



Dobra perspektywa !!!



Badania wpływu zmian kształtu dobowych profili obciążenia systemów elektroenergetycznych na ich strukturę harmoniczną

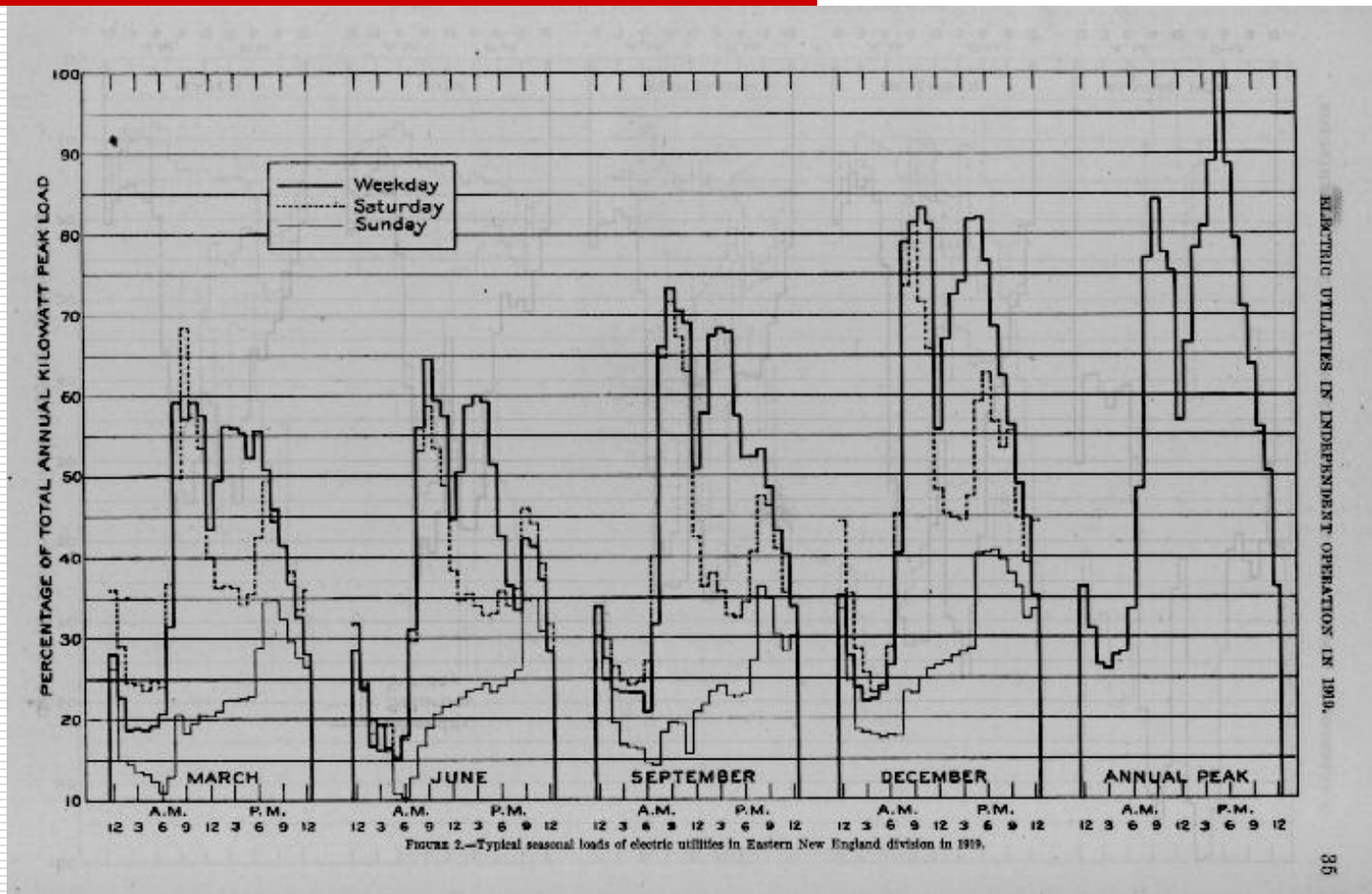
Włodzimierz Bieliński
bielin@utp.edu.pl

Referat na
XXIII Konferencję Naukowo-Techniczną
„Rynek Energii Elektrycznej - REE 2017”
Kazimierz Dolny, 25-27 kwietnia 2017 r.

Plan wystąpienia

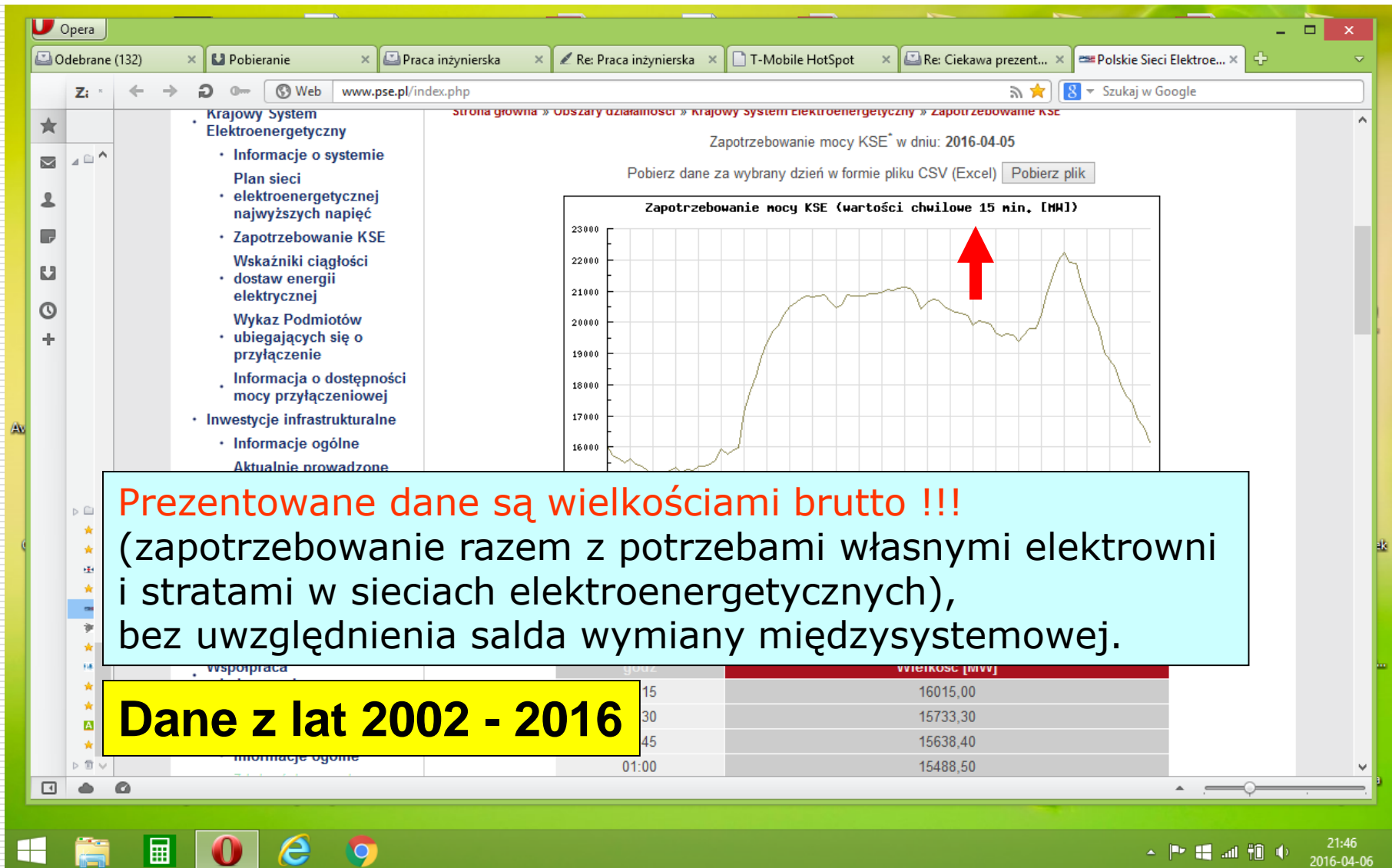
- ❑ Wprowadzenie
- ❑ Źródła i charakterystyka danych dotyczących obciążeń systemów elektroenergetycznych
- ❑ Przygotowanie danych do badań zmienności obciążenia systemu elektroenergetycznego – dlaczego analiza harmoniczna
- ❑ Wyniki badań
- ❑ Podsumowanie

Obciążenia elektroenergetyczne - historia

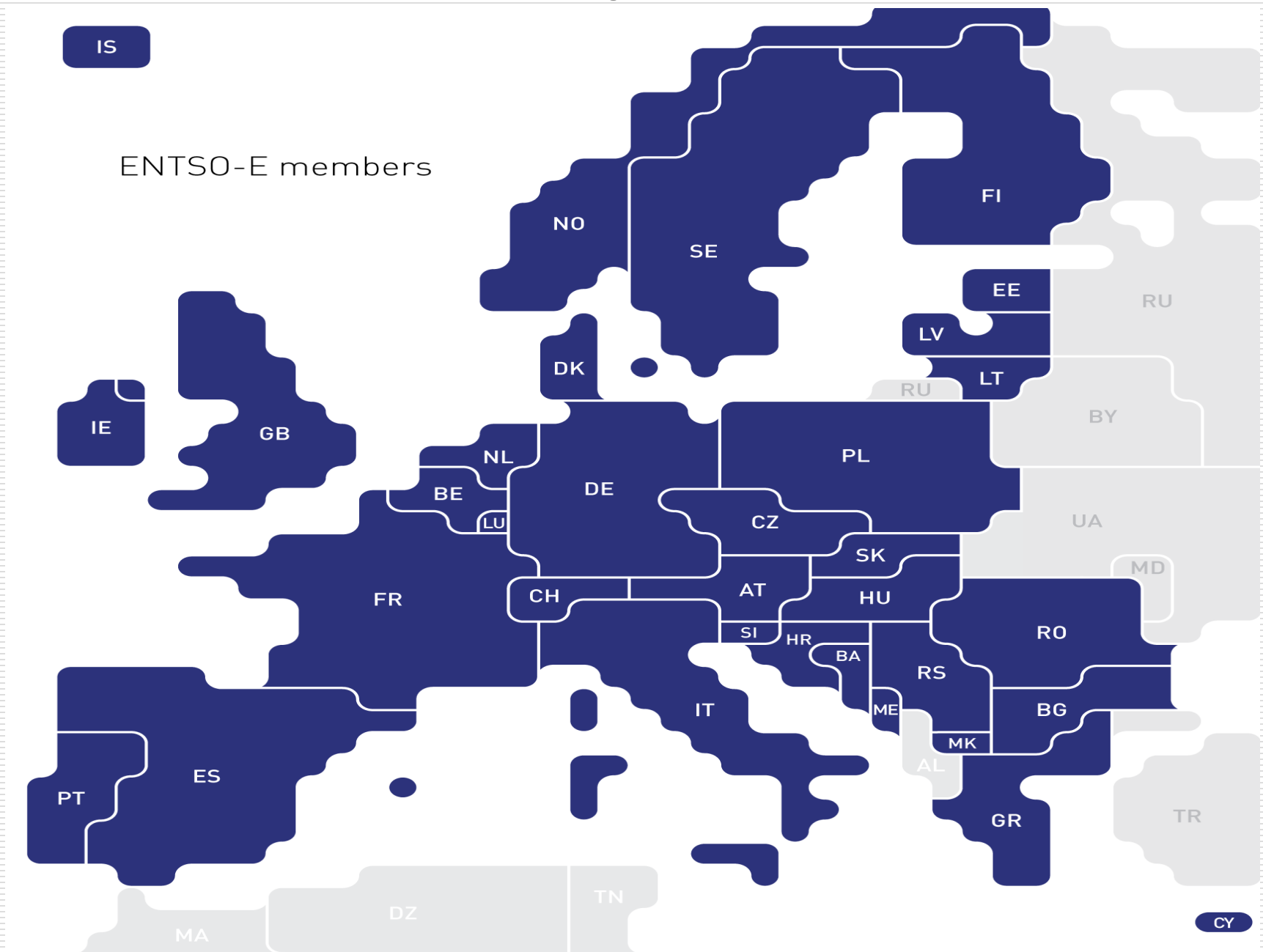


Typical seasonal loads of electric utilities in Eastern New England Division in 1919. United States Geological Survey, 1921. Image courtesy of the National Museum of American History from Powering a Generation of Change

Źródła danych o obciążeniach KSE - PSE.SA



Państwa stowarzyszone w ENTSO-E



Źródła danych o obciążeniach KSE - ENTSOE

The screenshot shows the ENTSOE website interface for querying hourly load values. The browser window is Opera, and the URL is www.entsoe.eu/db-query/consumption/mhlv-a-specific-country-for-a-specific-month. The page title is "HOURLY LOAD VALUES FOR A SPECIFIC COUNTRY FOR A SPECIFIC MONTH (IN MW)".

The query form includes the following fields:

- Period:
- Country: (dropdown menu open showing list of countries: IT, LT, LU, LV, ME, MK, NI, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK)
- Month:
- Year:
- Output:

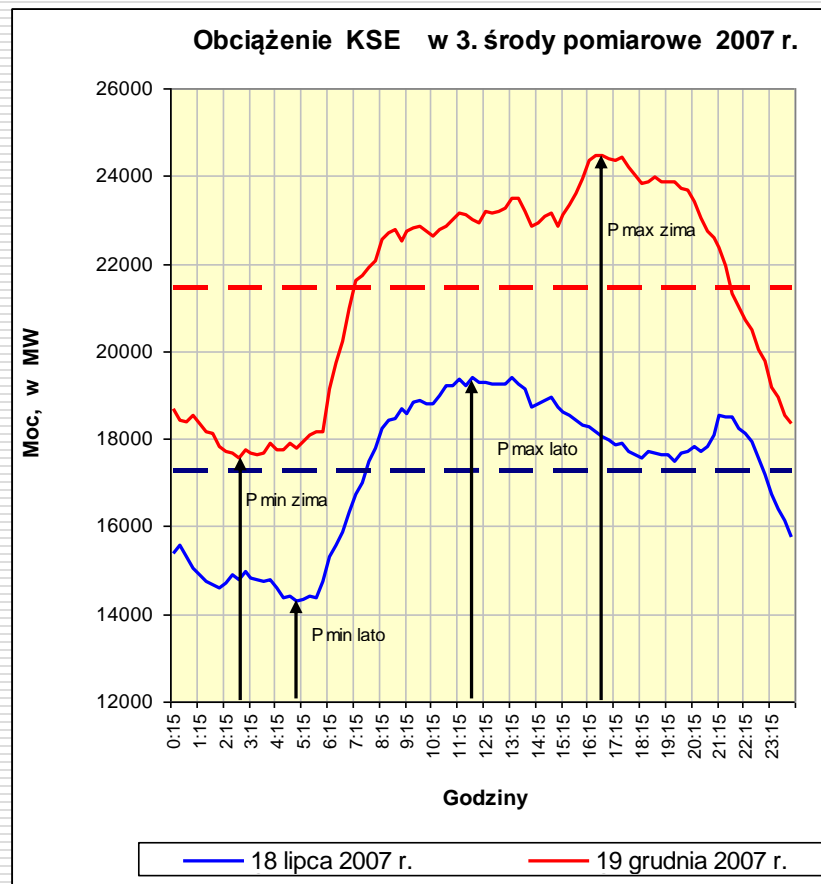
A red arrow points to the Country dropdown menu. A yellow box at the bottom of the page contains the text: **Dane z lat 2006 - 2015**.

The sidebar on the left contains a list of bookmarks, including:

- [www.ucte.org]
- Baron Power flow analysis
- Demanda de energia REE
- DOE Hydrogen Program: F...
- Eneon - energy savings
- Energy Forecasting & Load ...
- ENTSO-E - Dane o zużyciu
- FERC: Market Oversight - D...
- Glossary of Energy Industry...
- H.T.S.O.
- http://www.gedigitalenerg...
- ieso - profile typowe
- Load Management & Dem...
- Market Summaries ieso ON...
- MAVIR - SEE Wegier
- Net System Load Shape
- NorthWestern Energy - Cus...
- NYSEG | Load Profiles
- PSE Operator S.A.
- Red Eléctrica de España: la ...
- REE_Seguimiento de la de.....
- RTE - Record of power con...
- RTE Customer's area - Daily...
- RTE Customer's area - Reco...
- RWE Stoen SA
- San Diego Gas & Electric
- Zapotrzebowanie mocy KS...
- Statystyka
- dopasowanie rozkładu emp...
- KupAkcje.pl » Wstęp
- Sterowanie obciążeniem

The bottom of the browser window shows the taskbar with various icons and the system clock displaying 22:11 on 2016-04-06.

