



# Integracja odnawialnych źródeł energii z miejskimi sieciami trakcyjnymi jako element transformacji energetycznej w transporcie publicznym

**Tomasz Buda**

Zakład Automatyki i Urządzeń Pomiarowych AREX Sp. z o.o.



Poznań, 6 - 7 czerwca 2024 roku

## Grupa WB

Od 2011 roku AREX jest częścią Grupy WB – największej polskiej grupy kapitałowej, realizującej zadania z zakresu obronności państwa.

Największy polski koncern sektora obronnego oferuje:

- systemy informatyczne i cyberbezpieczeństwa,
- systemy w zakresie samolotów bezzałogowych, amunicji krążącej,
- technologie łączności,
- zaawansowane rozwiązania dla sił zbrojnych z całego świata.



## Spółki Grupy WB w Polsce



## Spółki Grupy WB za granicą

**WB UKRAINE**  
WB GROUP  
Kijów (Ukraina)

**WB AMERICA**  
WB GROUP  
Aleksandria, VA (USA)

**WB MIDDLE EAST**  
WB GROUP  
Rijad (Arabia Saudyjska)



Delta - WB  
Tbilisi (Gruzja)

**WB INDIA**  
WB GROUP  
New Delhi (Indie)

**WBE TECHNOLOGIES**  
WB GROUP  
Kuala Lumpur (Malezja)





## O AREX

AREX jest liderem w dostawach urządzeń i systemów mechatronicznych dla infrastruktury specjalnej. Działalność przedsiębiorstwa skupia się na opracowywaniu i wdrażaniu rozwiązań dedykowanych dla branży zbrojeniowej.

Ponadto firma specjalizuje się w systemach elektroenergetycznych, stosowanych w infrastrukturze kolejowej, infrastrukturze ładowania pojazdów elektrycznych a także magazynowania energii elektrycznej

## RYNEK SPECJALNY



- systemy sterowania napędami
- autonomiczne systemy wieżowe
- modernizacja sprzętu wojskowego, w tym polonizacja rozwiązań stosowanych w wyrobach wojskowych oraz trenażery

## RYNEK ELEKTROMOBILNY



- stacje ładowania pojazdów elektrycznych
- systemy zarządzania energią elektryczną (magazyny energii)
- konwersja energii

## RYNEK KOLEJOWY



- system elektrycznego ogrzewania rozjazdów
- system sterowania oświetleniem
- systemy stabilizacji sieci trakcyjnych



# Rola transportu publicznego w Polsce w dążeniu do neutralności klimatycznej



Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. (PEP2040) dla miast o ludności powyżej 100 tys. mieszkańców:

- od 2025 r. – 100% nowej floty kupowanej na cele świadczenia usług komunikacji miejskiej będzie zeroemisyjna (autobusy elektryczne i na wodór);
- od 2030 r. – pełna zeroemisyjność floty komunikacji miejskiej.

Do **2030** roku zapotrzebowanie na energię elektryczną w transporcie pasażerskim wzrośnie do **7-8 TWh**.

W **2050** roku zużycie energii elektrycznej w sektorze transportu pasażerskiego może sięgnąć poziomu ok. **34 TWh** (ok. 10% zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce).

Źródła:

<https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski>

<https://zkmgdynia.pl/wiadomosc/nesobus-polski-autobus-na-wodor>

[https://managerplus.pl/rola-transportu-publicznego-w-polsce-w-dazeniu-do-neutralnosciklimatycznej-54351#Rozwoj\\_drogowego\\_transportu\\_zbiorowego](https://managerplus.pl/rola-transportu-publicznego-w-polsce-w-dazeniu-do-neutralnosciklimatycznej-54351#Rozwoj_drogowego_transportu_zbiorowego)

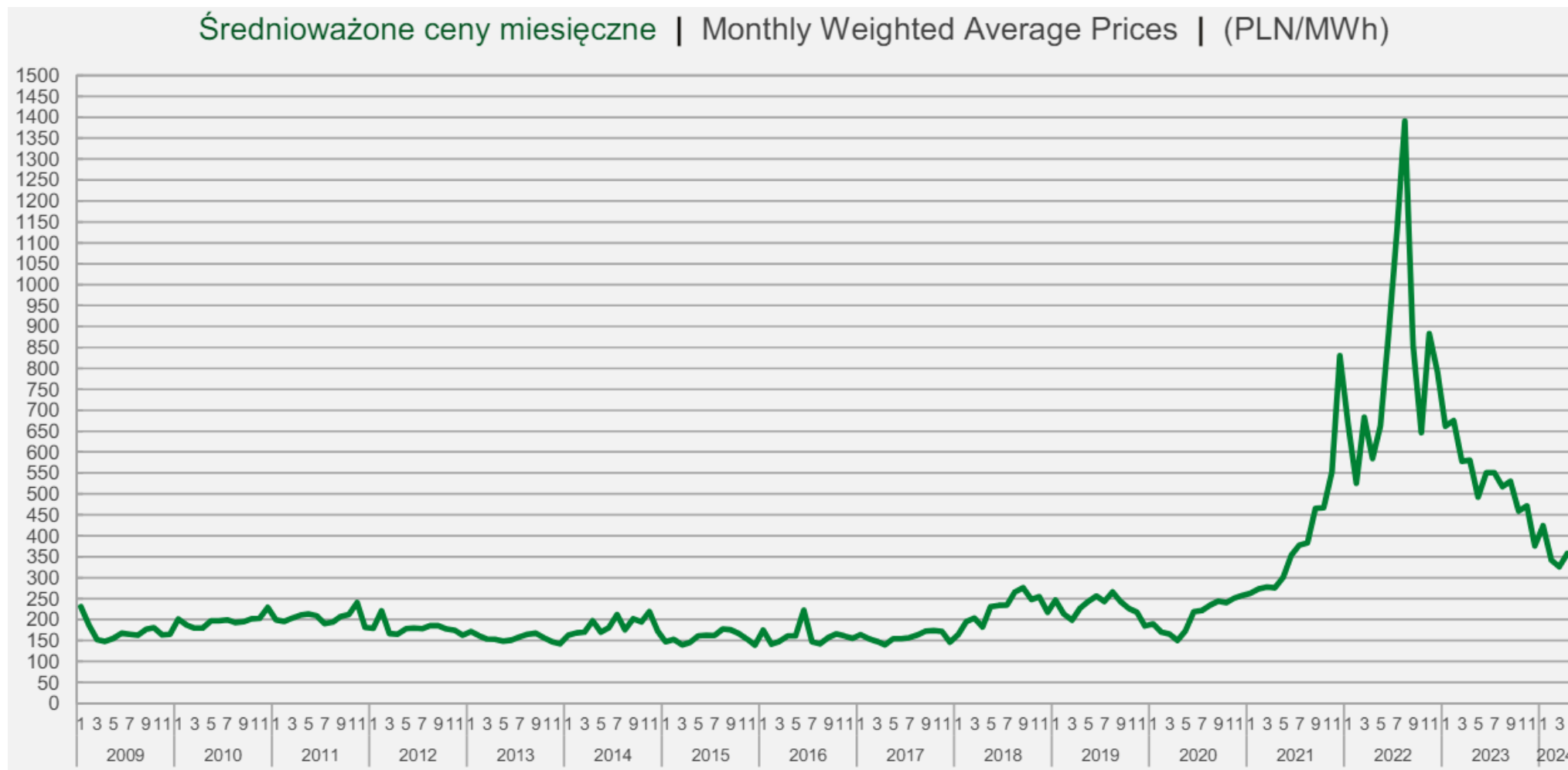
## Koszty energii przy różnych środkach transportu miejskiego

| Środek transportu | Średnie zużycie energii/paliwa | Koszt pokonania 100 km |
|-------------------|--------------------------------|------------------------|
| Trolejbus         | 219 kWh/100 km                 | 455,52 zł              |
| Tramwaj           | 400 kWh/100 km                 | 832,00 zł              |
| Autobus           | 47 l/100 km                    | 313,25 zł              |

Źródło: <https://www.money.pl/gospodarka/ile-pradu-zuzywa-tramwaj-trolejbus-i-autobus-elektryczny-to-dlatego-wyzsze-rachunki-uderza-w-miejskich-przewoznikow-6810125767084672a.html>



## Notowania energii elektrycznej w okresie 2009/01 – 2024/03



Źródło: <https://tge.pl/Dane-statystyczne>

# Rosnące koszty energii problemem dla przedsiębiorstw komunikacyjnych

## Aktualności

### **Drogi prąd hamuje rozwój bezemisyjnej komunikacji miejskiej**

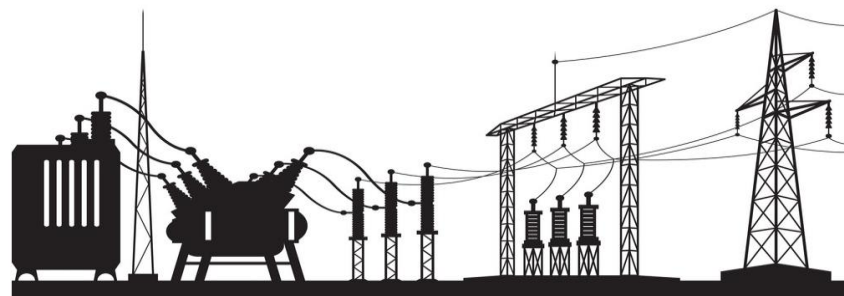
© 20.06.2022 Aktualizacja: 20.06.2022, 23:15

Zdaniem dziennika, ten negatywny trend może się pogłębiać na skutek niepewnej sytuacji gospodarczej i rosnących kosztów. Obawy budzi szybko drożejąca energia i brak perspektywy wyhamowania tych podwyżek, a przede wszystkim zapowiedź osłabienia samorządowych budżetów, drenowanych przez Polski Ład – wskazuje „Rz”.

