



# Jakość energii elektrycznej w punkcie sieci elektroenergetycznej, współpracującej z wieloma mikroinstalacjami fotowoltaicznymi

**Autorzy: dr inż. Krzysztof Górecki**  
**dr hab. inż. Mirosław Szmajda**  
**dr hab. inż. Ryszard Beniak**

# Plan Referatu

1. Wprowadzenie
2. Omówienie punktów pomiarowych
3. Analiza jakości energii elektrycznej w punktach pomiarowych
4. Wnioski – dobre praktyki projektowe oraz wskazówki dla prosumentów oraz firm dystrybucyjnych







# Systemy fotowoltaiczne

- Panele fotowoltaiczne krzemowe wyprodukują nam do 40 razy więcej energii niż włożono w ich wyprodukowanie
- Obecnie już energia z fotowoltaiki jest tańsza niż z paliw kopalnych
- Systemy fotowoltaiczne on-grid są źródłami energii nie regulowanymi

# Punkty pomiarowe

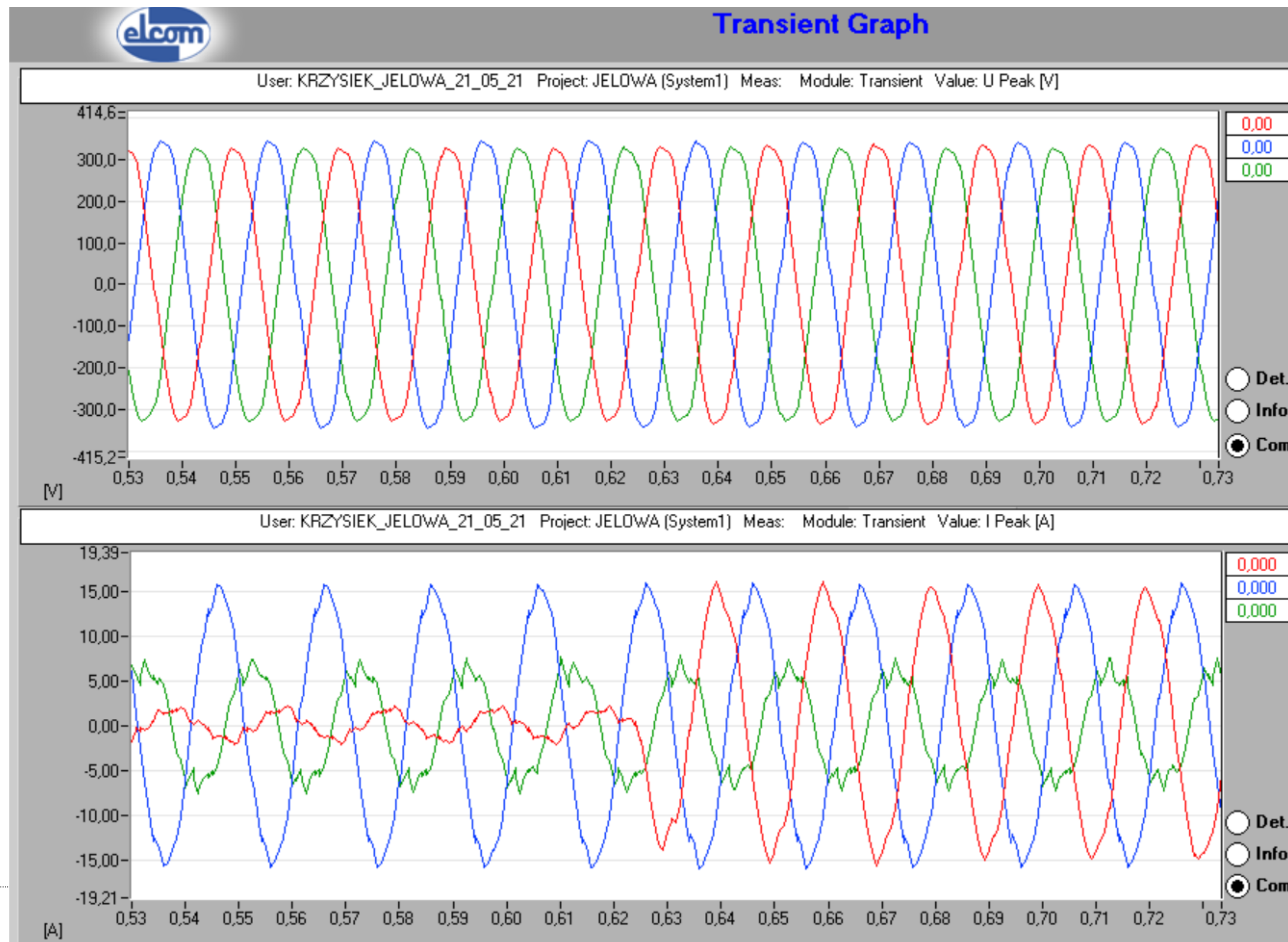
## **Punkt pomiarowy nr 1:**

- około 25 domków jednorodzinnych podłączonych do jednego transformatora
- 6 mikroinstalacji fotowoltaicznych trójfazowych od 6÷9 kWp
- na końcu linii mikroinstalacja fotowoltaiczna 25 kWp
- podłączenie do transformatora – linia napowietrzna 70mm<sup>2</sup> (około 500 m)
- pomiary wykonywane na końcu linii w punkcie przyłączenia mikroinstalacji 25 kWp

## **Punkt pomiarowy nr 2:**

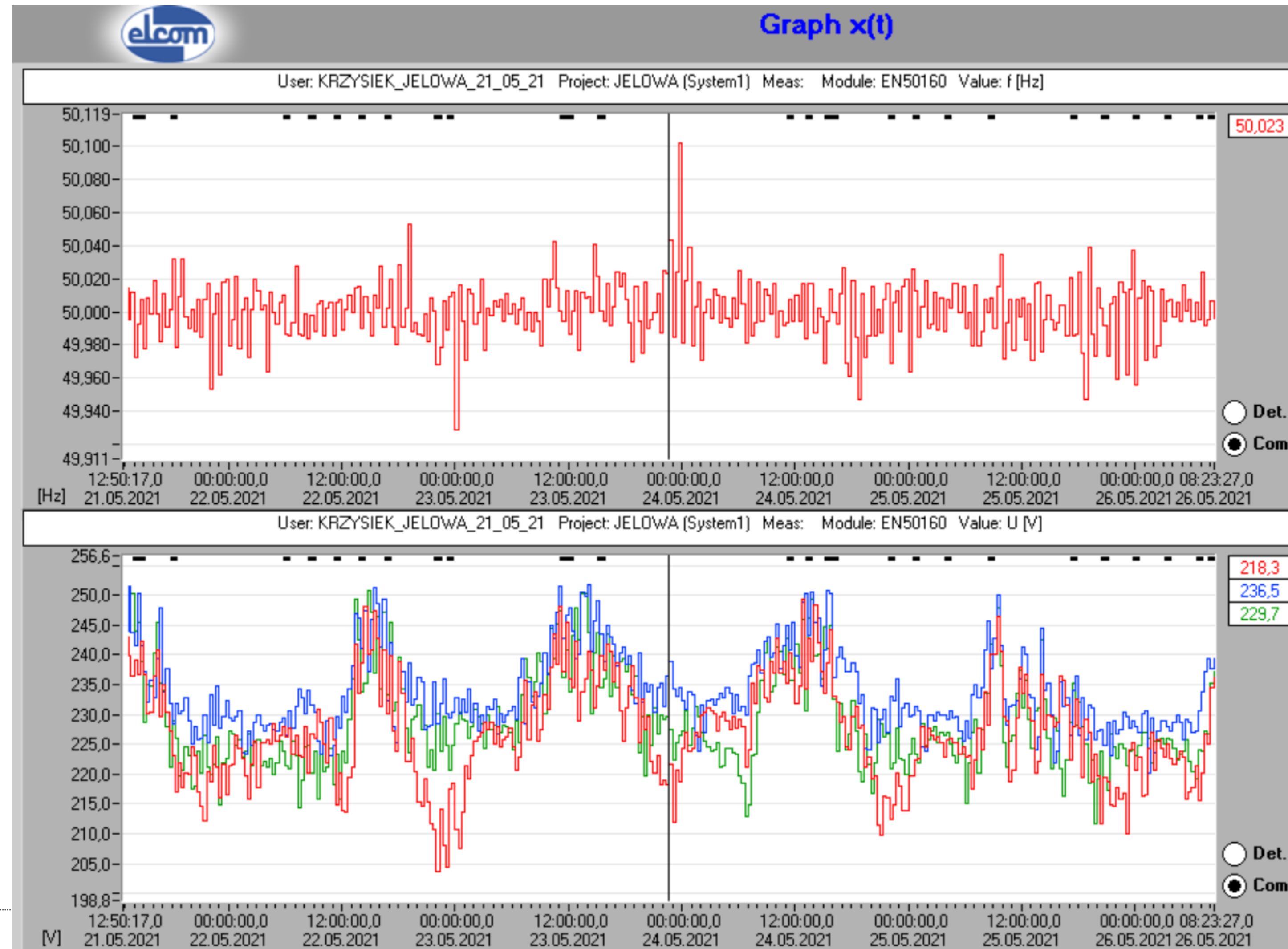
- mała miejscowość o dużym rozproszeniu (głównie domki jednorodzinne)
- kilkanaście mikroinstalacji fotowoltaicznych trójfazowych od 4 ÷ 9 kWp
- kilka mikroinstalacji jednofazowych od 2 ÷ 3 kWp
- pomiary wykonywane przy dwóch mikroinstalacjach jednofazowych