Klasyczne wskaźniki ilościowej oceny zmienności obciążenia KSE



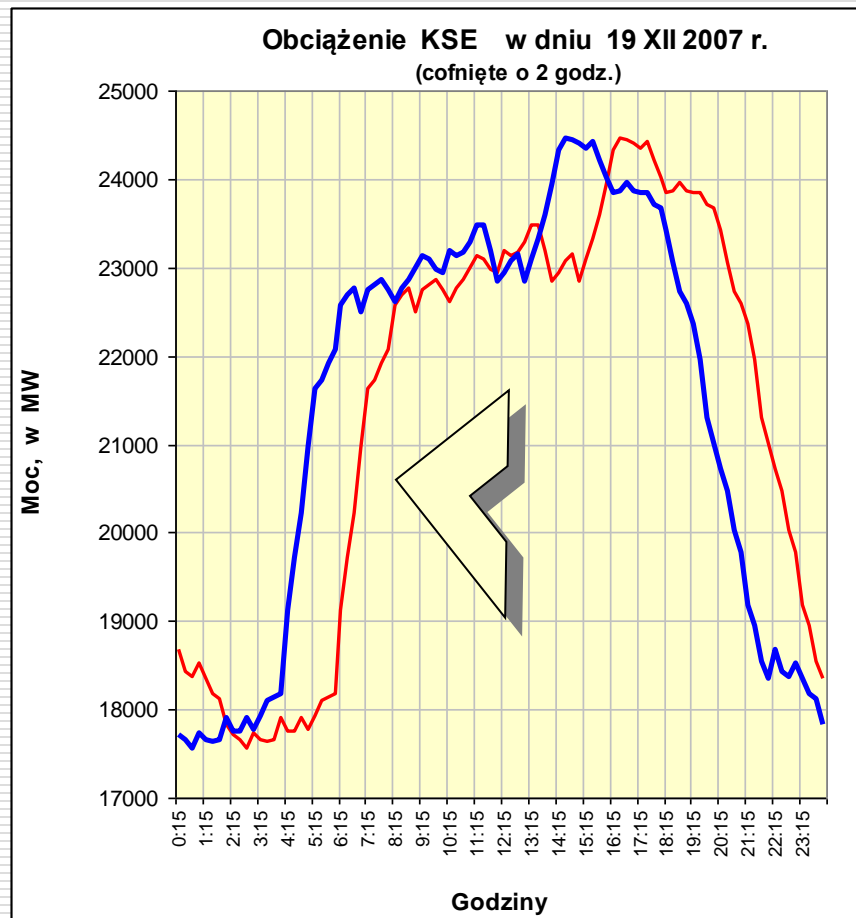
$$k_n = \frac{P_{\min}}{P_{\max}}$$

$$k_{wyp} = \frac{P_{sr}}{P_{\max}}$$

Zestawienie wskaźników (stopni) zdefiniowanych w celu ilościowej oceny zmienności profili dobowych

Wielkość podstawowa i jej symbol		Poszczególne stopnie i ich wielkości odniesienia		
		stopień wyrównania	stopień obciążenia	stopień wyzyskania
		obciążenie średnie $P_{\dot{s}r.d}$	obciążenie szczytowe $P_{max.d}$	moc zainstalowana P_{inst}
obciążenie chwilowe	P_{dt}	$l_{dt} = \frac{P_{dt}}{P_{\dot{s}r.d}}$	$m_{dt} = \frac{P_{dt}}{P_{max.d}}$	$n_{dt} = \frac{P_{dt}}{P_{inst}}$
obciążenie podstawowe (najmniejsze)	$P_{min.d}$	$l_{min.d} = \frac{P_{min.d}}{P_{\dot{s}r.d}}$	$m_{min.d} = \frac{P_{min.d}}{P_{max.d}}$	$n_{min.d} = \frac{P_{min.d}}{P_{inst}}$
obciążenie średnie	$P_{\dot{s}r.d}$	$l_{\dot{s}r.d} = 1$	$m_{\dot{s}r.d} = \frac{P_{\dot{s}r.d}}{P_{max.d}}$	$n_{\dot{s}r.d} = \frac{P_{\dot{s}r.d}}{P_{inst}}$
obciążenie szczytowe (największe)	$P_{max.d}$	$l_{max.d} = \frac{P_{max.d}}{P_{\dot{s}r.d}}$	$m_{max.d} = 1$	$n_{max.d} = \frac{P_{max.d}}{P_i}$
obciążenie warstwy środkowej $P_{\dot{s}r} - P_{min}$	$P_{w.\dot{s}r}$	$l_{w.\dot{s}r} = \frac{P_{\dot{s}r.d} - P_{min.d}}{P_{\dot{s}r.d}}$	$m_{w.\dot{s}r} = \frac{P_{\dot{s}r.d} - P_{min.d}}{P_{max.d}}$	$n_{w.\dot{s}r} = \frac{P_{\dot{s}r.d} - P_{min.d}}{P_{inst}}$
obciążenie warstwy szczytowej $P_{max} - P_{\dot{s}r}$	$P_{w.max}$	$l_{w.max} = \frac{P_{max.d} - P_{\dot{s}r.d}}{P_{\dot{s}r.d}}$	$m_{w.max} = \frac{P_{max.d} - P_{\dot{s}r.d}}{P_{\dot{s}r.d}}$	$n_{w.max} = \frac{P_{max.d} - P_{\dot{s}r.d}}{P_{\dot{s}r.d}}$

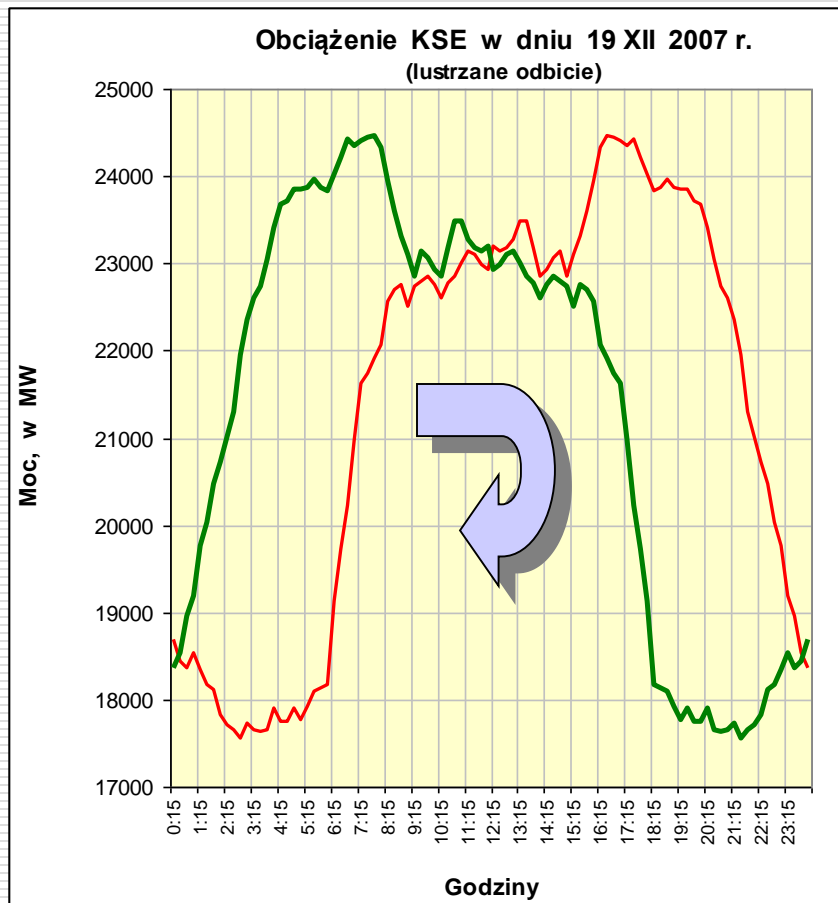
Nieczułość wskaźników klasycznych na zmianę kształtu profilu dobowego – przesunięcie profilu (1)



$$k_n = \frac{P_{\min}}{P_{\max}}$$

$$k_{wyp} = \frac{P_{sr}}{P_{\max}}$$

Nieczułość wskaźnikÓw klasycznych na zmianę kształtu profilu dobowego – lustrzane odbicie profilu (2)



$$k_n = \frac{P_{\min}}{P_{\max}}$$

$$k_{wyp} = \frac{P_{sr}}{P_{\max}}$$

Przykład powstawania łącznego profilu dobowego o typowym kształcie z ograniczonej liczby profili cząstkowych

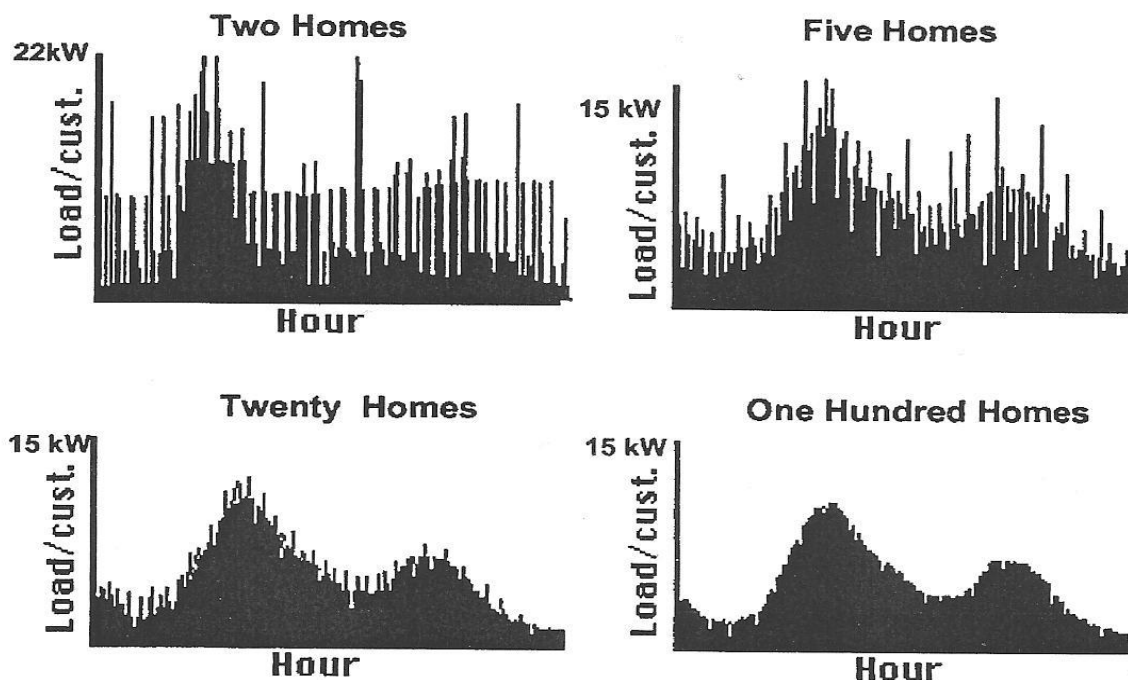
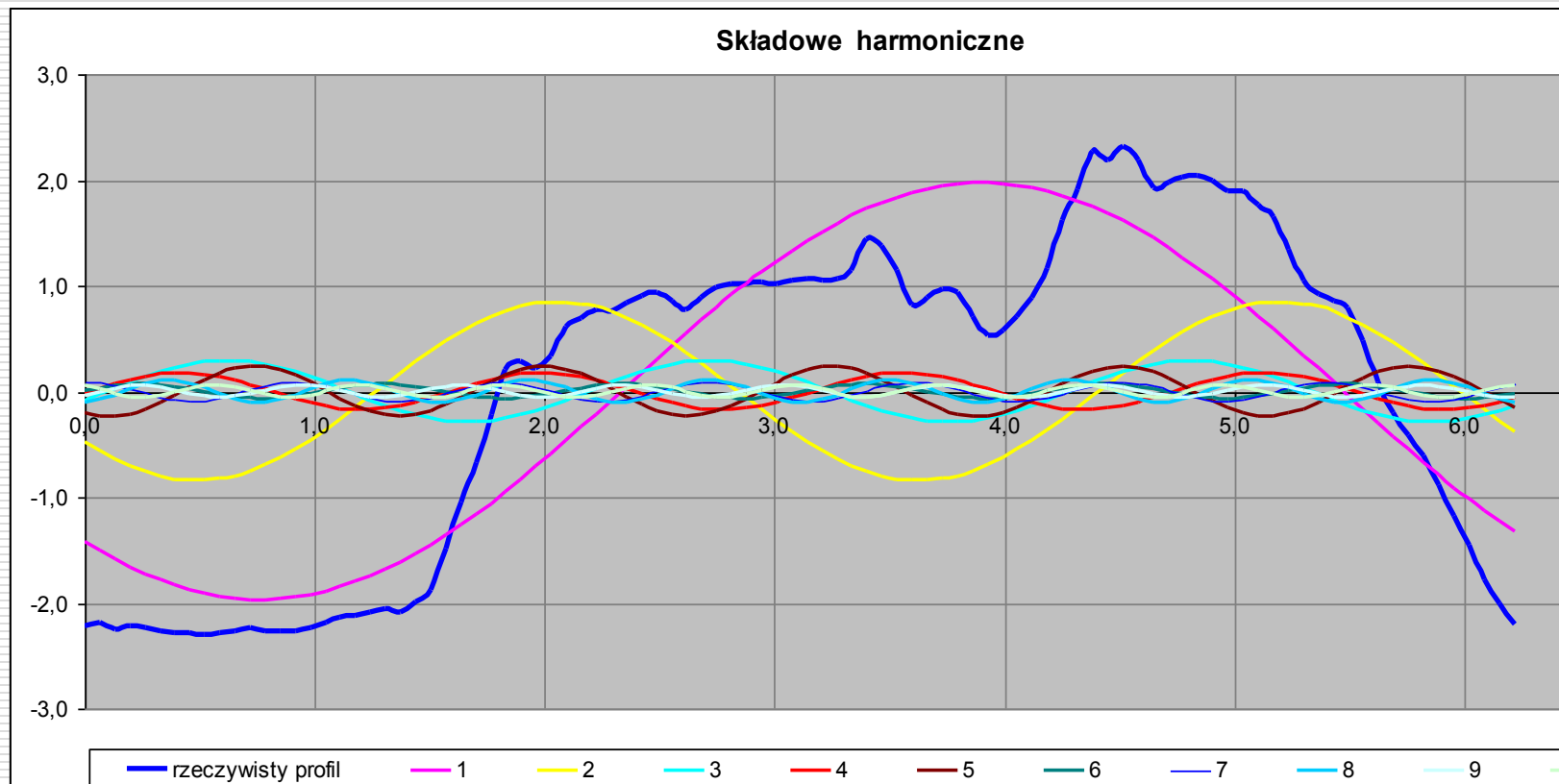
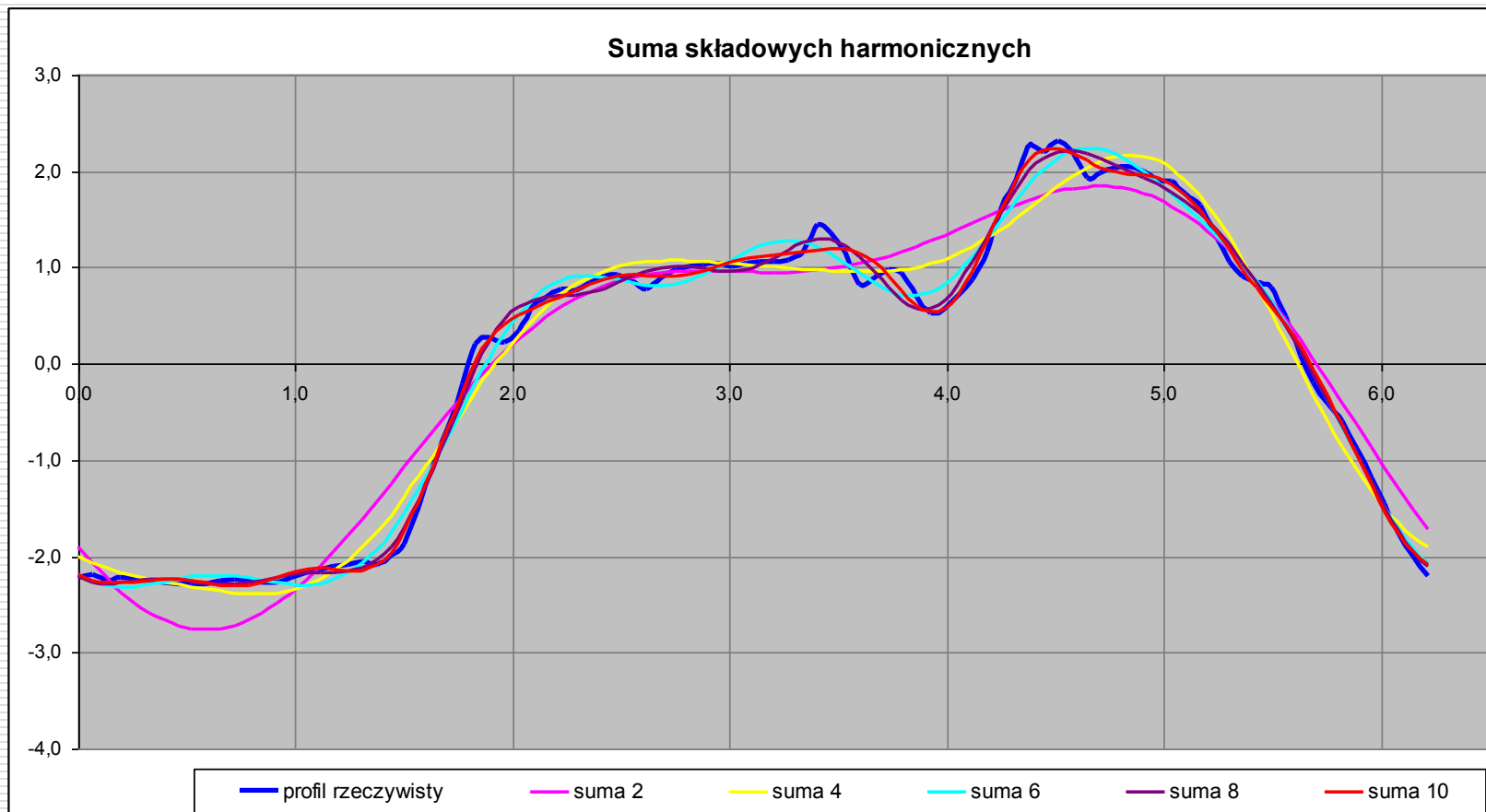


Figure 3.6 Daily load curves for groups of two, five, twenty, and one hundred homes in a large suburban area. Note vertical scale is in "load per customer" for each group. Peak load per customer decreases as the number of customers in the group becomes larger. This is coincidence of peak load.