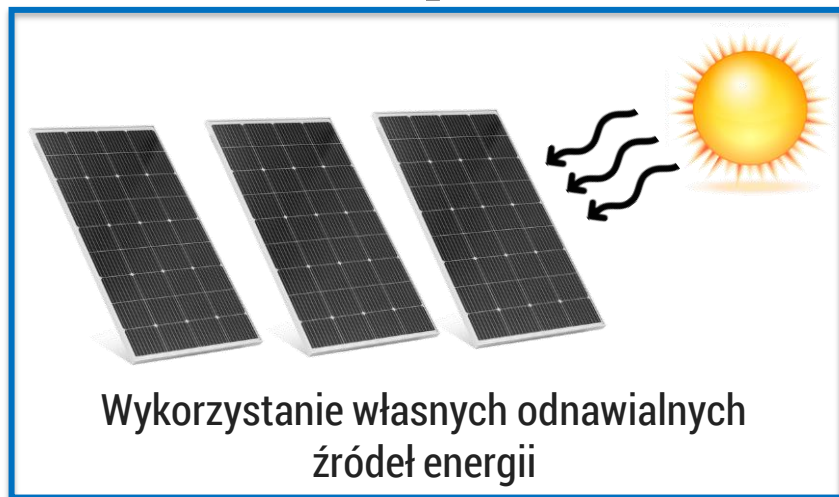
Z kolei w Gdyni przetarg na zakup sześciu nowych pojazdów anulowało Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej (PKT). Decyzje argumentowano niestabilnymi cenami prądu przy konieczności zawarcia umowy na jego dostawę jeszcze przed zakupem nowego taboru. Według obecnych cen koszt energii w 2023 r. wzrośnie o ponad 100 proc. w stosunku do bieżącego roku, co spowoduje potrzebę ograniczenia wydatków inwestycyjnych – poinformowało gdyńskie PKT.

Źródło: <https://samorząd.pap.pl/kategoria/aktualnosci/drogi-prad-hamuje-rozwoj-bezemisyjnej-komunikacji-miejskiej>

# Jak zredukować koszty zakupu energii elektrycznej w transporcie publicznym



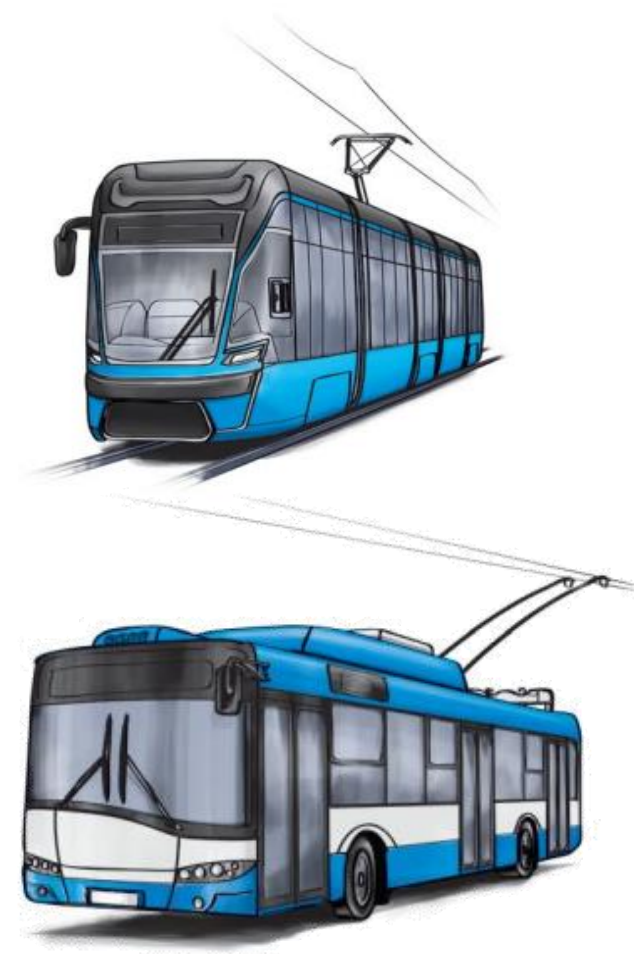
Publiczny dostawca energii elektrycznej



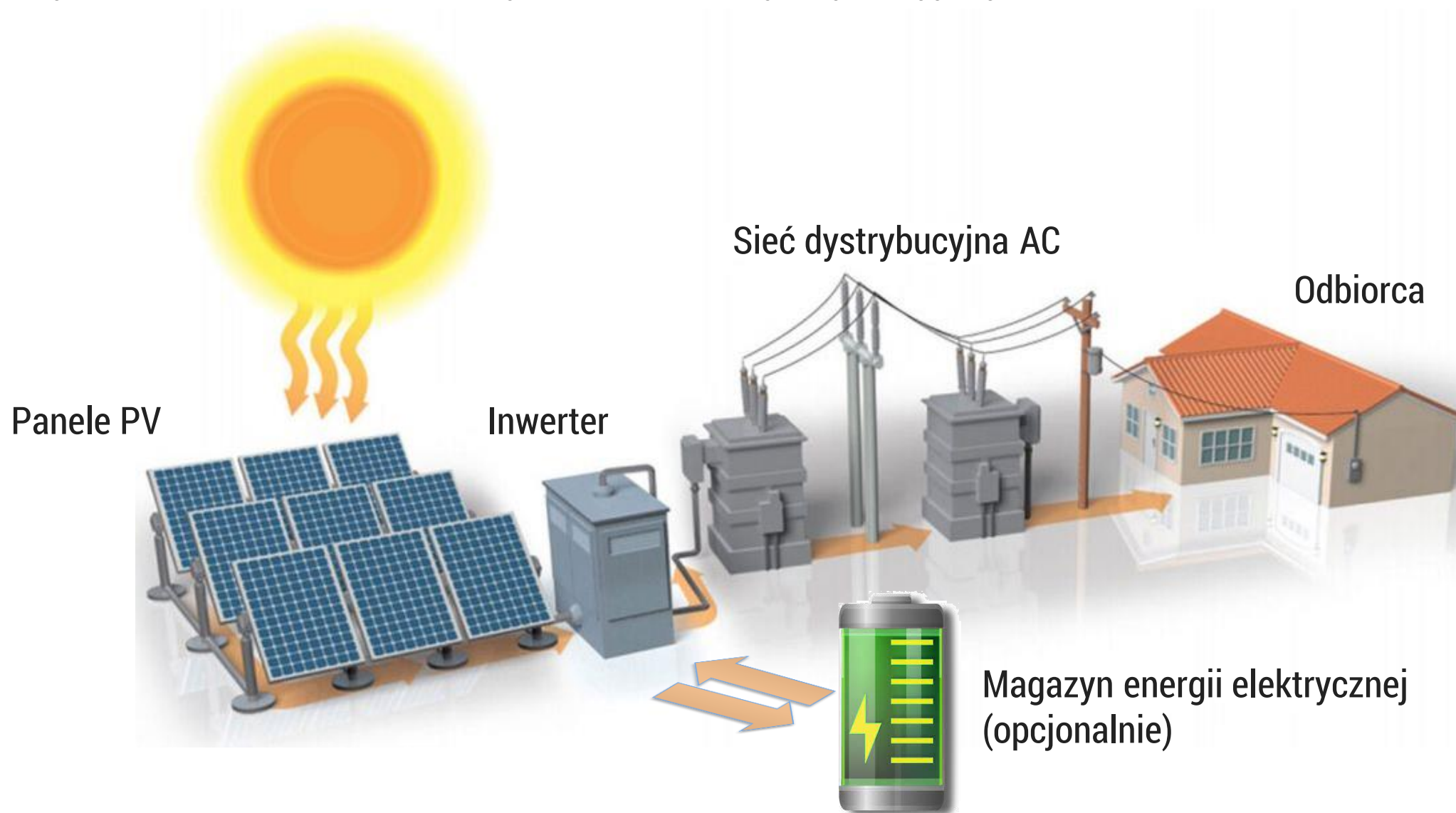
Wykorzystanie własnych odnawialnych źródeł energii



Redukcja kosztów zakupu energii elektrycznej



## Typowy model połączenia farmy PV do sieci dystrybucyjnej





## Ograniczanie mocy instalacji fotowoltaicznych przez PSE

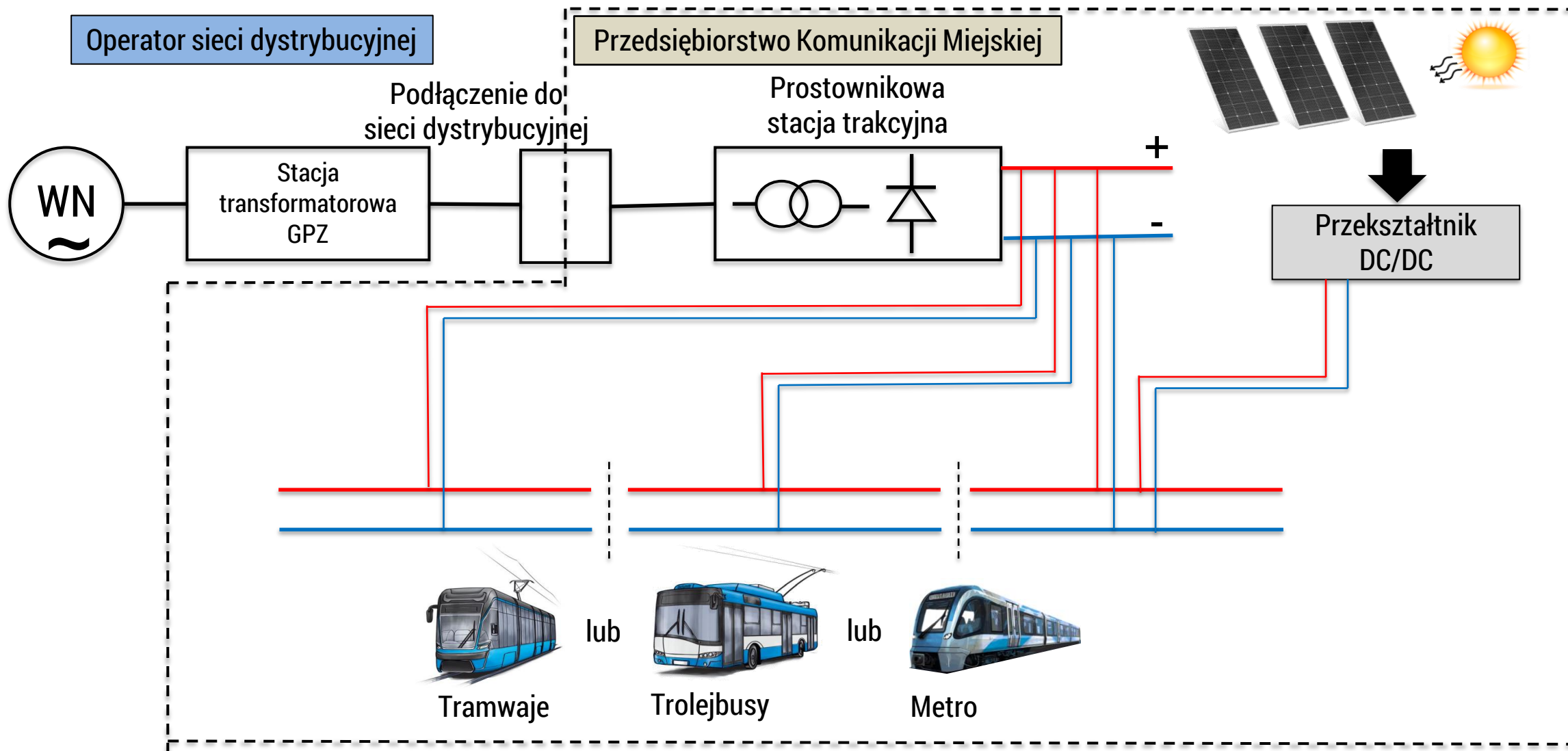


Polskie Sieci Elektroenergetyczne zdecydowały o nierynkowym ograniczeniu mocy instalacji fotowoltaicznych już **szósty raz w jednym miesiącu (31.04.2024)**.

