych.



## Ocena metody projektowania sieci dystrybucyjnych nN

- Obiegowa opinia o przestarzałych sieciach dystrybucyjnych jako o przyczynie problemów z napięciami podczas generacji rozproszonej jest nieprawdziwa.
- Obliczanie spadków napięć według uproszczonych wzorów podawanych w podręcznikach i poradnikach prowadzi do błędnych wniosków.
- Prawidłowe obliczenia spadków napięć w liniach z mikrogeneracją należy prowadzić z wykorzystaniem zapisu symbolicznego przy uwzględnieniu niesymetrii prądów bez uproszczeń.

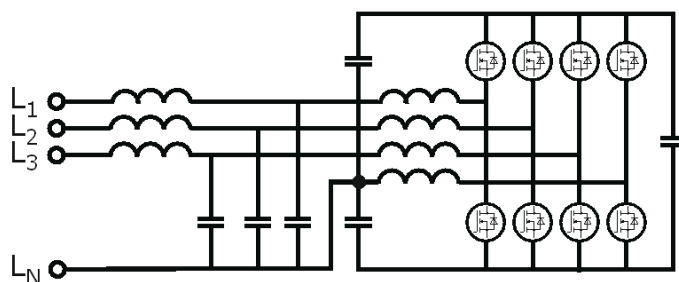


## Symetryzacja prądów liniowych

- Zmniejszenie spadków napięcia w liniach nN zapewnia symetryzacja prądów liniowych za pomocą aktywnych urządzeń półprzewodnikowych
- Symetryzacja prądów wymaga przekształcania energii z jednej fazy na energię pozostałych faz z jej chwilowym magazynowaniem w czasie 10 ms.



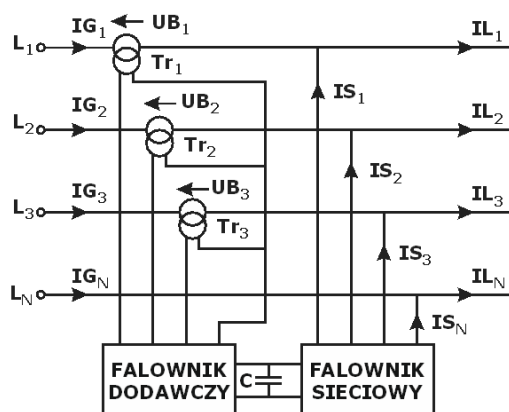
## Falownik sieciowy do symetryzacji prądów



Gałąź neutralna powinna być zaprojektowana na dwa razy większy prąd niż dla gałęzi fazowej



**Regulator napięcia z transformatorami dodatkowymi i symetryzacją prądów do stosowania przez OSD w sieci**



**Aktywne uczestnictwo prosumenta w systemie elektroenergetycznym oparte na urządzeniach energoelektronicznych**

Autonomiczne funkcjonalności urządzenia dla prosumenta opartego na symetryzatorze prądów

- Podłączenie fotowoltaiki
- Podłączenie magazynu energii
- Symetryzacja prądów na wejściu do obiektu
- Kompensacja mocy biernej
- Sterowanie odbiornikami jednofazowymi
- Częściowa pośrednia symetryzacja prądów linii zasilającej na podstawie napięć fazowych



## Aktywne uczestnictwo prosumenta w systemie elektroenergetycznym oparte na urządzeniach energoelektronicznych

### Funkcjonowanie symetryzatora zainstalowanego u prosumenta w systemie z regulatorem napięcia linii

#### Konfiguracja

Symetryzator prądów, kompensacja mocy biernej, magazyn energii, fotowoltaika, ładowarka samochodu elektrycznego, sterowane odbiorniki

#### Funkcje sterowane regulatorem napięcia

- Częściowa symetryzacja prądów za regulatorem napięcia
- Ograniczanie napięcia przed regulatorem napięcia
- Ograniczanie mocy czynnej
- Zmiana profilu obciążenia
- Zarządzanie popytem na energię elektryczną



## Prawne bariery wprowadzania przekształtników energoelektronicznych do sieci dystrybucyjnych

W wielu zapisach ustawy i rozporządzenia określenie dostarczana energia elektryczna nie jest powiązane z określeniem odbierana energia elektryczna.

Ustawa Prawo Energetyczne

Art. 3 pkt 31) (skrót):

Normalny układ pracy sieci zapewnia najkorzystniejsze warunki transportu energii elektrycznej spełniające kryteria jakości energii elektrycznej **dostarczanej** użytkownikom sieci



## Prawne bariery wprowadzania przekształtników energoelektronicznych do sieci dystrybucyjnych

Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 marca 2023 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego

### Rozdział 4

Warunki świadczenia usług przesyłania, dystrybucji energii elektrycznej, prowadzenia ruchu sieciowego, eksploatacji sieci oraz korzystania z systemu elektroenergetycznego i połączeń międzysystemowych § 12. ...

3. Przedsiębiorstwo energetyczne świadczące usługę przesyłania lub dystrybucji energii elektrycznej:

1) **dostarcza** energię elektryczną zgodnie z obowiązującymi parametrami jakościowymi energii elektrycznej, o których mowa w § 45



## Prawne bariery wprowadzania przekształtników energoelektronicznych do sieci dystrybucyjnych

### INSTRUKCJA RUCHU I EKSPLOATACJI SIECI DYSTRYBUCYJNEJ

I.3.2. OSD świadcząc usługę dystrybucji energii elektrycznej:

a) **dostarcza** energię elektryczną zgodnie z obowiązującymi parametrami jakościowymi i na warunkach określonych w umowie o świadczenie usług dystrybucji energii elektrycznej albo na podstawie umowy kompleksowej,

VIII.1.3. W normalnych warunkach pracy sieci (wyluczając przerwy w zasilaniu), w każdym tygodniu, 95% ze zbioru 10-minutowych średnich wartości skutecznych napięcia zasilającego powinno mieścić się w przedziale odchyłeń  $\pm 10\%$  napięcia znamionowego lub deklarowanego (przy współczynniku  $\text{tg } \varphi$  nie większym niż 0,4) dla sieci o napięciu znamionowym nie wyższym niż 110 kV – w sieciach niskiego napięcia wartości napięć deklarowanych i znamionowych są równe.

5% wartości 10-minutowych w każdym tygodniu napięcie może przekraczać dopuszczalne wartości, łącznie **8,4 godziny**





## Efekty stosowania przepisów

- Tysiące reklamacji przekroczenia napięcia składanych indywidualnie i zbiorowo przez prosumentów
- Zalecenia OSD w odpowiedzi na reklamacje:
  - generowanie mocy biernej przez aktywację funkcji  $Q(U)$ ,
  - załączanie odbiorników w celu zwiększenia autokonsumpcji,
  - wyjaśnianie, że napięcie musi się mieścić w limitach przez 95% 10-minutowych średnich wartości skutecznych napięcia zasilającego.
- Odmowa reakcji OSD w odpowiedzi na reklamacje wysokiego napięcia



## Środki i działania techniczne dla modernizacji sieci

### OSD

- Szerokie stosowanie aktywnych regulatorów napięcia – wpisane w Kartę Efektywnej Transformacji Sieci Dystrybucyjnych Polskiej Energetyki.
- Szerokie stosowanie energoelektronicznych symetryzatorów prądu.