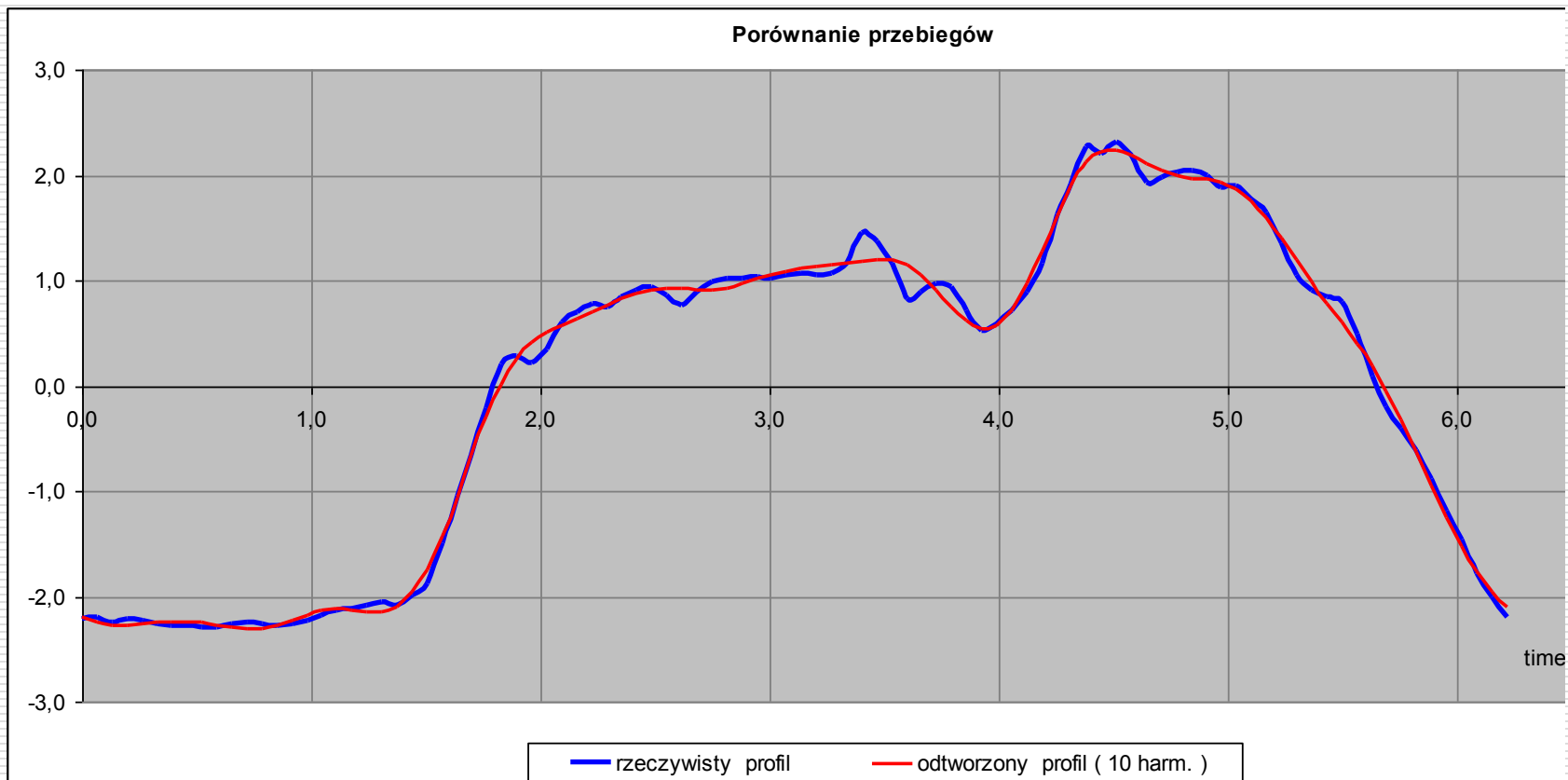
Profil rzeczywisty i harmoniczne



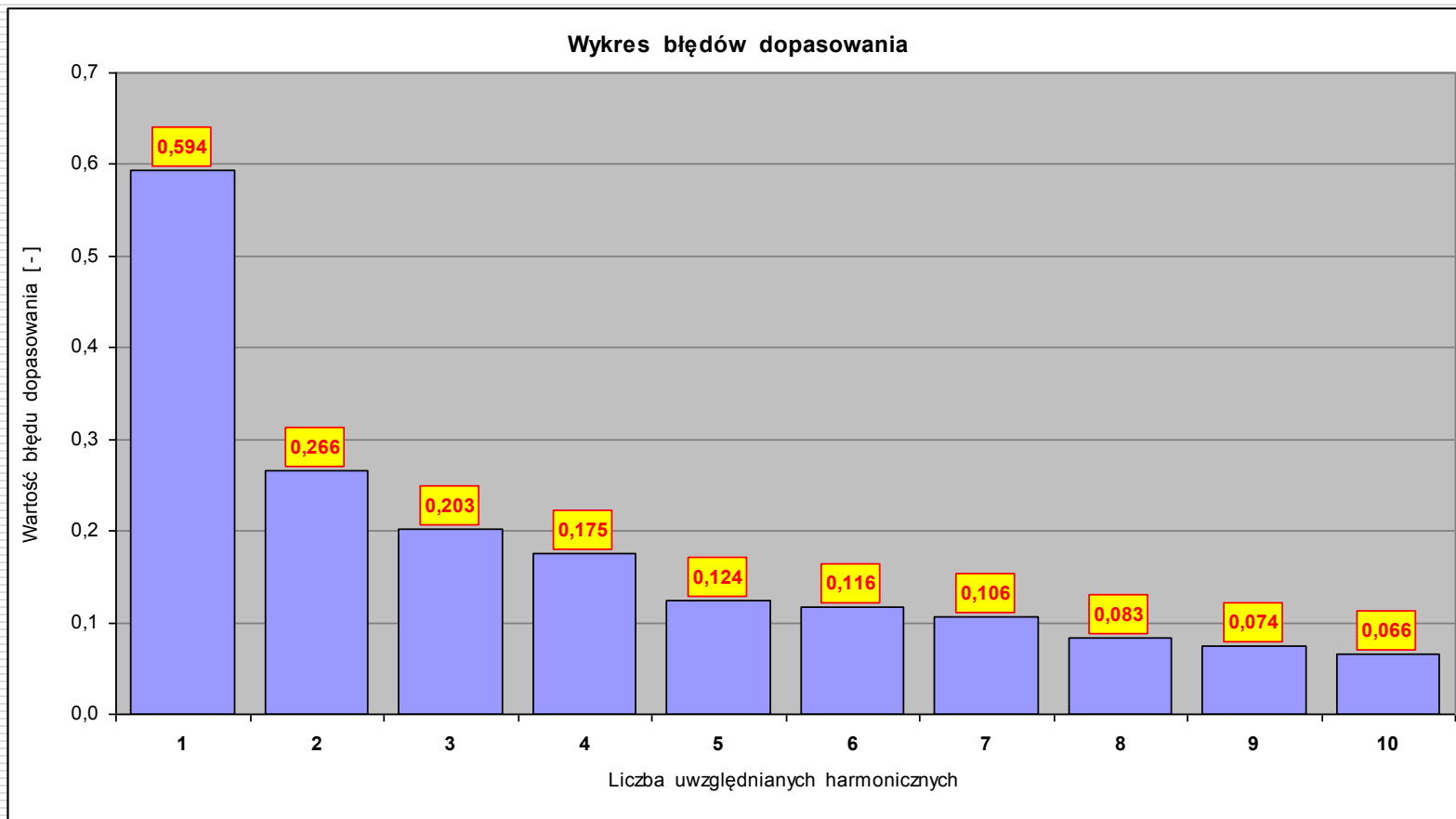
Prezentacja dokładności dopasowania (2)



Prezentacja dokładności dopasowania



Zależność dokładności dopasowania od liczby uwzględnianych harmonicznych



Definicje nowych miar zmienności

$$\alpha_m = \frac{2 \sum_{k=1}^{K_1} |m_k|^2}{m_0^2} ;$$

$$\alpha_V = \frac{2 \sum_{k=1}^{K_2} |V_k|}{V_0} ;$$

$$\alpha_{fl} = \frac{2 \sum_{k=1}^{K_1} |m_k|^2}{V_0} .$$

Oznaczenia: m_0 - komponent (składnik) zerowy rozłożenia w szereg Fouriera uśrednionego profilu dobowego,

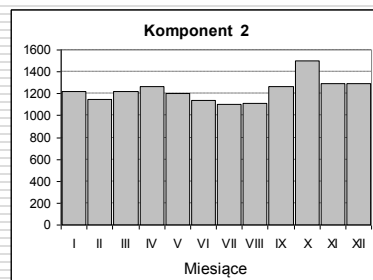
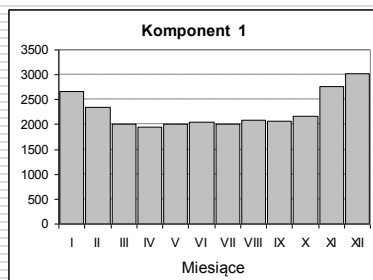
m_k - komponent k-ty rozłożenia w szereg Fouriera uśrednionego profilu dobowego,

V_0 - komponent zerowy rozłożenia w szereg Fouriera profilu wariancji kolejnych profili w badanym okresie wokół profilu uśrednionego,

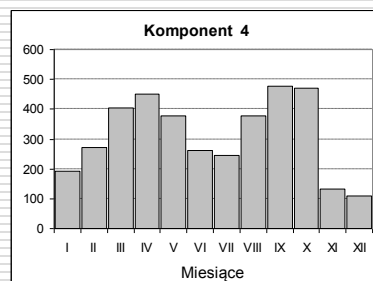
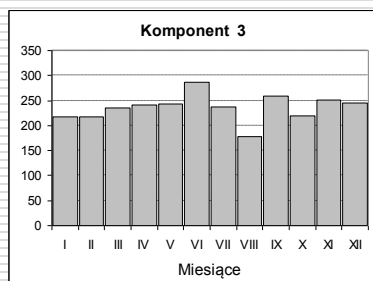
V_k - komponent k-ty rozłożenia jak wyżej.

Wyniki analizy harmonicznej dobowych profili obciążenia SEE Polski (dni robocze Wt – Pt)

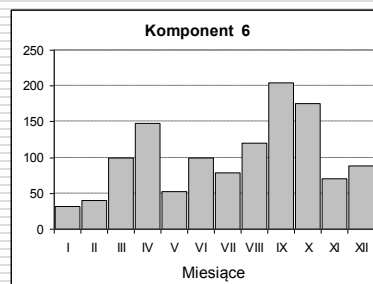
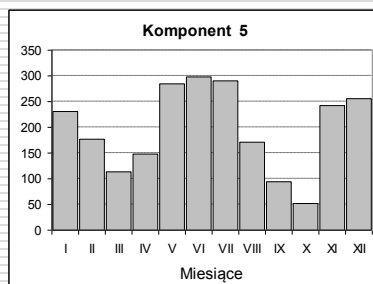
komponenty amplitudy



Prawidłowości statystyczne !

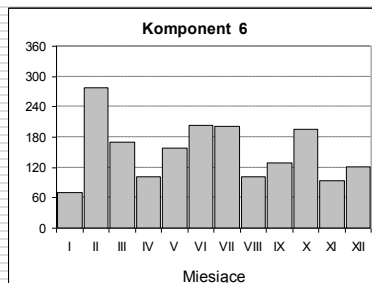
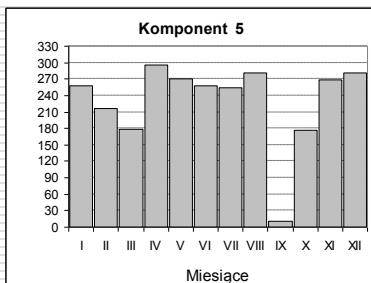
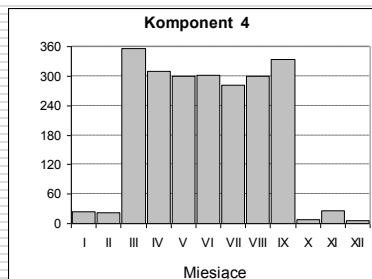
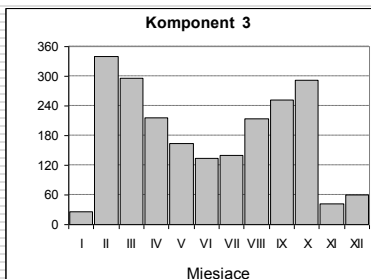
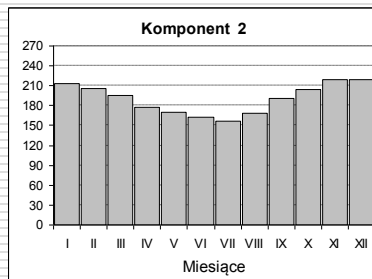
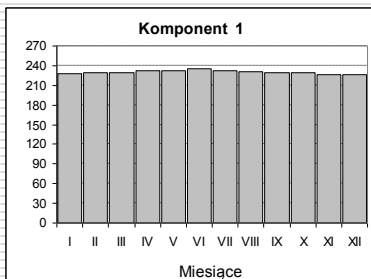


Można wykorzystać do wyznaczania wartości zaproponowanych nowych miar zmienności obciążeń elektroenergetycznych



Wyniki analizy harmonicznej dobowych profili obciążenia SEE Polski (dni robocze Wt – Pt)

fazy początkowe komponentów amplitudy



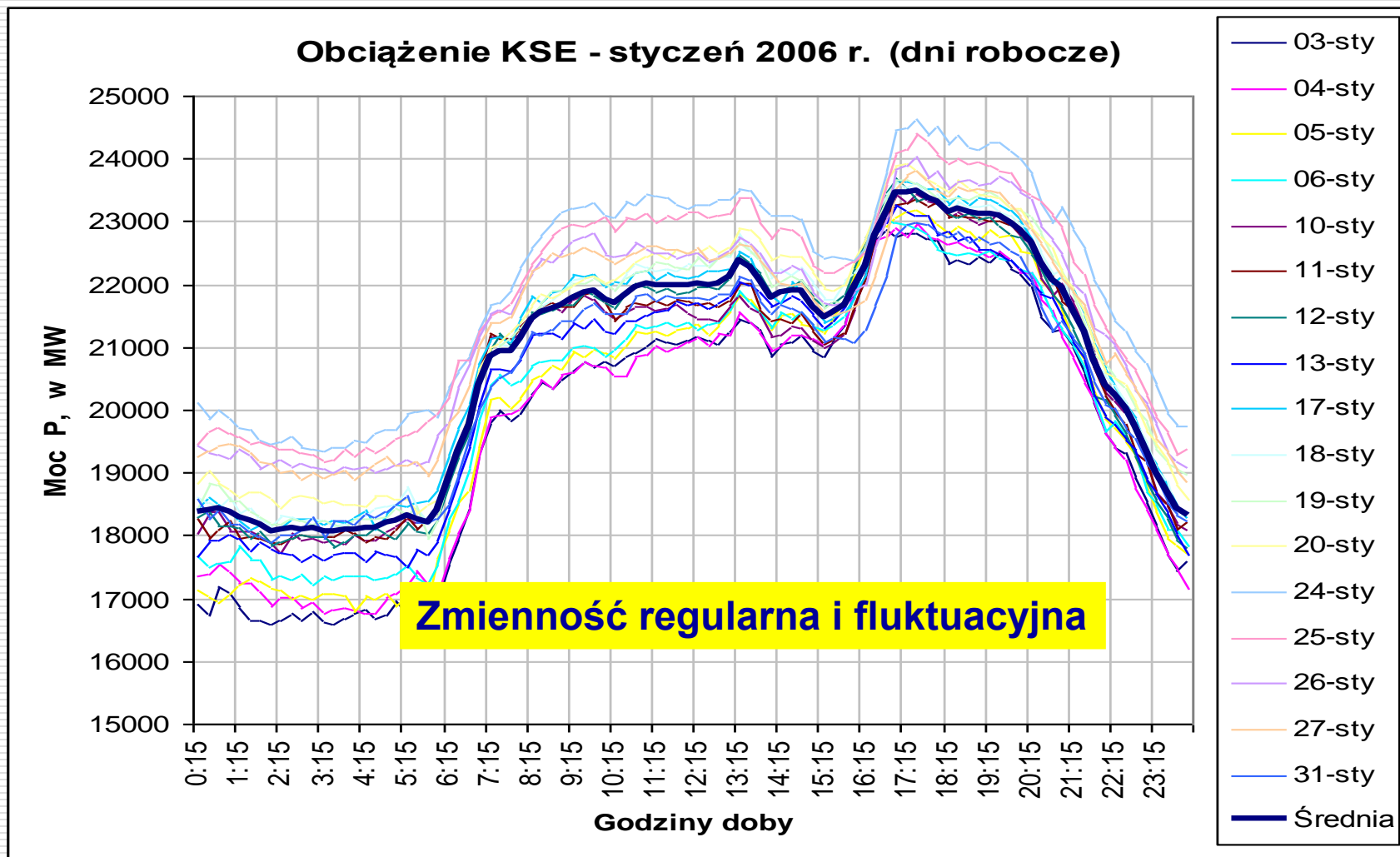
Istotne zmiany wartości nie tylko amplitud harmonicznych ale także ich faz początkowych

W analizach trzeba zatem uwzględniać nie tylko amplitudy poszczególnych harmonicznych ale i fazy początkowe

Interpretacja fizyczna faz początkowych.
Tutaj podane w stopniach el.

Prawidłowości statystyczne!

