

Analiza mocy czynnej i biernej
w obiekcie
Narodowego Instytutu Kardiologii w Warszawie przy
ul. Alpejskiej 42.

Opracowanie: Piotr Kobiela: E1/1/680/2022; D1/2/680/2022

Sprawdzający: Andrzej Smulko: E1/4/680/2022; D1//5/2022

Przedmiotem omówienia jest analiza obciążeń oraz opracowanie koncepcji kompensacji biernej w obiekcie Narodowego Instytutu Kardiologii w Warszawie przy ul. Alpejskiej 42.

Przedmiot omówienia dotyczy następującego zakresu prac:

1. Przeprowadzenie wizji lokalnej w celu poznania specyfiki instalacji;
2. Dokładna analiza obciążeń, w tym charakterystyki odbiorów mających wpływ na moc bierną;
3. Analiza danych dotyczących rzeczywistego zużycia energii, w tym mocy biernej;
4. Analiza danych historycznych poboru mocy biernej na podstawie faktur za energię;
5. Przygotowanie minimum dwóch koncepcji kompensacji mocy biernej z uwzględnieniem różnych technologii i strategii na podstawie analizy uzyskanych danych;
6. Sporządzenie wstępnych kosztorysów do każdej z koncepcji;
7. Porównanie koncepcji wraz z analizą kosztów oraz uzasadnieniem rekomendowanego rozwiązania.

Analiza mocy czynnej i biernej

Zamawiający:	Narodowy Instytut Kardiologii im. Stefana kardynała Wyszyńskiego Państwowy Instytut Badawczy ul. Alpejska 42 04-628 Warszawa
Miejsce pomiarów:	Stacja SN/nn przy Narodowym Instytucie Kardiologii im. Stefana kardynała Wyszyńskiego Państwowy Instytut Badawczy ul. Alpejska 42 04-628 Warszawa
Data sporządzenia protokołu:	17 kwietnia 2024 r.
Aparatura pomiarowa:	2x analizator jakości energii VEGA
Czas rejestracji:	9 – 15 kwietnia 2024 r.
Interwał zapisu:	2 minuty
Napięcie znamionowe:	400V/230V
Częstotliwość:	50Hz

1. Przeprowadzenie wizji lokalnej w celu poznania specyfiki instalacji;

W dniach 29 marca – 16 kwietnia 2024 kilkakrotnie dokonano wizji lokalnej stacji transformatorowej Narodowego Instytutu Kardiologii w Warszawie przy ul. Alpejskiej 42. Stacja wyposażona jest w dwa transformatory. Pomiar energii dokonywany jest po stronie średniego napięcia (pomiar półpośredni).

a) Transformator 1

Transformator 1 (T1) doposażony jest w baterię kondensatorowo-dławikową o mocy stopni 30-30-60-60-60-60 kVar. Sterowanie regulatora odbywa się za pomocą jednego przekładnika (pomiar tylko w jednej fazie), co przy asymetrycznym obciążeniu jeszcze bardziej przesądza o nieskutecznym działaniu kompensacji. Bateria nie spełnia swojej funkcji. Na czas pomiarów została wyłączona.

CE	
ELEKTROKAR	
00-624 WARSZAWA ul. MARSZAŁKOWSKA 3/5	
www.elektrokar.pl tel 22 825-46-69 fax 22 825-84-29	
BATERIA KONDENSATOROWA DŁAWIKOWA 14%	ABKD14/300/30/0.44
NR. 130910	obudowa IP20
MOC ZNAMIONOWA /krok	300/30kVAr
NAPIĘCIE ZNAMIONOWE	440 V
PRĄD ZNAMIONOWY	394 A
ZABEZPIECZENIE GŁÓWNE	630A 2xLgY150mm ²
MOC STOPNI 30+30+60+60+60+60kVAr	
ZAKRES TEMPERATURY -25/D	-10...30°C
UWAGA! KONDENSATORY ELEKTROENERGETYCZNE, PRZED PRZYSTĄPIENIEM DO PRACY WYŁĄCZYĆ, ODCZekać 5 MINUT, ROZŁADOWAĆ, UZIEMIĆ!	
UWAGA! MATERIAŁY PALNE ODSUNĄĆ 1 METR OD OBUDOWY	