### PROSUMENT

#### Pożądane:

- Stosowanie czteroprzewodowych przekształtników do mikroinstalacji.
- Stosowanie magazynów energii.
- Włączanie niesymetrycznych obciążeń na polecenie z sieciowego regulatora napięcia.
- Komunikacja z sieciowym regulatorem napięcia.

#### Minimalne:

- Autonomiczna praca przekształtników czterogłęziowych.



## Niezbędne zmiany w przepisach

- Wprowadzenie ustawowego obowiązku odbierania energii elektrycznej z mikroinstalacji przez OSD jako równorzędnego do dostarczania energii elektrycznej.
- Wprowadzenie ułatwień prawnych dla posiadania przez OSD magazynów energii w celu stabilizacji napięć w sieciach dystrybucyjnych.
- Zdefiniowanie usługi symetryzacji obciążeń fazowych linii dla prosumentów na polecenie z regulatora napięcia i wprowadzenie jej do taryf za energię.
- Zlikwidowanie godzinowego bilansowania międzyfazowego dla prosumentów.
- Umożliwienie inwestowania przez prosumentów w regulatory napięcia i symetryzatory prądów instalowane na liniach dystrybucyjnych nN.
- Umożliwienie inwestowania przez prosumentów w magazyny energii instalowane na liniach dystrybucyjnych nN.
- Zapewnienie komunikacji pomiędzy urządzeniami linii dystrybucyjnej i urządzeniami prosumentów.
- Zapewnienie wzajemnego dostępu do danych urządzeniom OSD i instalacjom prosumentów w celach regulacji i monitorowania sieci.



## Uaktywnienie prosumentów w systemie energetycznym

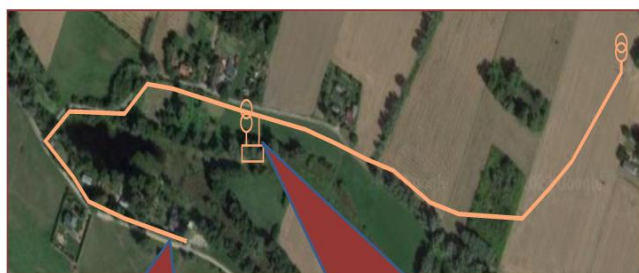
Warunki udziału prosumentów w systemie energetycznym

- Dostosowanie konfiguracji i urządzeń sieci do zmian kierunku przepływu energii.
- Zapewnienie symetrycznego obciążenia prądowego faz linii dystrybucyjnej.
- Stosowanie regulacji napięcia w głębi sieci dystrybucyjnej.
- Powyższe działania techniczne przekształcają jednokierunkową sieć dystrybucyjną w sieć o dwukierunkowym przepływie energii.
- Nadanie prosumentom uprawnień do tworzenia lokalnych grupowych zakładów wytwarzania energii.
- Wprowadzenie ułatwień dla świadczenia lokalnych usług regulacyjnych w sieci dystrybucyjnej.
- Wykorzystanie części opłat dystrybucyjnych na pokrycie kosztów działania lokalnych zakładów wytwarzania energii.



## Działanie regulatora napięcia i symetryzatora prądów

Regulator zainstalowany 600 m od transformatora  
Długość linii 1000m



Monitor  
napięcia

Transformator dodawczy  
i symetryzacja

Regulator zainstalowany 600 m od transformatora  
Długość linii 1000m

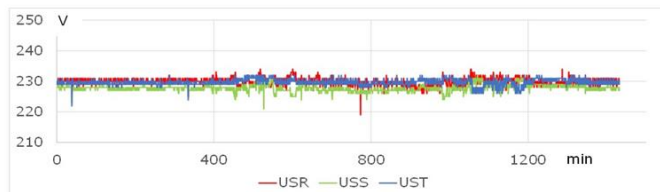
Napięcia przed  
regulatorem



Napięcia za  
regulatorem



Napięcia na  
końcu linii

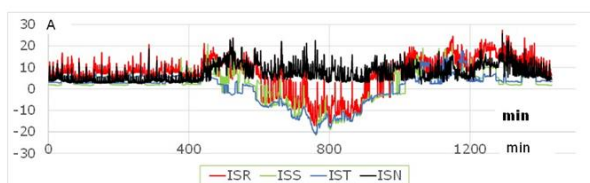


Regulator zainstalowany 600 m od transformatora  
Długość linii 1000m

Prądy przed regulatorem

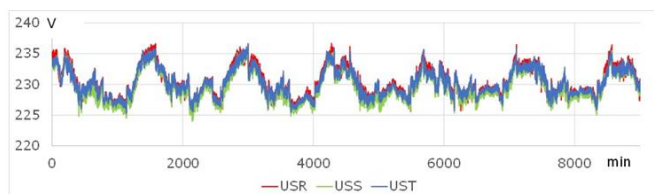


Prądy za regulatorem

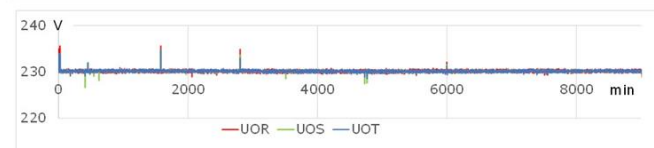


Regulator blisko transformatora

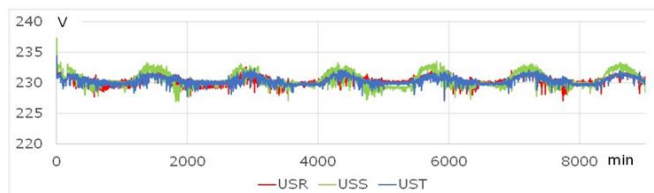
Napięcia przed regulatorem



Napięcia za regulatorem

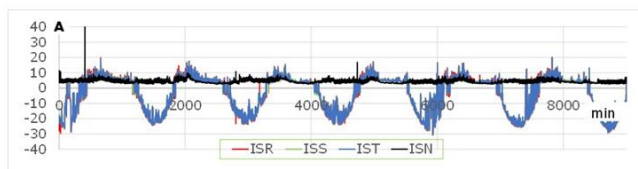


Napięcia na końcu linii

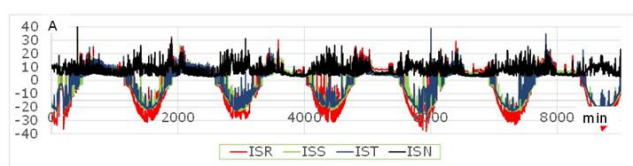


Regulator blisko transformatora

Prądy przed regulatorem



Prądy za regulatorem



### Podsumowanie – linie dystrybucyjne z regulatorami i aktywnymi prosumentami

- Prądy symetryczne w liniach rozdzielczych
- Kontrolowane napięcie w wybranych punktach linii
- Mniejsze straty w liniach
- Zwiększona produkcja energii
- Przepływy i zużycie energii sterowane lokalnie
- Lokalne rejony tworzące wirtualne elektrownie



## CERTYFIKACJA URZĄDZEŃ WYTWÓRCZYCH OD ZAPLECZA: WNIOSKI Z 4-LETNICH DOŚWIADCZEŃ CERTYFIKACJI NC RfG W POLSCE

Artur Zbroński (DNV Poland Sp. z o.o.)