# $u(t)$ oraz $i(t)$ punkt nr 1

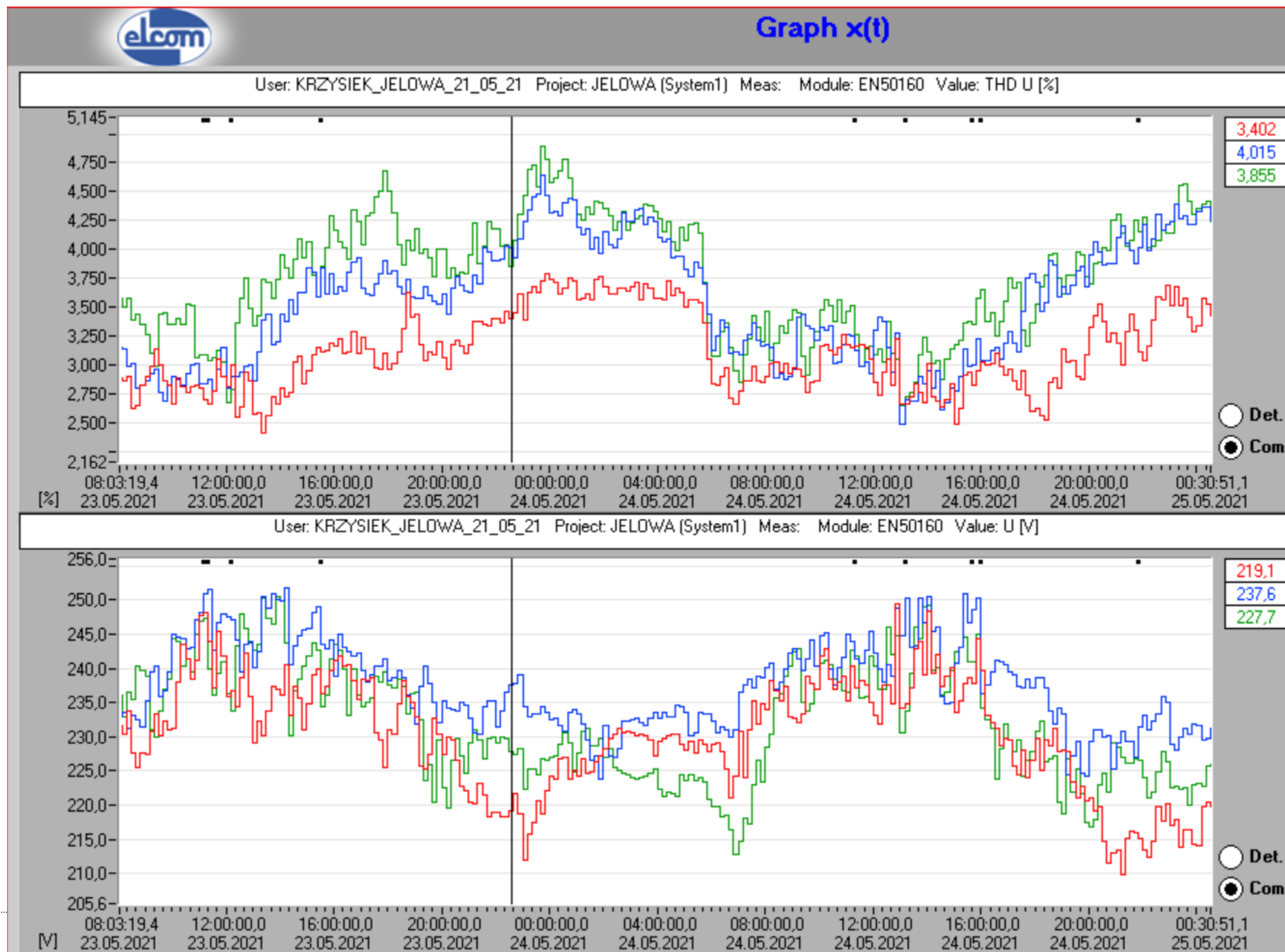




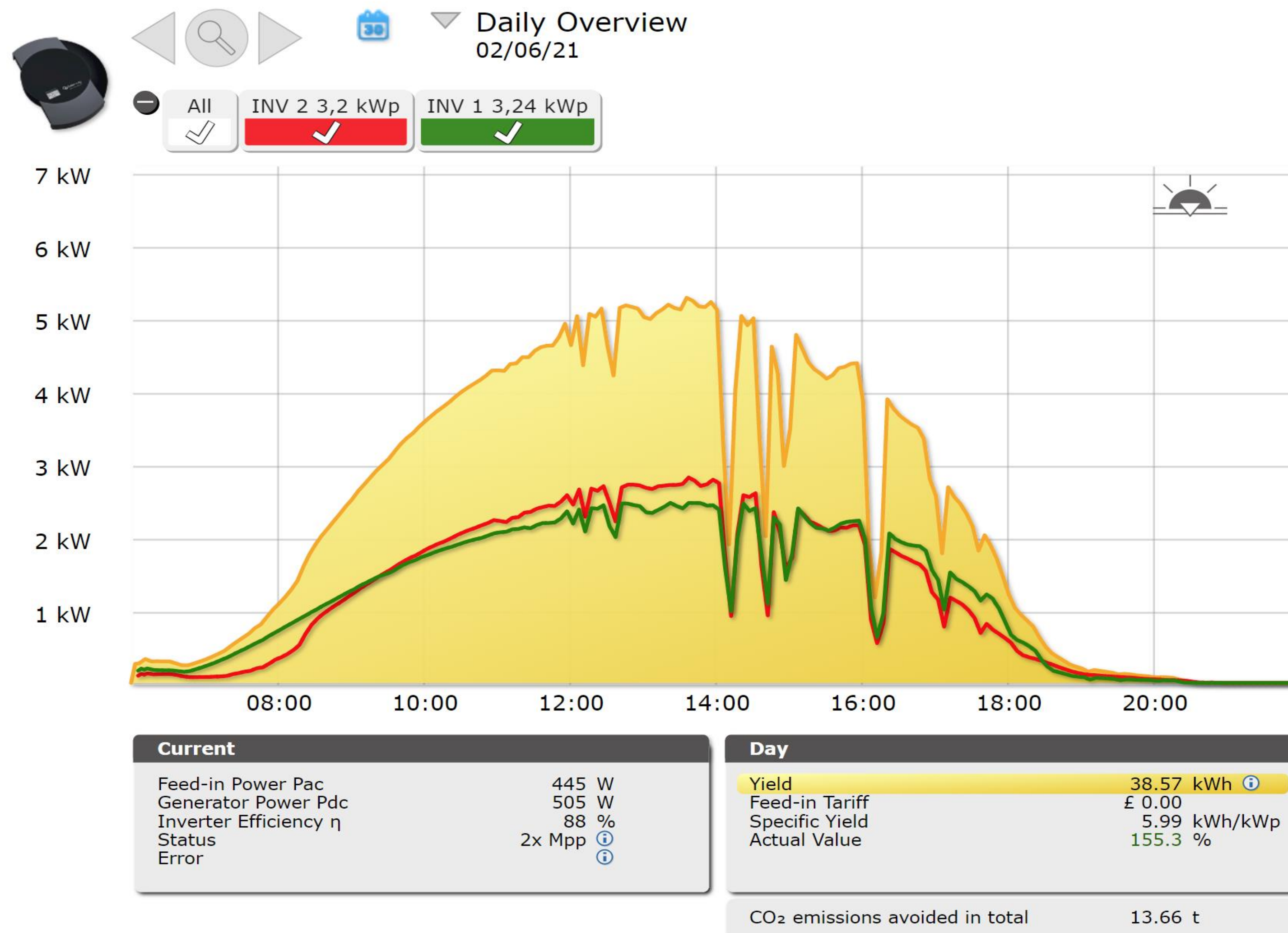
# f [Hz] U<sub>RMS</sub> punkt nr 1

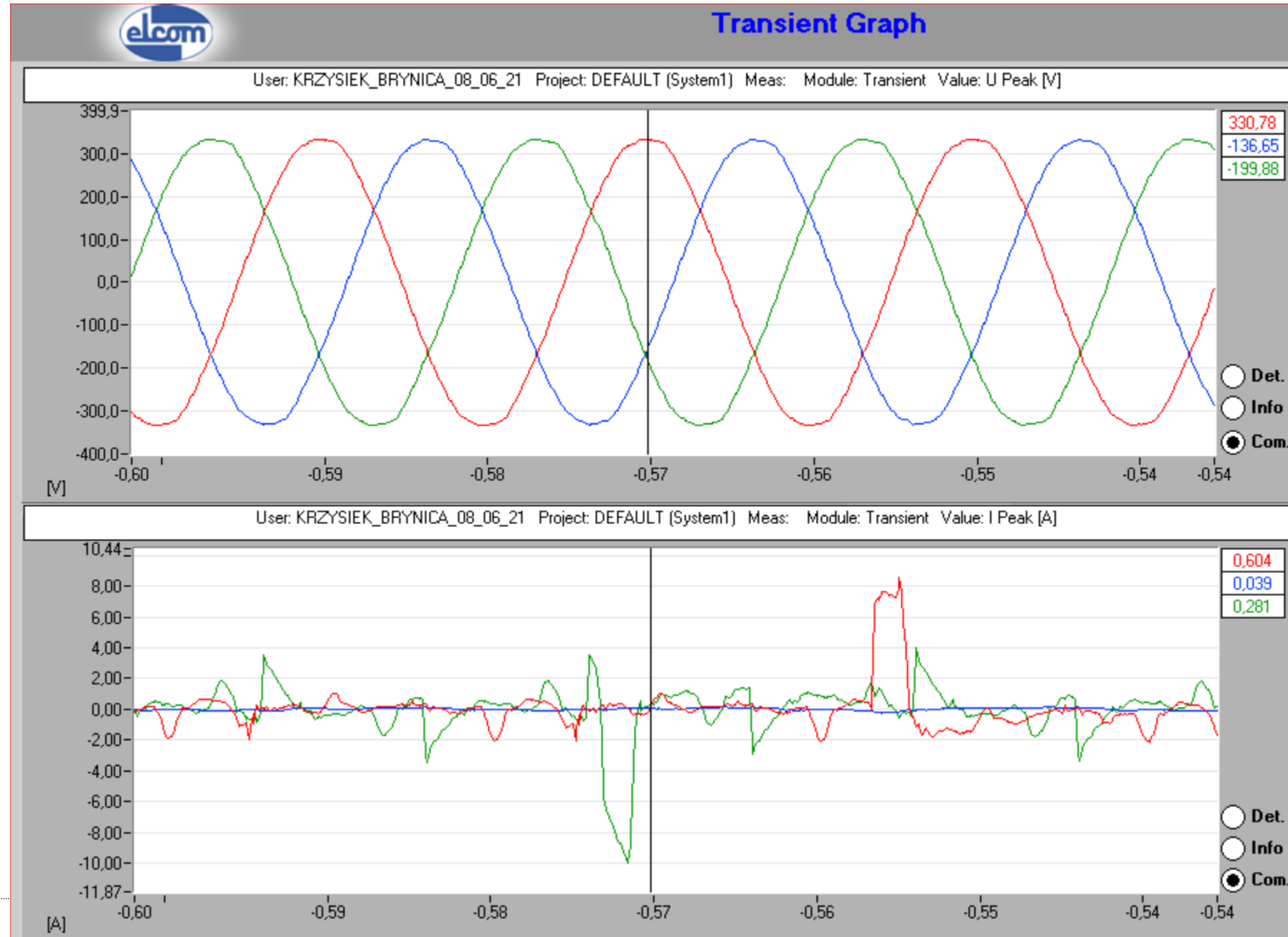


# THD[%] punkt nr 1

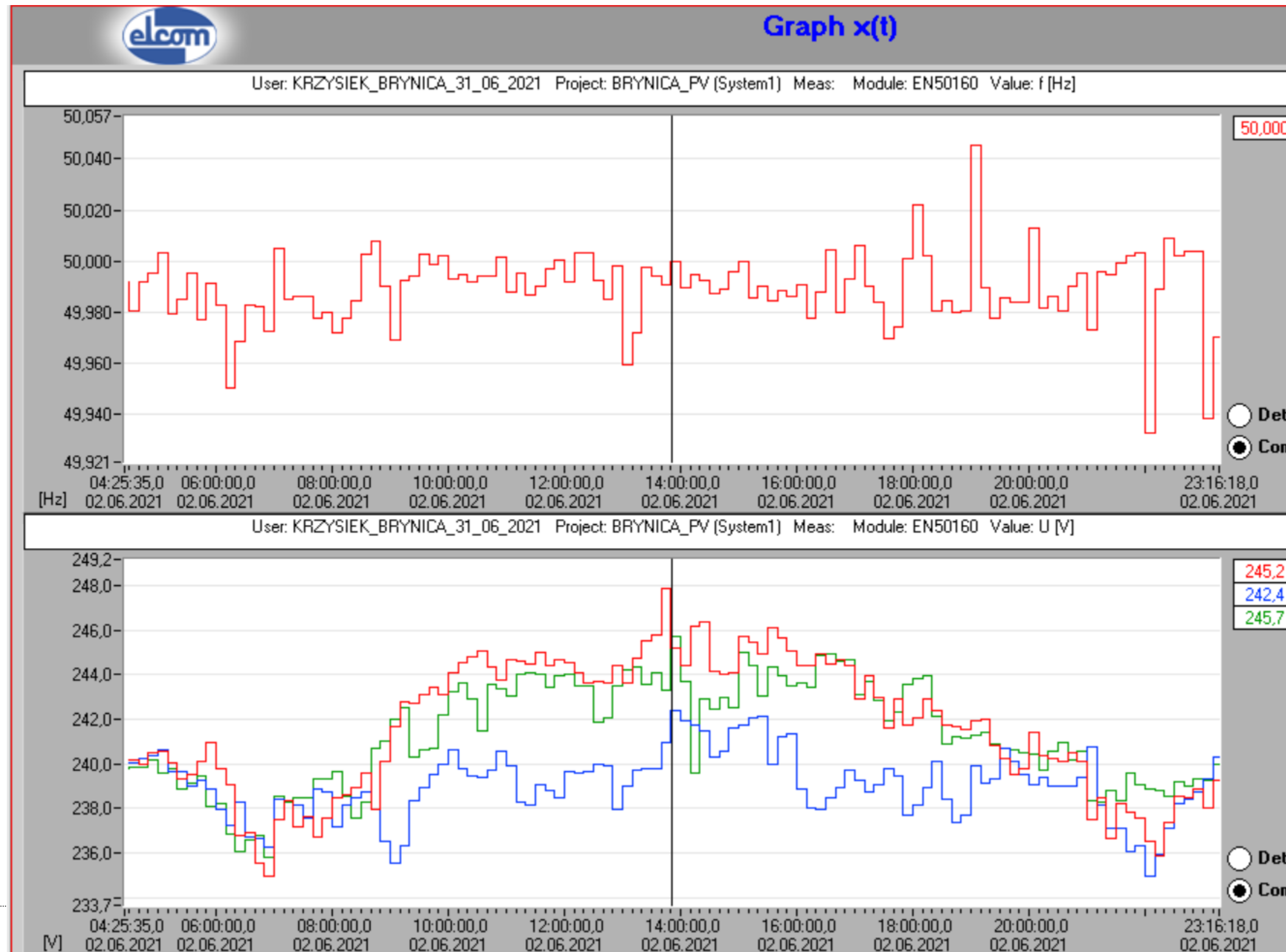






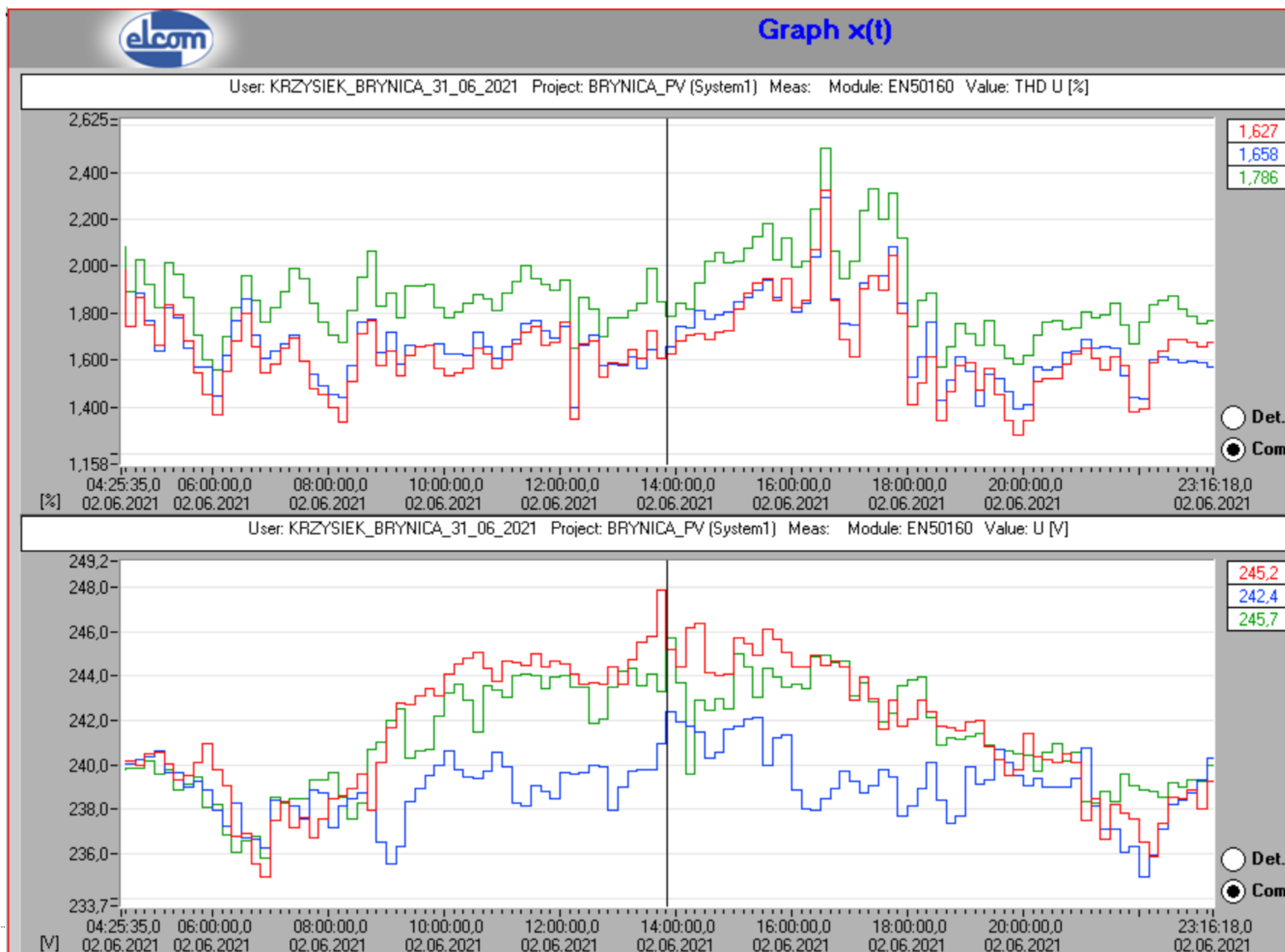


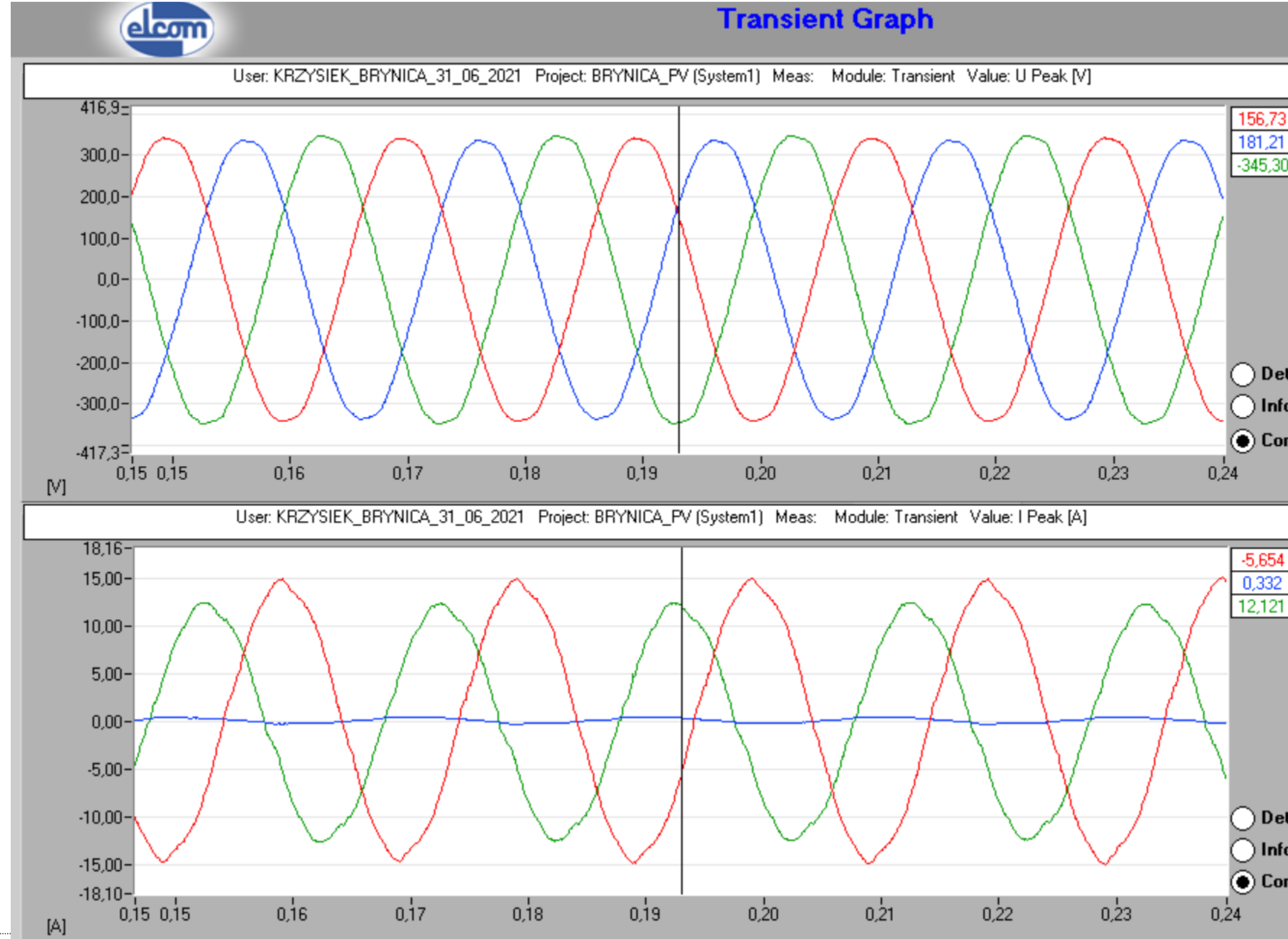
# f [Hz] punkt nr 2

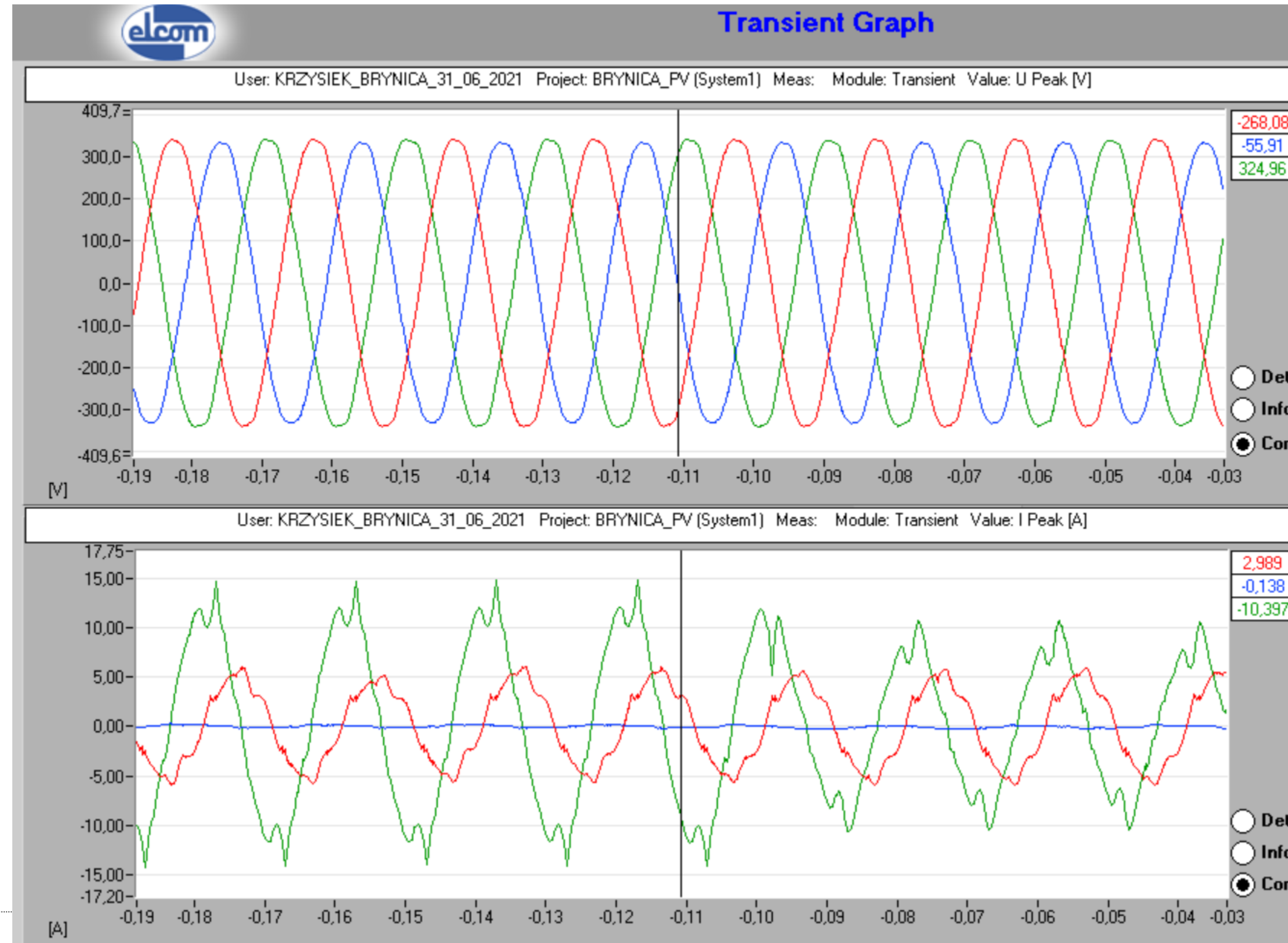




# THD [%] punkt nr 2









## Zestawienie parametrów jakości energii elektrycznej

Punkt 1

Punkt 2

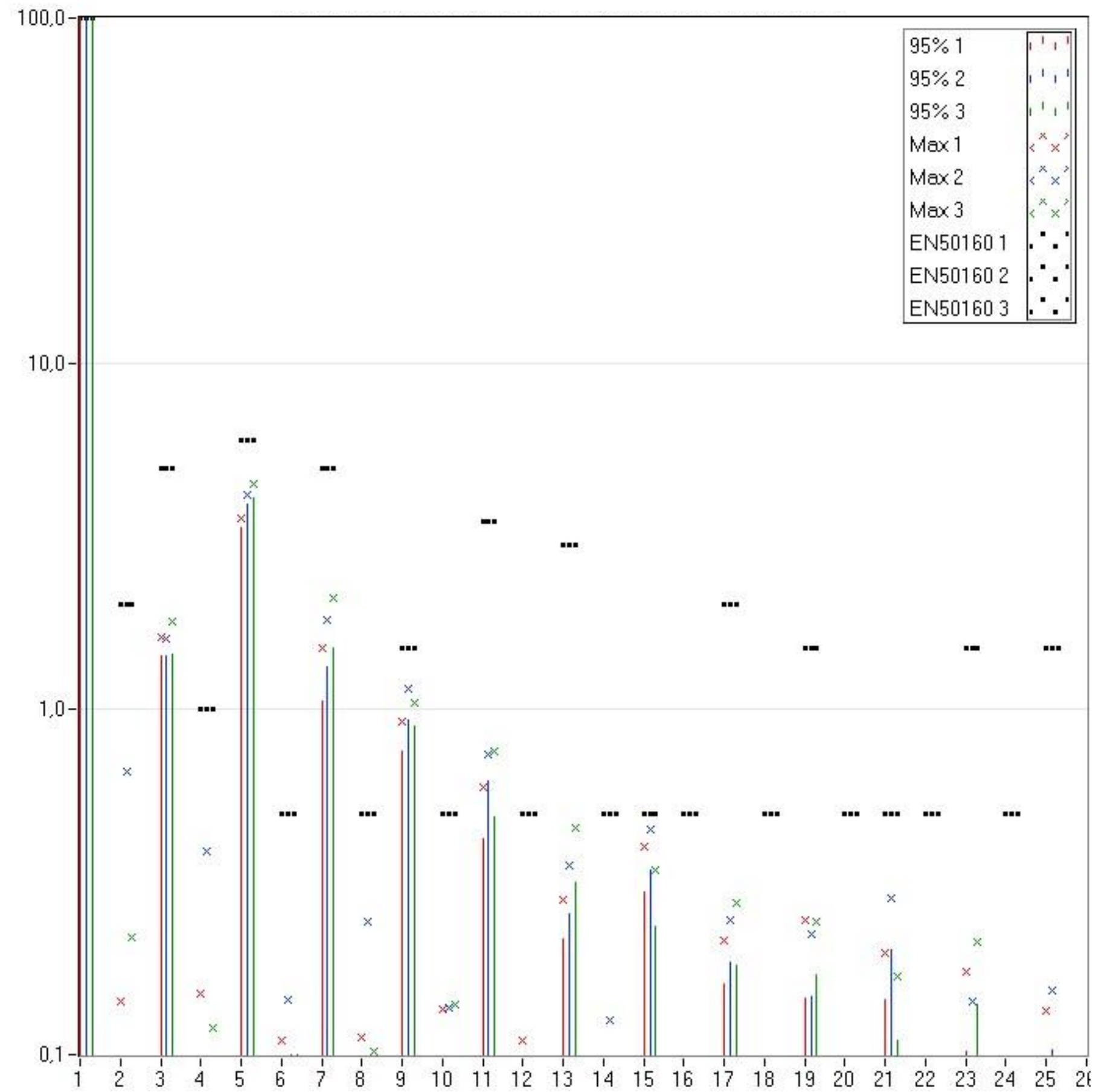
Quantity	Limit	Interval	Min*/Max/% Out	Min*/Max/% Out	Min*/Max/% Out	Fits?	
Total						No	✘
Frequency (50Hz)			3~			Yes	○