W dn. 31 marca 2024 poprzez wydanie polecenia wyłączenia w godz.12:00-17:00 źródeł fotowoltaicznych o łącznej mocy zainstalowanej **3237 MW**, informuje PSE w komunikacie.

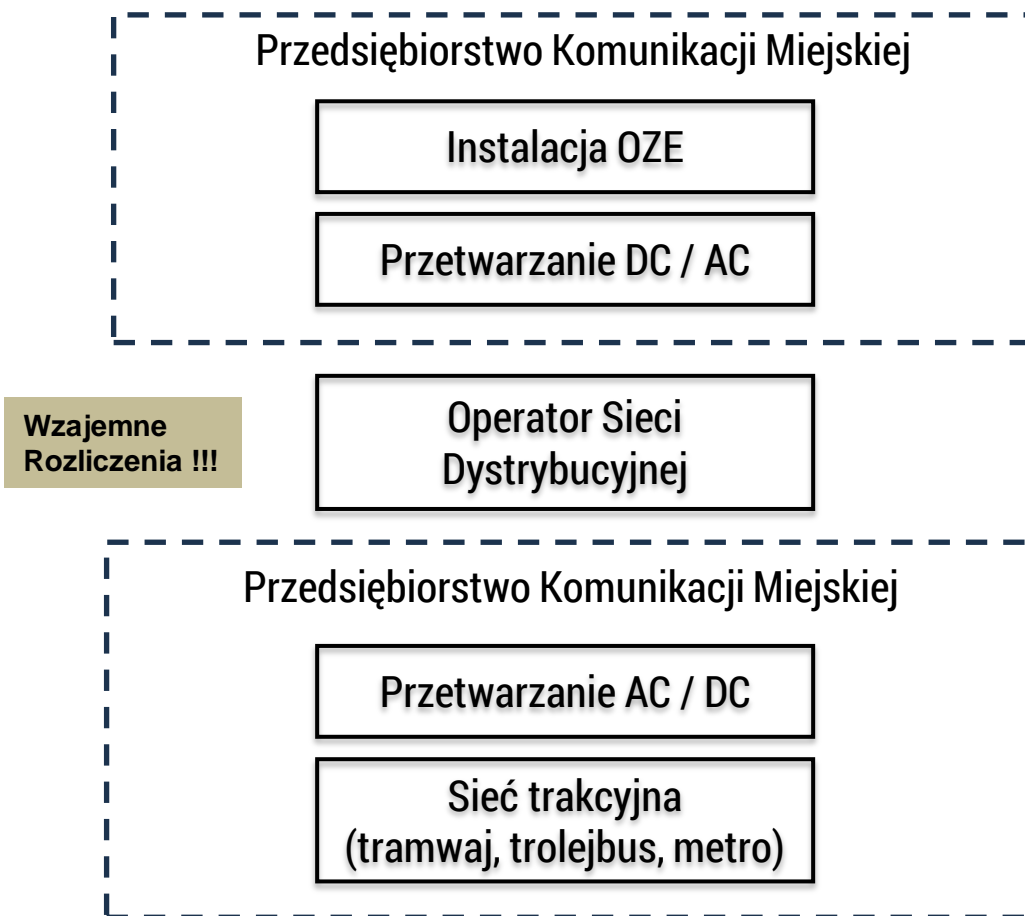
Źródło - <https://energia.rp.pl/oze/art40092021-pse-zredukowaly-fotowoltaike-szosty-raz-w-marcu-wieczorami-pojawia-sie-problem>

# Model miejskiej sieci trakcyjnej z instalacją PV

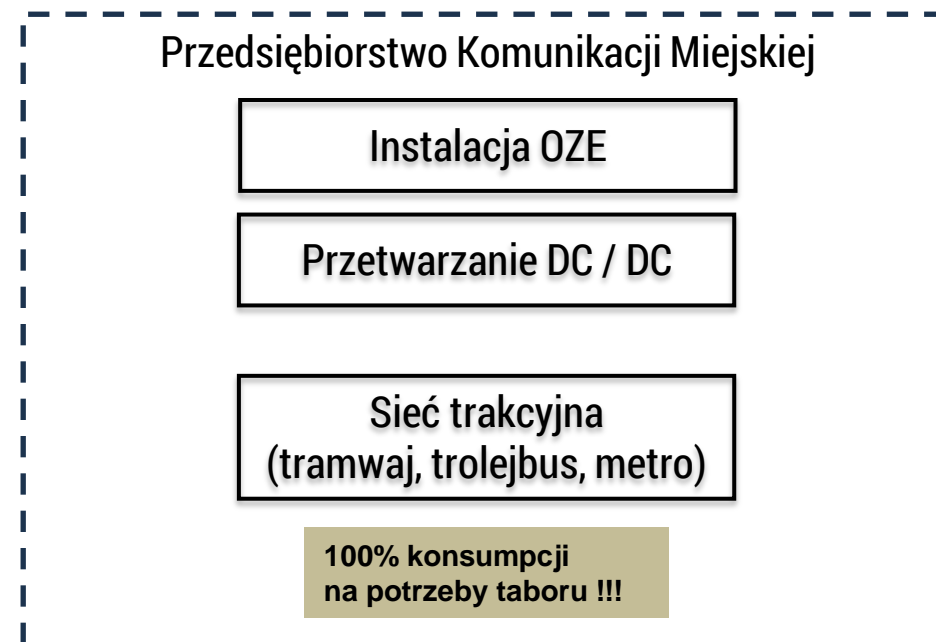


## Porównanie modeli oddawania energii ze źródeł OZE do sieci trakcyjnej

### Model Klasyczny PV oparty o OSD



### Nowy Model PV bez udziału OSD



# PKT Gdynia – prekursorem nowego rozwiązania

## Słońce zasili miejskie budynki w Gdyni i trolejbusy

Redakcja | 2023-01-13



Słońce zasili miejskie budynki w Gdyni i trolejbusy, fot. gdynia.pl

Gdynia stawia na odnawialne źródła energii, dlatego podpisano już umowę na wysokie, bo sięgające aż 60% kosztów dofinansowanie na instalację fotowoltaiczną w miejskich jednostkach. Dzięki 2,5 miliona złotych z Regionalnego Programu Operacyjnego ogniwa fotowoltaiczne pojawią się na dachach trzech obiektów: Pomorskiego Parku Naukowo-Technologicznego w Redłowie, Domu Pomocy Społecznej w Pustkach Cisowskich-Demptowie i bazy PKT w Leszczynkach. Czysta energia zasili zarówno budynki, jak i sieć trakcyjną gdyńskich trolejbusów.

### ZAWIADOMIENIE O WYBORZE NAJKORZYSTNIEJSZEJ OFERTY

I. Zamawiający informuje, że po dokonaniu badania i oceny nieodrzuconych ofert złożonych w przedmiotowym postępowaniu na podstawie art. 253 ust. 1 – 3 w związku z art. 239 ustawy z dnia 11 września 2019 r. Prawo zamówień publicznych (dalej *uPzp* - tekst jednolity Dz. U. z 2022 r. poz. 1710 z późn. zm.) wybrano, jako najkorzystniejszą:

**ofertę nr 1** złożoną przez Wykonawcę:

Konsorcjum:

**2SUN Sp. z o.o. Sp.k. (Lider Konsorcjum)**, Al. Grunwaldzka 212, 80-266 Gdańsk

**ZAKŁAD AUTOMATYKI I URZĄDZEŃ POMIAROWYCH AREX SP. Z O.O. (Członek Konsorcjum)** ul. Hutnicza 3, 81-212 Gdynia

**Uzasadnienie wyboru:** oferta spełnia wymagania zawarte w SWZ oraz w świetle obowiązujących w postępowaniu kryteriów oceny ofert, tj. ceny oferty brutto 100%, **uzyskała 100,00 punktów.**