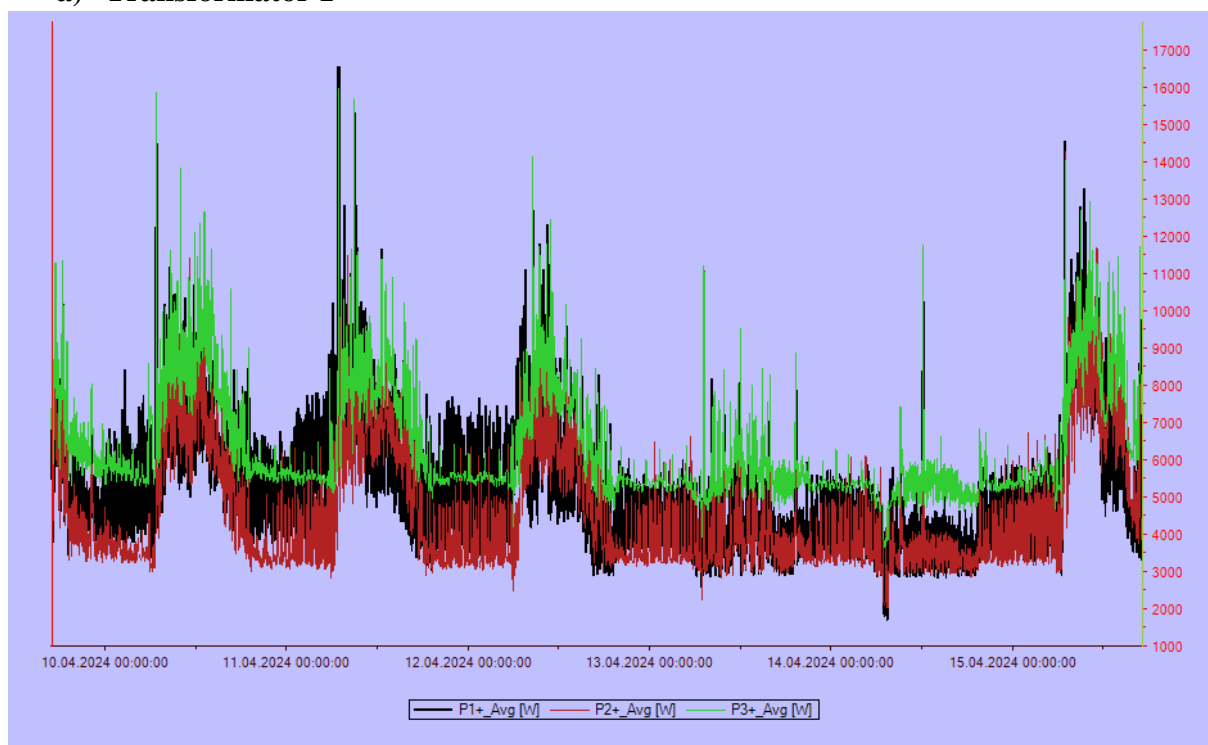


b) Transformator 2

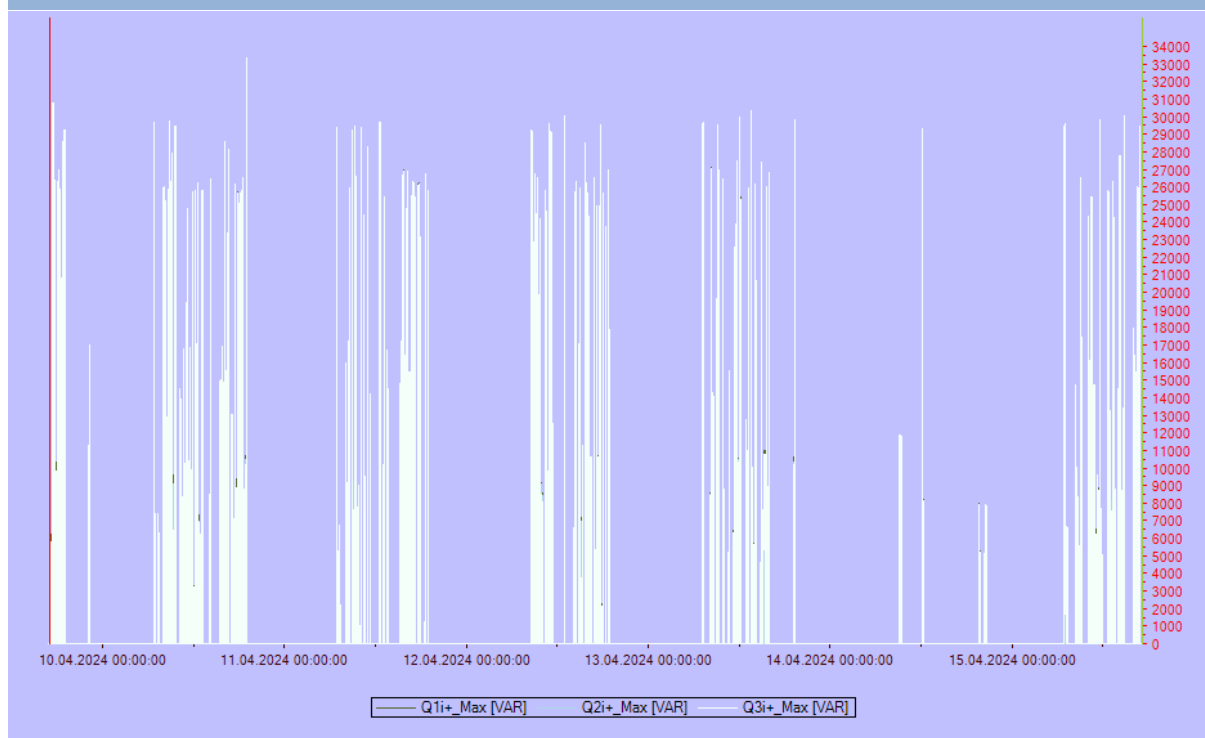
Identyczne rozwiązanie zastosowano do transformatora 2 (T2) pełniącego również funkcję rezerwowego względem T1. T2 również jest wyposażony w baterię kondensatorowo-dławikową o mocy stopni 30-30-60-60-60-60-60 kVar. Sterowanie regulatora odbywa się za pomocą jednego przekładnika (pomiar tylko w jednej fazie), co przy asymetrycznym obciążeniu jeszcze bardziej przesądza o nieskutecznym działaniu kompensacji. Bateria nie spełnia swojej funkcji. Na czas pomiarów została wyłączona.