Frequency 99.5%	99%-101%	10s	49.97Hz/50.08Hz/0%			Yes	○
Frequency 100%	94%-104%	10s	49.97Hz/50.12Hz/0%			Yes	○
Frequency 99.5%	<=101%	10s	50.08Hz/0%			Yes	○
Frequency 99.5%	>=99%	10s	49.98Hz/0%			Yes	○
Frequency 100%	<=104%	10s	50.12Hz/0%			Yes	○
Frequency 100%	>=94%	10s	49.97Hz/0%			Yes	○
Voltage (230V)			L1	L2	L3	Yes	○
Voltage 95%	90%-110%	10min	213.69V/246.15V/0%	220.3V/246.13V/0%	214.82V/245.27V/0%	Yes	○
Voltage 100%	85%-110%	10min	207.41V/249.36V/0%	220.3V/251.79V/0%	211.67V/250.76V/0%	Yes	○
Voltage 95%	<=110%	10min	241.03V/0%	246.13V/0%	245.06V/0%	Yes	○
Voltage 95%	>=90%	10min	214.29V/0%	225.57V/0%	219.54V/0%	Yes	○
Voltage 100%	<=110%	10min	249.36V/0%	251.79V/0%	250.76V/0%	Yes	○
Voltage 100%	>=85%	10min	207.41V/0%	220.3V/0%	211.67V/0%	Yes	○
Flicker			L1	L2	L3	No	✘
PLT 95%	<=1	10min	2.25/60.56%	2.29/59.38%	2.27/63.95%	No	✘
PST 95%	<=10	10min	2.32/0%	2.27/0%	2.46/0%	Yes	○
Unbalance U			3~			No	✘
Neg. 95%	<=2%	10min	1.39%/0.45%			Yes	○
Zero 95%	<=2%	10min	4.01%/49.1%			No	✘
Neg. 95%	<=4%	3s	2.12%/0%			Yes	○
Zero 95%	<=4%	3s	5.52%/6.66%			No	✘
Signals U			L1	L2	L3	Yes	○
f = 216.66Hz 99%	<=9%	3s	0.17%/0%	0.24%/0%	0.27%/0%	Yes	○
THD U			L1	L2	L3	Yes	○
THD U 95%	<=8%	10min	3.62%/0%	4.23%/0%	4.41%/0%	Yes	○
THD U 95%	<=16%	3s	3.91%/0%	4.53%/0%	4.77%/0%	Yes	○
Harmonics U -10min			L1	L2	L3	Yes	○
InterHarm. U -10min			L1	L2	L3	Yes	○