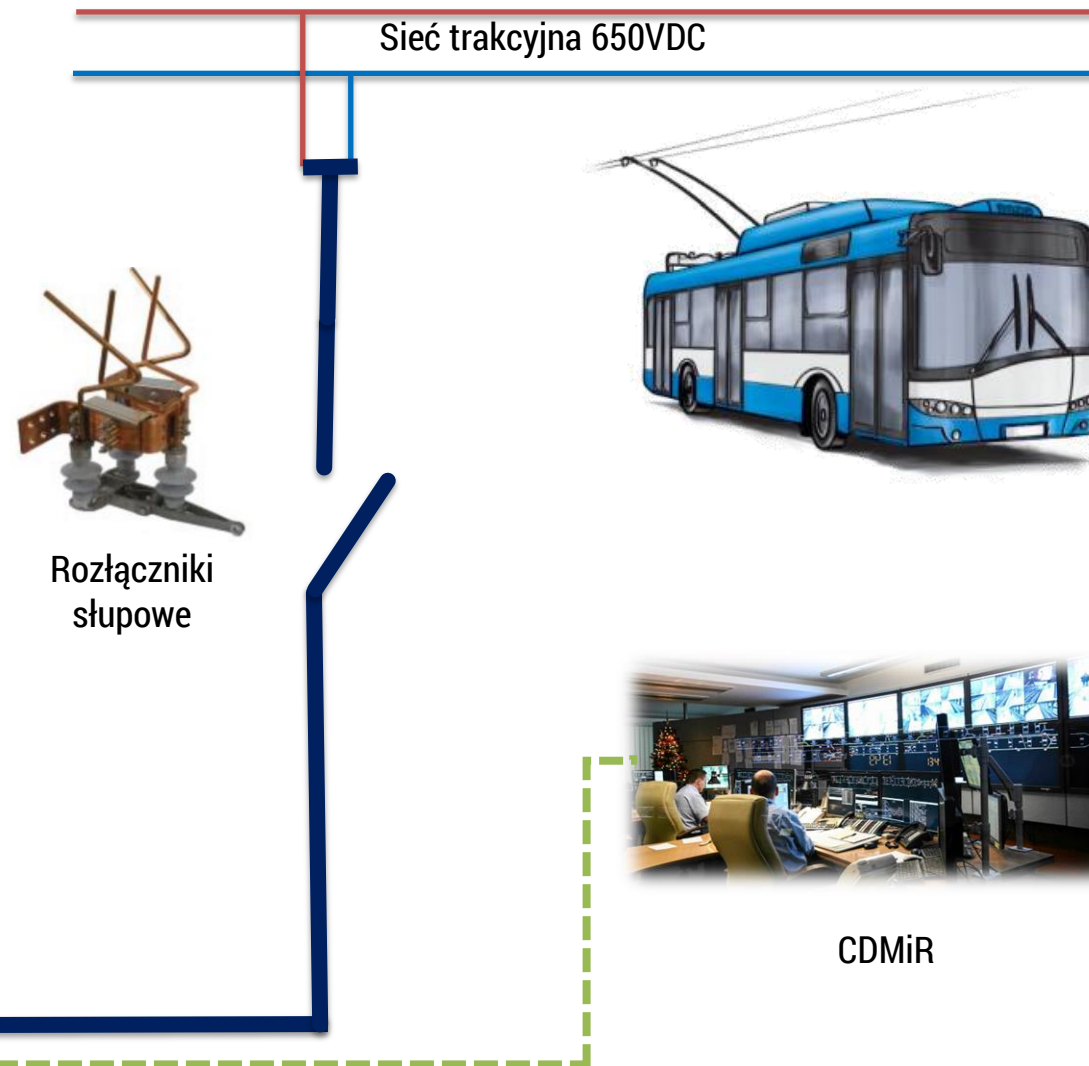
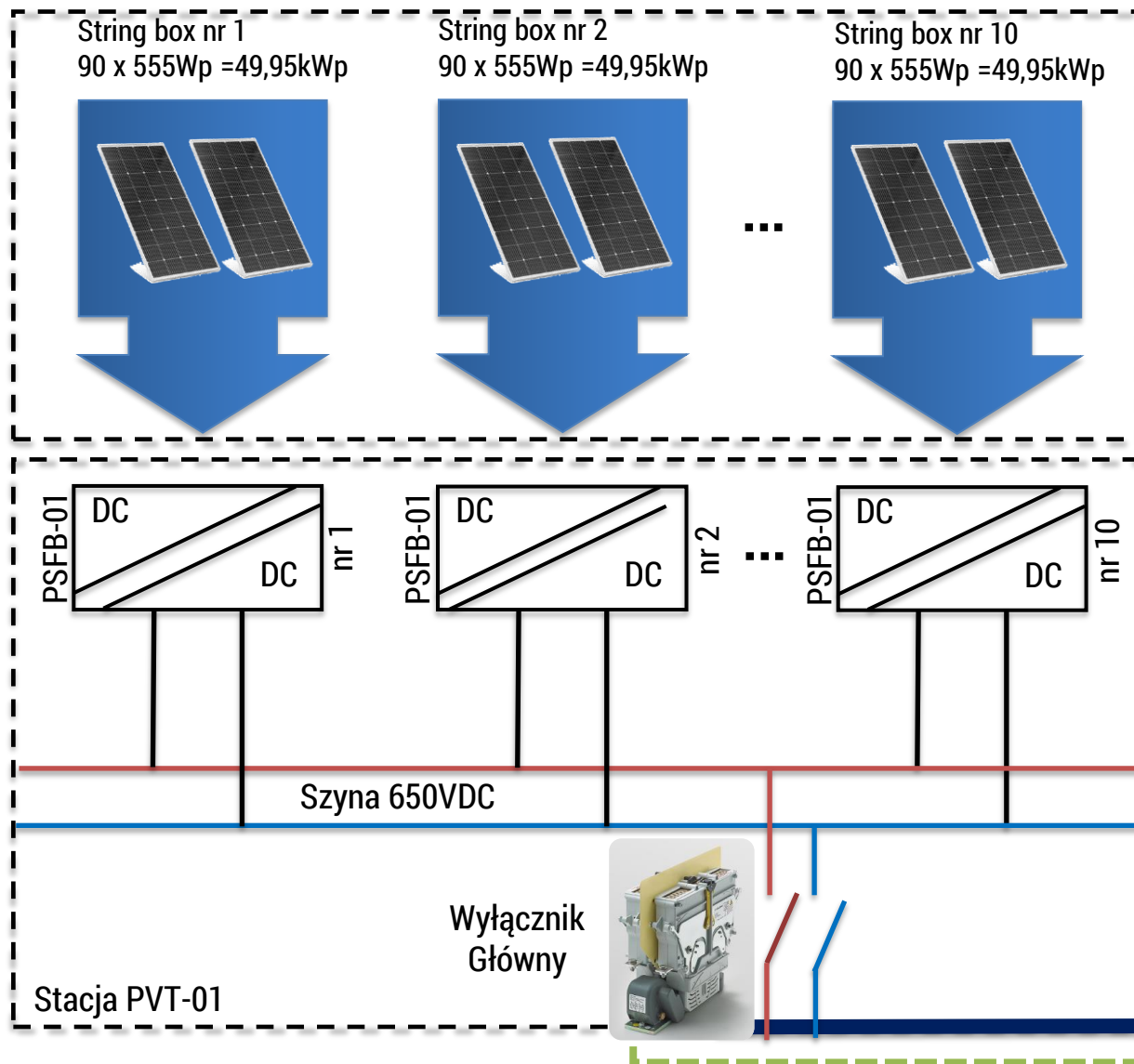
Źródła:

<https://www.elektro.info.pl/artykul/najnowsze/188698,slonce-zasili-miejskie-budynki-w-gdyni-i-trolejbusy>

<https://portal.smartpzp.pl/pkt/public/postepowanie?postepowanie=42642050>



# Instalacja PV na dachu bazy trolejbusowej PKT Gdynia



## PKT Gdynia – prekursorem nowego rozwiązania





## PKT Gdynia – prekursorem nowego rozwiązania



## PVT-01 (ang. Photovoltaic to Traction)

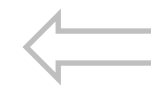
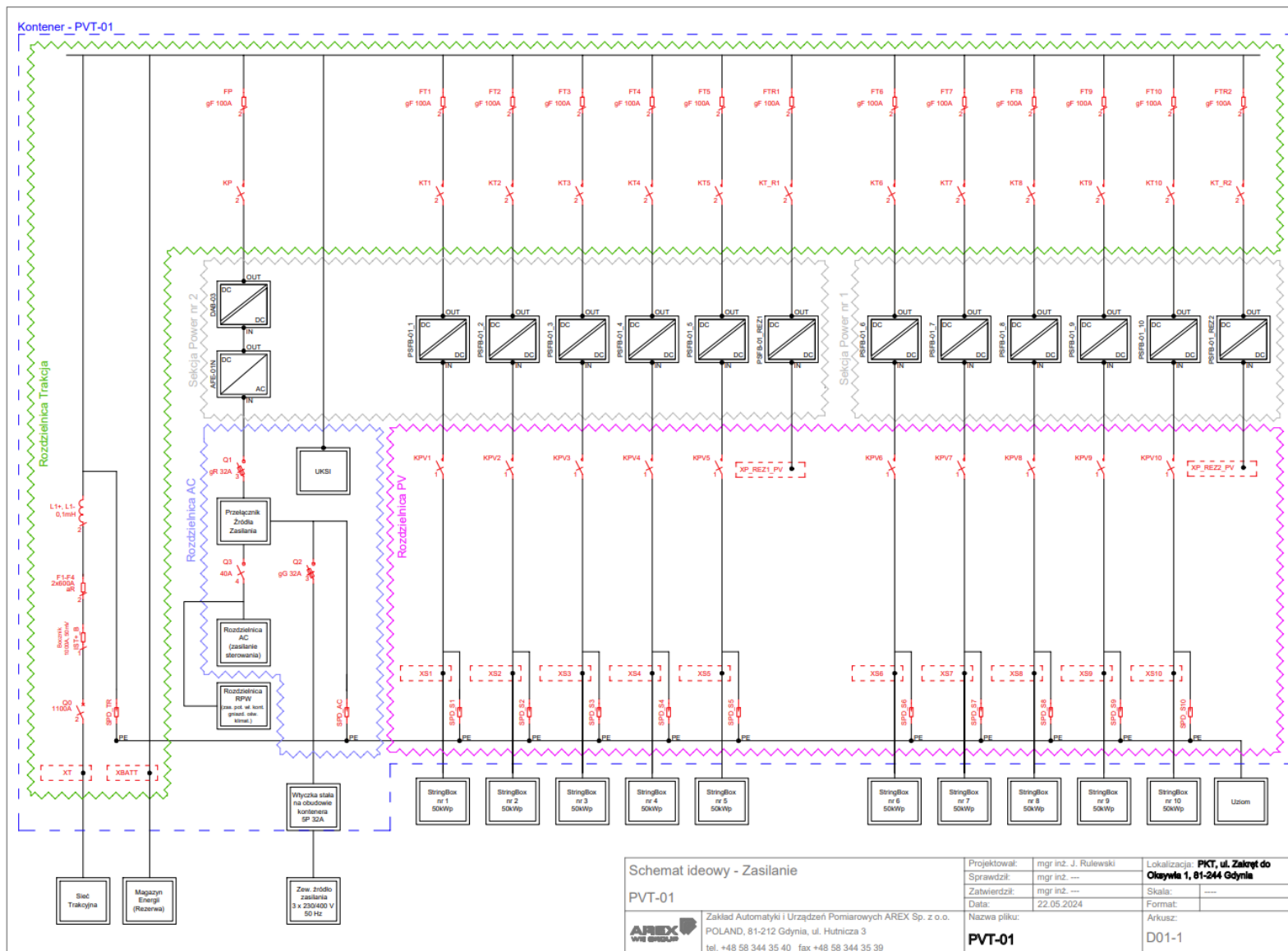


Stacja przekształtnikowa PVT-01 o mocy 500kW służy do przesyłu energii elektrycznej wyprodukowanej z instalacji/farmy PV bezpośrednio do sieci trakcji miejskiej DC bez stopnia przetwarzania AC.