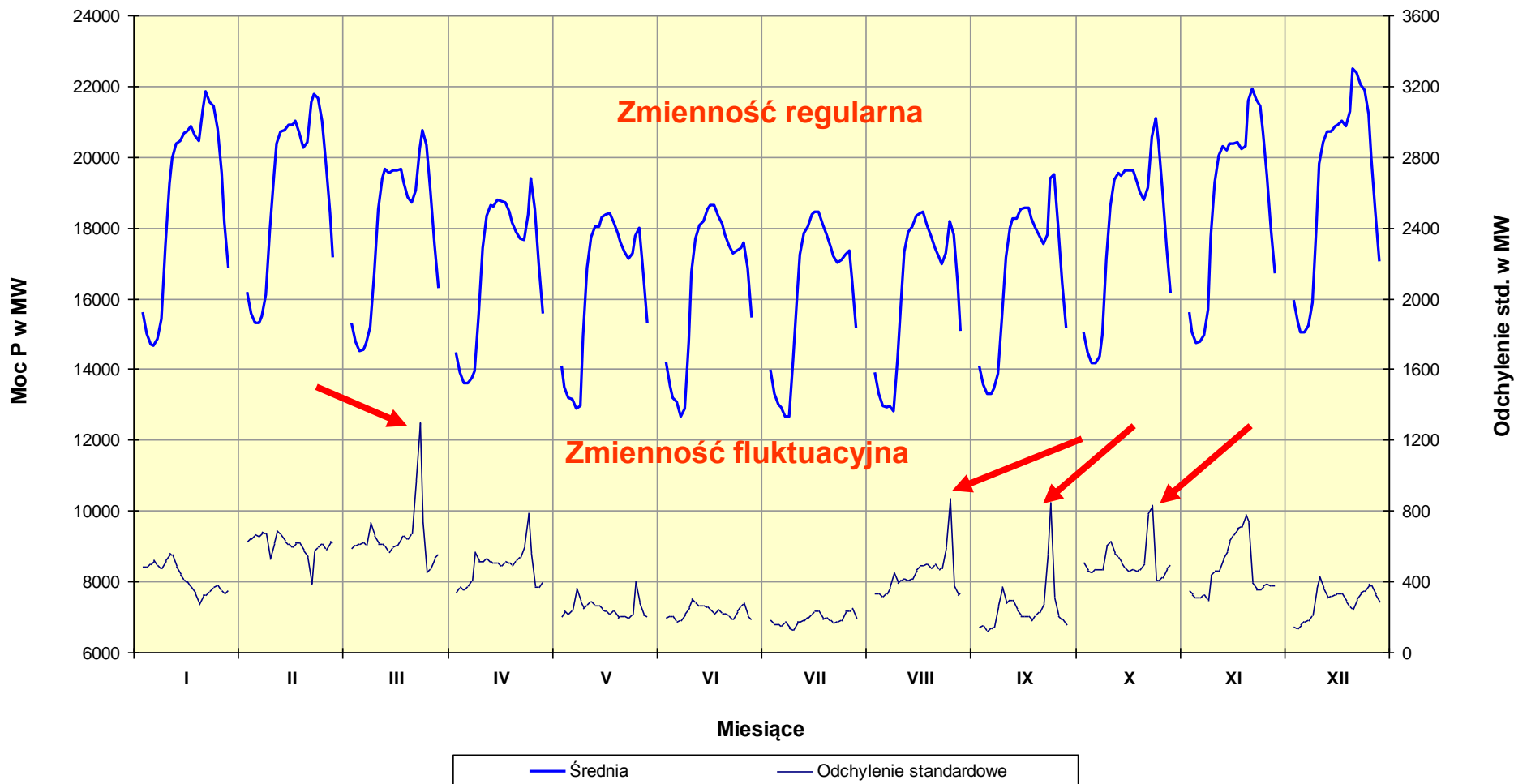
Profil uśredniony na tle profili z poszczególnych dni



Różne sposoby prezentacji dobowych profili obciążenia

SEE Polski (2)

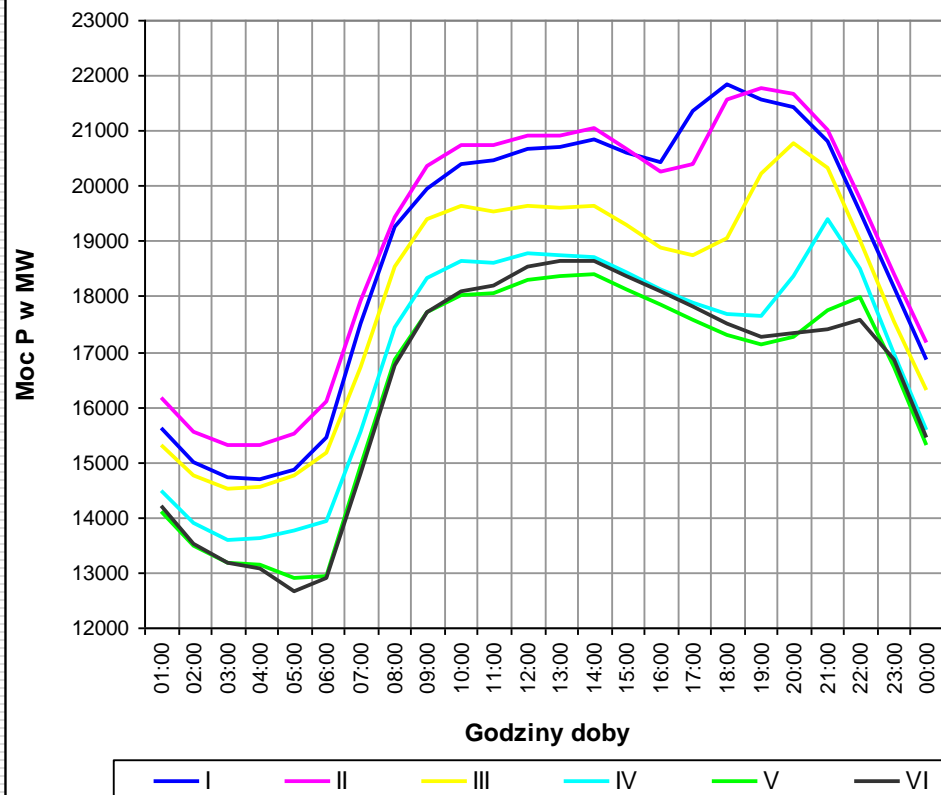
Uśrednione profile obciążenia SEE Polski w roku 2011
(dni robocze Wt - Pt)



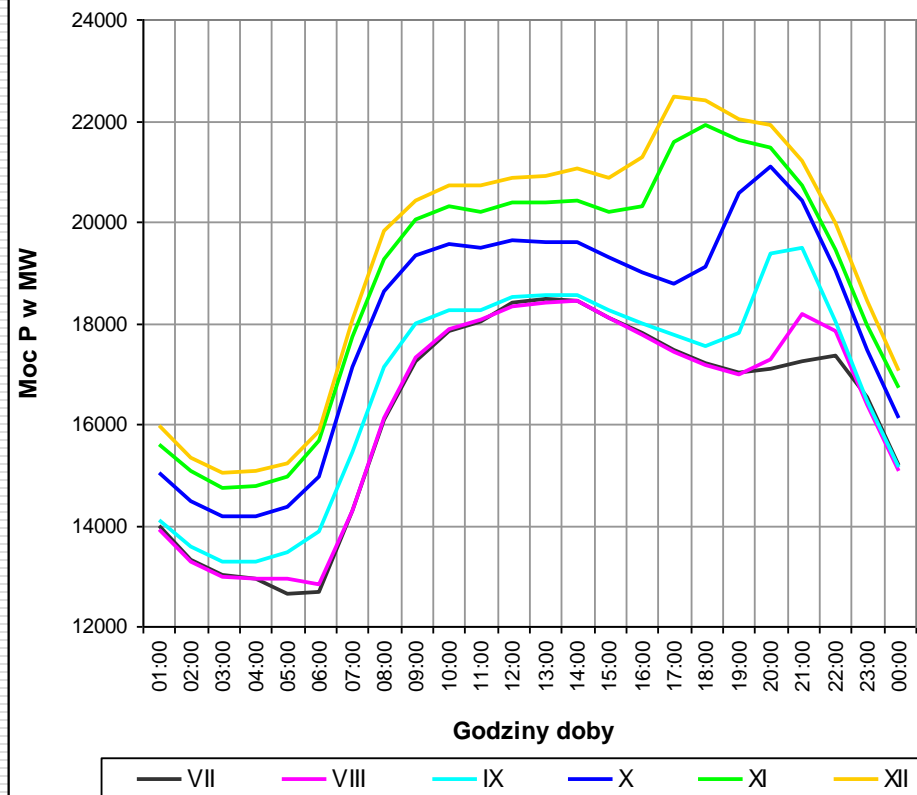
Ważna jest interpretacja uzyskanych wyników

Różne sposoby prezentacji dobowych profili obciążenia **SEE Polski**

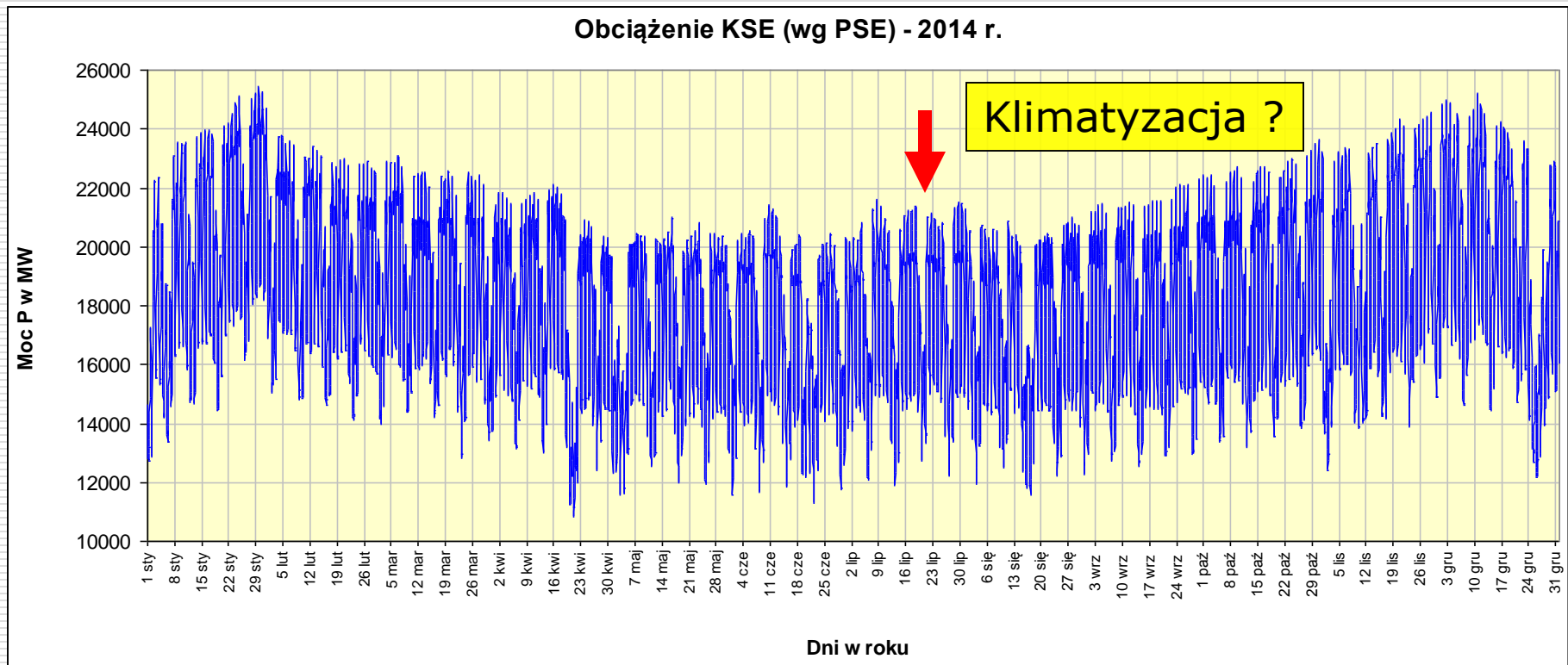
Uśrednione profile dobowe obciążenia SEE Polski
w wybranych miesiącach roku 2011
(dni robocze Wt - Pt)



Uśrednione profile dobowe obciążenia SEE Polski
w wybranych miesiącach roku 2011
(dni robocze Wt - Pt)

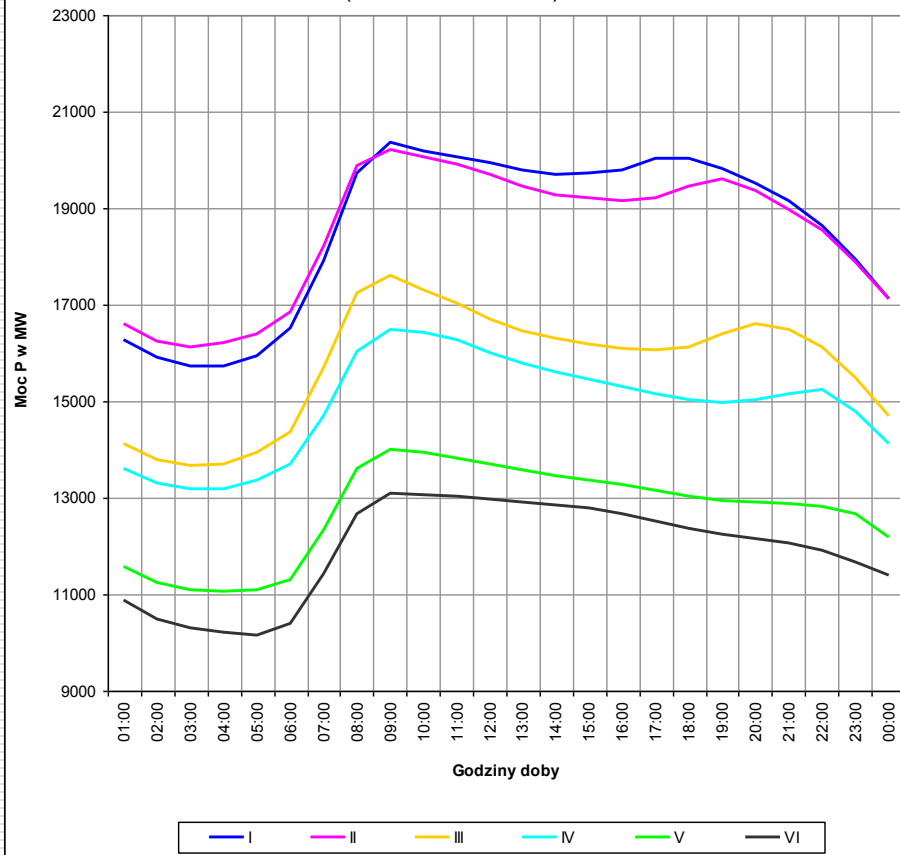


Prezentacja wyników badań – KSE 2014 r.

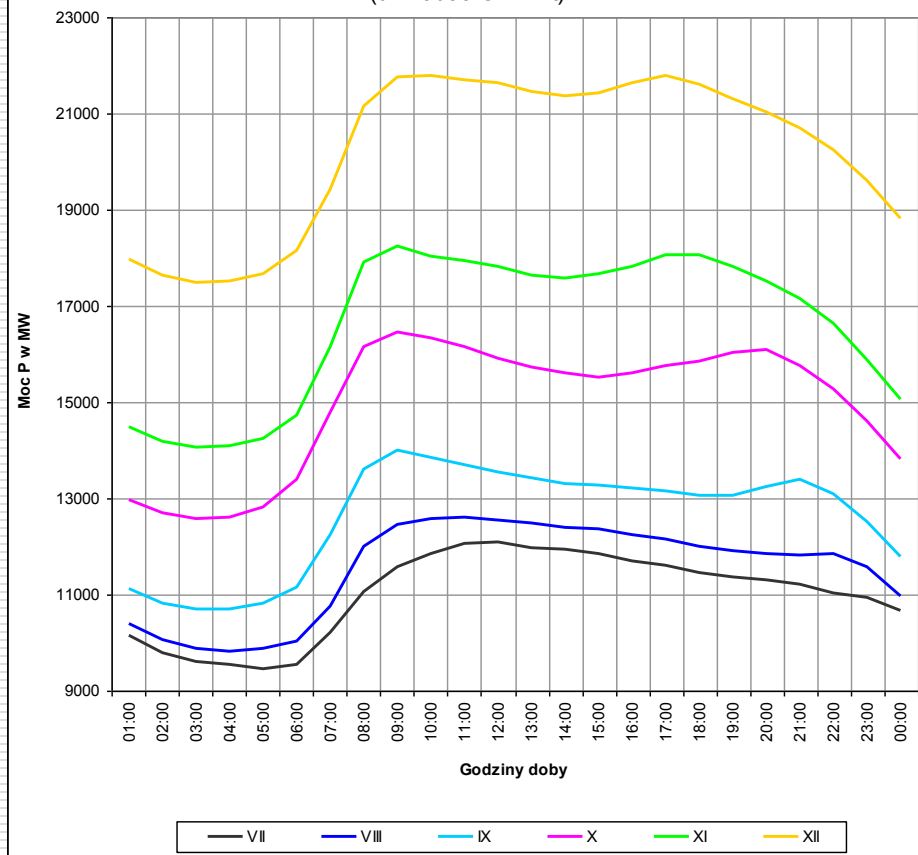


Przykładowe dobowe profile obciążenia SEE Norwegii

Uśrednione dobowe profile obciążenia SEE Norwegii
w wybranych miesiącach roku 2012
(dni robocze w Pn-Pt)