WHEN TRUST MATTERS

### Certyfikacja urządzeń wytwórczych od zaplecza

Wnioski z 4-letnich doświadczeń certyfikacji NC RfG w Polsce

Artur Zbroński PhD  
14 June 2023

## Wprowadzenie

### Proces certyfikacji krok po kroku

- Akredytacja
- Podstawy prawne oraz regulacje
- Badania laboratoryjne
- Ocena zgodności
- Certyfikat

### Często występujące problemy

- Regulacje
- Pomiar do badań zakresu częstotliwości oraz RoCoF

### Podsumowanie 4 lat certyfikacji

## Proces certyfikacji krok po kroku Akredytacja

- Regulation (EC) No 765/2008
  - Uznanie akredytacji przyznanej przez zagraniczny podmiot akredytujący
- DNV posiada akredytację ISO 17065 przyznaną przez DAkKS
- Akredytacja odnawiana jest każdego roku
  - Audyt, obejmujący sprawdzenie wybranych projektów, sposobu zarządzania, kompetencji itp.

2. National authorities shall recognise the equivalence of the services delivered by those accreditation bodies which have successfully undergone peer evaluation under Article 10, and thereby accept, on the basis of the presumption referred to in paragraph 1 of this Article, the accreditation certificates of those bodies and the attestations issued by the conformity assessment bodies accredited by them.



3 DNV © 14 JUNE 2023



## Proces certyfikacji krok po kroku Podstawy prawne oraz regulacje

- NC RfG
- Wymogi ogólnego stosowania (WOS)
- PTPIREE
- DNV-SE-0124

ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) 2016/631  
z dnia 14 kwietnia 2016 r.  
ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci  
(Tekst mający znaczenie dla EOG)  
(Dz.U. L 112 z 27.4.2016, s. 1)

Wymogi ogólnego stosowania  
wynikające z Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/631  
z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiającego kodeks  
sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia  
jednostek wytwórczych do sieci (NC RfG)

Warunki i procedury wykorzystania certyfikatów w procesie  
przyłączenia modułów wytwarzania energii do sieci  
elektroenergetycznych



SERVICE SPECIFICATION

DNV-SE-0124

4 DNV © 14 JUNE 2023





## Proces certyfikacji krok po kroku Podstawy prawne oraz regulacje

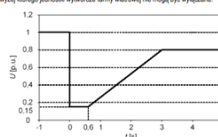
### • IRIESD/IRIESP

- Nie są ujęte jako podstawa certyfikacji
- Zdarza się, że IRIESD jest w sprzeczności z WOS

$P_{max}$	MW	Moc farmy wiatrowej z jaka firma producenta w momencie wzniesienia odpowiedzialności sieci do wartości 95,5 Hz	-
-----------	----	--	---

#### 8.6. Praca farm wiatrowych przy zakłóceniach w sieci

8.6.1. Farmy wiatrowe przyłączone do sieci 110 kV powinny być przygotowane do utrzymania się w pracy w przypadku wystąpienia zmian w sieci skutkujących zmianą napięcia w miejscu przyłączenia do sieci. Krzywa przedstawiona na rysunku poniżej przedstawia obszar, powyżej którego jednostki wytwórcze farmy wiatrowej nie mogą być wyłączane.



Charakterystyka wymaganego zakresu pracy farmy wiatrowej w przypadku wystąpienia zakłóceń w sieci.

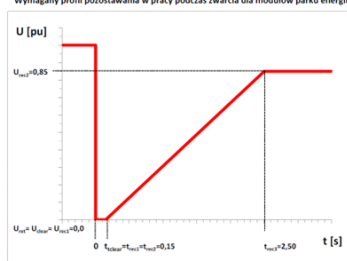
8.6.2. W niektórych lokalizacjach, ENERGY OPERATOR SA może wymagać by farmy wiatrowe podczas zakłóceń w systemie produkowały możliwie dużą, w ramach ograniczeń

Instytucja Ruchu: Energinet Smed Lovtjørnsdal - Zespół nr 1	Strona 14
---	-----------

zawieszono. | Inne aplikacje obowiązują od dnia 24 maja 2022r.

- Dla modułów parków energii wartość  $P_{ref}$  oznacza moc czynną maksymalną.

Wymagany profil pozostawania w pracy podczas zwarcia dla modułów parku energii.



## Proces certyfikacji krok po kroku Badania Laboratoryjne

Plan testów przygotowany na podstawie zagranicznych standardów testowania (np. FGW TG3), adaptowany do Polskich wymogów.

- Nie istnieją standardy testowania dla Polski

Wymaga się aby laboratorium posiadało akredytację ISO 17025

- Dozwolone jest uczestniczenie w testach przedstawiciela jednostki certyfikującej zamiast akredytacji

Laboratorium przygotowuje raport z testów na podstawie planu testów

- Znak akredytacji lub informacja o akredytacji wymagana w raporcie

## Proces certyfikacji krok po kroku Ocena zgodności

Ocena zgodności wykonywana jest na podstawie:

- Informacji producenta;
- Raportu z testów;
- Szczegółowych wymagań na podstawie regulacji, w zależności od typu badanego sprzętu;

Proces oceny zgodności jest poddany trzykrotnej weryfikacji w celu zapewnienia dokładności i niezawodności wyników.

Po przeprowadzeniu oceny zgodności istnieje możliwość wprowadzenia warunków, które są wymagane do uzyskania pozytywnej oceny.

Proces zakończony wystawieniem raportu z certyfikacji/oceny zgodności

7 DNV © 14 JUNE 2023

DNV

## Proces certyfikacji krok po kroku Certyfikat

Wystawiany jest na podstawie raportu z oceny zgodności

Zawiera informacje jednoznacznie identyfikujące certyfikowany sprzęt

**DNV**  
**EQUIPMENT CERTIFICATE**

Certificate No: **25000000000000000000** | Issue: **2023-06-14** | Valid until: **2024-06-14** | OCC Area: **PL**

Issued for:  
**Przykładowa nazwa serii (SPGM/PPM/PPC Typ A/B/C/D)**  
With specifications and software version as listed in Annex 2

Issued to:  
**Pełna nazwa klienta / producenta**  
Adres producenta

According to:  
**DNV-SE-0124, 2021-10: Certification of Grid Code Compliance**  
**PTPIREE, 2021-04: Conditions and procedures for using certificates in the process of connecting power generating modules to power networks**  
**3201ER0631, 2016-04: Requirements for Generators (NC RIG)**  
**PSE, 2018-12: Requirements of general application resulting from Commission Regulation (EU) 2016/631 of 14 April 2016**  
detailed in Annex 1

Based on the document:  
**EN-ISO-9001-SE-0128-00000-AD72-0** | **Network Code Requirements for XXXXX, Poland, Certification Report, dated 2023-05-14**

Further assessment information, including scope and conditions, is found in Annex 1. Description of the power generation units and type tests performed is found in Annex 2 and Annex 3 respectively.

Wrocław, 2023-06-14 | Gdańsk, 2023-06-14  
For DNV Renewable Certification | For DNV Renewable Certification

Dr Steen Westgaard | In DNV's country of origin, DNV is a member of the DNV Group, which is a member of the DNV Group. The DNV Group is a member of the DNV Group. The DNV Group is a member of the DNV Group.  
DNV is a member of the DNV Group. The DNV Group is a member of the DNV Group. The DNV Group is a member of the DNV Group.