2. Dokładna analiza obciążeń, w tym charakterystyki odbiorów mających wpływ na moc bierną.

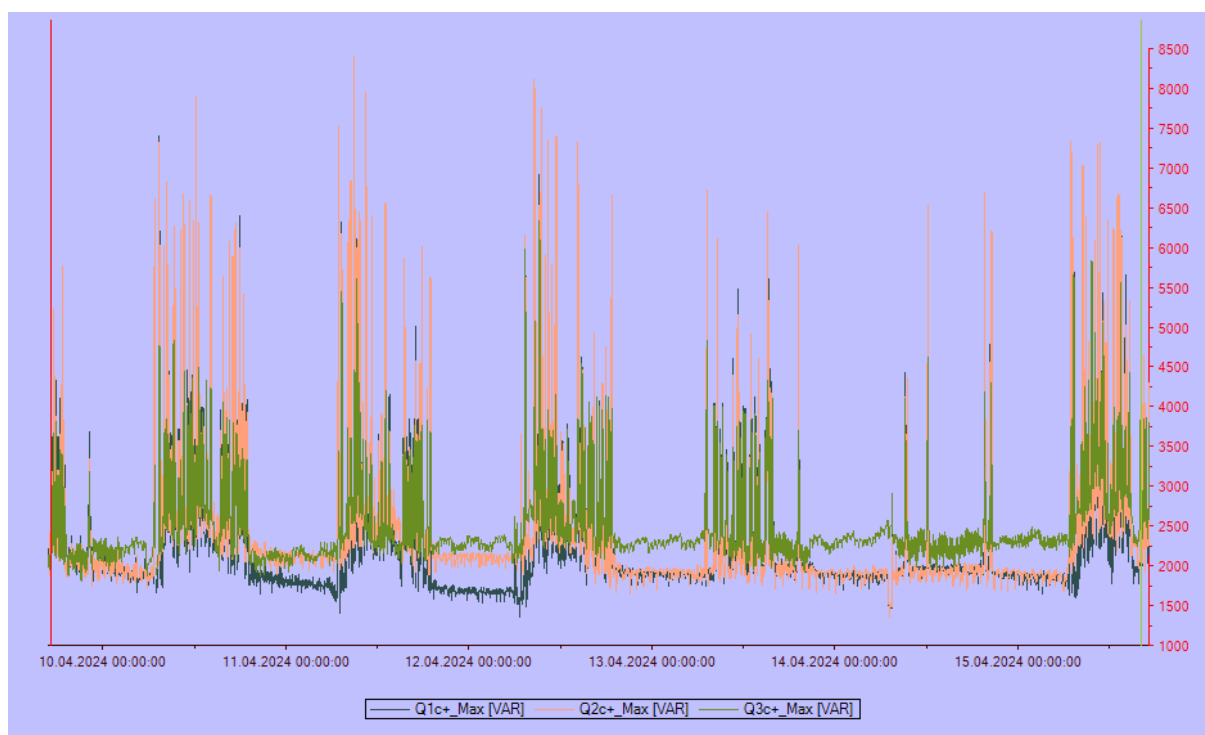
a) Transformator 1



Widoczna jest asymetria w obciążeniu poszczególnych faz, co sugeruje pracę wielu odbiorów jednofazowych. Widoczne jest mniejsze zużycie w dni wolne od pracy.

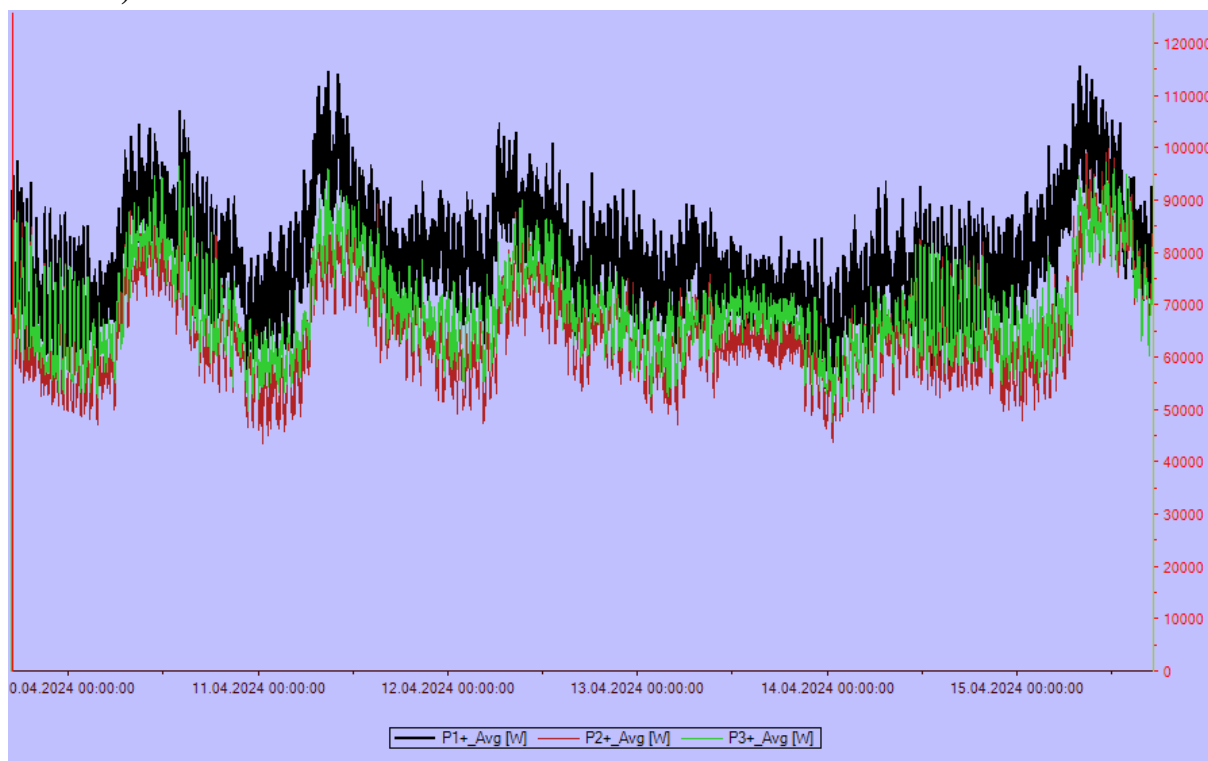


Symetryczne obciążenie po stronie indukcyjnej sugeruje, że źródłem są odbiory trójfazowe.