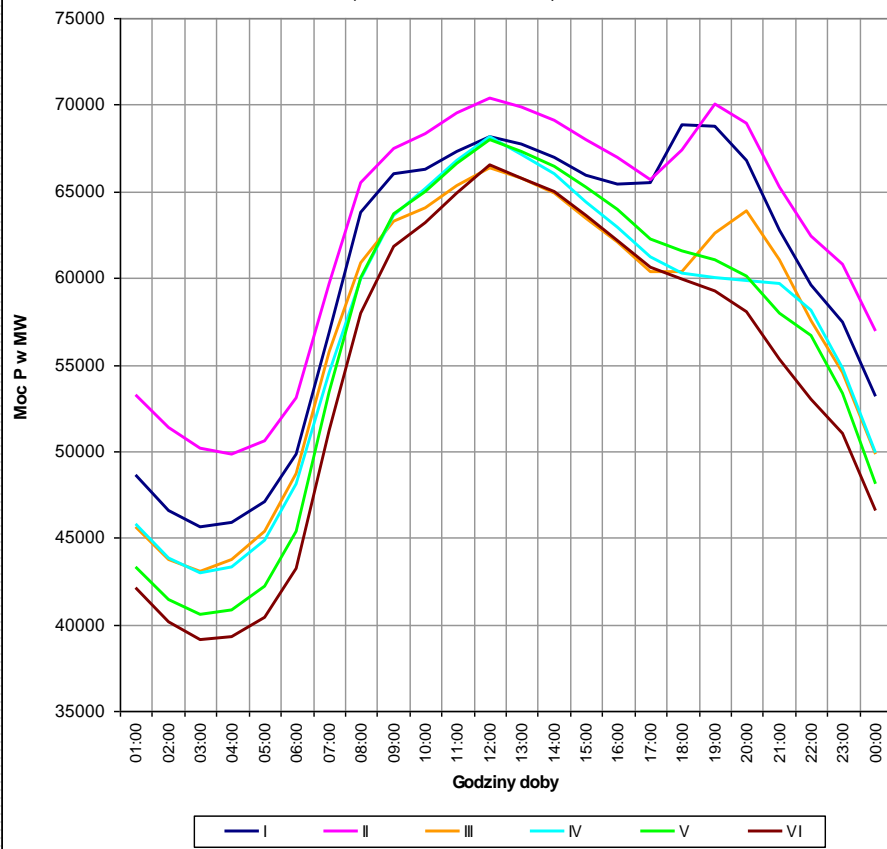
Uśrednione dobowe profile obciążenia SEE Norwegii
w wybranych miesiącach roku 2012
(dni robocze Pn-Pt)



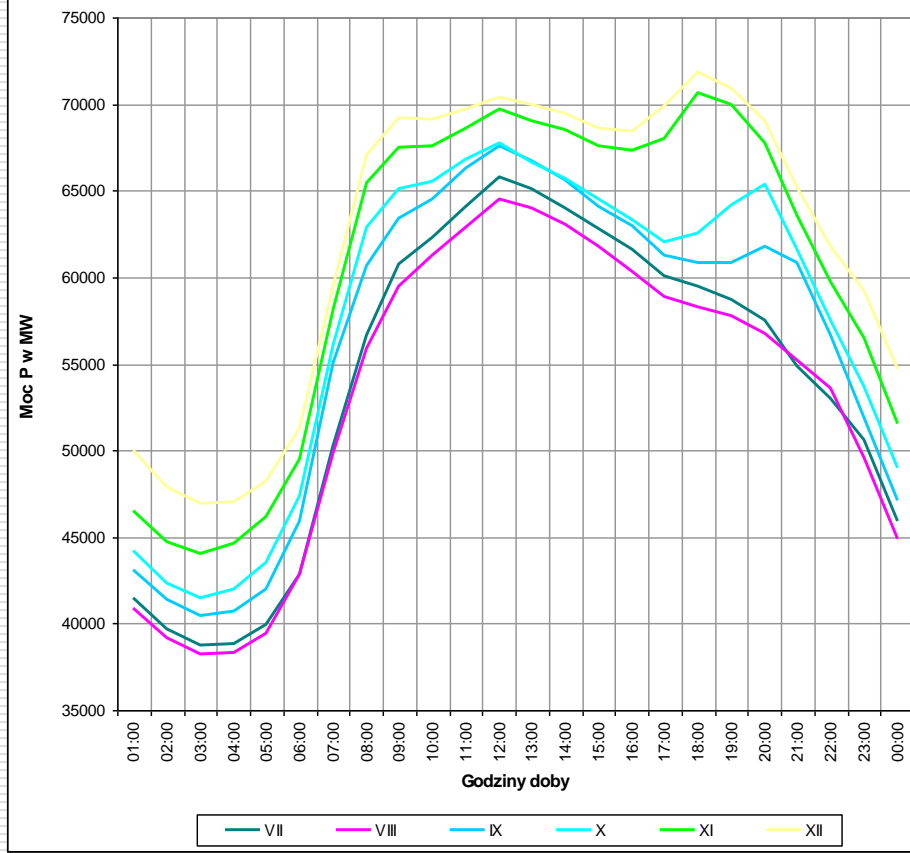
Przykładowe dobowe profile obciążenia

SEE Niemiec

Uśrednione dobowe profile obciążenia SEE Niemiec
w wybranych miesiącach roku 2012
(dni robocze Pn - Pt)

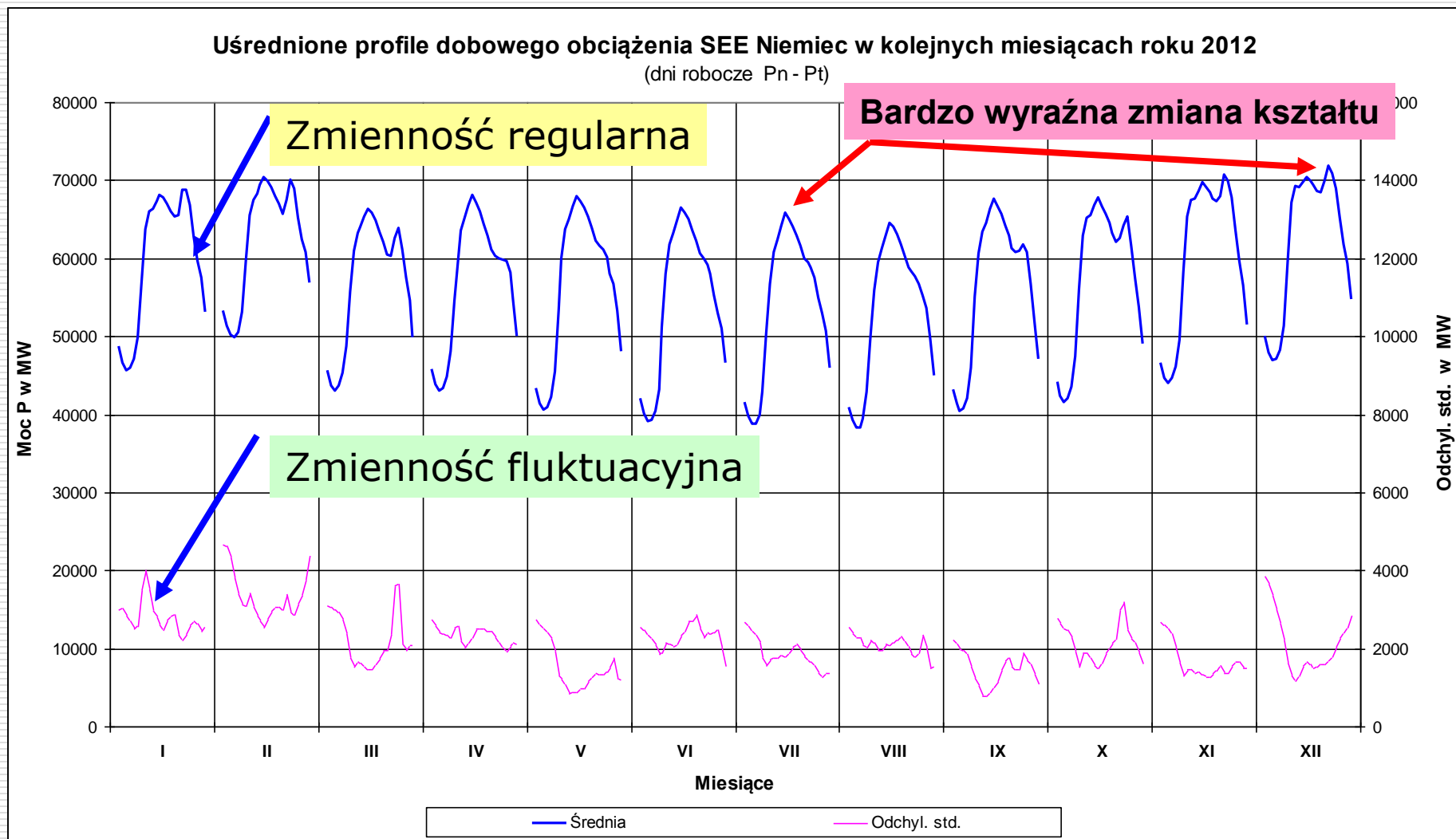


Uśrednione dobowe profile obciążenia SEE Niemiec
w wybranych miesiącach roku 2012
(dni robocze Pn - Pt)



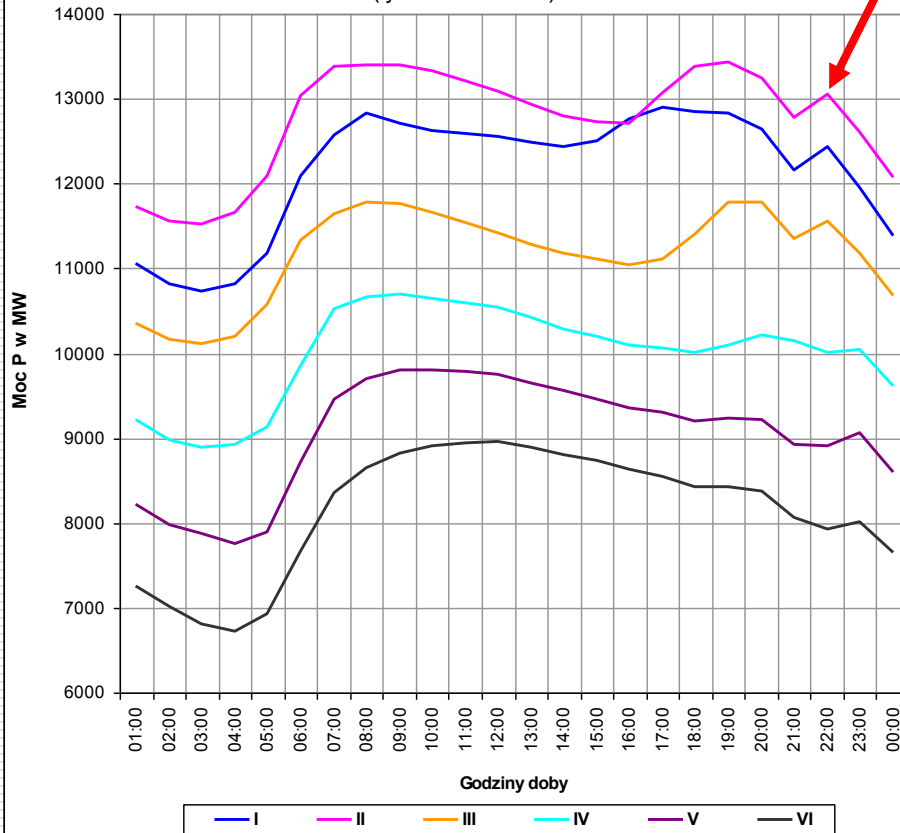
Przykładowe dobowe profile obciążenia

SEE Niemiec (2)

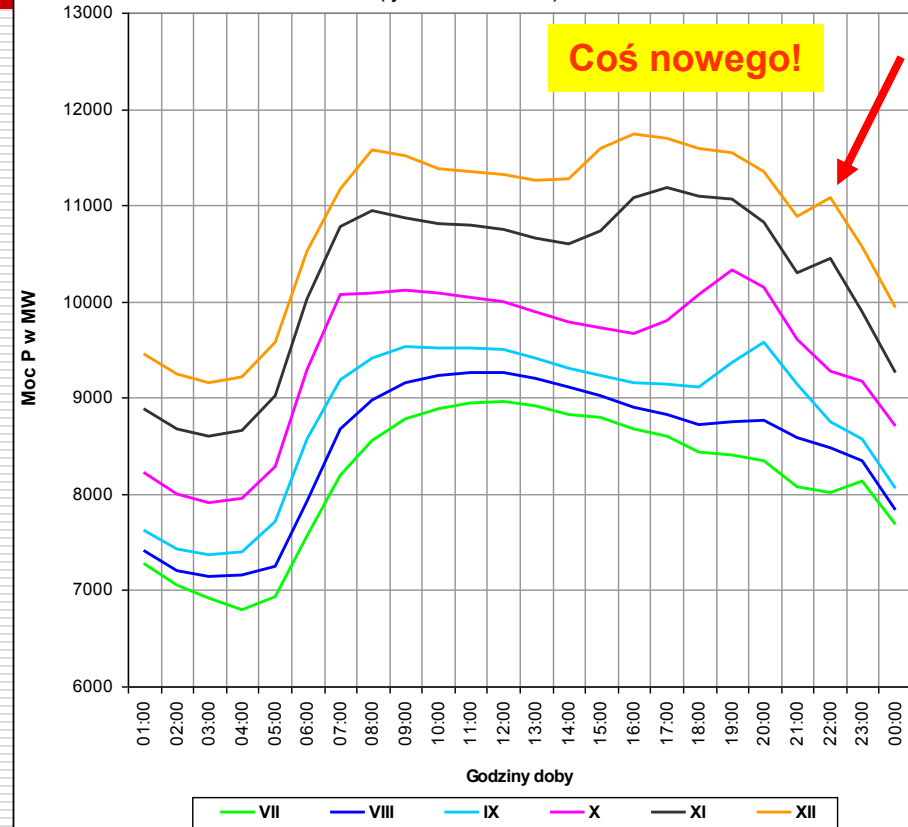


Przykładowe dobowe profile obciążenia SEE Finlandii

Uśrednione dobowe profile obciążenia SEE Finlandii
w wybranych miesiącach roku 2011
(tylko dni robocze)

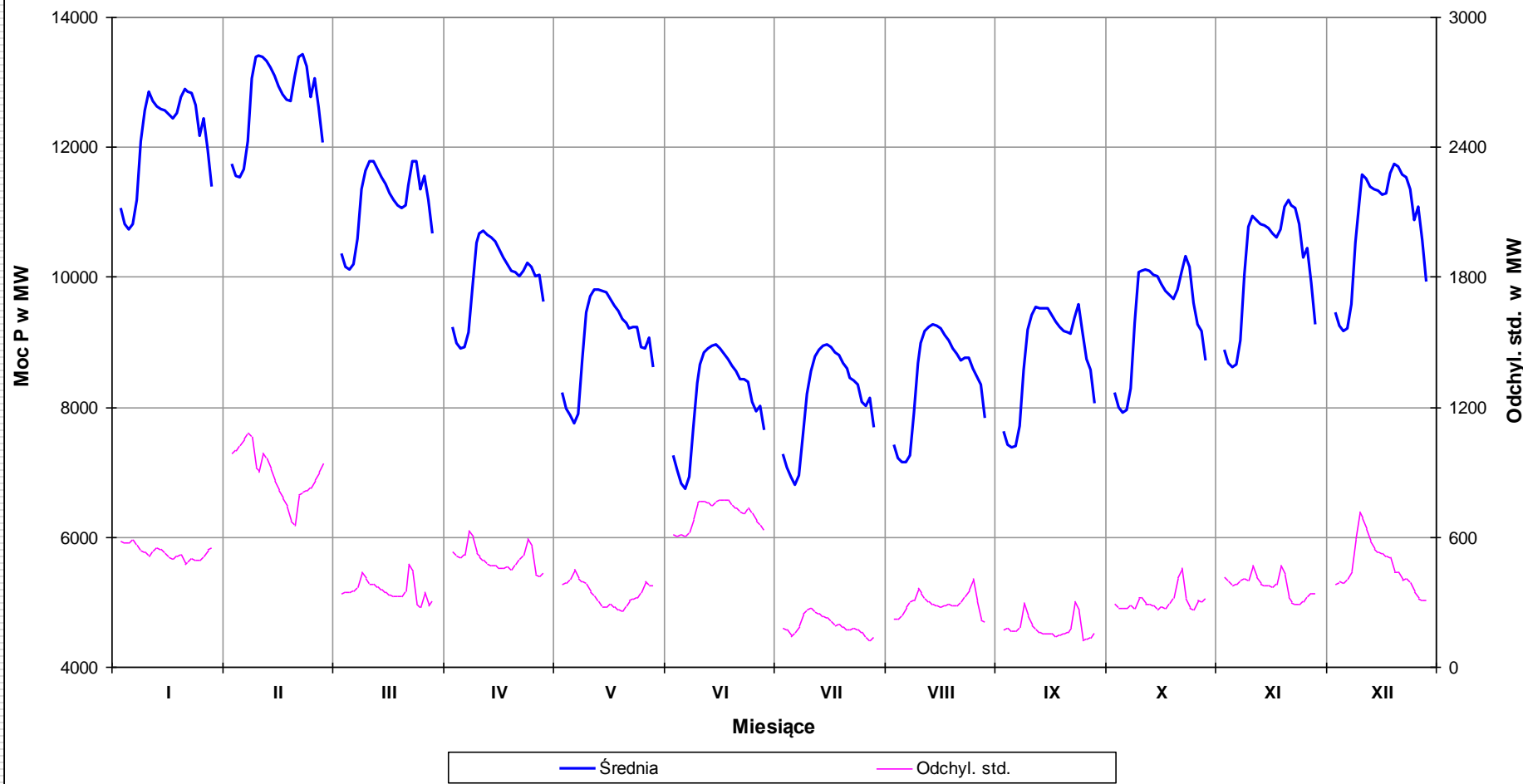


Uśrednione dobowe profile obciążenia SEE Finlandii
w wybranych miesiącach roku 2011
(tylko dni robocze)