8 DNV © 14 JUNE 2023

DNV



## Proces certyfikacji krok po kroku Certyfikat

### CERTYFIKAT SPRZĘTU – ZAŁĄCZNIK 3

Certyfikat nr:  
1C42C-ENW-01-0124-00000-0

Strona 12 z 12

**Badania typu**

1 **Badania typu**

Testy wykorzystane w procesie certyfikacji, przedstawione w raporcie /1/ wykonane w dniach [redacted] na stanowisku testowym w [redacted] przeprowadzone przez [redacted] akredytowanego na zgodność z ISO-17025.

Testy przeprowadzono na [redacted]

Wyniki wykorzystane do oceny są udokumentowane w sprawozdaniach z pomiarów, jak określono poniżej:

Test	Sprawozdanie z badań
Zakres częstotliwości	w /1/
Prędkość zmian częstotliwości (RoCoF) d/dt	w /1/
Zdalne zaprzestanie generacji mocy czynnej	w /1/
Tryb LFSM-O	w /1/

Sprawozdanie z badań	Numer dokumentu	Treść
/1/	[redacted]	[redacted]

Wyniki badań zostały ocenione pod kątem wymagań PSE 2018-12 /C/ oraz NC RIG /D/. Dalsze szczegóły opisano w odpowiednim Raporcie z certyfikacji [redacted]

11 DNV © 14 JUNE 2023



## Często występujące problemy Regulacje

Norma europejska jest 50549 błędnie postrzegana jako obowiązująca dla wszystkich krajów europejskich – w tym Polski

### Wymogi ogólnego stosowania

- Martwe przepisy - Zdalne sterowanie LFSM-O
- Niespójności – wymogi dotyczące generacji mocy biernej
- Błędy w wersji przetłumaczonej na angielski

### Warunki i procedury wykorzystania certyfikatów

- „Ukryty” rozdział 9
- „Ma prawo do przedstawienia certyfikatu” dla SPGM

12 DNV © 14 JUNE 2023



Często występujące problemy

## Pomiary do badań zakresu częstotliwości oraz RoCoF

### Wymagane testy:

- 47.5 Hz – 30 min
- 51.5 Hz – 30 min
- 2 Hz/s

### Problemy

- Potrzeba specjalistycznej aparatury pomiarowej – symulator sieci/praca wyspowa
- Wymagane przeprowadzenie testów przy mocy znamionowej
- Standardy do testów
- Koszt

## Podsumowanie

- Proces certyfikacji jest już solidnie zakorzeniony w polskich przepisach, co stanowi podstawę dla skutecznego funkcjonowania systemu oceny zgodności.
- Konieczne jest dokonanie niewielkich dostosowań w przepisach w celu uniknięcia występujących problemów, które zostały przedstawione w prezentacji.
- Wprowadzenie certyfikacji skłoniło producentów do modyfikacji swojego oprogramowania, aby spełnić polskie wymagania, których wcześniej nie znali lub nie rozumieli.

WHEN TRUST MATTERS

# Dziękuję za uwagę

Artur.Zbronski@dnv.com  
+48 787 099 058

[www.dnv.com](http://www.dnv.com)

15 DNV © 14 JUNE 2023



## BANKI NASTAW INWERTERÓW WSPÓŁPRACUJĄCYCH Z MODUŁAMI WYTWARZANIA TYPU A I B

*Marcin Habrych (Politechnika Wroclawska)*



# Banki nastaw inwerterów współpracujących z modułami wytwarzania typu A i B

Dr hab. inż. Marcin Habrych, prof. uczelni

Politechnika Wroclawska  
Wydział Elektryczny  
Katedra Energoelektryki K36



## Plan wystąpienia

- Wprowadzenie,
- Analiza standardu IEEE-1547,
- Analiza wymagań zawartych w IRIESD,
- Podsumowanie.



## Rozwój odnawialnych źródeł energii

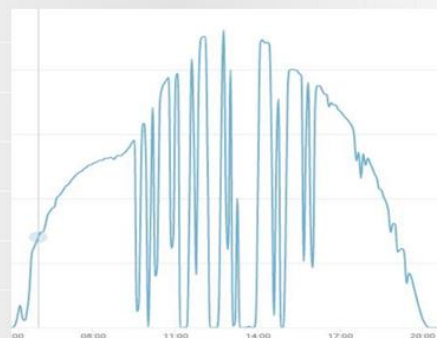
- ❖ Moc instalacji PV rośnie systematycznie,
- ❖ Odnawialne źródła energii w 2023 roku biją swoje rekordy produkcji. W środę 10 maja 2023 roku pomiędzy godziną 11.00 a 12.00 farmy wiatrowe i fotowoltaiczne w Polsce wyprodukowały łącznie aż 13,8 GWh prądu. W ubiegłym roku ten rekord wynosił 10,6 GWh,
- ❖ Problemy prosumentów...

3

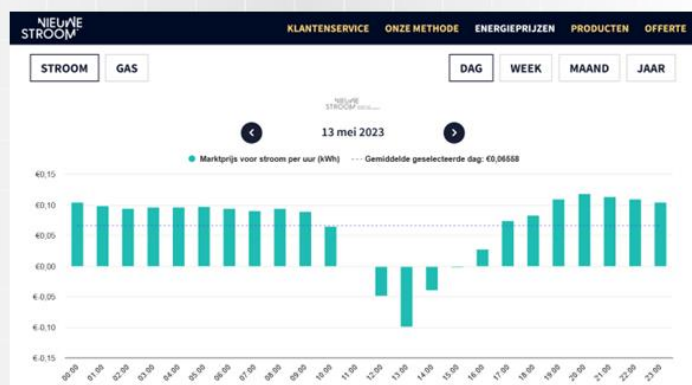


## Rozwój odnawialnych źródeł energii

- ❖ Wyłączenia inwerterów:



- ❖ Ceny dynamiczne energii elektrycznej:



4





## Podział jednostek wytwórczych – IEEE-1547

Podział ze względu na funkcje pełnione w SEE:

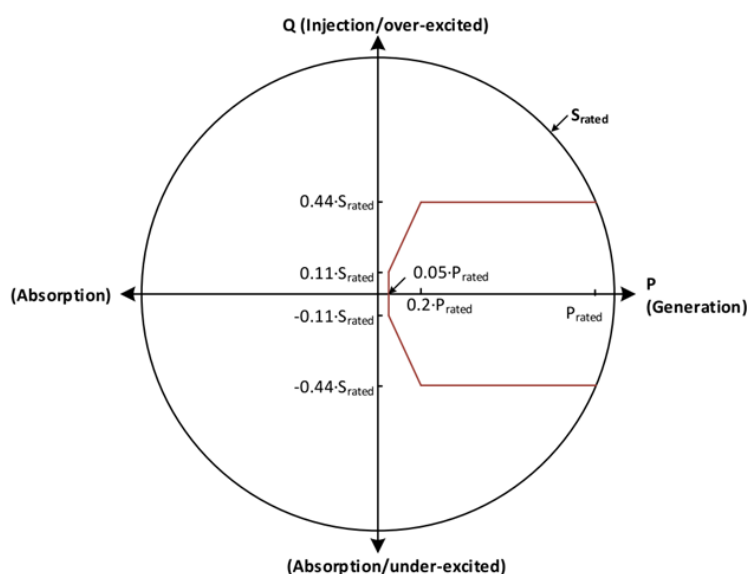
- Gospodarka mocą bierną i funkcje regulacji napięcia
  - Kategoria A
  - Kategoria B
- Wspomaganie stabilności i niezawodności SEE
  - Kategoria I
  - Kategoria II
  - Kategoria III