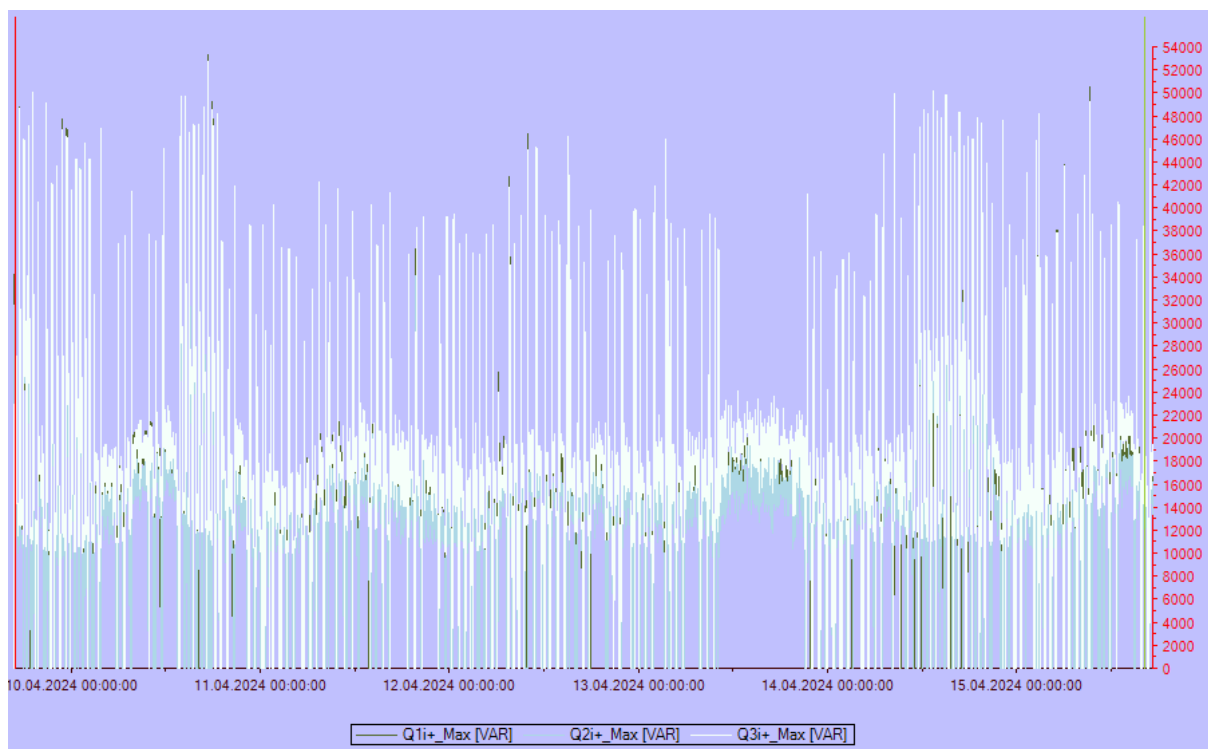


Widoczne jest nierównomierne występowanie mocy bierniej pojemnościowej w fazach, w tym również w porach nocnych.

b) Transformator 2



Energia czynna w fazach – wartości średnie.



Obciążenie indukcyjne w fazach – wartości maksymalne.