Przykładowe dobowe profile obciążenia SEE Finlandii

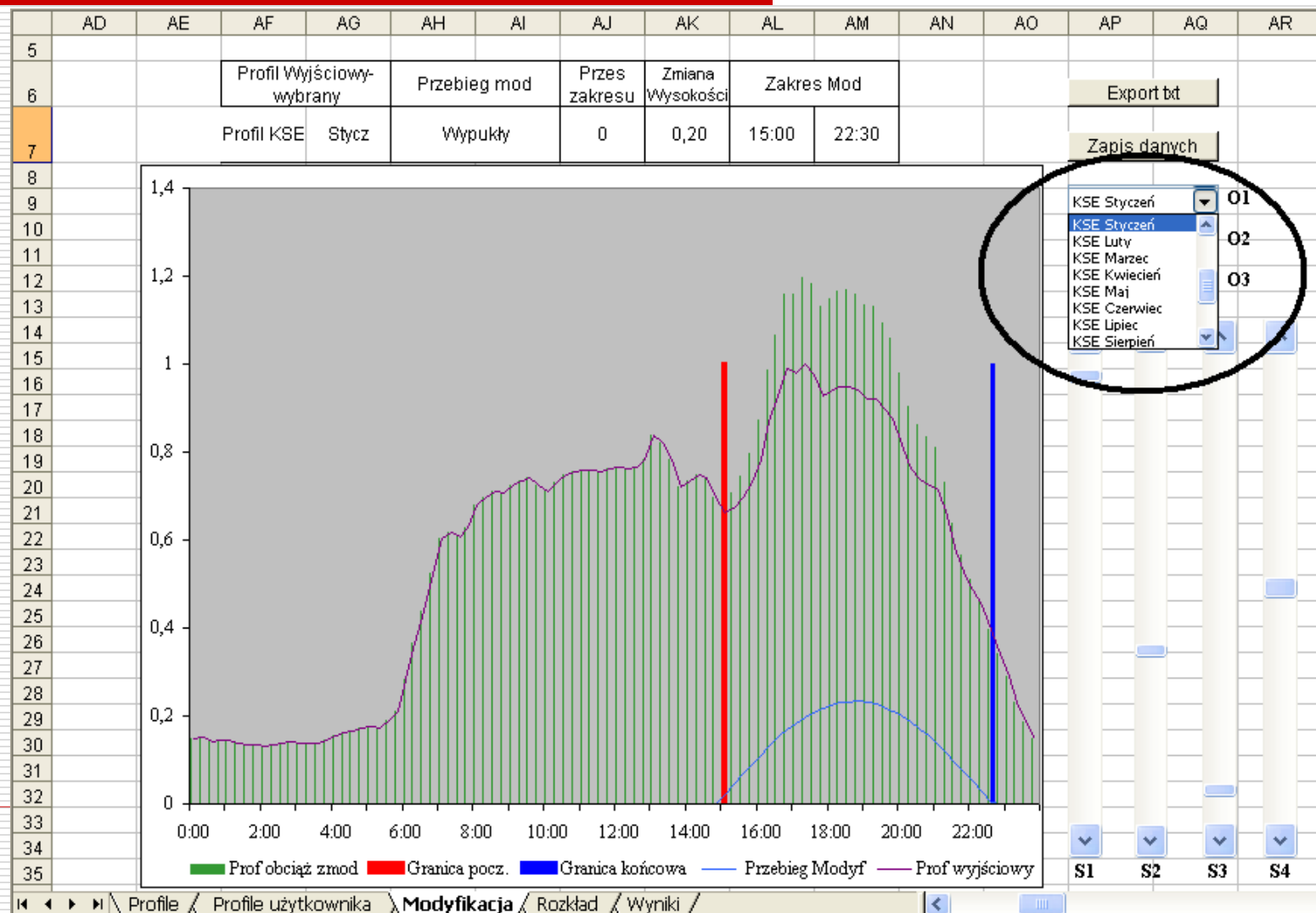
Uśrednione profile dobowego obciążenia SEE Finlandii w kolejnych miesiącach roku 2011
(dni robocze Pn - Pt)



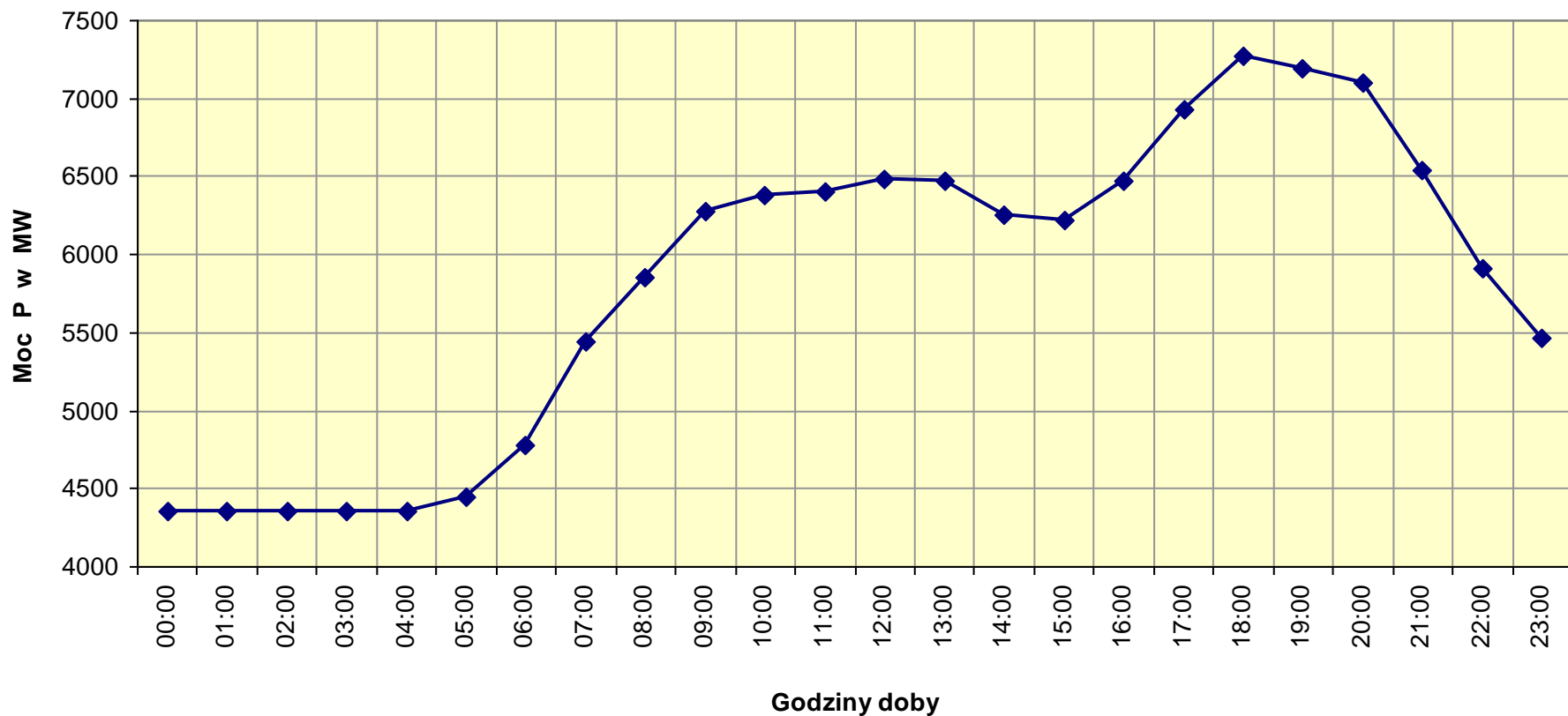
Badania symulacyjne

**W celu uchwycenia ilościowego wpływu
poszczególnych czynników**

Zakładka „Modyfikacje” z zaznaczonym panelem wyboru profilu bazowego

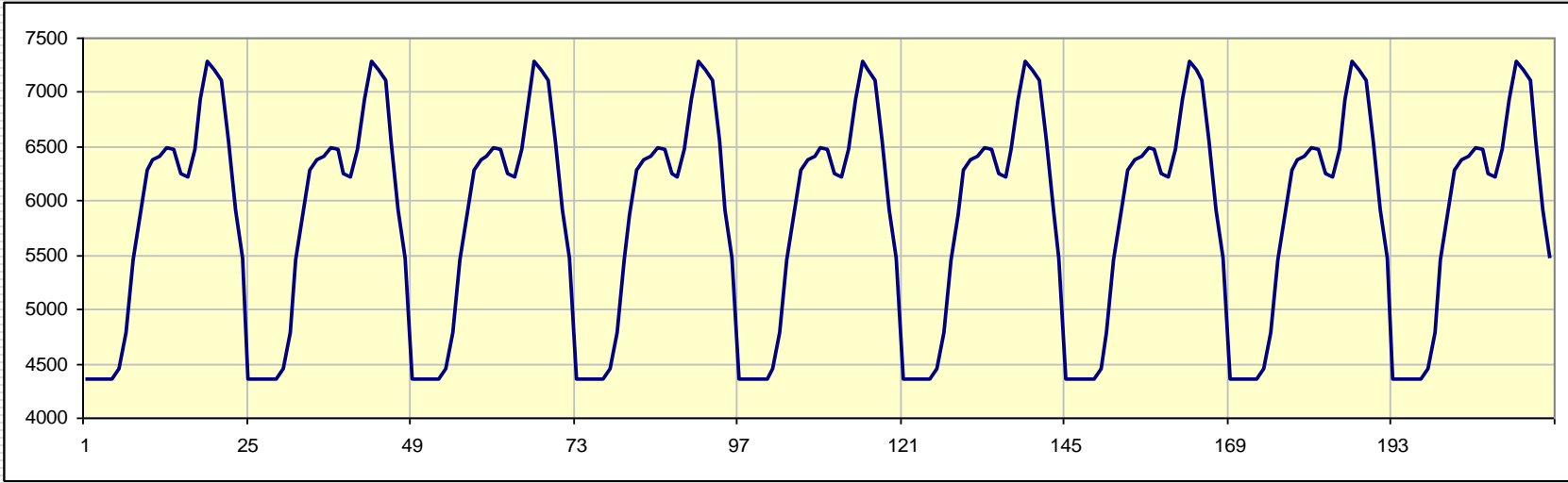


Profil wyjściowy "A0"



Wykaz rozpatrywanych modyfikacji

- A0** - kształt podstawowy x9
- A1** - zasypana dolina popołudniowa x9
- A2** - gładkie połączenie szczytów x9
- A3** - pogłębiona dolina popołudniowa x9
- A4** - jeszcze bardziej pogłębiona dolina popołudniowa x9
- A5** - jak A4 lecz ze złagodzonymi krawędziami doliny popołudniowej x9
+ liniowe ostre pomniejszanie amplitudy kolejnych 9 profilach
- B0** - kształt podstawowy liniowo ostro pomniejszany w kolejnych 9 profilach
- B1** - kształt podstawowy liniowo łagodnie pomniejszany w kolejnych 9. profilach
- C0** - kształt podstawowy przesuwany o 1 godz. W kolejnych 9. profilach
- D0** - kształt podstawowy ze zwężanym systematycznie szczytem porannym w 7. profilach



A0 - kształt podstawowy x9

AMPLITYDY m_i

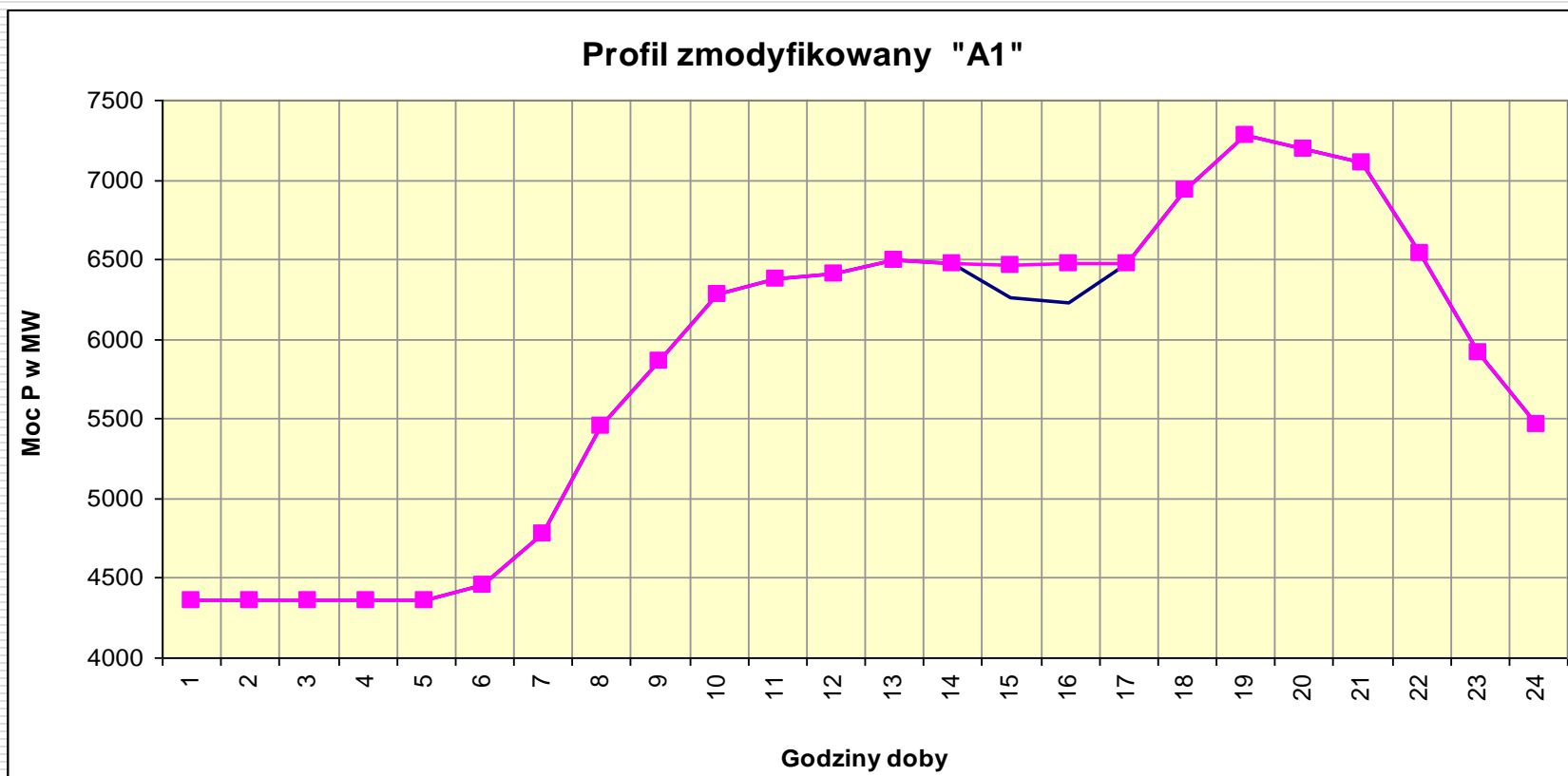
[illegible]

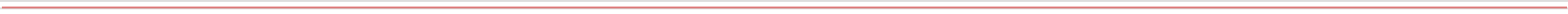
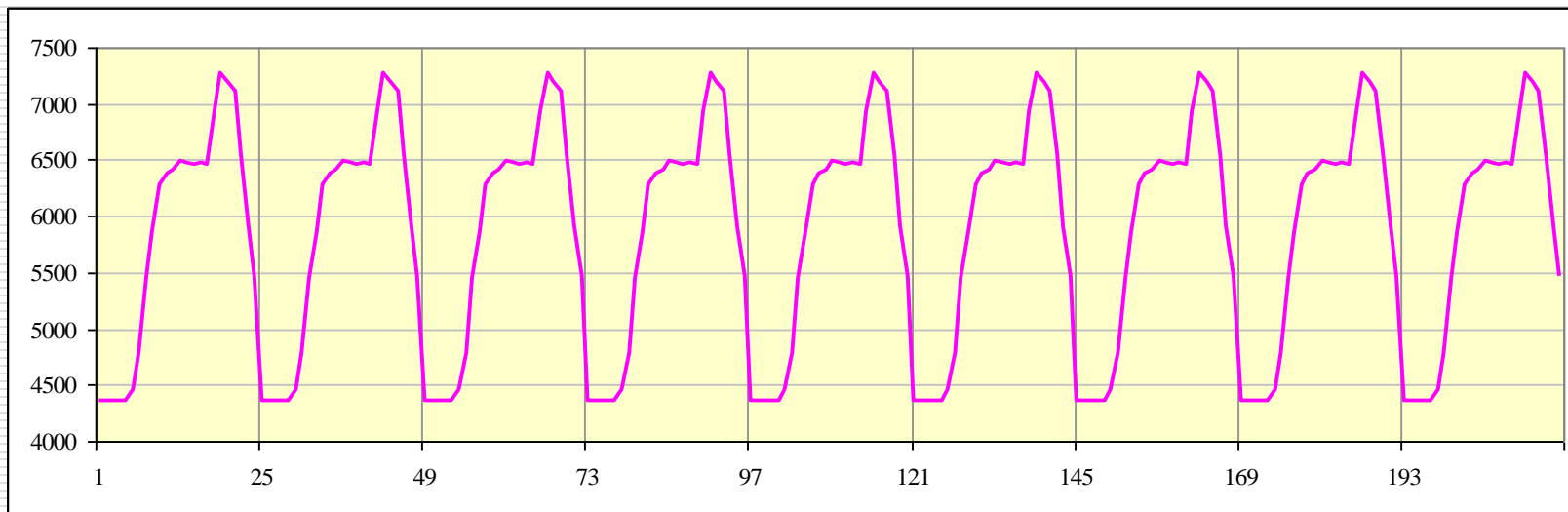
A0 - kształt podstawowy x9

FAZY f_i (kąty trzeba skorygować wg formuły $(90 - f_i)$

[illegible]