5



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria B

Minimalna zdolność do generacji mocy biernej



6



## Sterowanie mocą bierną i napięciem

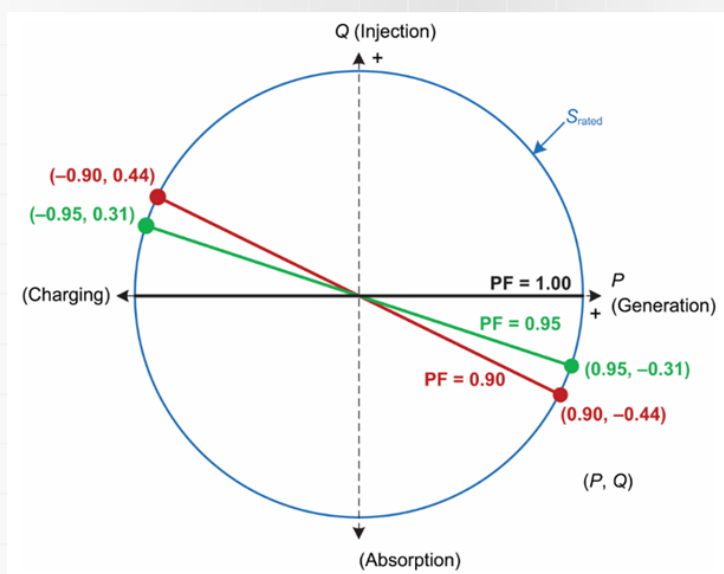
- Tryb stałego współczynnika mocy
- Tryb regulacji mocy biernej w funkcji napięcia
- Tryb regulacji mocy czynnej w funkcji mocy biernej
- Tryb stałej mocy biernej

7



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria B

Tryb stałego współczynnika mocy

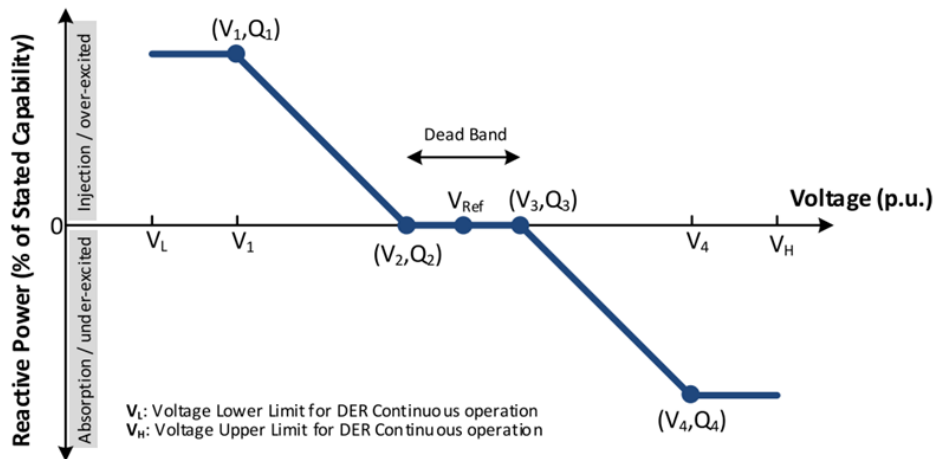


8



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria B

Regulacja mocy biernej w funkcji napięcia

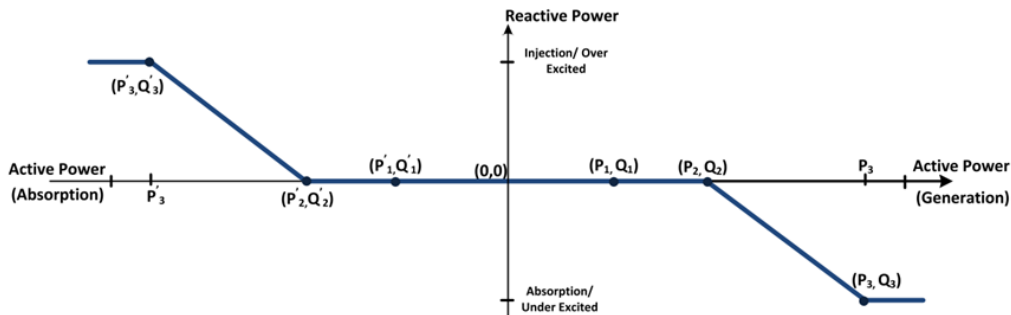


9



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria B

Regulacja mocy biernej w funkcji mocy czynnej

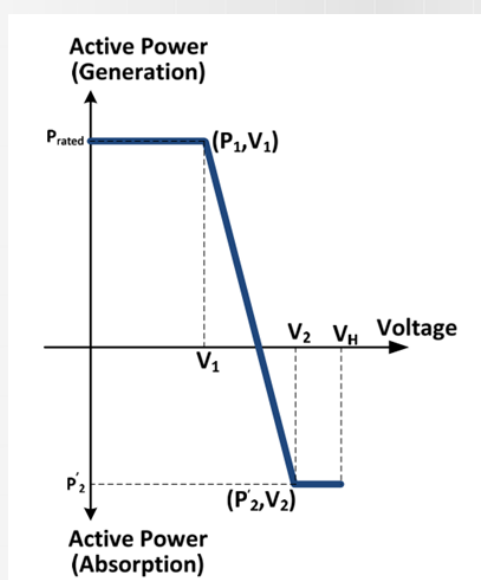


10



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria B

Regulacja mocy czynnej w funkcji napięcia



11



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria II

Wymagania ogólne:

- Zaprzestanie dostarczania mocy czynnej i wyłączenie GR w trakcie zwarć
- Zaprzestanie dostarczania mocy czynnej i wyłączenie GR w przypadku zaniku fazy w sieci
- Ponowna synchronizacja GR z siecią powinna nastąpić w warunkach nie stwarzających zagrożenia:
  - $0,917 U_n \leq U \leq 1,05 U_n$
  - $59,5 \text{ Hz} \leq f \leq 60,1 \text{ Hz}$

12



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria II

Zabezpieczenia napięciowe:

Kryterium	Nastawy zalecane		Przedziały nastaw	
	Napięcie [pu]	Czas zadziałania [s]	Napięcie [pu]	Czas zadziałania [s]
U>>	1,20	1,20	1,20	0,16
U>	1,10	1,10	1,10 - 1,20	1,0 - 13,0
U<<	0,70	0,70	0,0 - 0,88	2,0 - 21,0
U<	0,45	0,45	0,0 - 0,50	0,16 - 2,0

13



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria II

Zdolność do utrzymywania się w pracy podczas  
zakłóceń napięciowych – VRT (Voltage Ride-Through)