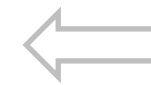
### Elementami składowymi stacji są:

- sekcja PV
- sekcja POWER
- sekcja TRAKCYJNA
- sekcja potrzeb własnych AC oraz diagnostyczno-sterownicza HMI
- sekcja magazynu energii elektrycznej (opcja)





Blok zabezpieczeń



Blok styczników



Sekcja przekształtników  
typu PSFB-01



Przyłącza instalacji PV

## PVT-01: Opis



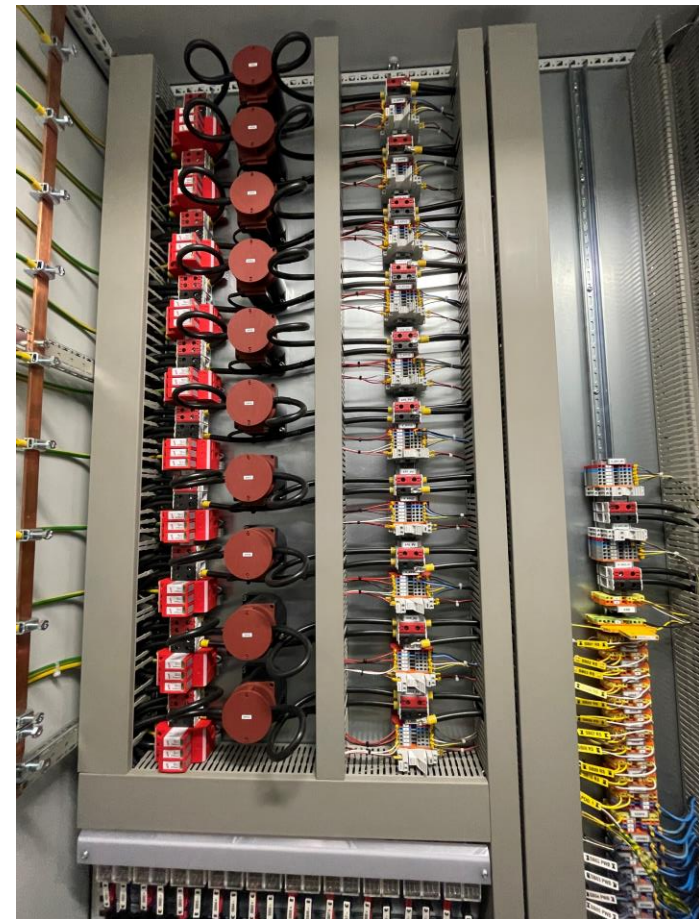
Zabudowa kontenerowa (4,55m x 2,5m x 2,6m) dwustrefowa, klimatyzowana z możliwością awaryjnego zasilania potrzeb własnych z sieci 230VAC. W podstawowym trybie pracy stacja jest zasilana z instalacji PV lub trakcji miejskiej. W stanach awaryjnych dysponuje podtrzymaniem z UPS lub magazynu energii (jeżeli stacja jest w niego wyposażona).





# PVT-01: Opis

Sekcja PV



Sekcja Power



Sekcja trakcyjna



Sekcja AC





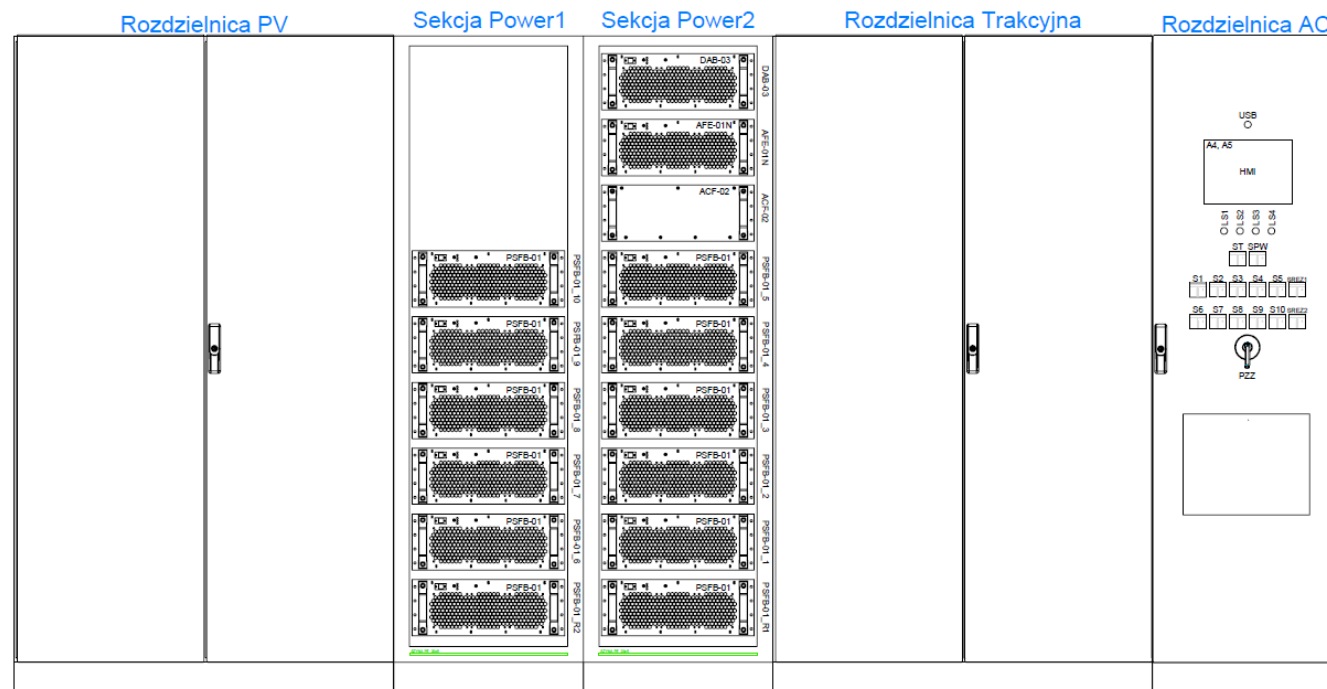
# PVT-01: Podział na sekcje

**PV** – sekcja odpowiedzialna za przyłączenie i zabezpieczenie poszczególnych gałęzi instalacji PV.

**POWER** – sekcja odpowiedzialna za przekształcenie energii elektrycznej z sekcji PV do sekcji Trakcyjnej z zapewnieniem separacji galwanicznej.

**TRAKCYJNA** – sekcja odpowiedzialna za przyłączenie i zabezpieczenie połączenia z siecią trakcyjną, w tym realizację możliwości zdalnego wyłączenia stacji z poziomu CDMiR.

**AC** – sekcja potrzeb własnych AC i sterowniczo-diagnostyczna odpowiedzialna za zasilanie układów komunikacji i sterowania oraz realizację zadanych trybów pracy (realizacja sterowania na podstawie aktualnej wartości napięcia sieci trakcyjnej – układ działa bez dodatkowej komunikacji tj. np. CAN).



## PVT-01: Sekcja przekształtników

Wyposażenie:

- 10 x PSFB-01  
Przekształcanie energii ze „stringów” PV na wspólny DC LINK
- 2 x PSFB-01  
Przekształtniki rezerwowe do działań awaryjnych, remontowych itp.
- Układ przekształtnikowy AFE-01N + DAB-03  
Układ DC / AC z separacją do generowania zasilania 230V AC do zasilania potrzeb własnych
- Dodatkowe filtry EMC



## PVT-01: Moduły przekształtnikowe



### PSFB-01

Jednokierunkowy przekształtnik DC/DC pozwala na łączenie dwóch obwodów DC z zapewnieniem separacji galwanicznej.

Dedykowanym zastosowaniem PSFB-01 są m.in. systemy zarządzania energią elektryczną, w tym współpraca z odnawialnymi źródłami energii.

- Zakres napięcia portu DC1: 400-850 V
- Zakres napięcia portu DC2: 400-800 V
- Znamionowa moc portu DC1: 52 kW
- Znamionowa moc portu DC2: 50 kW
- Szczytowa sprawność: >97%



### AFE-01N

Dwukierunkowy przekształtnik typu AFE-01N konwertuje napięcie trójfazowe zasilania 3x230 V na napięcie stałe o wartości 750 V.

Urządzenie pozwala na pracę z niesymetrycznym obciążeniem faz poprzez zastosowanie układu aktywnej regulacji prądu przewodu neutralnego.

- Napięcie znamionowe portu AC: 3x230+N V
- Napięcie znamionowe portu DC: 750 V
- Znamionowa moc portu AC: 52 kW
- Znamionowa moc portu DC: 50 kW
- Szczytowa sprawność: >98%



### DAB-03

Dwukierunkowy przekształtnik DC/DC typu DAB-03 pozwala na łączenie dwóch obwodów DC z zapewnieniem separacji galwanicznej.

- Napięcie znamionowe portu DC1: 750 V
- Zakres napięcia portu DC2: 200-800 V
- Znamionowa moc portu DC1: 52 kW
- Znamionowa moc portu DC2: 50 kW
- Szczytowa sprawność: >98%



## PVT-01: Podłączenie do trakcji

Realizacja podłączenia do sieci trakcji miejskiej poprzez niezależne odłączniki słupowe i istniejące miejsce doprowadzenia linii pola zasilającego PT Grabówek z podstacji do zajezdni PKT Gdynia.



Odłącznik trakcyjny OR2 (PVT-01)

Napęd ręczny odłącznika OR2

Trasa kablowa



Kable z PT Grabówek

Kable z odłącznika trakcyjnego OR2

Odłącznik trakcyjny OR1 (Zajezdnia)