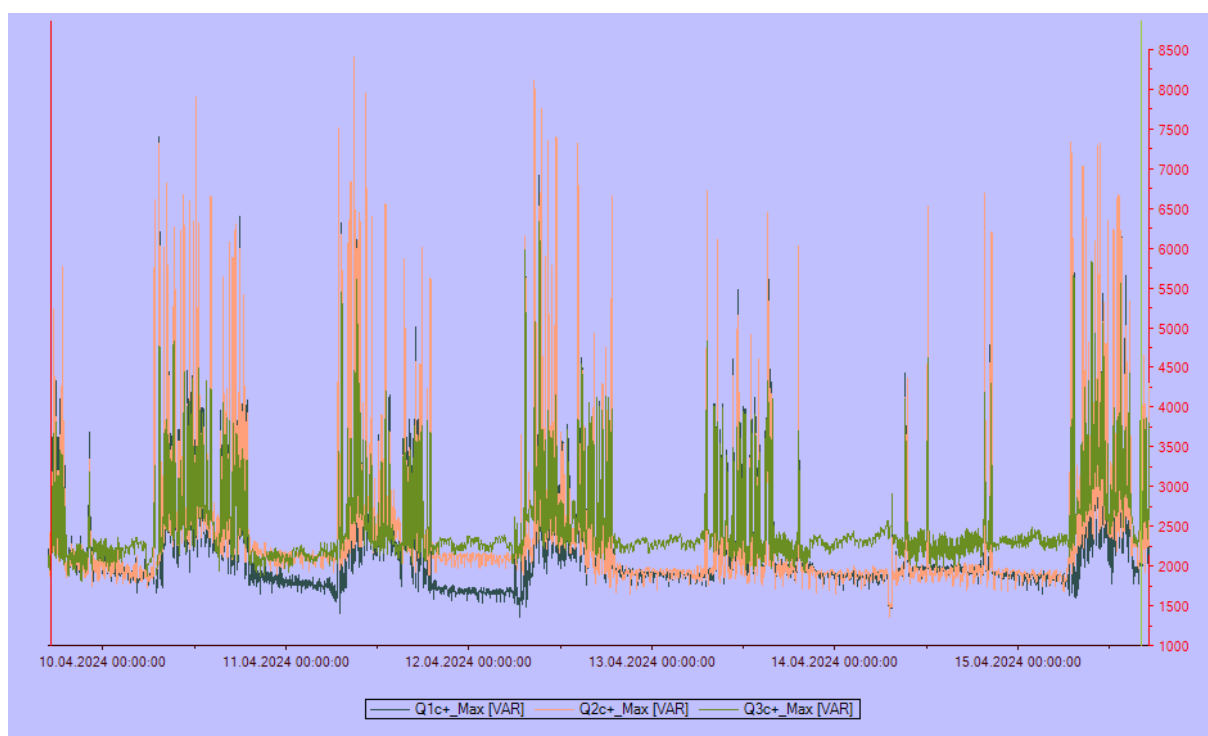
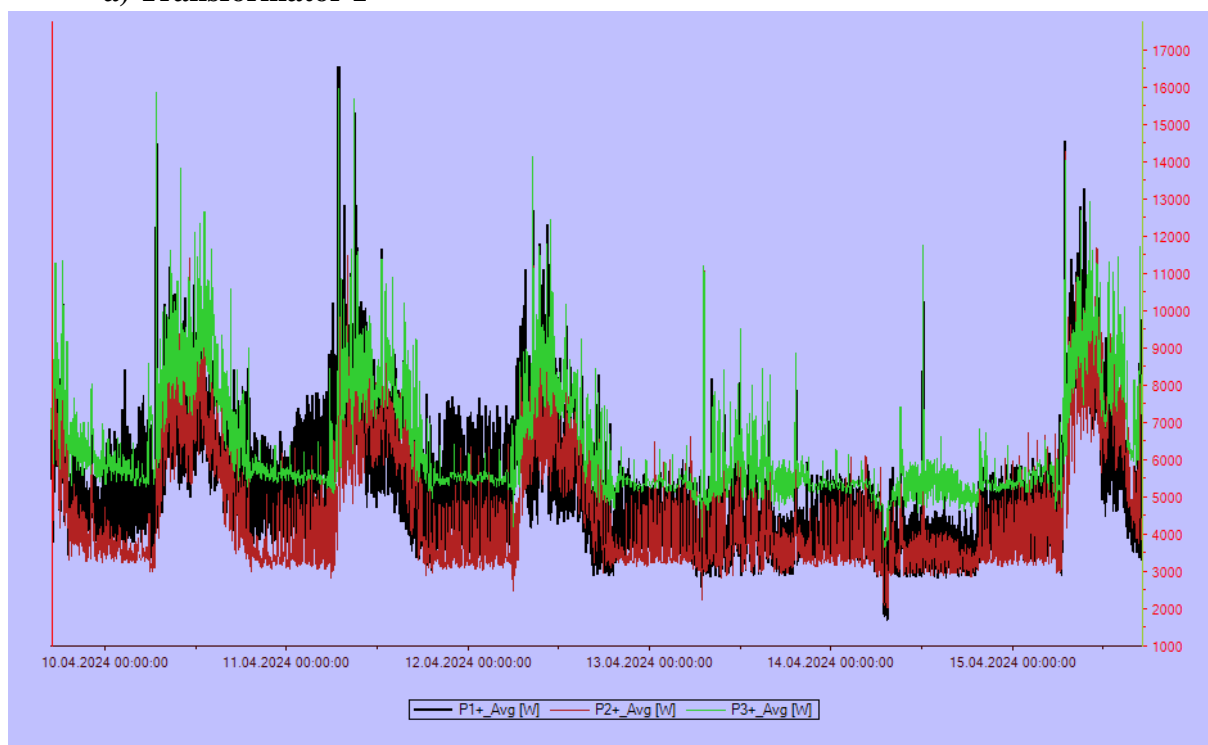


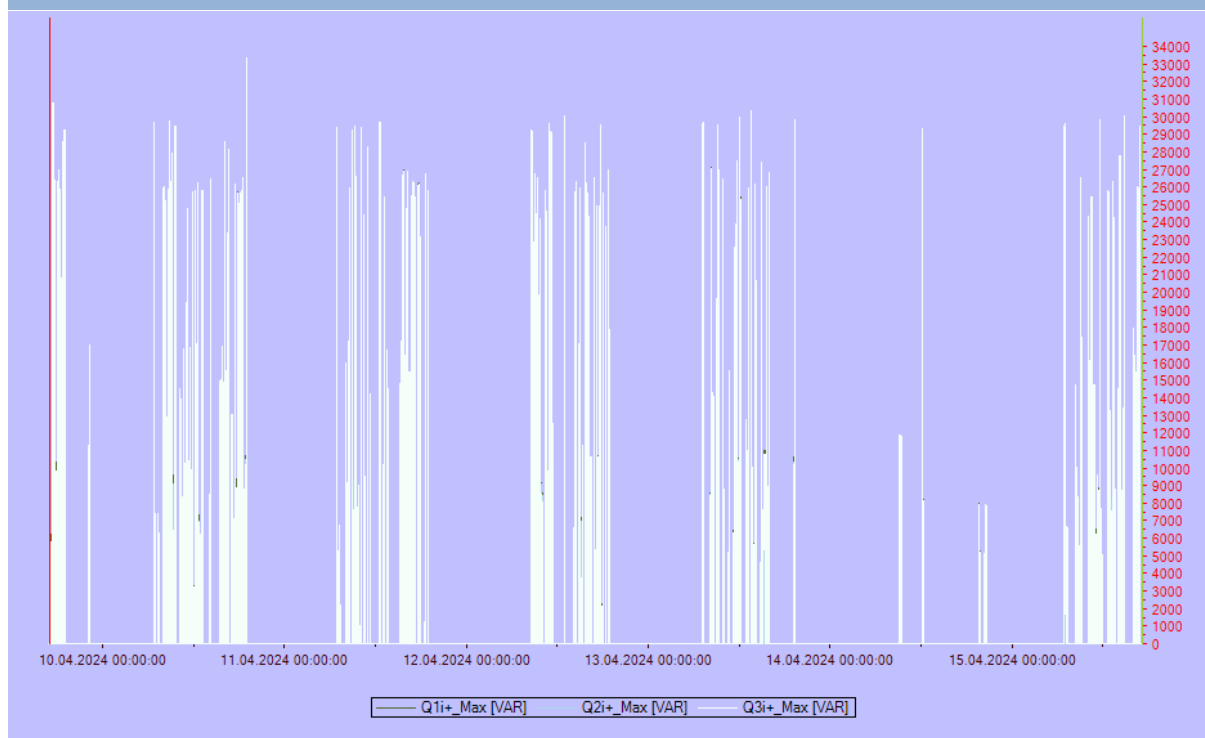
Obciążenie pojemnościowe w fazach – wartości maksymalne.