Quantity	Limit	Interval	Min*/Max/% Out	Min*/Max/% Out	Min*/Max/% Out	Fits?	
Total						No	✘
Frequency (50Hz)			3~			Yes	○
Frequency 99.5%	99%-101%	10s	49.93Hz/50.08Hz/0%			Yes	○
Frequency 100%	94%-104%	10s	49.93Hz/50.09Hz/0%			Yes	○
Frequency 99.5%	<=101%	10s	50.08Hz/0%			Yes	○
Frequency 99.5%	>=99%	10s	49.98Hz/0%			Yes	○
Frequency 100%	<=104%	10s	50.09Hz/0%			Yes	○
Frequency 100%	>=94%	10s	49.93Hz/0%			Yes	○
Voltage (230V)			L1	L2	L3	Yes	○
Voltage 95%	90%-110%	10min	234.3V/246.45V/0%	234.54V/243.09V/0%	235.22V/245.98V/0%	Yes	○
Voltage 100%	85%-110%	10min	234.3V/248.94V/0%	234.54V/244.72V/0%	235.22V/248.34V/0%	Yes	○
Voltage 95%	<=110%	10min	246.45V/0%	243.09V/0%	245.98V/0%	Yes	○
Voltage 95%	>=90%	10min	237.94V/0%	237.33V/0%	238.04V/0%	Yes	○
Voltage 100%	<=110%	10min	248.94V/0%	244.72V/0%	248.34V/0%	Yes	○
Voltage 100%	>=85%	10min	234.3V/0%	234.54V/0%	235.22V/0%	Yes	○
Flicker			L1	L2	L3	No	✘
PLT 95%	<=1	10min	0.63/1.79%	1.74/17.55%	0.68/3.77%	No	✘
PST 95%	<=10	10min	0.68/0%	1.75/0%	0.7/0%	Yes	○
Unbalance U			3~			Yes	○
Neg. 95%	<=2%	10min	0.58%/0%			Yes	○
Zero 95%	<=2%	10min	1.21%/0.35%			Yes	○
Neg. 95%	<=4%	3s	0.81%/0%			Yes	○
Zero 95%	<=4%	3s	1.84%/0%			Yes	○
Signals U			L1	L2	L3	Yes	○
f = 216.66Hz 99%	<=9%	3s	0.19%/0%	0.17%/0%	0.16%/0%	Yes	○
THD U			L1	L2	L3	Yes	○
THD U 95%	<=8%	10min	1.85%/0%	1.86%/0%	2.06%/0%	Yes	○
THD U 95%	<=16%	3s	2.85%/0%	2.92%/0%	2.99%/0%	Yes	○
Harmonics U -10min			L1	L2	L3	Yes	○
InterHarm. U -10min			L1	L2	L3	Yes	○