Płaskownik miedziany

Kable z PVT-01 na połączone do odłącznika trakcyjnego OR2

Napęd ręczny odłącznika OR2



Kable z PT Grabówek

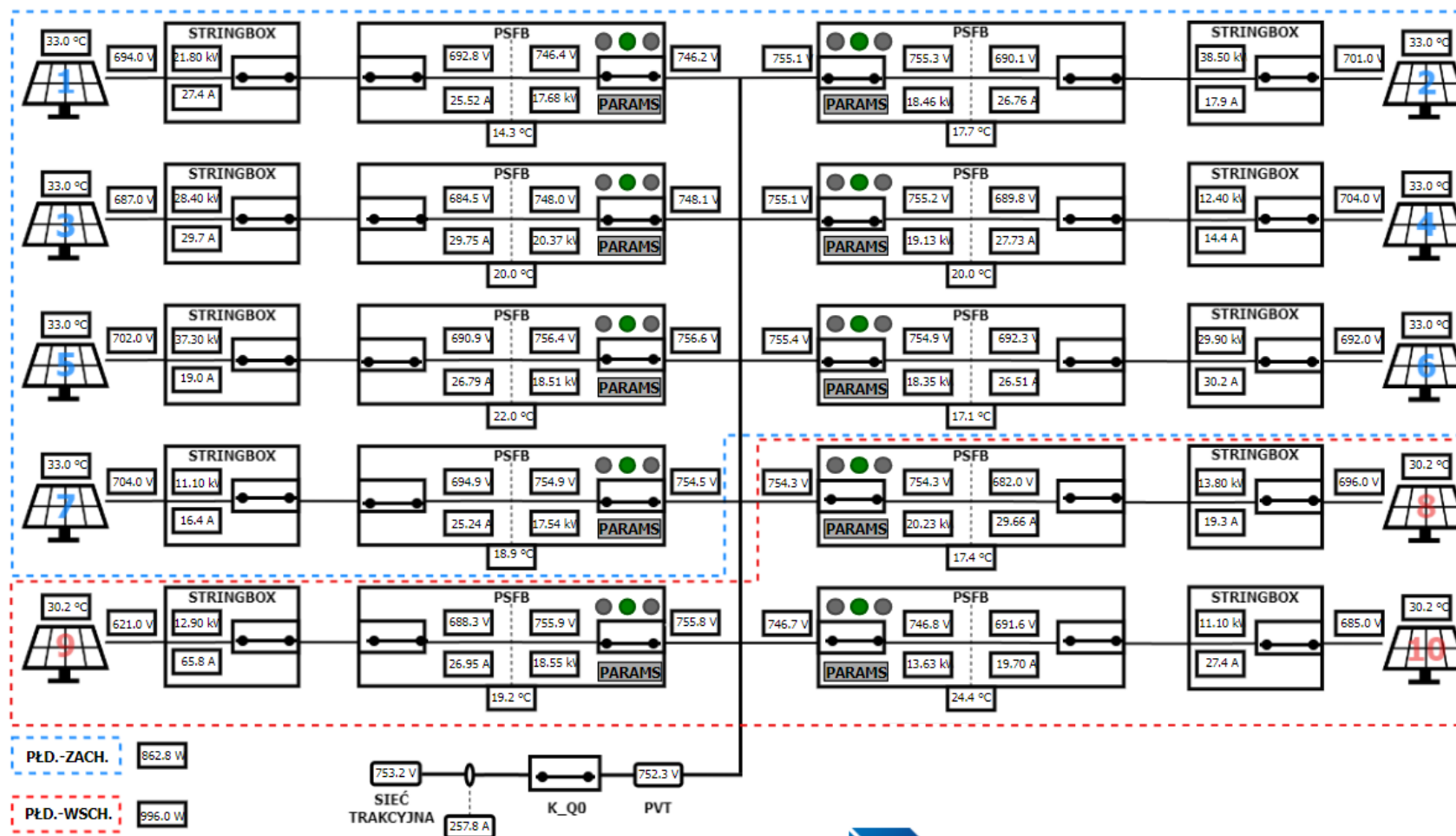
Kable z odłącznika trakcyjnego OR2

Odłącznik trakcyjny OR1 (Zajezdnia)