3. Analiza danych dotyczących rzeczywistego zużycia energii, w tym mocy biernej.

a) Transformator 1

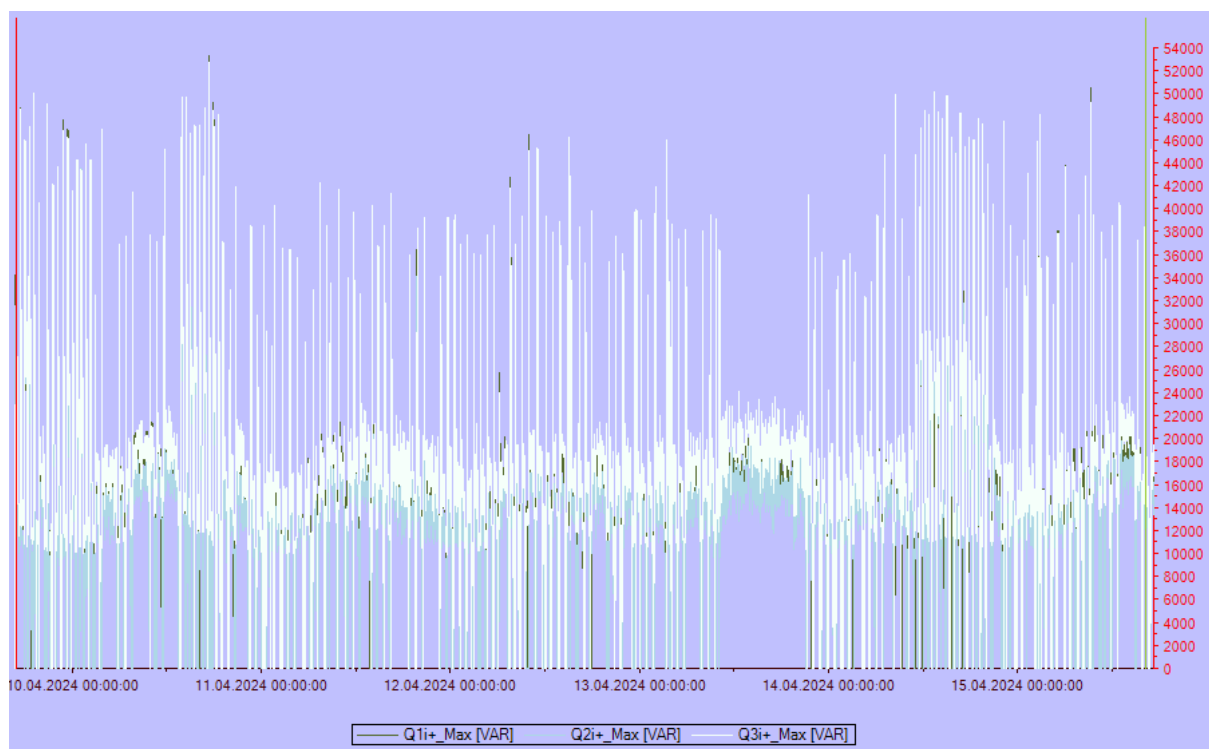
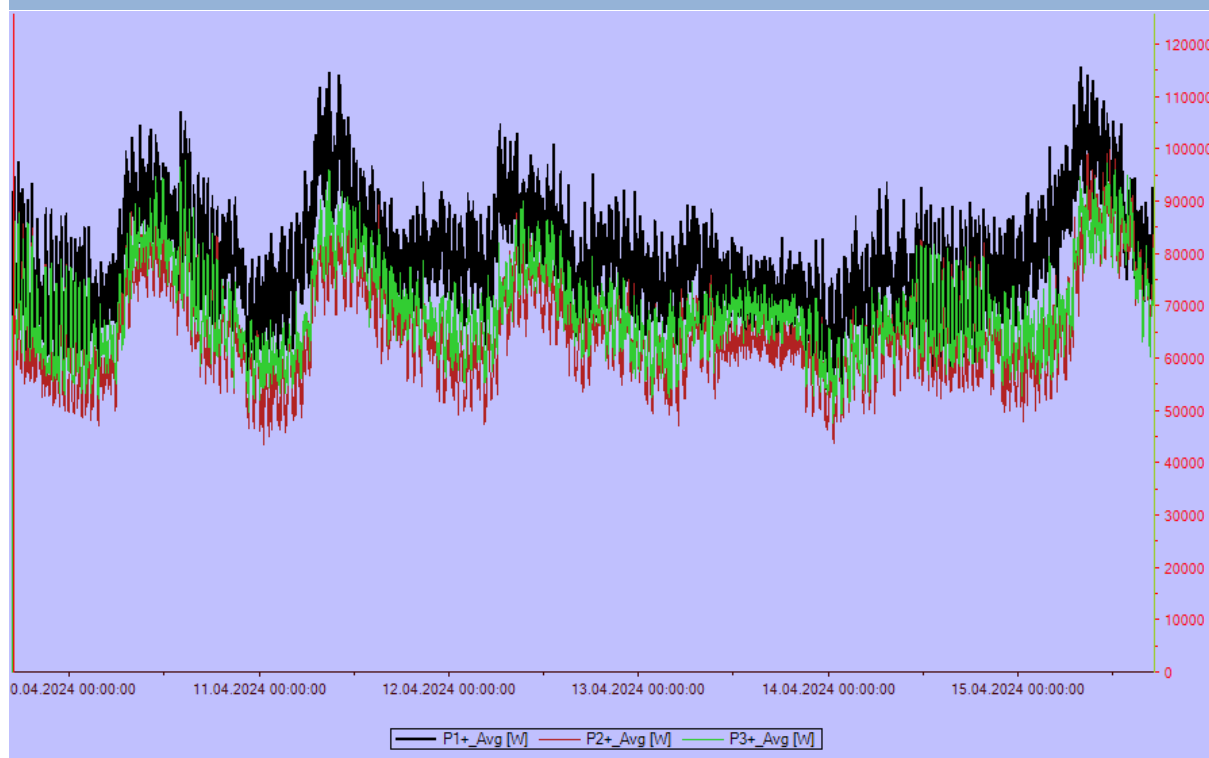