Zakres napięcia [pu]	Tryb działania	Min. czas VRT [s]	Max. czas odpowiedzi [s]
> 1,20	Wyłączenie	Nie dotyczy	0,16
$1,175 < U \leq 1,20$	Warunkowy	0,2	Nie dotyczy
$1,15 < U \leq 1,175$	Warunkowy	0,5	Nie dotyczy
$1,10 < U \leq 1,15$	Warunkowy	1	Nie dotyczy
$0,88 \leq U \leq 1,10$	Stan ustalony	Nieskończoność	Nie dotyczy

14



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria II

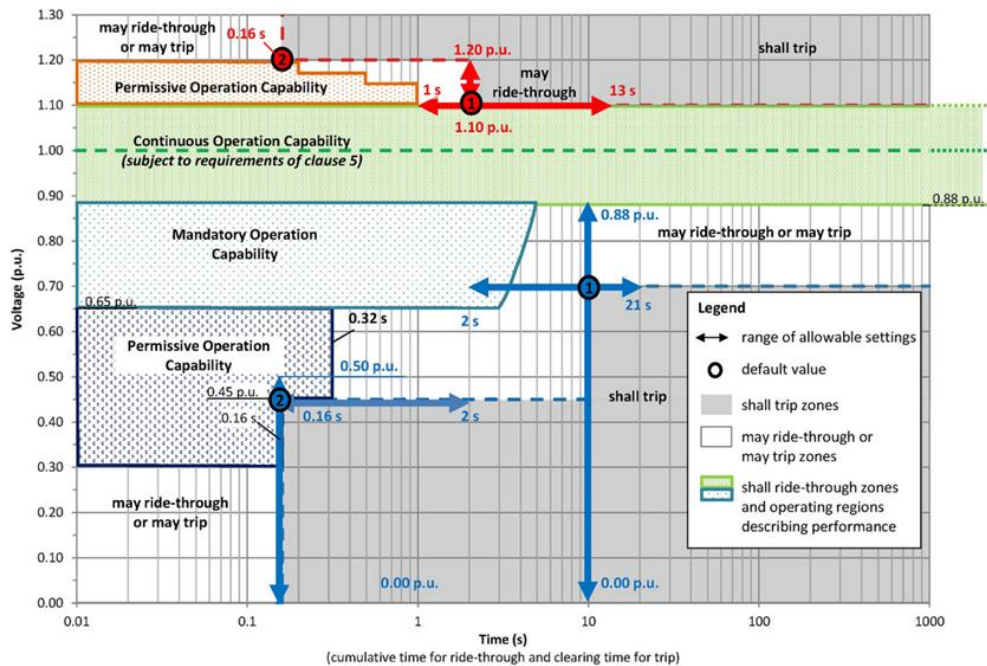
Zdolność do utrzymywania się w pracy podczas  
zakłóceń napięciowych – VRT (Voltage Ride-Through)

Zakres napięcia [pu]	Tryb działania	Min. czas VRT [s]	Max. czas odpowiedzi [s]
$0,65 \leq U < 0,88$	Obligatoryjny	$3s + \frac{8,7s}{1pu}(U - 0,65pu)$	Nie dotyczy
$0,45 \leq U < 0,65$	Warunkowy	0,32	Nie dotyczy
$0,30 \leq U < 0,45$	Warunkowy	0,16	Nie dotyczy
$U < 0,30$	Wyłączenie	Nie dotyczy	0,16

15



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria II



16



## Przykładowe wymogi dla GR zawarte w dokumentach europejskich - źródło typu B

Parametry napięcia [pu]		Parametry czasu [s]	
$U_{ret}$	0,05 - 0,3	$t_{clear}$	0,14 - 0,15
$U_{clear}$	0,7 - 0,9	$t_{rec1}$	$t_{clear}$
$U_{rec1}$	$U_{clear}$	$t_{rec2}$	$t_{rec1} - 0,7$
$U_{rec2}$	0,85 - 0,9 i $\geq U_{clear}$	$t_{rec3}$	$t_{rec2} - 1,5$

17



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria II

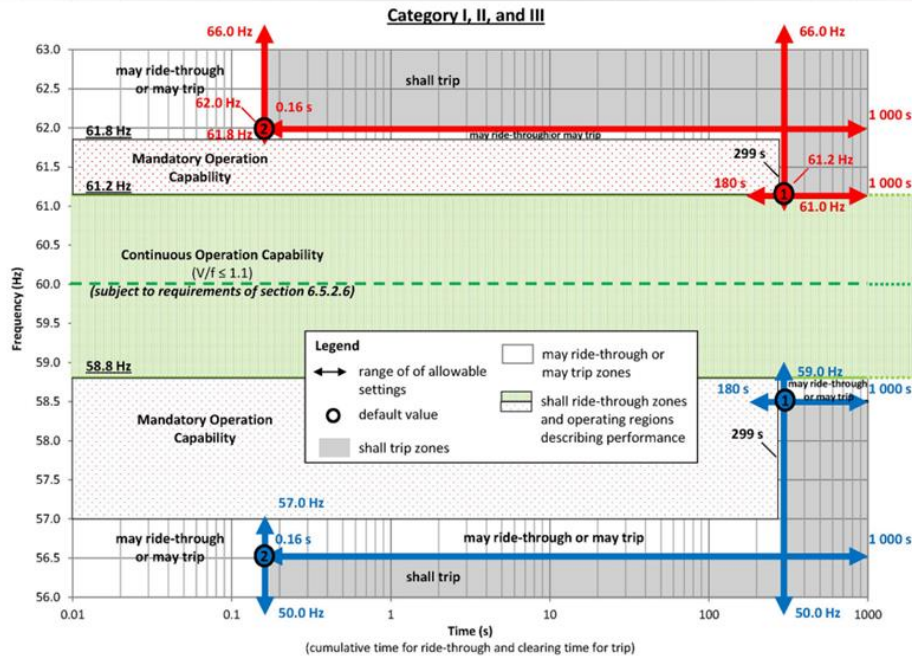
Zabezpieczenia częstotliwościowe:

Kryterium	Nastawy zalecane		Przedziały nastaw	
	Częstotliwość [Hz]	Czas zadziałania [s]	Częstotliwość [Hz]	Czas zadziałania [s]
$f \gg$	62	0,16	61,8 - 66,0	0,16 - 1000
$f >$	61,2	300	61,0 - 66,0	180 - 1000
$f \ll$	58,5	300	50,0 - 59,0	180 - 1000
$f <$	56,5	0,16	50,0 - 57,0	0,16 - 1000