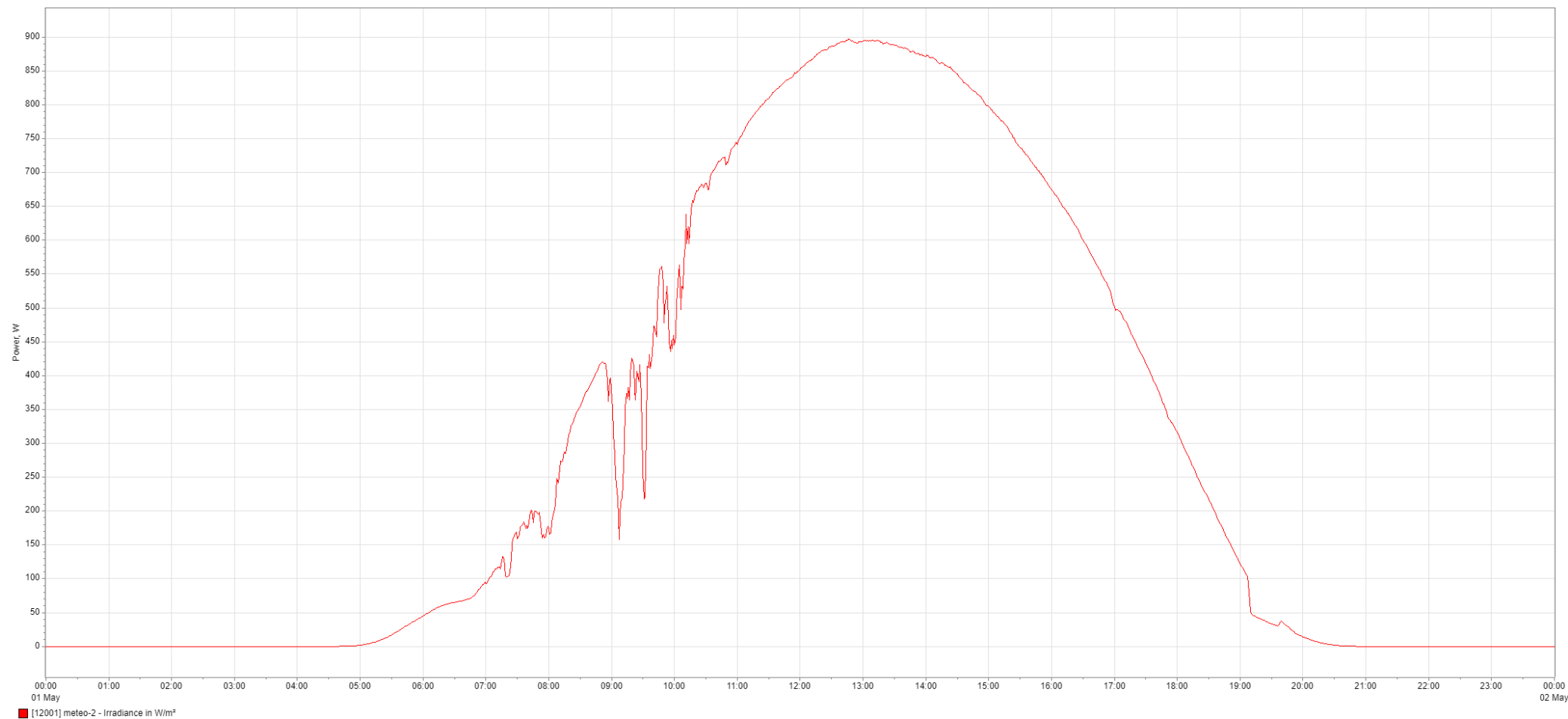
Płaskownik miedziany

Kable z PVT-01 na połączone do odłącznika trakcyjnego OR2

# PVT-01: Ekran diagnostyczny



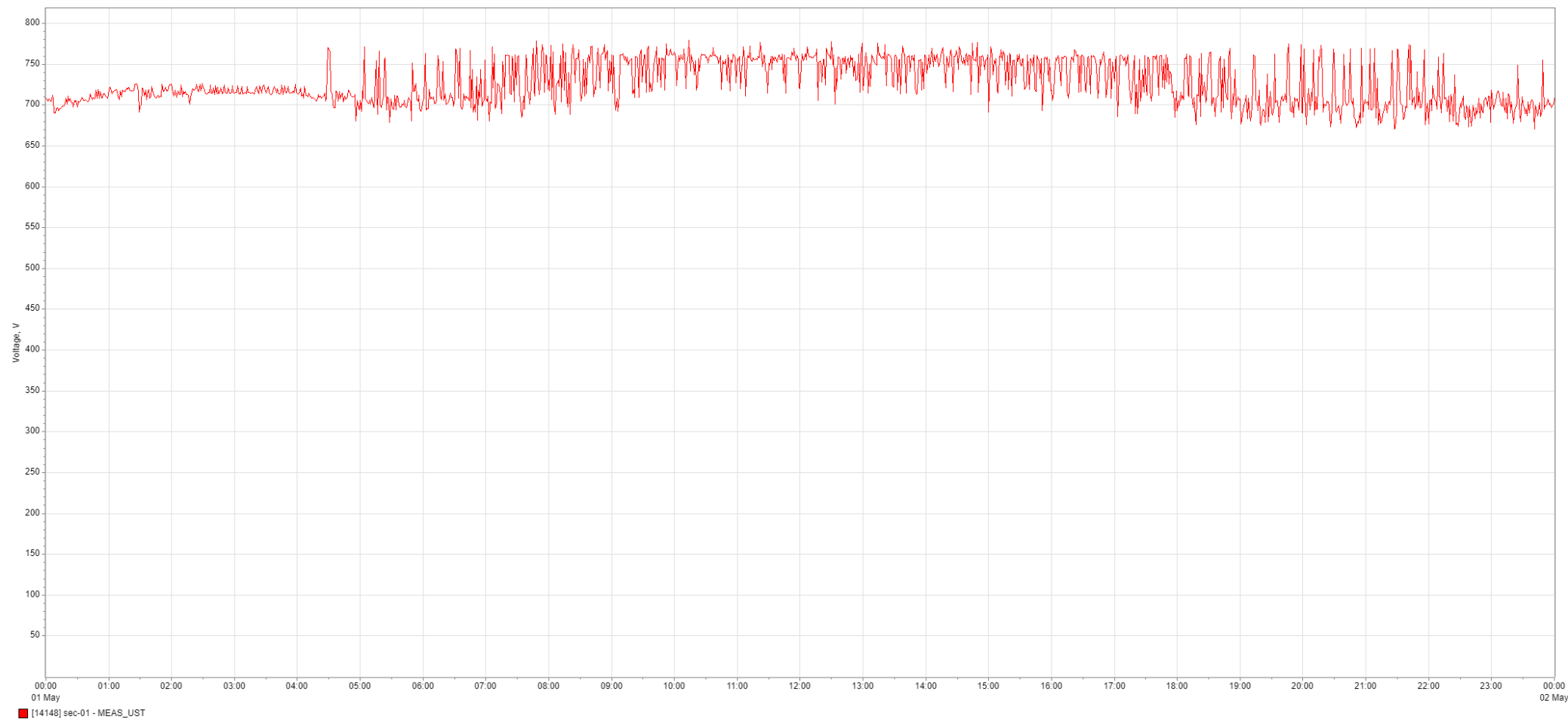
# PVT-01: Testy



Rejestracja wydajności PV (str. zachód) / 01.05.2024

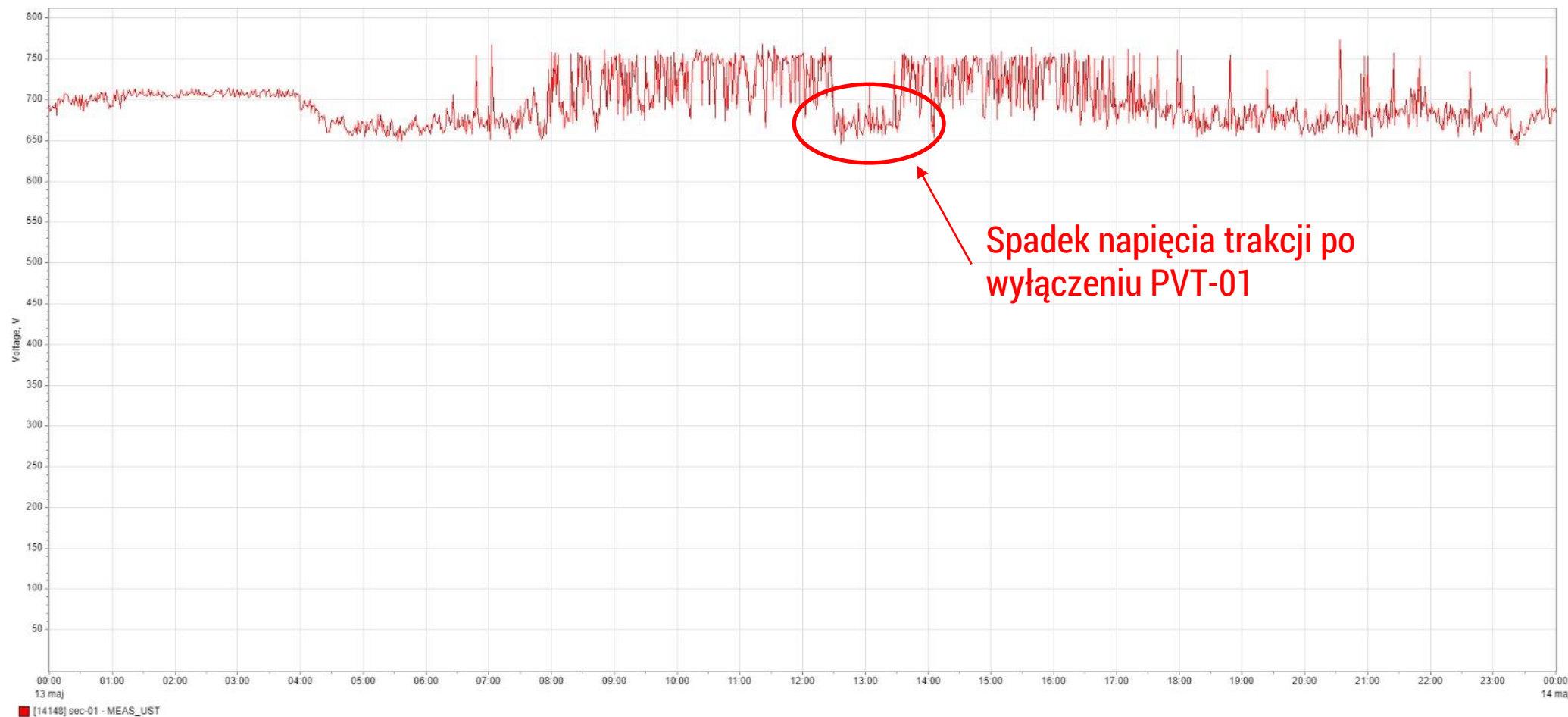


# PVT-01: Testy



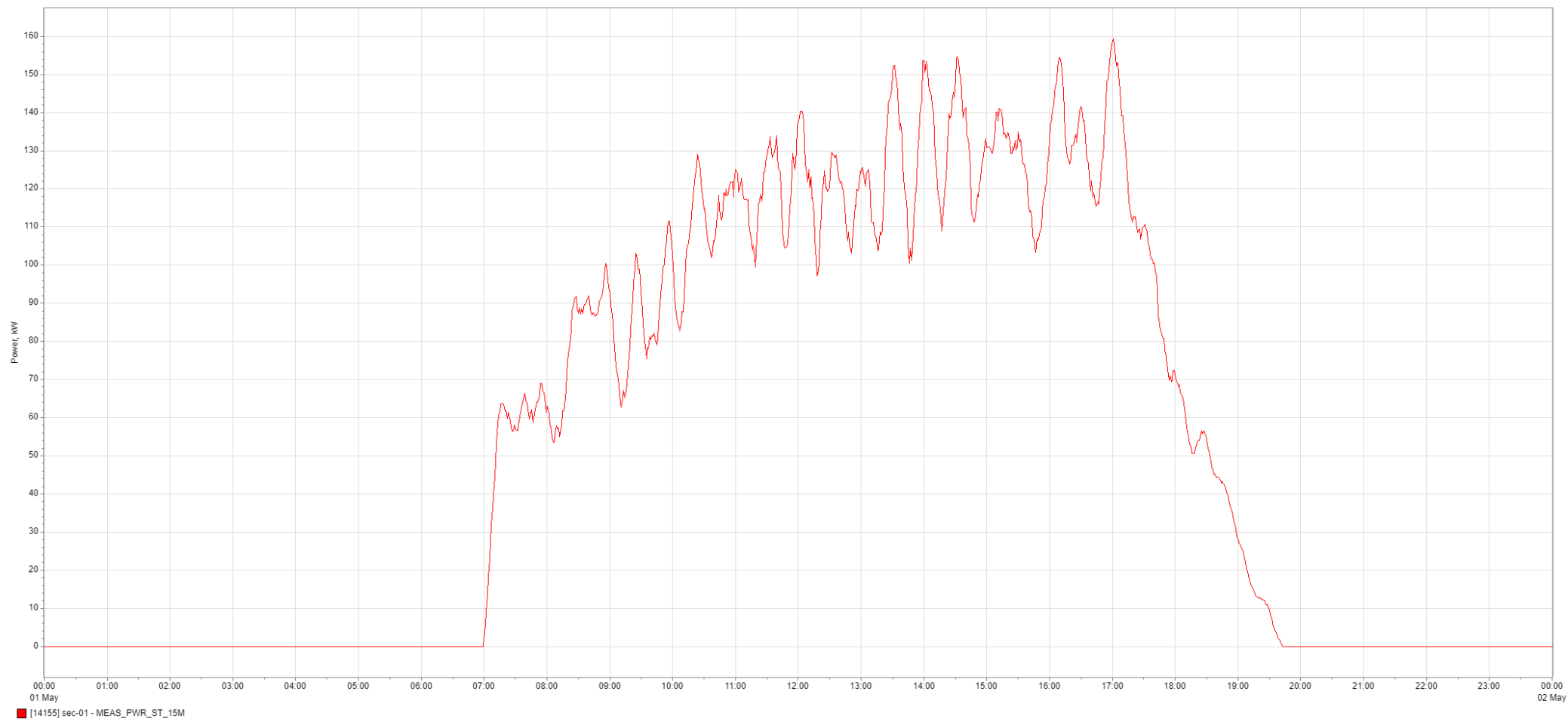
Rejestracja napięcia trakcyjnego / 01.05.2024