W obiekcie występuje zużycie energii biernej pojemnościowej i indukcyjnej. Współczynnik $\text{tg}(\text{fi})$ w skali miesiąca nie jest przekraczany. Energia bierna pojemnościowa rozliczana jest za każdą kilowarogodzinę. W celu kompensacji mocy biernej należy zastosować kompensator aktywny o minimalnej mocy 30 kvar lub baterię dławików kompensacyjnych o mocy 30 kvar.

Podczas pomiarów nie zarejestrowano przekroczenia parametrów jakościowych napięcia.

b) Transformator 2





W obiekcie występuje zużycie energii biernej pojemnościowej i indukcyjnej. Współczynnik $\text{tg}(\text{fi})$ w skali miesiąca nie jest przekraczany. Energia bierna pojemnościowa rozliczana jest za każdą kilowatogodzinę. W celu kompensacji mocy biernej należy zastosować kompensator aktywny o minimalnej mocy 50 kvar lub baterię dławików kompensacyjnych o mocy 50 kvar.

Podczas pomiarów nie zarejestrowano przekroczenia parametrów jakościowych napięcia.

4. Analiza danych historycznych poboru mocy biernej na podstawie faktur za energię.

a) Transformator 1

Brak danych – dostępne dane będą niemiernodajne ze względu na wadliwą pracę zainstalowanych urządzeń kompensujących.

b) Transformator 2

Brak danych – dostępne dane będą niemiernodajne ze względu na wadliwą pracę zainstalowanych urządzeń kompensujących.

5. Przygotowanie minimum dwóch koncepcji kompensacji mocy biernej z uwzględnieniem różnych technologii i strategii na podstawie analizy uzyskanych danych.

Proponowane rozwiązania ujęto w formie tabeli:

Transformator 1

Bateria hybrydowa (rozwiązanie tradycyjne oparte o dławiki i kondensatory)	BDK-30/5 Moc: 30 kvar Stopniowanie: 5 - 10 - 15 kvar Regulator LRM001/33-6RS Styczniki Metasol MC Dławiki trójfazowe, wyposażone w odwracalne zabezpieczenia termiczne INK 3-XX-400 Indywidualne zabezpieczenia stopni Obudowa IP20 z wymuszoną wentylacją o wymiarach (SxWxG): 800x1800x500 mm
Kompensator dynamiczny	ASVG 30 - kompensator dynamiczny Maksymalna moc modułów: 30kVAr, Zakres napięć i częstotliwości: 228V ~ 456V / 50/60HZ (zakres : 45Hz~62Hz), kompensacja harmoniczných Symetryzacja obciążenia Tak Typ sieci: 3- fazowa 3-przewodowa lub 4-przewodowa, Połączenie modułów: - Nielimitowana liczba modułów pracująca równolegle, - Moduły tej samej mocy lub różnej, Zakres prądów CT: 150/5A ~ 30000/5A (Klasa ≤0,5), Funkcje: kompensacja mocy biernej oraz symetryzacja obciążenia, Czas odpowiedzi: <5ms, Częstotliwość przełączeń: do 20kHz, Sprawność: >=97%, Strata mocy: <3%, Złącza komunikacyjne: złącze RS485 i RJ45 Ethernet, Protokoły komunikacyjne: Modbus RTU, Modbus TCP/IP, Wyświetlacz LCD

Kompensator dynamiczny (uwzględniający rozbudowę)	<p>ASVG 50 - kompensator dynamiczny</p> <p>Maksymalna moc modułów: 50kVAr,</p> <p>Zakres na+A6:B8pięć i częstotliwości: 228V ~ 456V / 50/60HZ (zakres : 45Hz~62Hz),</p> <p>kompensacja harmoniczných</p> <p>Symetryzacja obciążenia Tak</p> <p>Typ sieci: 3- fazowa 3-przewodowa lub 4-przewodowa,</p> <p>Połączenie modułów:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nielimitowana liczba modułów pracująca równolegle, - Moduły tej samej mocy lub różnej, <p>Zakres prądów CT: 150/5A ~ 30000/5A (Klasa ≤0,5),</p> <p>Funkcje: kompensacja mocy biernej oraz symetryzacja obciążenia,</p> <p>Czas odpowiedzi: <5ms,</p> <p>Częstotliwość przełączeń: do 20kHz,</p> <p>Sprawność: >=97%,</p> <p>Strata mocy: <3%,</p> <p>Złącza komunikacyjne: złącze RS485 i RJ45 Ethernet,</p> <p>Protokoły komunikacyjne: Modbus RTU, Modbus TCP/IP,</p> <p>Wyświetlacz LCD</p>
---	--

b) Transformator 2

Bateria hybrydowa (rozwiązanie tradycyjne oparte o dławiki i kondensatory)	<p>BDKL-50/5</p> <p>Moc: 50 kvar</p> <p>Stopniowanie: 10 - 10 - 15 - 15 kvar</p> <p>Regulator LRM001/33-6RS</p> <p>Styczniki Metasol MC</p> <p>Dławiki trójfazowe, wyposażone w odwracalne zabezpieczenia termiczne INK 3-XX-400</p> <p>Indywidualne zabezpieczenia stopni</p> <p>Obudowa IP20 z wymuszoną wentylacją o wymiarach (SxWxG): 800x1800x500 mm</p>
--	--