18



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria II

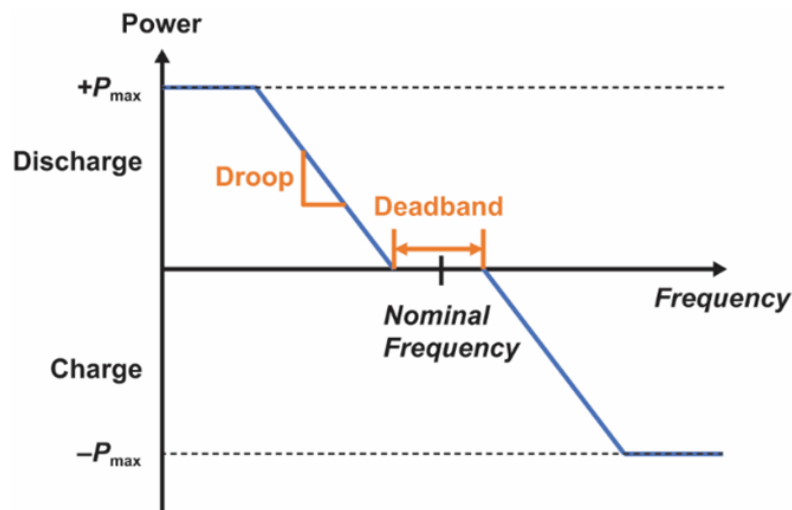


19



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria II

Przykładowa charakterystyka odpowiedzi na spadek częstotliwości



20





## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547 – kategoria II

Zabezpieczenia dodatkowe:

- ROCOF  $\geq 2$  Hz/s - zadziałanie
- Vector Shift  $\geq 20^\circ$  - zadziałanie

21



## Wymogi dla GR zawarte w IEEE-1547

Praca wyspowa:

- Nieintencjonalna wyspa musi zostać pozbawiona zasilania w ciągu 2 s
- Praca wyspowa jest dozwolona, gdy GR spełnia warunki takie jak:
  - Zdolność do generacji mocy biernej,
  - Sterowanie napięciem i mocą bierną,
  - Zdolność do utrzymywania się w pracy przy wahaniach napięcia i częstotliwości,
  - Odpowiedź na spadek częstotliwości.

22



- Standard IEEE-1547 wprowadza innego rodzaju podział źródeł rozproszonych niż standardy europejskie
- Wymogi zawarte w standardzie IEEE-1547 w części pokrywają się z wymaganiami europejskimi, są one jednak bardziej szczegółowe i restrykcyjne
- Standard IEEE-1547 dopuszcza pracę wyspowa jednostek wytwórczych, ale tylko w przypadku spełnienia określonych wymagań

23



## IRIESD - Podział jednostek wytwórczych

Tab. 2 Podział modułów wytwarzania według różnych dokumentów

Dokument	Moduł typu A	Moduł typu B	Moduł typu C	Moduł typu D
Kodeks Sietciowy	≥ 0,8 kW	≥ 1 MW	≥ 50 MW	≥ 75 MW
IRIESD	≥ 0,8 kW	≥ 200 kW	≥ 10 MW	≥ 75 MW

24



## IRIESD - Zabezpieczenie napięciowe

### Wymagania:

Mikroinstalacja przyłączona przez falownik musi być zdolna do pracy w normalnych warunkach eksploatacji w paśmie tolerancji napięcia od  $0,85 U_n$  do  $1,1 U_n$  i wyłączona spod napięcia po przekroczeniu wartości granicznych w wymaganym czasie:

- od 1,2 s do 1,5 s przy obniżeniu napięcia ( $U <$ ),
- 3 s przy wzroście napięcia powyżej  $1,1 U_n$  ( $U >$ ),
- 0,1 – 0,2 s przy wzroście napięcia powyżej  $1,15 U_n$  ( $U >>$ ).

Pierwszy stopień zabezpieczenia nadnapięciowego ( $U >$ ) powinien reagować na wartość średnią 10-minutową zgodnie z normą EN 50160 (okno pomiarowe przesuwne z pomiarem co minimum 3 s).

Dla napięcia powyżej  $1,15 U_n$  powinno zadziałać zabezpieczenie drugiego stopnia nadnapięciowego  $U >>$  i spowodować wyłączenie instalacji z czasem od 0,1 s do maksymalnie 0,2 s.

25



## IRIESD - Zabezpieczenie częstotliwościowe

### Wymagania:

W przypadku zmiany częstotliwości w zakresach:

- od 47,5 Hz do 49 Hz,
- od 51 Hz do 51,5 Hz

jednostka wytwórcza powinna pozostać przyłączona do sieci przez minimum 30 minut.

Po obniżeniu częstotliwości poniżej poziomu 47,5 Hz lub zwiększeniu powyżej 52 Hz zabezpieczenie  $f <$  lub  $f >$  powinno zadziałać z czasem od 0,3 s do 0,5 s.

26



## IRIESD - Zabezpieczenie od pracy wyspowej (kryterium RoCoF $df/dt$ )

### Wymagania:

- Wymagana nastawa zabezpieczenia wynosi 2,5 Hz/s (gdzie wartość ta mierzona jest jako wartość średnia w przesuwym oknie pomiarowym o długości 500 ms).
- Zabezpieczenie powinno zadziałać z opóźnieniem nie dłuższym niż 0,5 s.

27

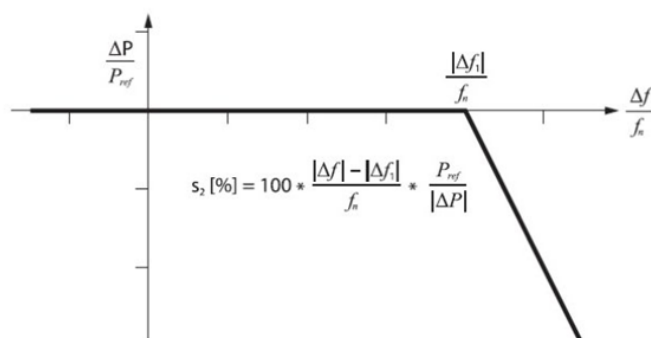


## Automatyka regulacyjna

**Tryb pracy LFSM-O**, w którym generowana moc czynna zmniejsza się w odpowiedzi na wzrost częstotliwości systemu powyżej określonej wartości.

### Wymagania:

- zdolność do ustawienia progu częstotliwości w LFSM-O w zakresie: 50,2 Hz – 50,5 Hz, wartość domyślna 50,2 Hz,
- zdolność do ustawienia statyzmu w LFSM-O w zakresie: 2 – 12%, wartość domyślna 5%,
- przy wzroście częstotliwości powyżej nastawionej wartości rozruchowej - redukcja mocy czynnej wg wzoru:



gdzie:

$P_{ref}$  – moc czynna maksymalna,  
 $\Delta P$  – zmiana generowanej mocy czynnej modułu wytwarzania energii,  
 $f_n$  – częstotliwość znamionowa sieci,  
 $\Delta f$  – odchylenie częstotliwości sieci.