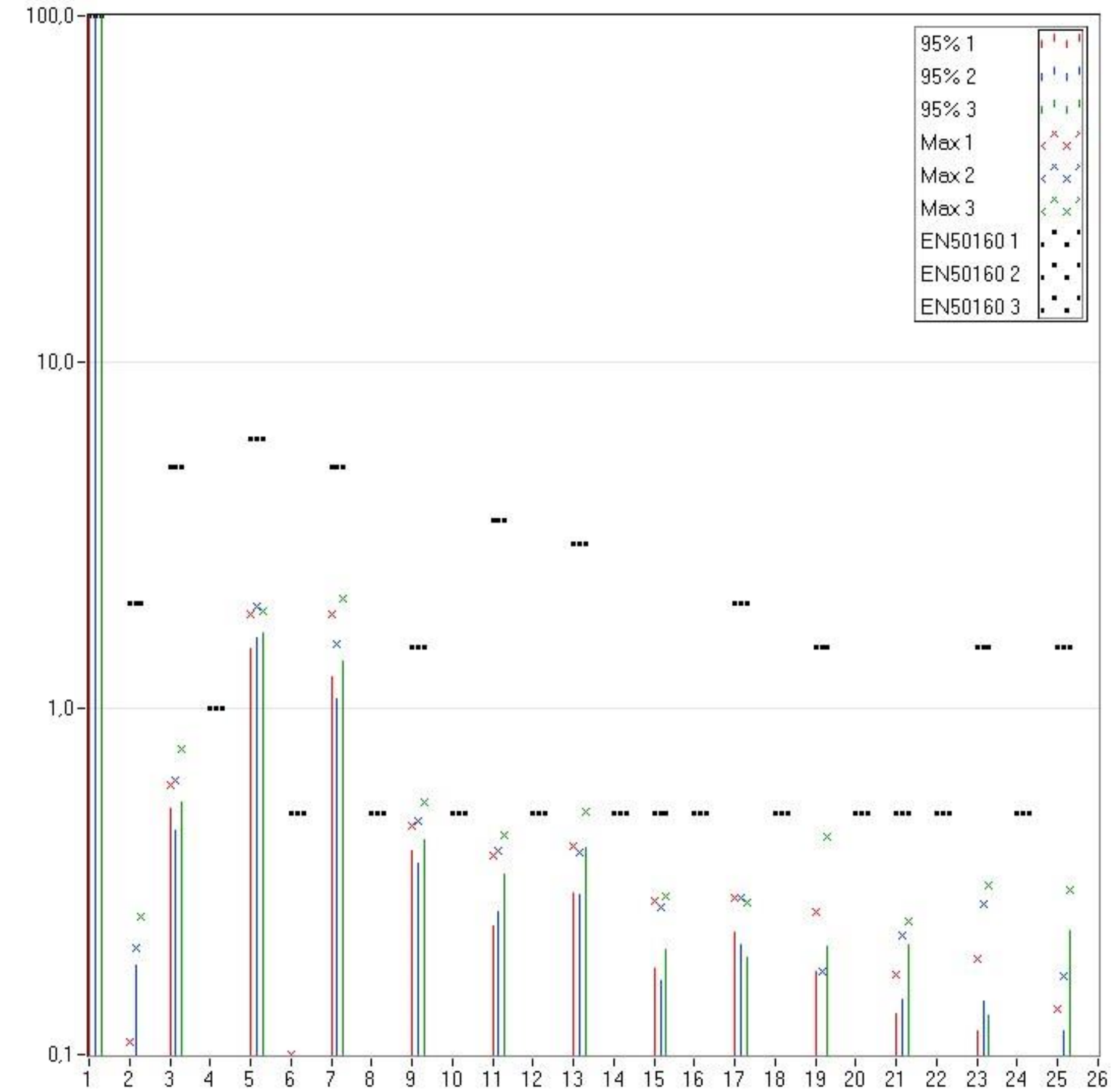


## Zestawienie parametrów harmonicznych

Punkt 1



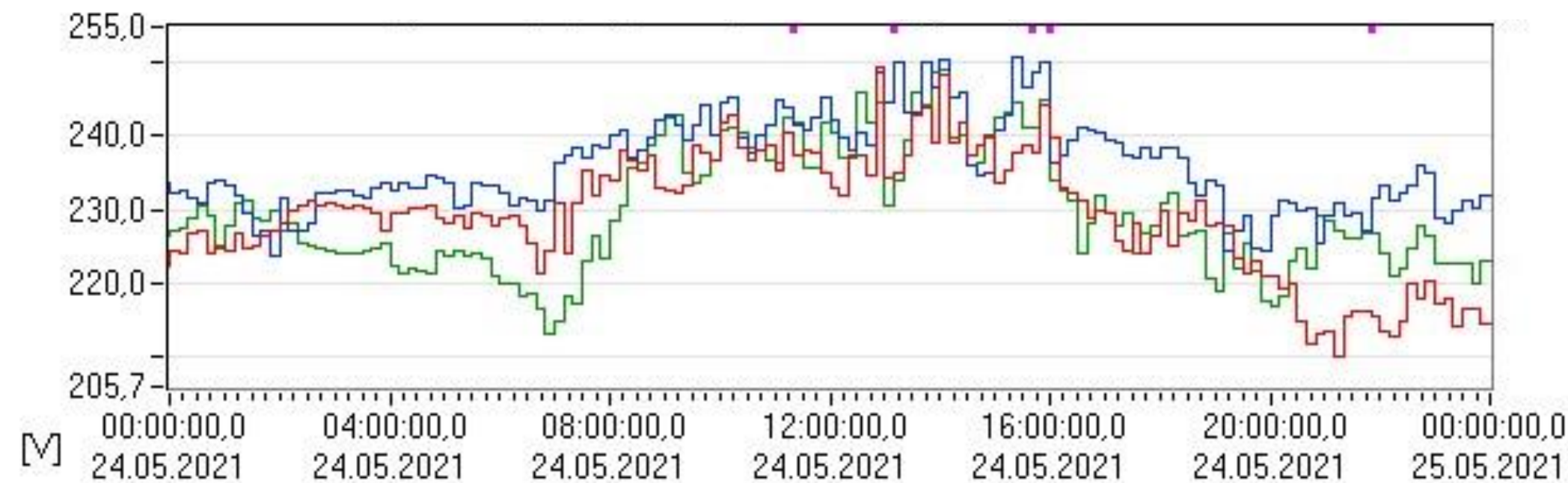
Punkt 2



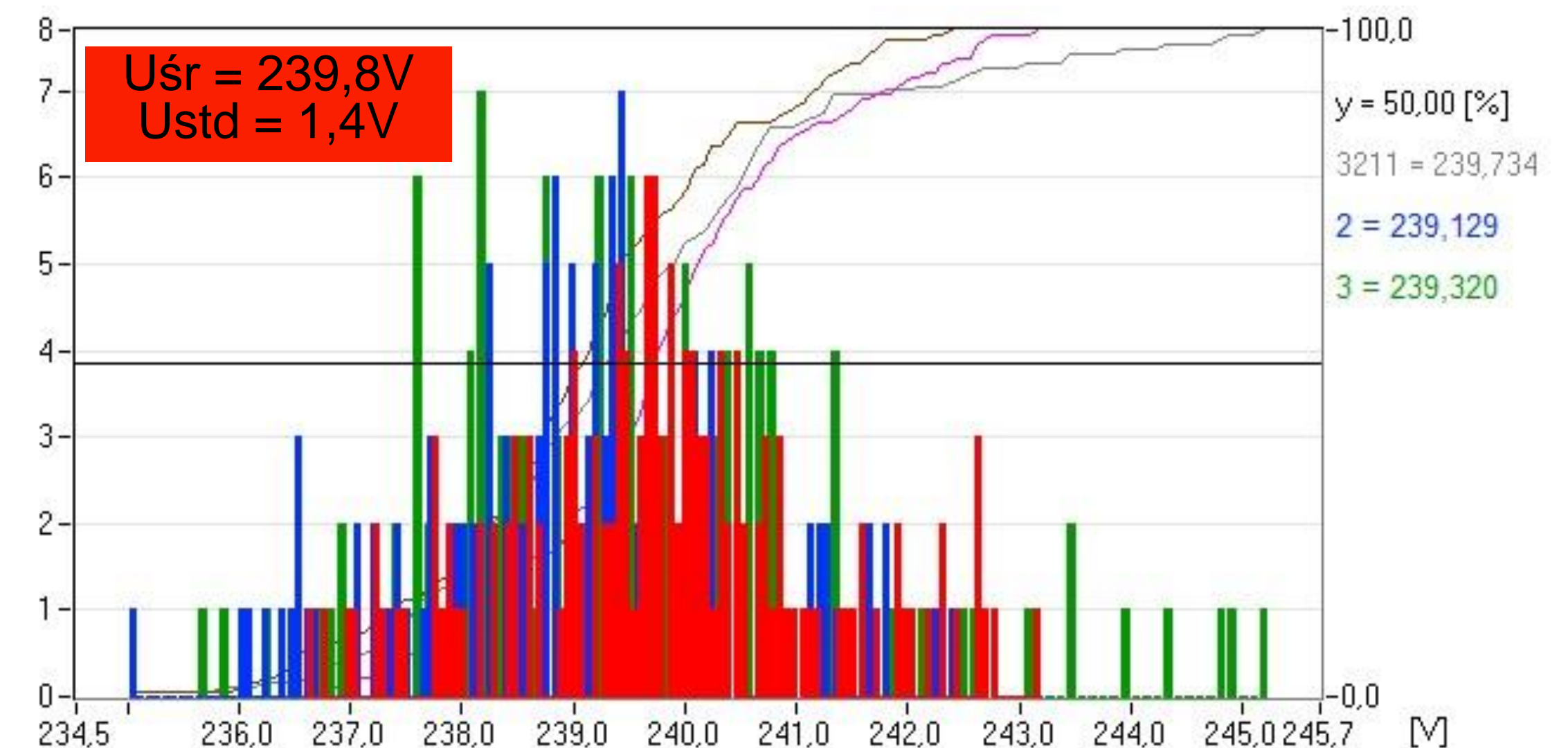
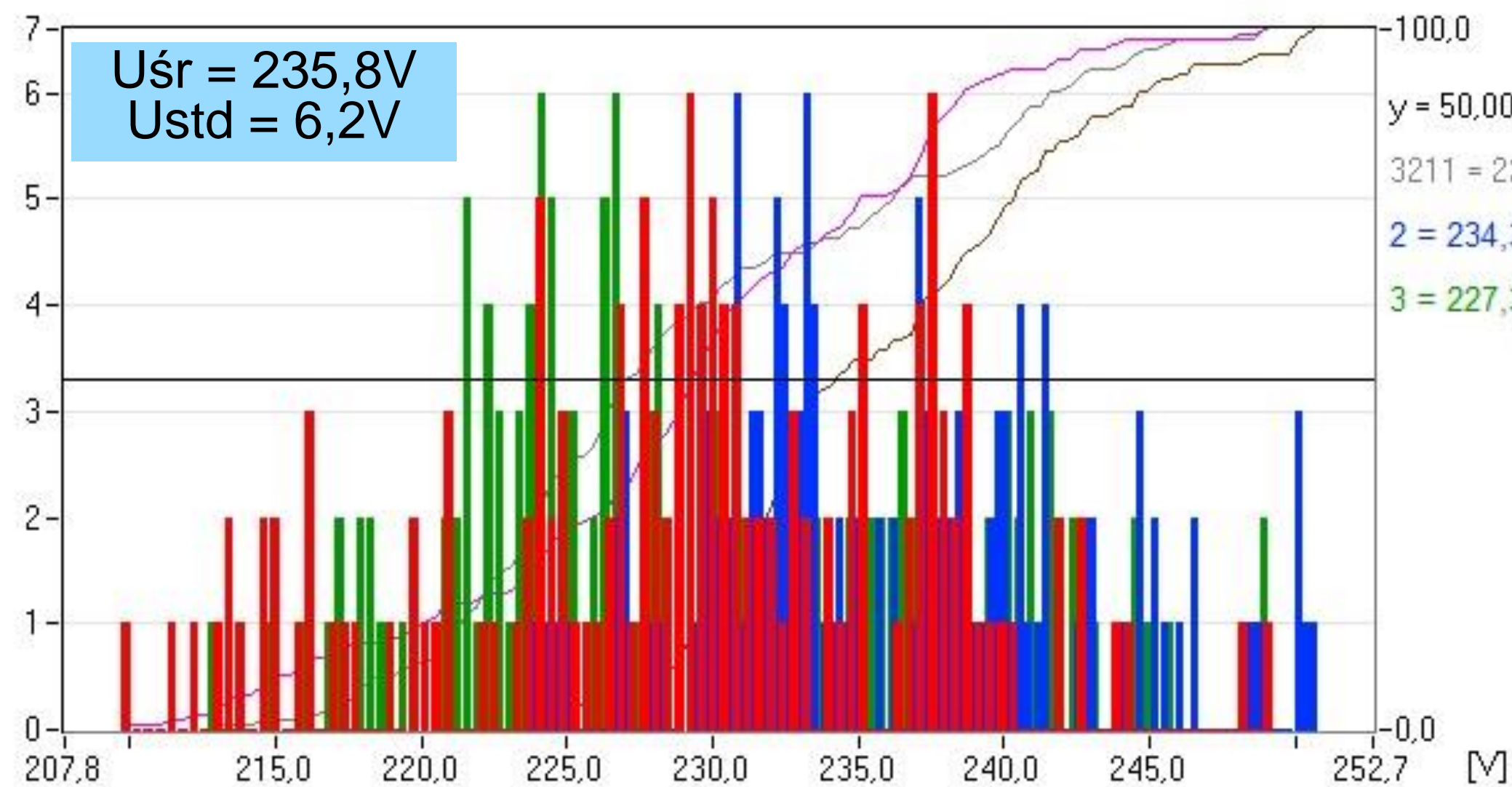
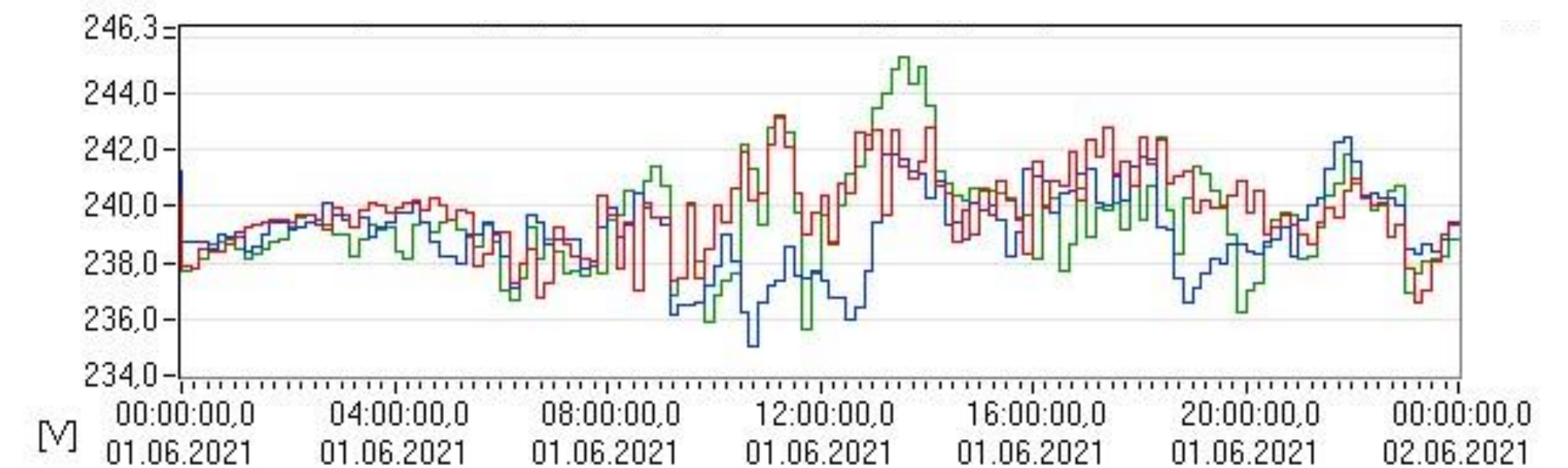