<p>Kompensator dynamiczny</p>	<p>ASVG 50 - kompensator dynamiczny Maksymalna moc modułów: 50kVAr, Zakres napięć i częstotliwości: 228V ~ 456V / 50/60HZ (zakres : 45Hz~62Hz), kompensacja harmoniczných Symetryzacja obciążenia Tak Typ sieci: 3- fazowa 3-przewodowa lub 4-przewodowa, Połączenie modułów: - Nielimitowana liczba modułów pracująca równolegle, - Moduły tej samej mocy lub różnej, Zakres prądów CT: 150/5A ~ 30000/5A (Klasa ≤0,5), Funkcje: kompensacja mocy biernej oraz symetryzacja obciążenia, Czas odpowiedzi: <5ms, Częstotliwość przełączeń: do 20kHz, Sprawność: >=97%, Strata mocy: <3%, Złącza komunikacyjne: złącze RS485 i RJ45 Ethernet, Protokoły komunikacyjne: Modbus RTU, Modbus TCP/IP, Wyświetlacz LCD</p>
<p>Kompensator dynamiczny (uwzględniający rozbudowę)</p>	<p>ASVG 70 - kompensator dynamiczny Maksymalna moc modułów: 70kVAr, Zakres napięć i częstotliwości: 228V ~ 456V / 50/60HZ (zakres : 45Hz~62Hz), kompensacja harmoniczných Symetryzacja obciążenia Tak Typ sieci: 3- fazowa 3-przewodowa lub 4-przewodowa, Połączenie modułów: - Nielimitowana liczba modułów pracująca równolegle, - Moduły tej samej mocy lub różnej, Zakres prądów CT: 150/5A ~ 30000/5A (Klasa ≤0,5), Funkcje: kompensacja mocy biernej oraz symetryzacja obciążenia, Czas odpowiedzi: <5ms, Częstotliwość przełączeń: do 20kHz, Sprawność: >=97%, Strata mocy: <3%, Złącza komunikacyjne: złącze RS485 i RJ45 Ethernet, Protokoły komunikacyjne: Modbus RTU, Modbus TCP/IP, Wyświetlacz LCD</p>

6. Sporządzenie wstępnych kosztorysów do każdej z koncepcji.

Wstępne koszty dla poszczególnych rozwiązań przedstawiono w tabeli poniżej:

	T1		T2	
Bateria hybrydowa (rozwiązanie tradycyjne oparte o dławiki i kondensatory)	BDKL-30/5 Moc: 30 kvar	27 400,00 zł	BDKL-50/5 Moc: 50 kvar	37 200,00 zł
Kompensator dynamiczny	ASVG 30 - kompensator dynamiczny Maksymalna moc modułów: 30kVAr,	21 070,00 zł	ASVG 50 - kompensator dynamiczny Maksymalna moc modułów: 30kVAr,	25 800,00 zł
Kompensator dynamiczny (uwzględniający rozbudowę)	ASVG 50 - kompensator dynamiczny Maksymalna moc modułów: 30kVAr,	25 800,00 zł	ASVG 75 - kompensator dynamiczny Maksymalna moc modułów: 30kVAr,	33 970,00 zł

Podane ceny są szacunkowymi cenami netto i uwzględniają sytuację rynkową na dzień sporządzenia raportu – mogą różnić się w zależności od wybranego producenta jak i wykonawcy.

Analiza uwzględnia zarówno cenę urządzenia, cenę materiałów montażowych jak również cenę dostawy i montażu.

7. Porównanie koncepcji wraz z analizą kosztów oraz uzasadnieniem rekomendowanego rozwiązania.

Porównanie proponowanych urządzeń przedstawia tabela poniżej:

	Baterie hybrydowe	Kompensatory ASVG
Ilość stopni	Ograniczona	Brak (bezstopniowo)
Charakter kompensacji	Skokowy	Płynny
Rodzaj kompensowanej mocy biernej	Indukcyjna i pojemnościowa	Indukcyjna i pojemnościowa
Praca w sieci z asymetrią	Wymaga stosowania stopni jednofazowych oraz dodatkowych elementów pasywnych	Kompensacja w każdej fazie niezależnie
Czas reakcji	Od kilku sekund nawet do 3 minut	Poniżej 20 ms
Praca w układach z wyższymi harmonicznymi	Możliwość rezonansów, przegrzania i uszkodzenia kondensatorów	Filtracja wyższych harmonicznymi, brak wrażliwości
Stany nieustalone, zapady i przebiegi	Możliwość spowodowania zapadów oraz przebiegów	Brak możliwości spowodowania zapadów oraz przebiegów
Symetryzacja obciążenia	Brak	Możliwa
Straty mocy	ok 80 kW/kVar	ok 18 kW/kVar

Z przedstawionych powyżej parametrów wynika, że uzasadnionym ekonomicznie rozwiązaniem jest wybór kompensatora dynamicznego – bestopniowa praca, szybki czas reakcji, kompensacja w każdej fazie niezależnie, kilkukrotnie niższe straty mocy sprawiają, że jest to rozwiązanie o wiele bardziej efektywne od tradycyjnych sposobów kompensacji mocy biernej.

Za proponowanym rozwiązaniem przemawia fakt występowania na obiekcie asymetrii obciążenia.

W przypadku założenia w przyszłości fotowoltaiki urządzenia dynamiczne radzą sobie znacznie lepiej niż tradycyjne rozwiązania.

Również oferta rynkowa wpływa na to, że jest to rozwiązanie atrakcyjne cenowo.