28

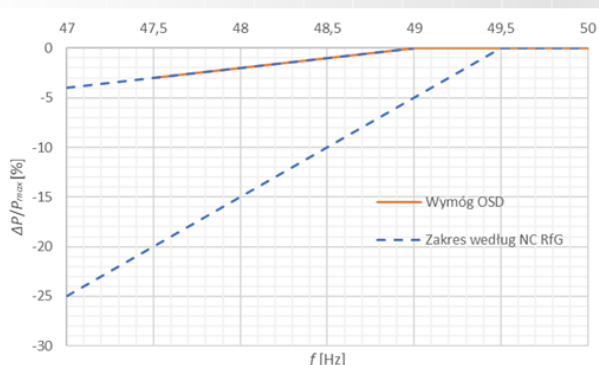


## Automatyka regulacyjna

**Tryb pracy LFSM-U**, który opisuje dopuszczalny spadek mocy czynnej w odpowiedzi na spadek częstotliwości.

### Wymagania:

- W przedziale wynoszącym od 47,5 Hz do 49,5 Hz - dopuszczalna redukcja mocy czynnej ze względu na obniżenie częstotliwości zawiera się pomiędzy krzywymi pokazanymi na rysunku,
- **OSD określili wymagania dla jednostek inwerterów fotowoltaicznych ustanawiając dopuszczalny poziom redukcji mocy czynnej wynoszący 2% mocy maksymalnej na każdy 1 Hz spadku częstotliwości poniżej 49 Hz.**



Maksymalny spadek zdolności do generacji mocy przy spadku częstotliwości

29

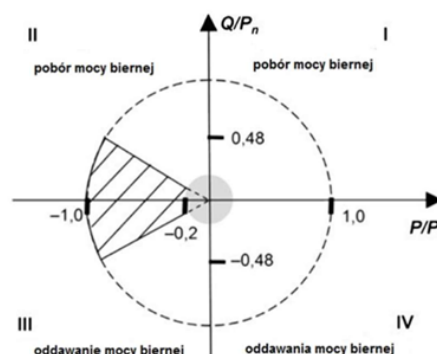


## Automatyka regulacyjna mocy biernej

### Wymagania:

Mikroinstalacja przyłączona przez falownik musi być zdolna do pracy w normalnych warunkach eksploatacji w paśmie tolerancji napięcia od 0,85  $U_n$  do 1,1  $U_n$  z następującą mocą bierną:

- ❖ zgodnie z krzywą charakterystyki zadanej przez OSD w obrębie współczynników przesunięcia fazowego podstawowych harmonicznych napięcia i prądu od  $\cos\phi=0,9_{ind}$  do  $\cos\phi=0,9_{poj}$ , gdzie moc czynna wyjściowa mikroinstalacji jest równa 20% znamionowej mocy czynnej lub większa,
- ❖ bez zmian mocy biernej więcej niż o 10% znamionowej mocy czynnej mikroinstalacji przy mocy czynnej niższej niż 20% znamionowej mocy czynnej.

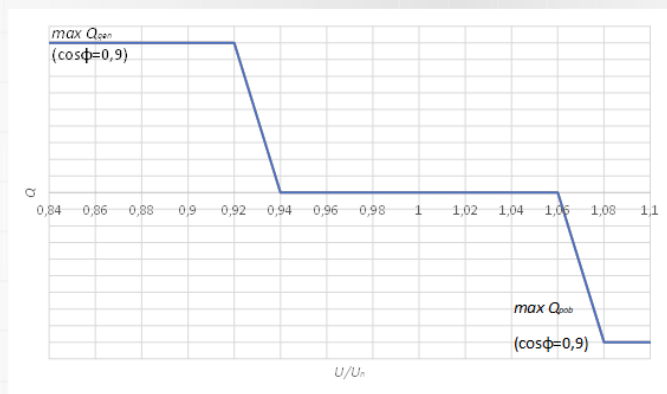


30



## Automatyka regulacyjna mocy biernej

- Sterowanie mocą bierną w funkcji napięcia na zaciskach generatora (tryb Q(U)) jako tryb podstawowy:

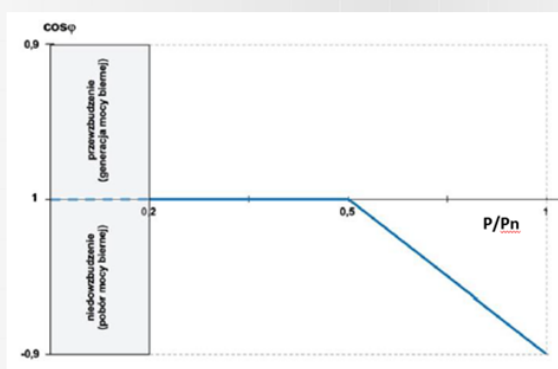


31



## Automatyka regulacyjna mocy biernej

- Sterowanie współczynnikiem mocy w funkcji generacji mocy czynnej (tryb cosφ(P)), jako tryb alternatywny:



- Sterowanie współczynnikiem mocy - cosφ stałe, nastawiane w granicach od cos φ = 0,9ind do cos φ =0,9poj, jako tryb dodatkowy.

32



## Automatyczne przyłączanie modułu wytwarzania energii do sieci

Wymogi definiują sposób ponownego przyłączenia jednostki do sieci po awaryjnym wyłączeniu. Spełnione muszą zostać łącznie wszystkie poniższe warunki:

- ❖ częstotliwość napięcia w sieci mieści się w przedziale od 47,5 Hz do 50,1 Hz,
- ❖ zakres napięcia: od  $0,85 U_n$  do  $1,1 U_n$ ,
- ❖ minimalny czas obserwacji: 60 s,
- ❖ maksymalny dopuszczalny gradient wzrostu generowanej mocy czynnej: 10% mocy maksymalnej mikroinstalacji na minutę.

33



## Pozostałe wymagania

- ❖ Wyposażenie inwertera w port wejściowy RS485, obsługujący protokół komunikacyjny SUNSPEC,
- ❖ Ochrona przed nieuprawnioną ingerencją w ustawienia trybów pracy regulacji mocy biernej (zmiana trybów pracy nie może być dokonana samodzielnie przez właściciela mikroinstalacji); zapewnienie ochrony przed nieuprawnioną ingerencją w ustawienia nastaw zabezpieczeń - zmiana nastaw zabezpieczeń nie może być dokonana samodzielnie przez właściciela mikroinstalacji.
- ❖ Zalecenie dotyczące posiadania przez inwerter funkcji redukcji mocy czynnej generowanej w funkcji wzrostu napięcia. Funkcja może zadziałać dopiero po wyczerpaniu możliwości regulacji napięcia poborem mocy biernej w trybie Q(U) tj. powyżej  $1,08 U_n$  i nie może powodować skokowych zmian mocy generowanej,
- ❖ Dostęp do dziennika logów, w których zawarto informacje o wprowadzonych zmianach w nastawieniach kryteriów zabezpieczeniowych oraz charakterystyk regulacyjnych. Odporność dziennika na przywrócenie do ustawień fabrycznych.

34



## Podsumowanie

- Wylimitowanie praktyk „Polak potrafi”,
- Kodeks Sieciowy – „szkic” dla wymagań krajowych OSP i OSD,
- Obecny zakres IRiESD powinien zostac uzupelniony na podstawie opracowanego przez PTPIREE zbioru proponowanych wymogow,
- Ujednolicenie wymagań stawianych jednostkom wytwórczym pozwoli zapewnić efektywnosc i niezawodnosc ich pracy.

35



Politechnika  
Wroclawska

**Dziękuję za uwagę**



HR EXCELLENCE IN RESEARCH











**PTPiREE**

**Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej**  
**ul. Wołyńska 22, 60-637 Poznań**  
**tel. +48 61 846-02-00, fax: +48 61 846-02-09, [www.ptpiree.pl](http://www.ptpiree.pl), [ptpiree@ptpiree.pl](mailto:ptpiree@ptpiree.pl)**  
**NIP: 777-00-04-090, REGON: 004845964**  
**SANTANDER Bank Polska 30 1090 1362 0000 0000 3601 8167**