# PVT-01: Testy



Rejestracja napięcia trakcyjnego / 13.05.2024

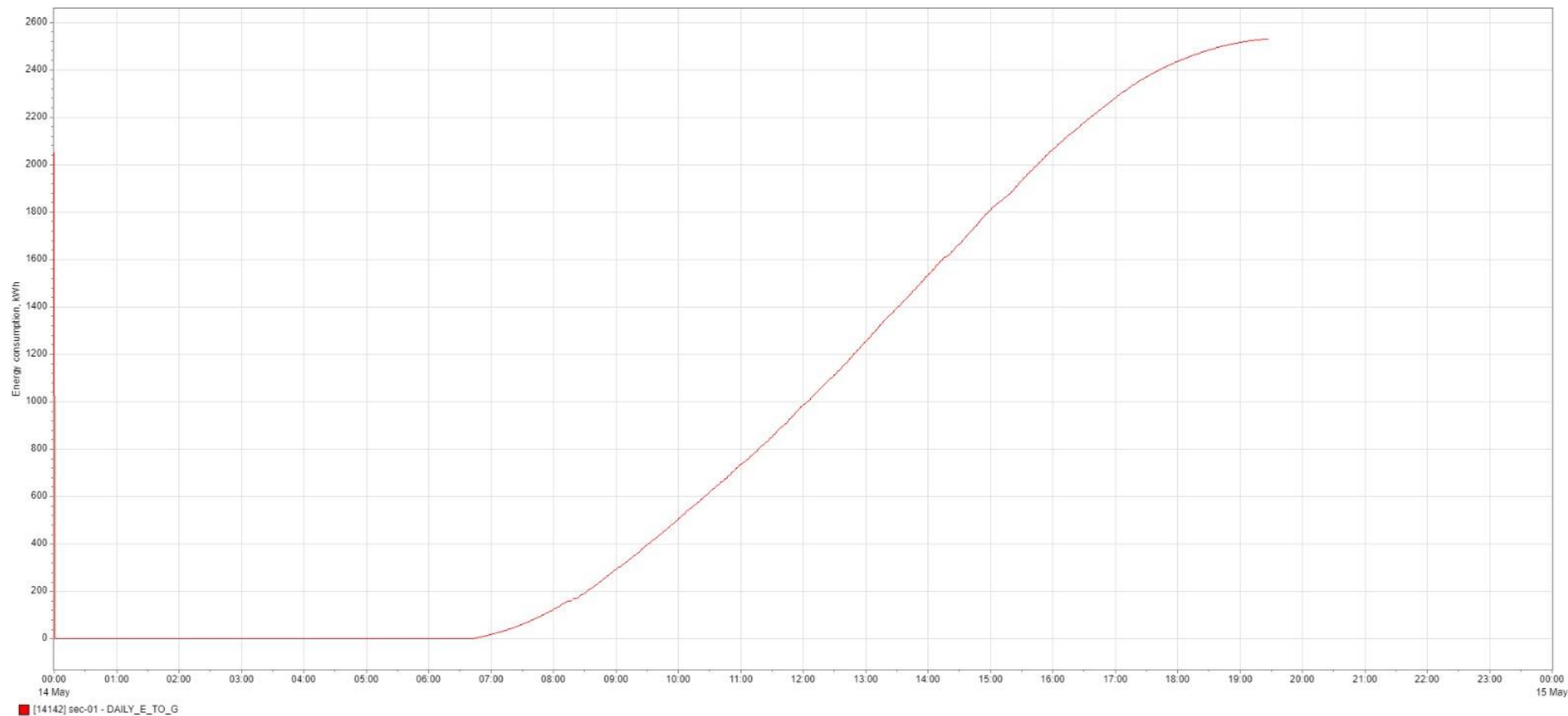
# PVT-01: Testy



Rejestracja mocy 15-min / 01.05.2024

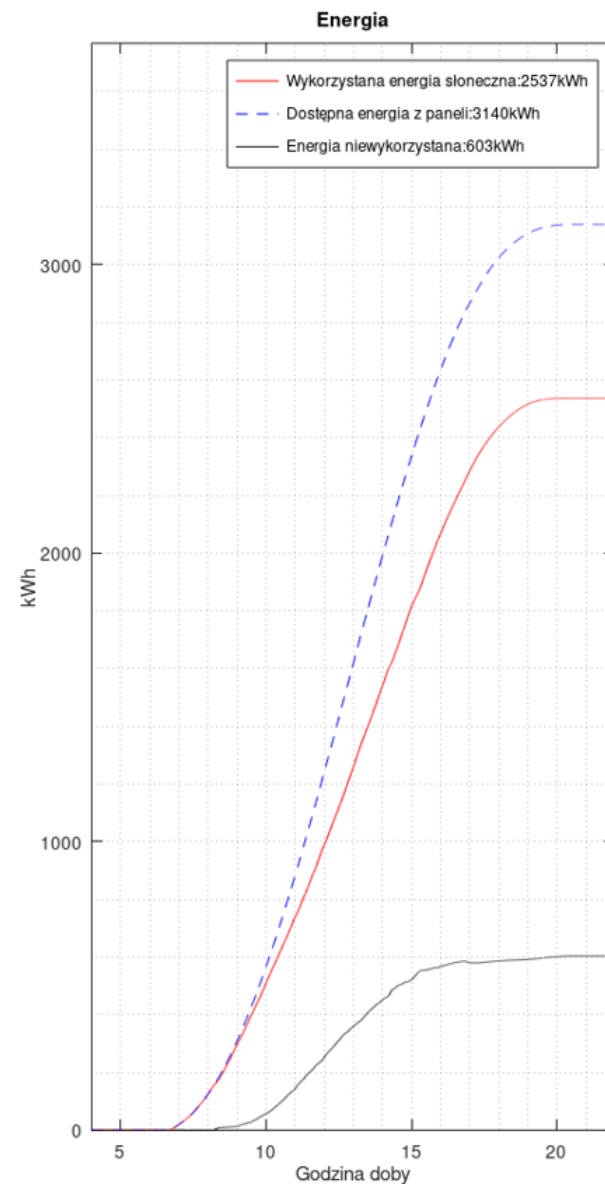
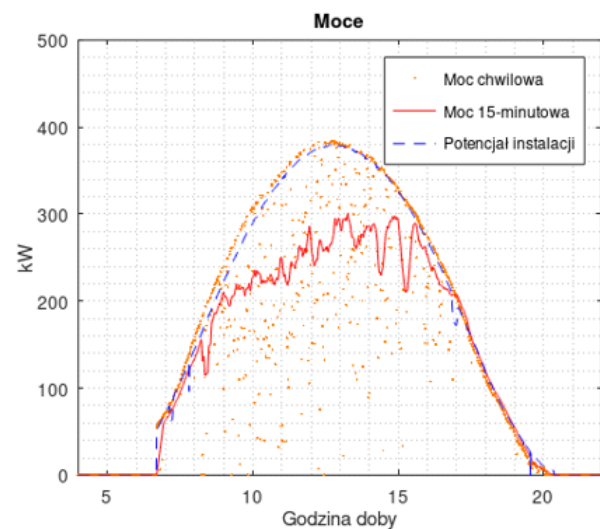
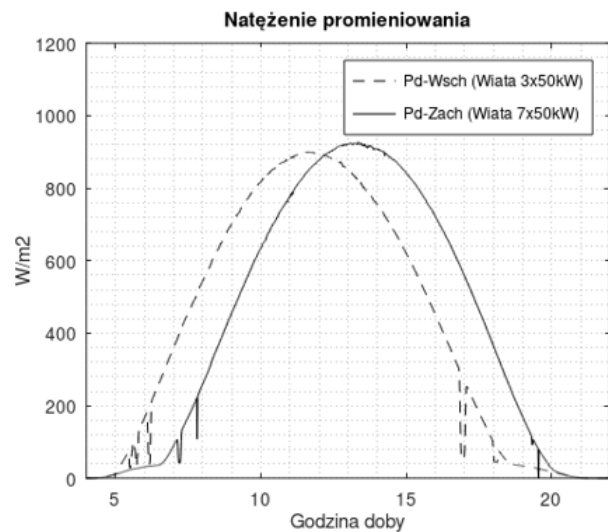


# PVT-01: Testy



Zakumulowana dzienna energia elektryczna dostarczona do trakcji / 14.05.2024

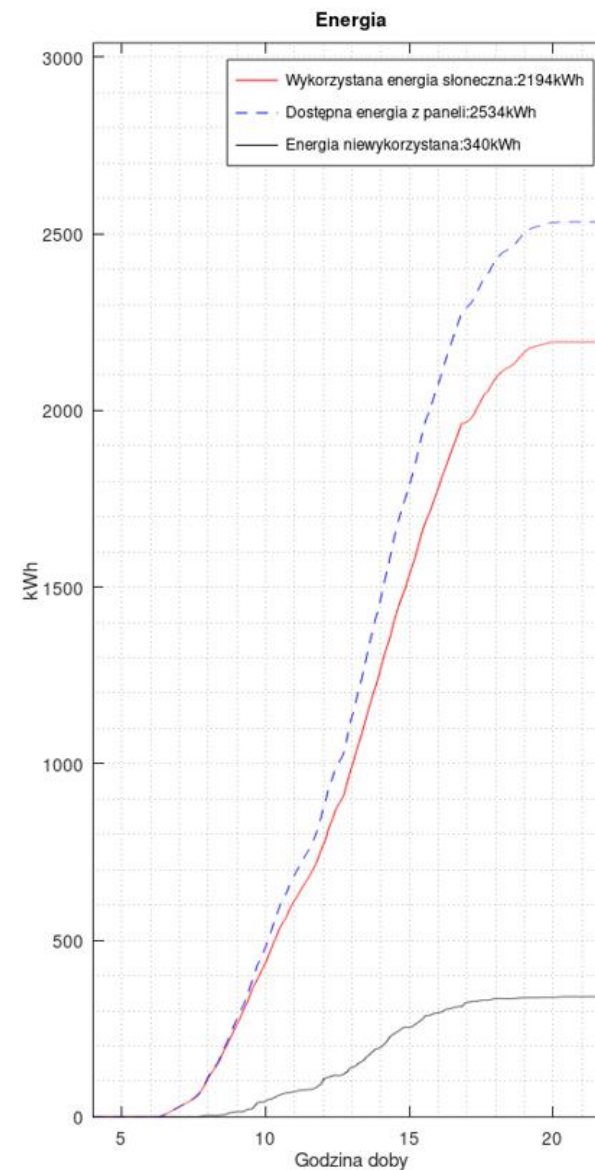
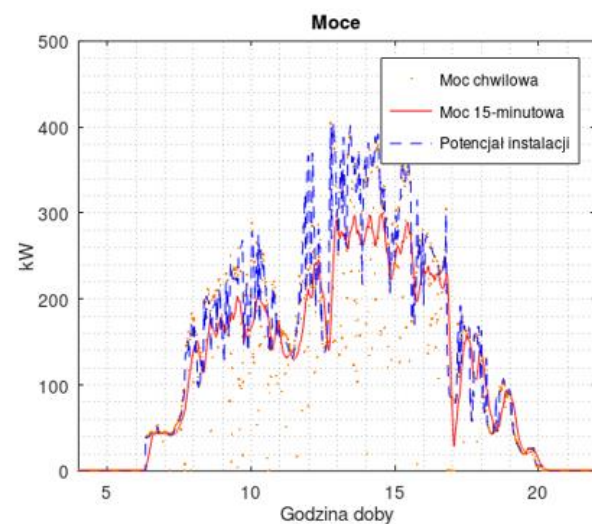
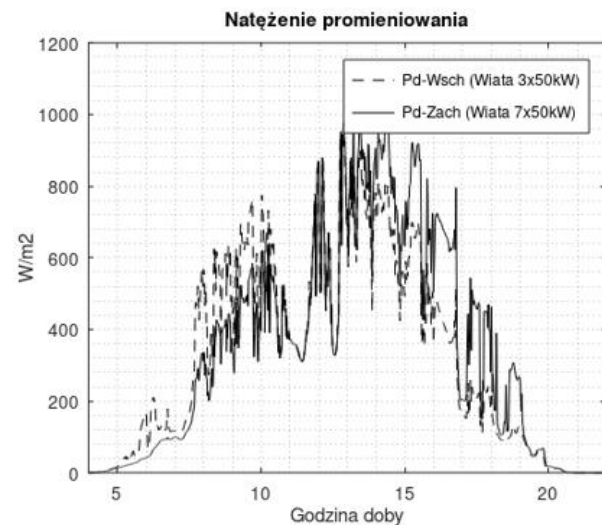
# PVT-01: Testy



Dzień słoneczny

Wydolność generacji instalacji PV a faktyczne zapotrzebowanie – potencjał na zainstalowanie magazynu energii elektrycznej

# PVT-01: Testy



Częściowe  
zachmurzenie

Zdolność generacji instalacji PV a faktyczne zapotrzebowanie – potencjał na zainstalowanie magazynu energii elektrycznej

## Podsumowanie

- 1 Realizacja instalacji wymagała dedykowanych urządzeń – realizacja umowy w oparciu o rynkowe produkty byłaby trudno realizowalna
- 2 Uzyskano wymagane parametry instalacji
- 3 Praca instalacji bez magazynu energii zmniejsza możliwości systemu – należy planować rozbudowę systemu o magazyn energii elektrycznej
- 4 Instalacja ma duży potencjał wykorzystania dla innych rodzajów sieci trakcyjnej: tramwajowej lub metra
- 5 Możliwość rozbudowy instalacji o inne produkty wykonawcy: np. stacji szybkiego ładowania pojazdów elektrycznych (wykorzystanie sieci trakcyjnej do zasilania ładowarek pojazdów EV)







# Dziękuję za uwagę



TOMASZ BUDA

☎ 695 488 553

✉ [tomasz.buda@arex.pl](mailto:tomasz.buda@arex.pl)

GERARD WIŚNIEWSKI

☎ 691 231 015

✉ [gerard.wisniewski@arex.pl](mailto:gerard.wisniewski@arex.pl)

OSKAR KREFT

☎ 665 051 892

✉ [oskar.kreft@arex.pl](mailto:oskar.kreft@arex.pl)