## Porównanie wartości skutecznych napięcia dla zapisów 1 dniowych.

Punkt 1



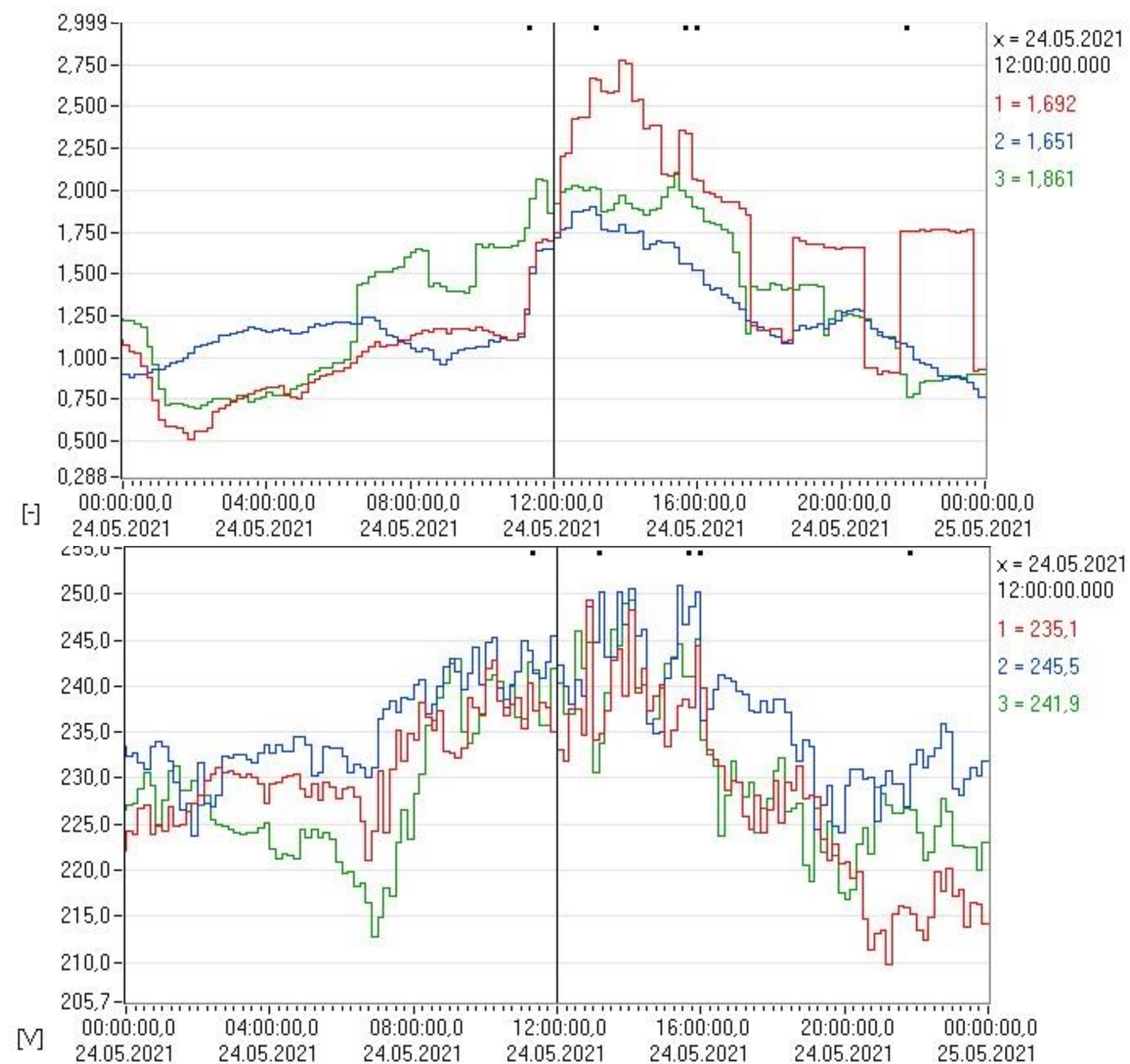
Punkt 2



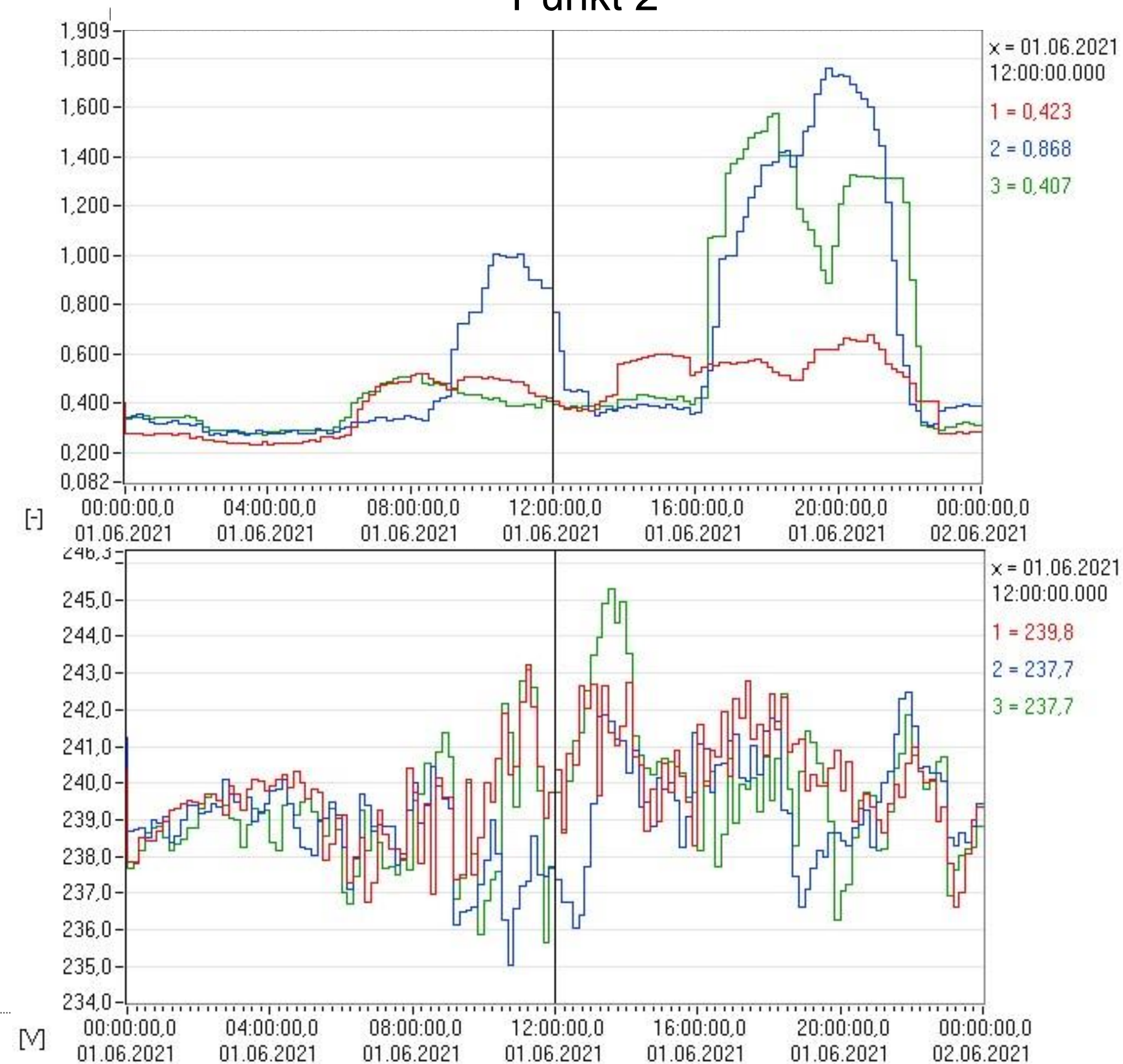


## Porównanie parametrów Plt dla zapisów 1 dniowych.

Punkt 1



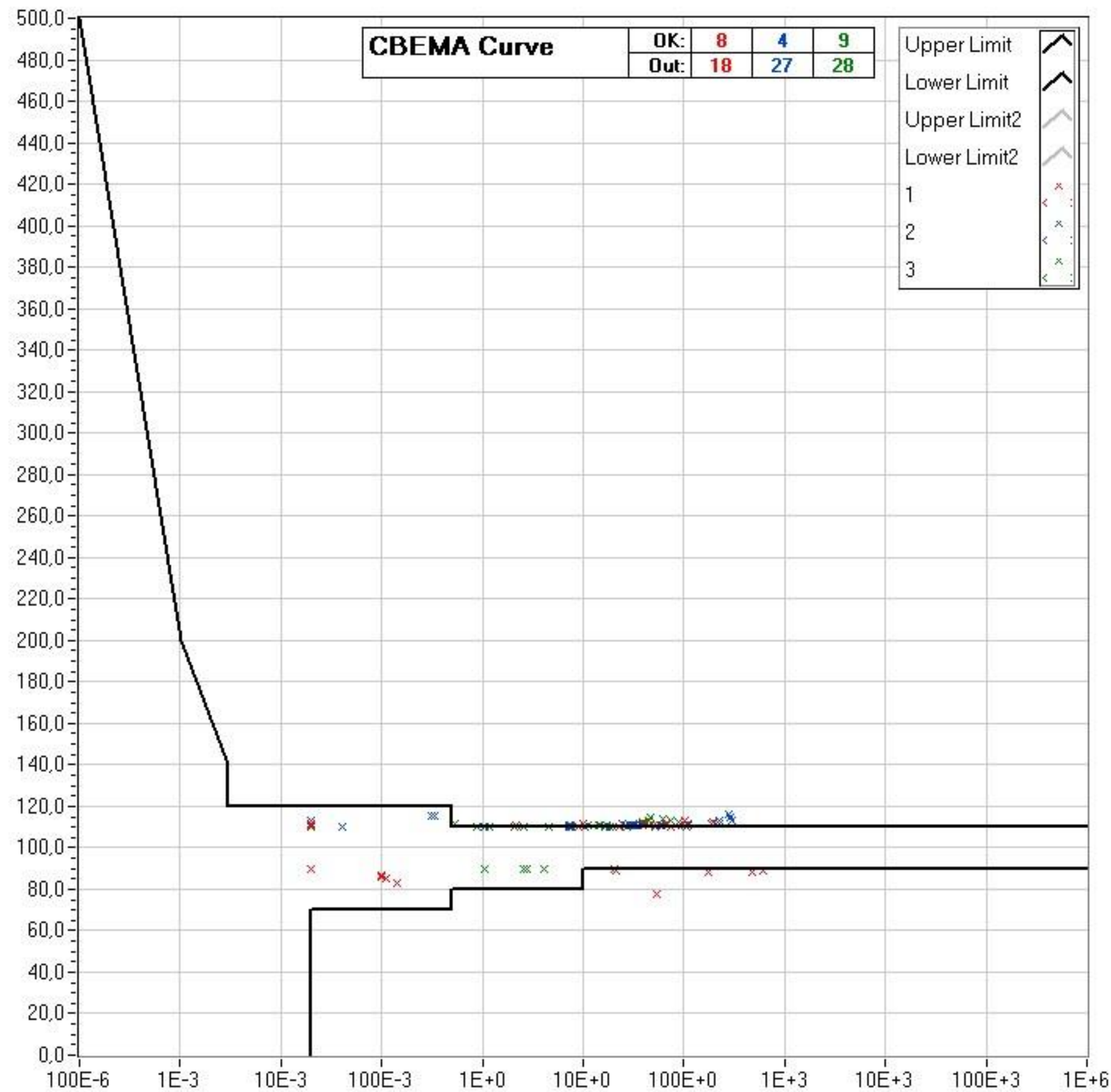
Punkt 2



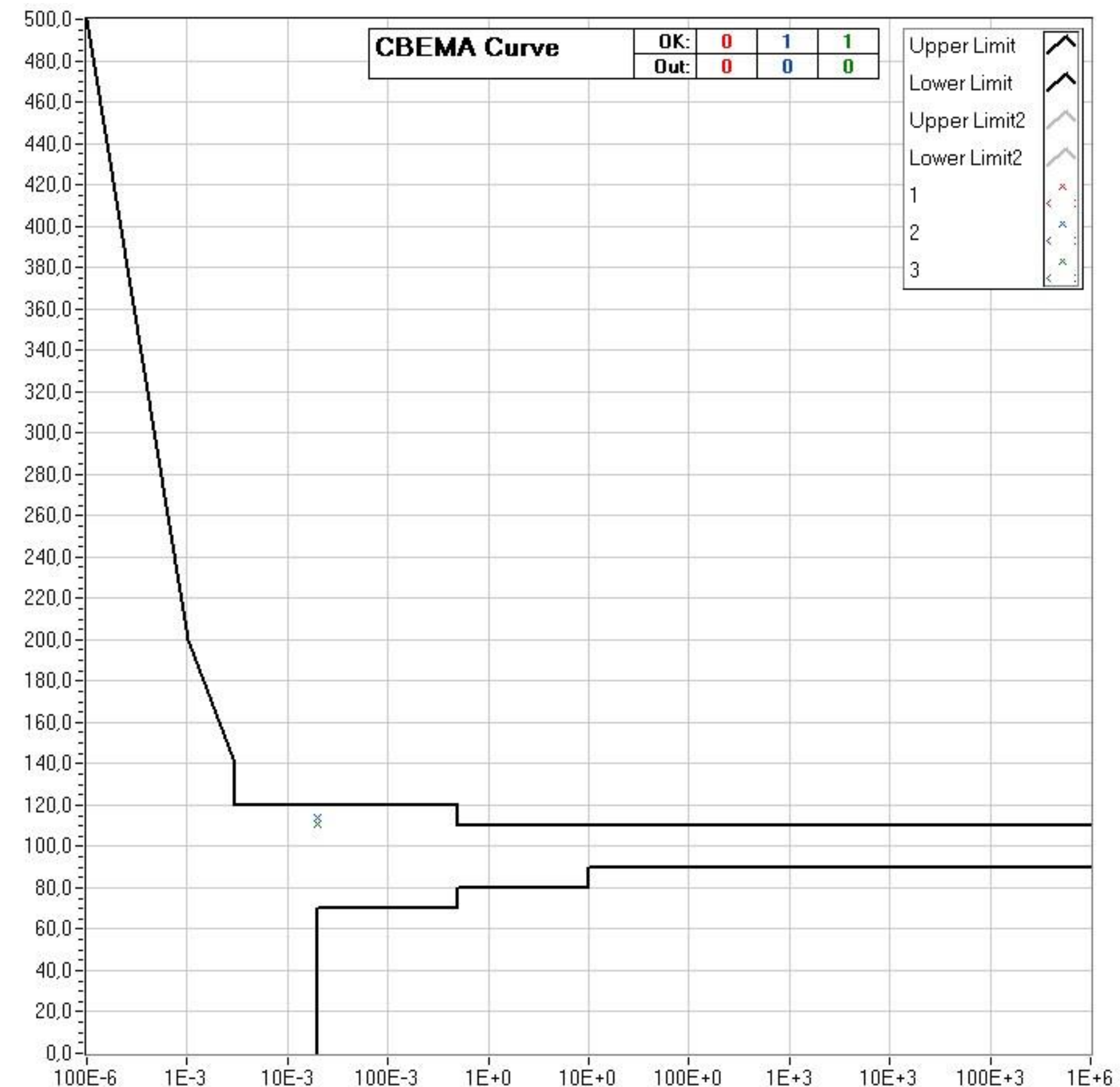


## Zdarzenia dla zapisów 1 dniowych – krzywa CBEMA

Punkt 1



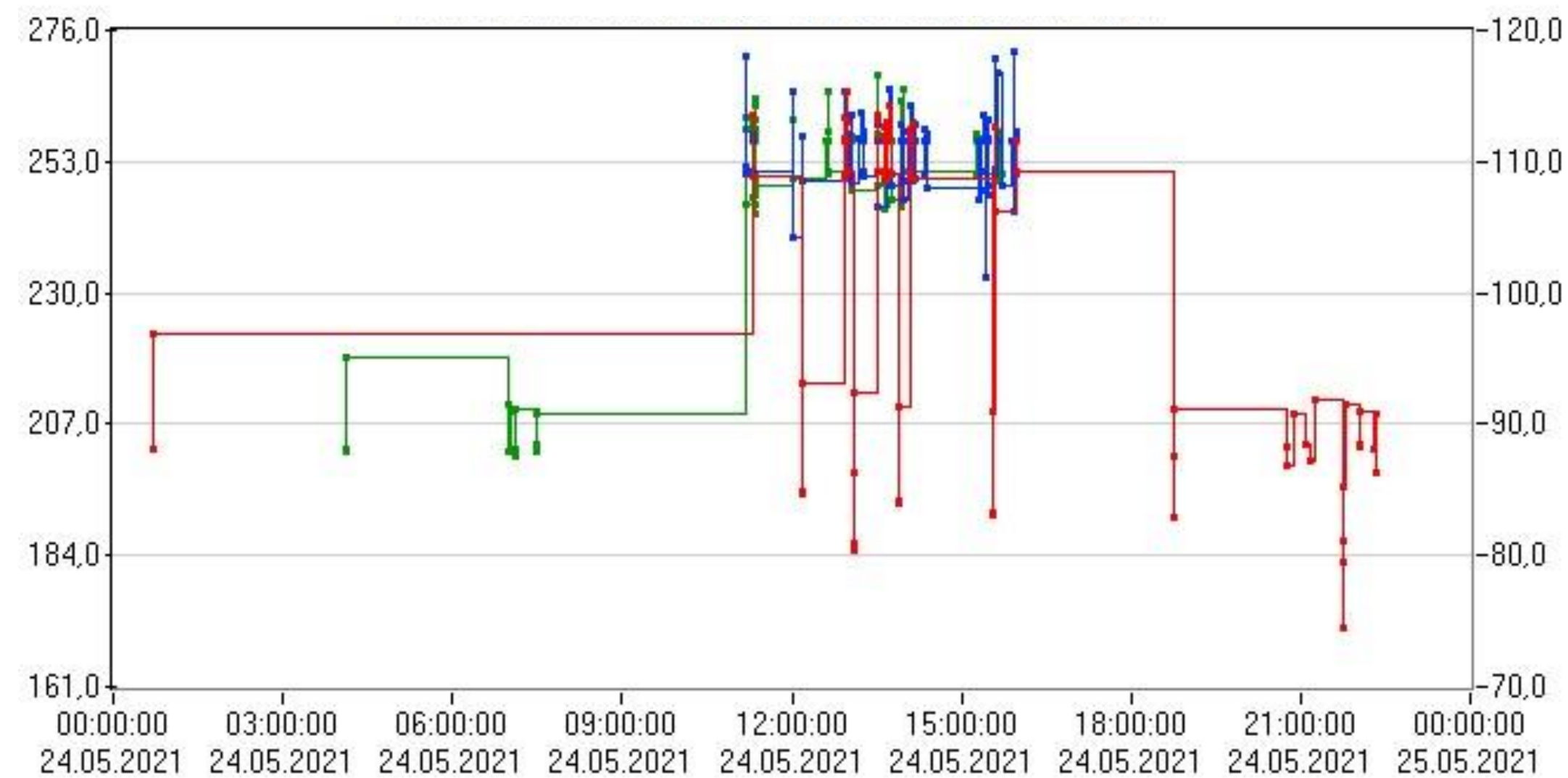
Punkt 2



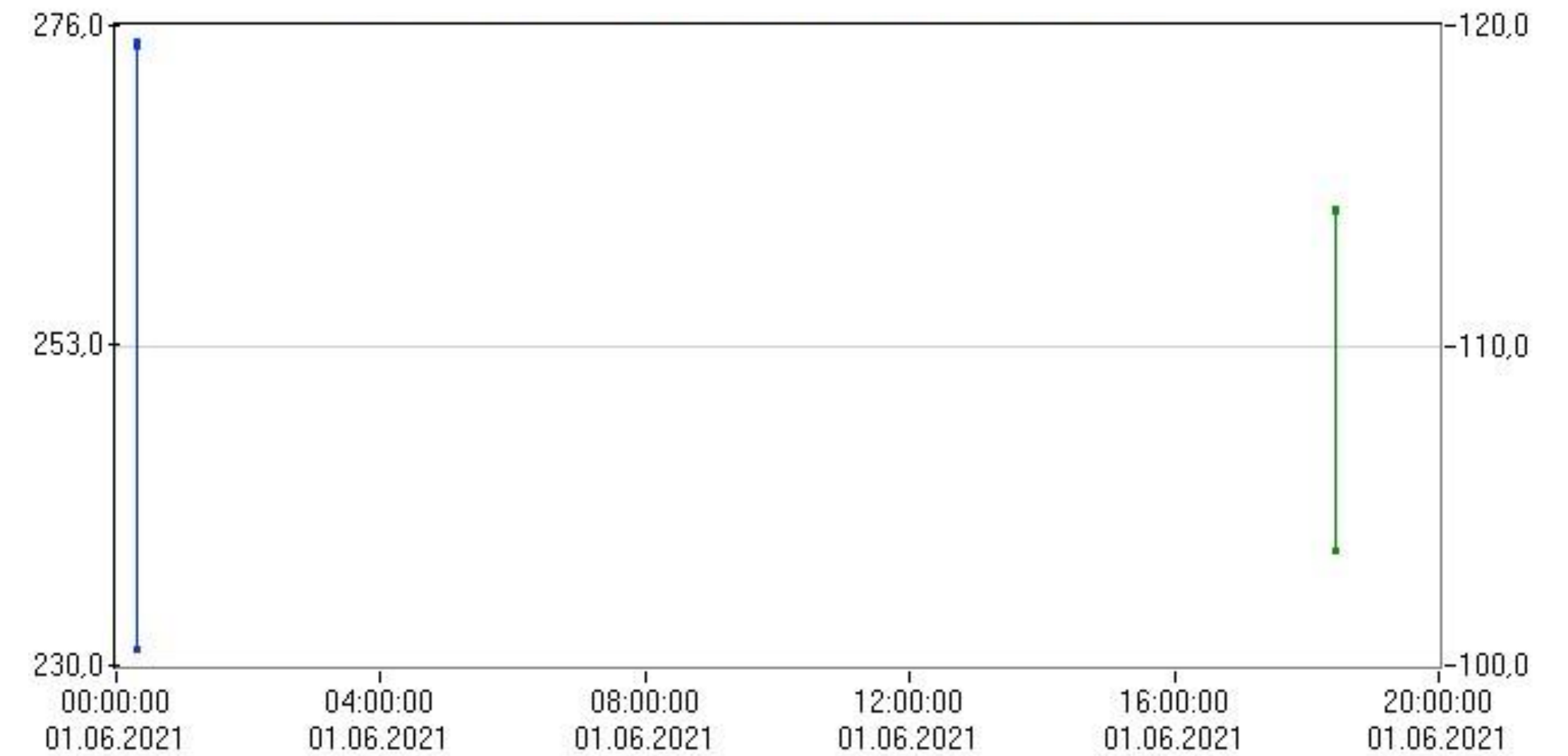


## Zdarzenia dla zapisów 1 dniowych – łańcuch zdarzeń

Punkt 1



Punkt 2



## **Dla projektantów mikroinstalacji PV:**

- istotny jest dobór przekroju przewodów po stronie DC i AC
- gdy w sąsiedztwie występuje znaczna ilość mikroinstalacji PV należy rozważyć dobrą jej moc



## **Dla prosumentów:**

- w przypadku falownika trójfazowego – istotne jest symetryczne rozłożenie obciążeń
- w przypadku falownika jednofazowego warto dociążyć fazę, do której jest podłączony

## **Dla firm dystrybucyjnych:**

- w przypadku kumulacji mikroinstalacji PV w danej sieci oraz częstym wyłączeniom falowników powodowanym wzrostem napięcia:
  - warto obniżyć napięcie na transformatorze
  - czasem należałoby zwiększyć przekroje przewodów oraz moce transformatorów
  - warto zastanowić się nad zmianą definicji współczynnika jednoczesności dla mikroinstalacji PV



# Dziękuję za uwagę