A1 - zasypana dolina popołudniowa x9





A1 - zasypana dolina popołudniowa x9

AMPLITYDY m_i

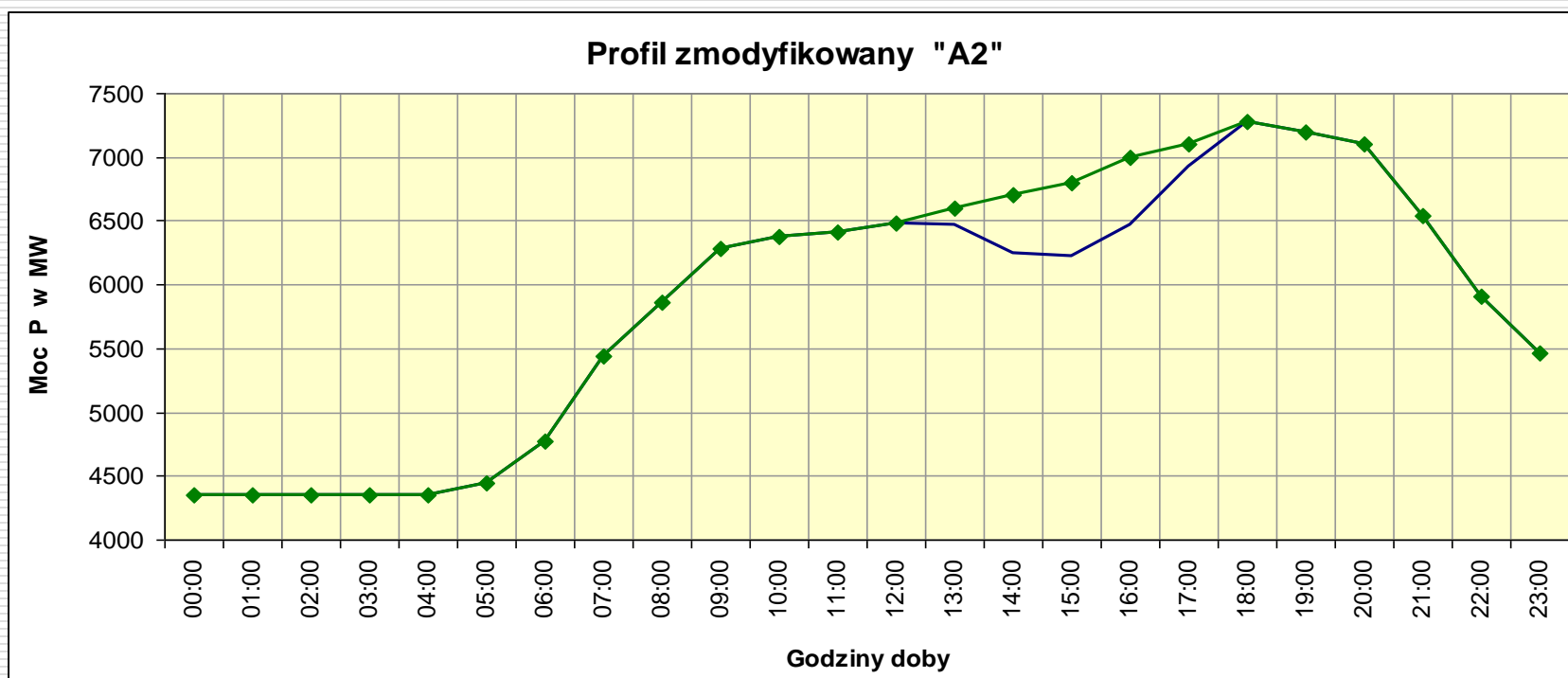
[illegible]

A1 - zasypana dolina popołudniowa x9

FAZY f_i (kąty trzeba skorygować wg formuły $(90 - f_i)$)

[illegible]

A2 - gładkie połączenie szczytów x9



A2 - gładkie połączenie szczytów x9

AMPLITYDY m_i

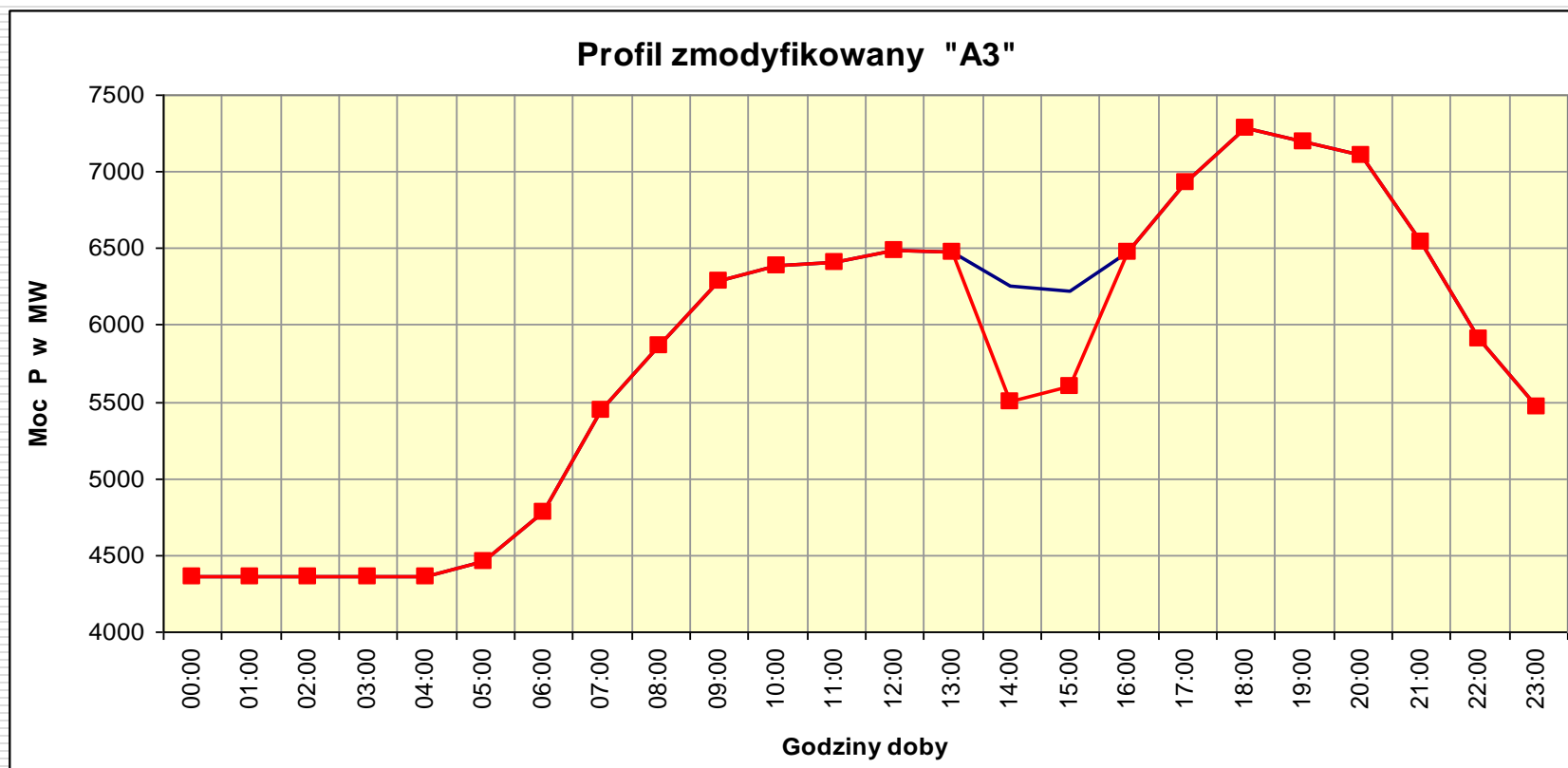
[illegible]

A2 - gładkie połączenie szczytów x9

FAZY f_i (kąty trzeba skorygować wg formuły $(90 - f_i)$)

[illegible]

A3 - pogłębiona dolina popołudniowa x9



A3 - pogłębiona dolina popołudniowa x9

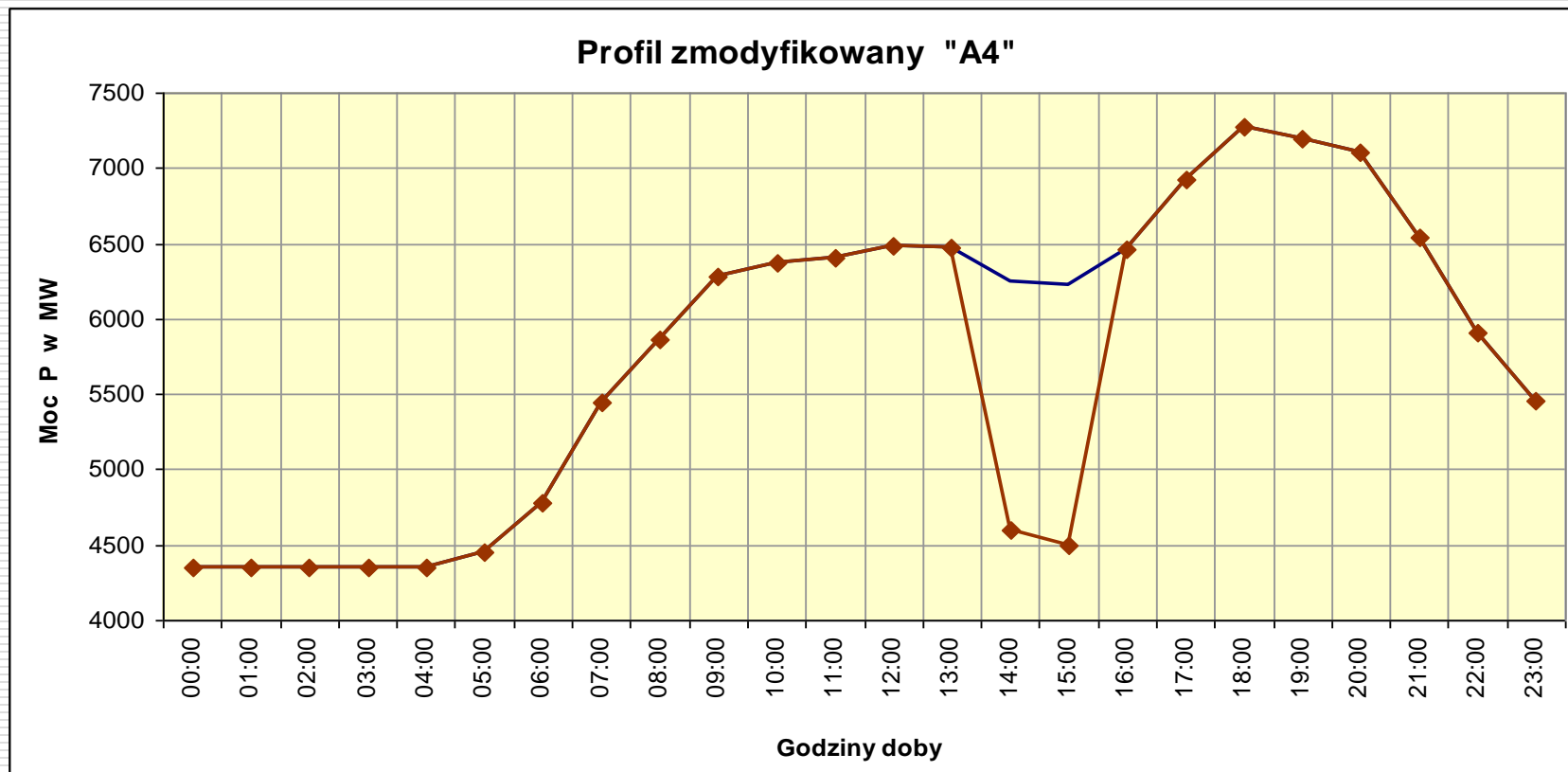
AMPLITYDY m_j [illegible]

A3 - pogłębiona dolina popołudniowa x9

FAZY f_i (kąty trzeba skorygować wg formuły $(90 - f_i)$)

[illegible]

A4 - jeszcze **bardziej pogłębiona dolina** popołudniowa x9



A4 - jeszcze **bardziej pogłębiona dolina** popołudniowa x9

AMPLITYDY m_i

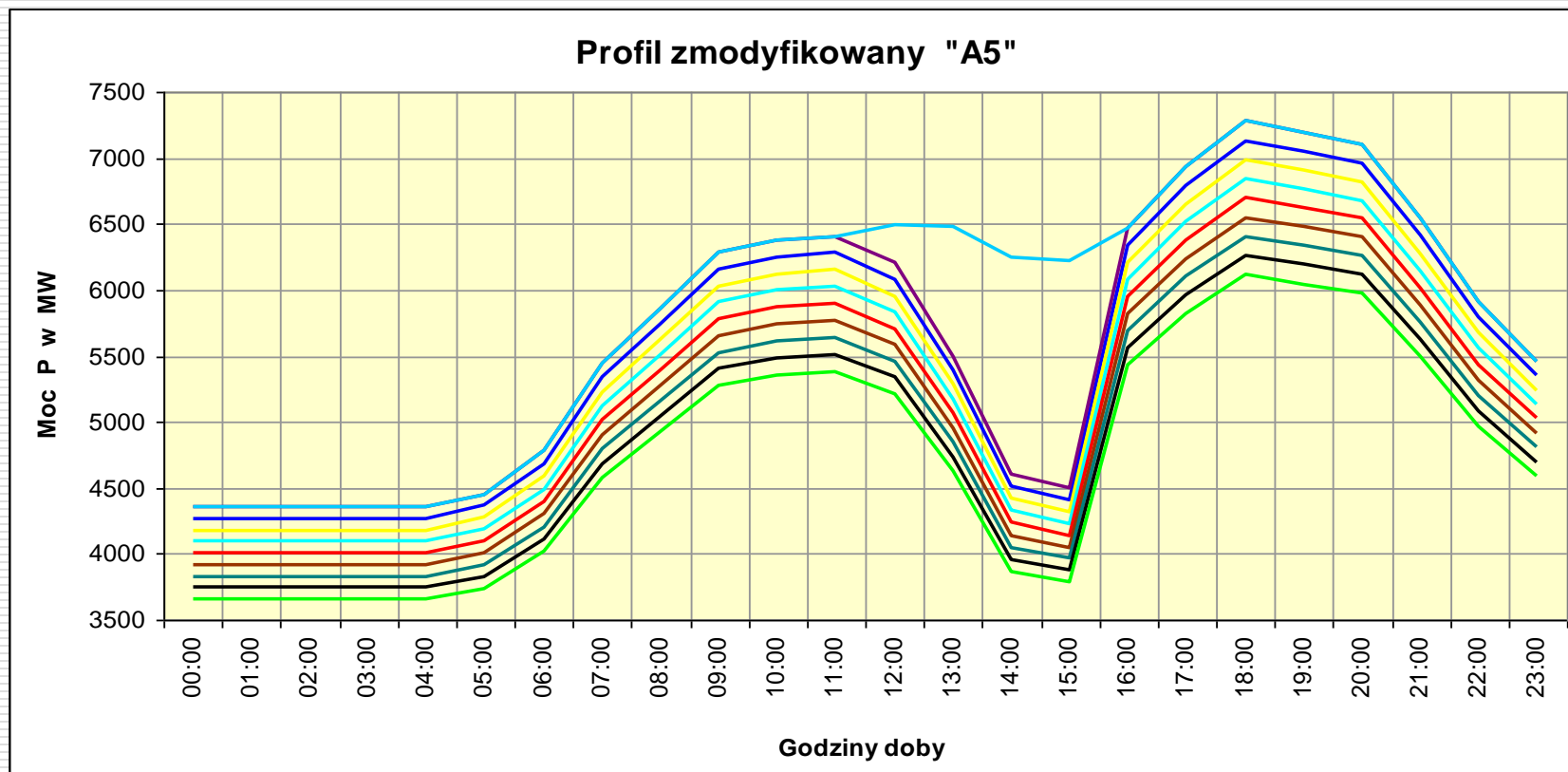
[illegible]

A4 - jeszcze **bardziej pogłębiona dolina** popołudniowa x9

FAZY f_i (kąty trzeba skorygować wg formuły $(90 - f_i)$)

[illegible]

A5 - jak A4 lecz ze **złagodzonymi krawędziami doliny** popołudniowej x9
+ liniowe ostre pomniejszanie amplitudy kolejnych 9 profilach

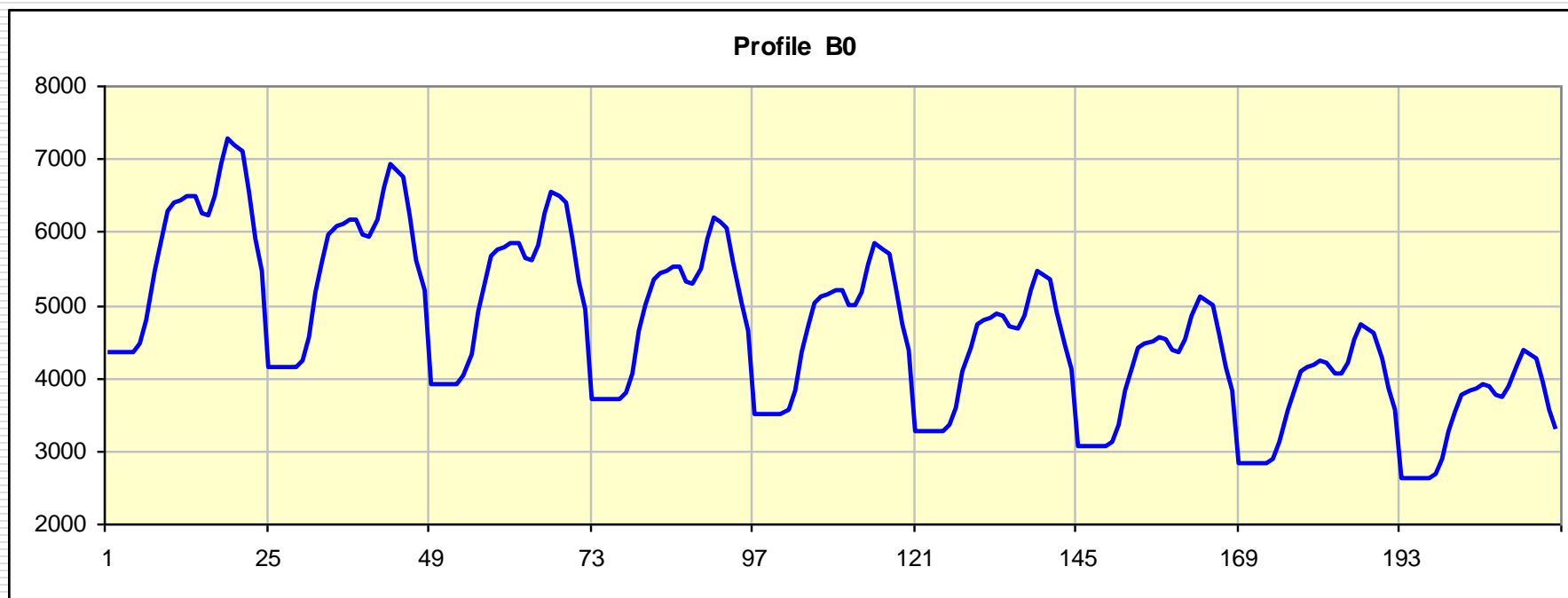


A5 - jak A4 lecz ze **złagodzonymi krawędziami doliny** popołudniowej x9
+ liniowe ostre pomniejszanie amplitudy kolejnych 9 profilach

FAZY f_i (kąty trzeba skorygować wg formuły $(90 - f_i)$

[illegible]

B0 - kształt podstawowy liniowo ostro pomniejszany w kolejnych 9 profilach



B0 - kształt podstawowy liniowo ostro pomniejszany w kolejnych 9 profilach

AMPLITYDY m_i [illegible]

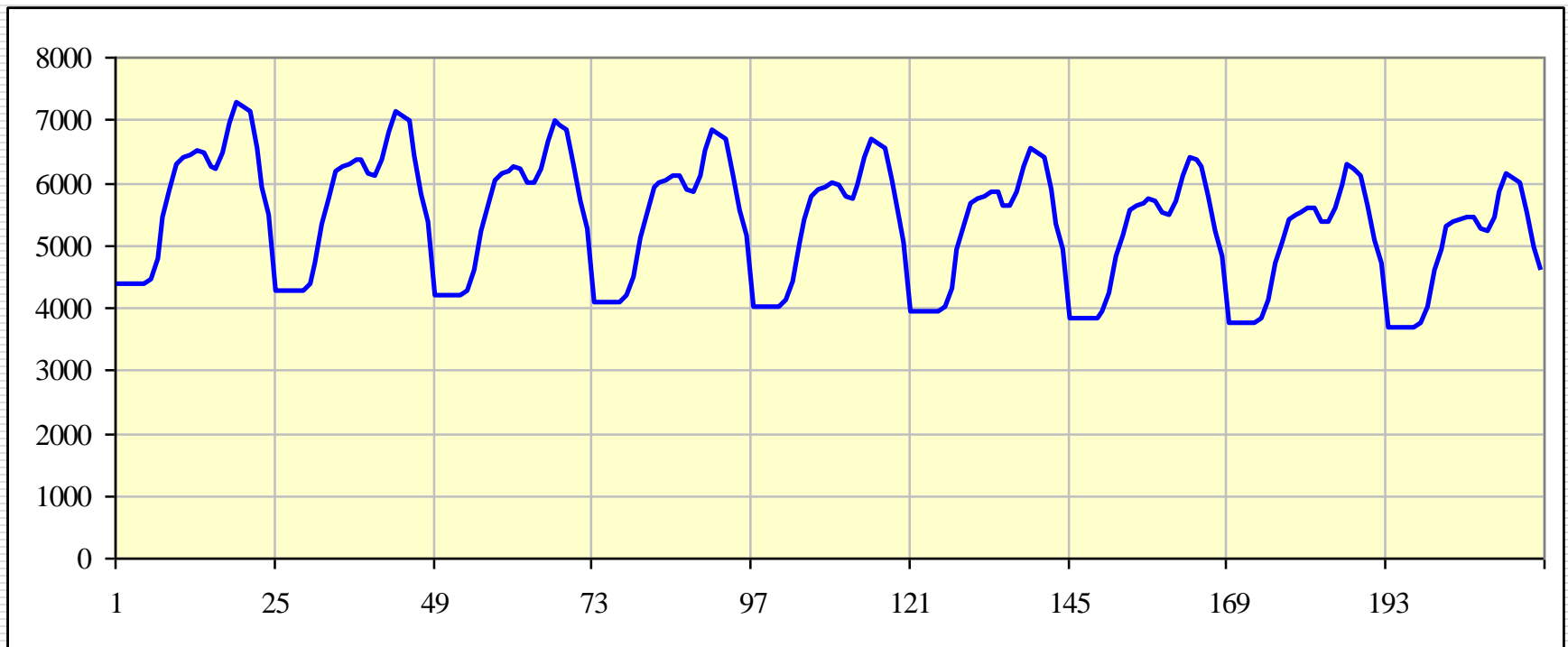
B0 - kształt podstawowy liniowo ostro pomniejszany w kolejnych 9 profilach

FAZY f_i (kąty trzeba skorygować wg formuły $(90 - f_i)$

[illegible]

Profil B1

(Kształt podstawowy liniowo łagodnie pomniejszany)



B1 - kształt podstawowy liniowo łagodnie pomniejszany w kolejnych 9. profilach

AMPLITYDY m_i

Nr harmon.	Typ symulowanego profilu							
	A0	A1	A2	A3	A4	A5	B0	B1
0	5819	5838	5896	5762	5678	5176	4655	5353
1	1246	1283	1395	1138	981	840	997	1147
2	606	570	490	716	876	873	485	558
3	207	174	101	305	457	434	165	190
4	63	95	123	43	186	163	51	58
5	113	91	64	187	317	232	90	104
6	27	51	34	59	178	96	22	25
7	37	17	40	107	207	119	30	34
8	38	39	42	65	148	89	31	35
9								
10								

B1 - kształt podstawowy liniowo łagodnie pomniejszany w kolejnych 9. profilach

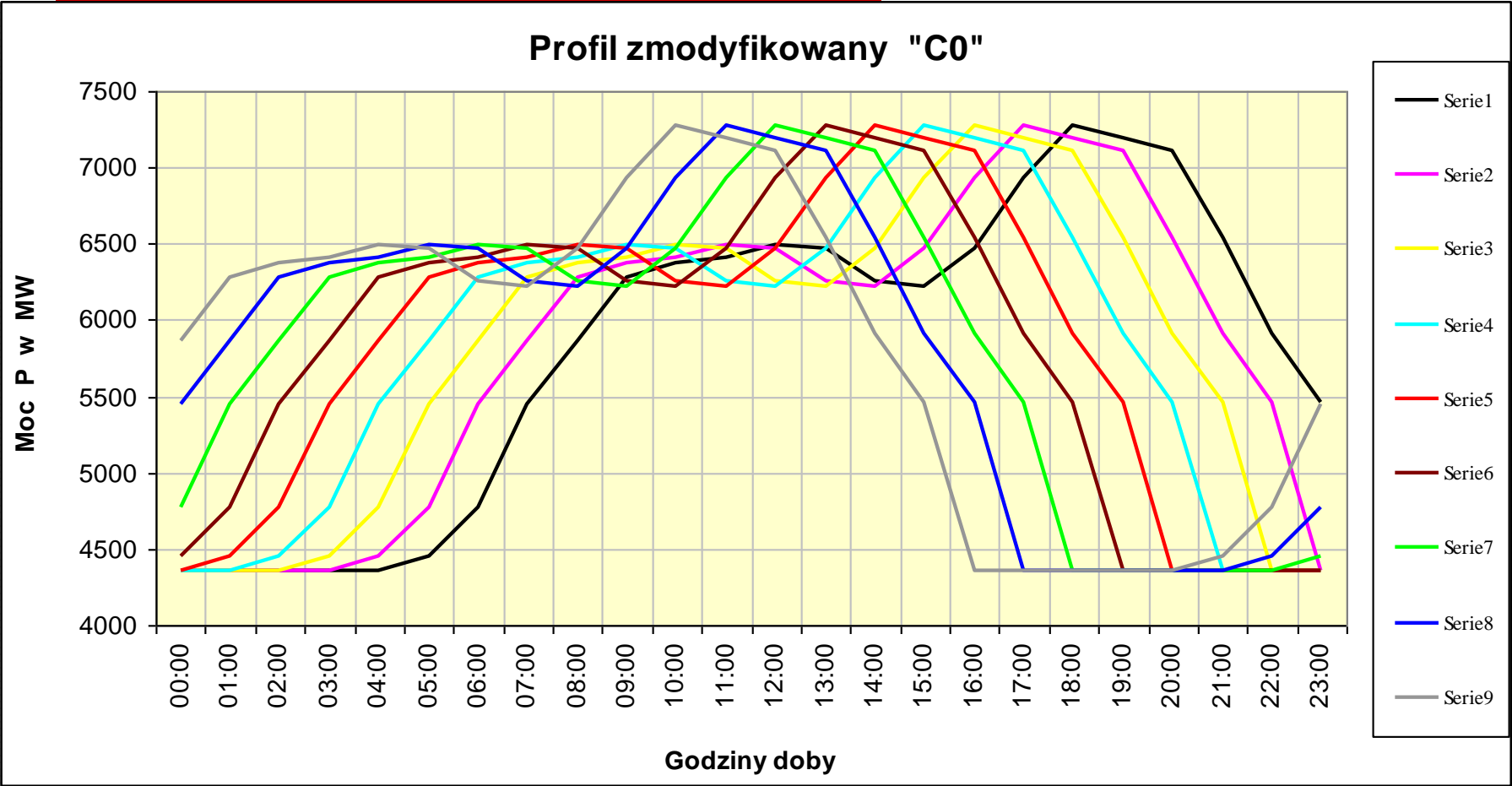
FAZY f_i (kąty trzeba skorygować wg formuły $(90 - f_i)$)

Nr harmon.	Typ symulowanego profilu							
	A0	A1	A2	A3	A4	A5	B0	B1
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-127	-127	-127	-125	-122	-117	-127	-127
2	-113	-113	-119	-112	-110	-115	-113	-113
3	136	140	132	127	123	111	136	136
4	129	137	161	-7	-22	-52	129	129
5	-131	-119	-135	-151	-158	-171	-131	-131
6	-170	-150	-125	53	51	34	-170	-170
7	-111	-138	-120	-107	-99	-102	-111	-111
8	-152	-124	-159	146	137	161	-152	-152
9								
10								

Porównanie wyników

Nr harmonicznej	Wariant symulacji					
	A0		B0		B1	
	MW	%	MW	%	MW	%
0	5819		4655		5353	
1	1246	21,41	997	21,42	1147	21,43
2	606	10,41	485	10,42	558	10,42
3	207	3,56	165	3,54	190	3,55
4	63	1,08	51	1,10	58	1,08
5	113	1,94	90	1,93	104	1,94
6	27	0,46	22	0,47	25	0,47
7	37	0,64	30	0,64	34	0,64
8	38	0,65	31	0,67	35	0,65

C0 - kształt podstawowy przesuwany o 1 godz. w kolejnych 9. profilach

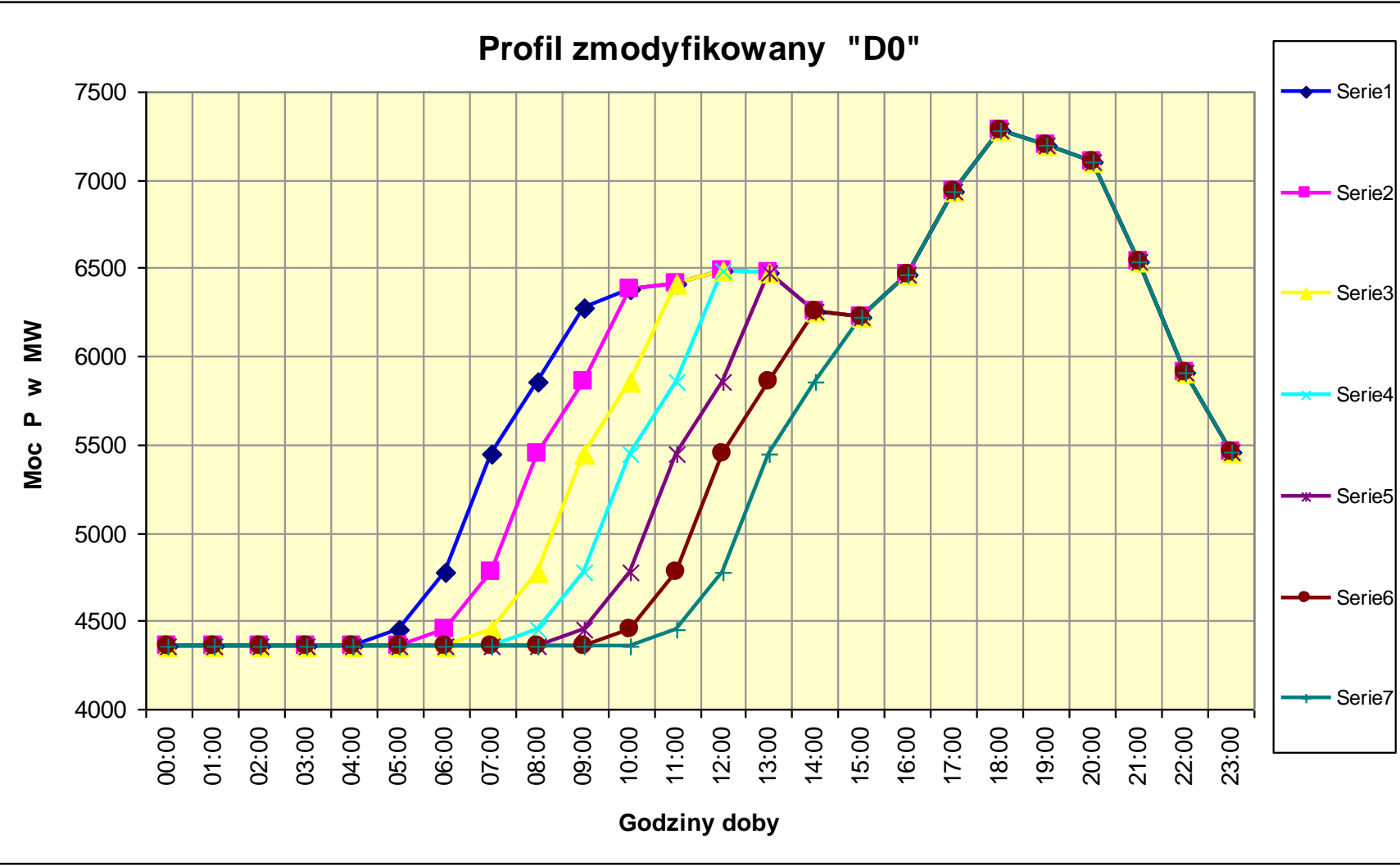


C0 - kształt podstawowy przesuwany o 1 godz. w kolejnych 9. profilach

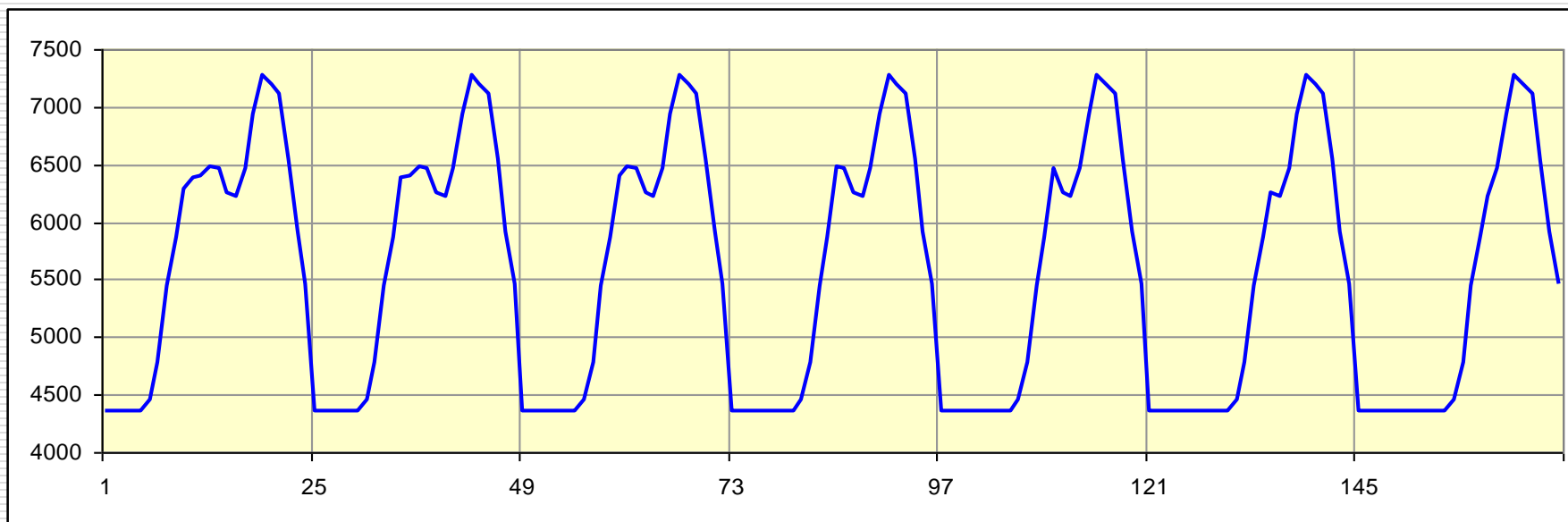
FAZY f_i (kąty trzeba skorygować wg formuły $(90 - f_i)$

[illegible]

D0 - kształt podstawowy ze zwężanym systematycznie szczytem porannym w 7. profilach



D0 - kształt podstawowy ze zwięzonym systematycznie szczytem porannym w 7. profilach



D0 - kształt podstawowy ze zwężanym systematycznie szczytem porannym w 7. profilach

AMPLITYDY m_j [illegible]

D0 - kształt podstawowy ze zwięzonym systematycznie szczytem porannym w 7. profilach

FAZY f_i (kąty trzeba skorygować wg formuły $(90 - f_i)$

[illegible]

Podsumowanie



**Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
w Bydgoszczy**
Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki
Zakład Elektroenergetyki

Dziękuję za uwagę



Włodzimierz Bieliński

tel. (52) 340-85-86
e-mail: bielin@utp.edu.pl