

Rynki energii elektrycznej

Wykład 9

Rynek bilansujący – aspekty techniczne

Profesor dr hab. inż. Władysław Mielczarski

Instytut Elektroenergetyki, Politechnika Łódzka

Zagadnienia wykładu

- Zakres rynku bilansującego
- Harmonogram rynku
- Informacje o sprzedaży energii
- Ofert bilansujące
- Rezerwy: sekundowa i minutowa
- Rozruchy
- Zadania LPD i funkcja celu
- Ograniczenia sieciowe
- PKD i BPKD

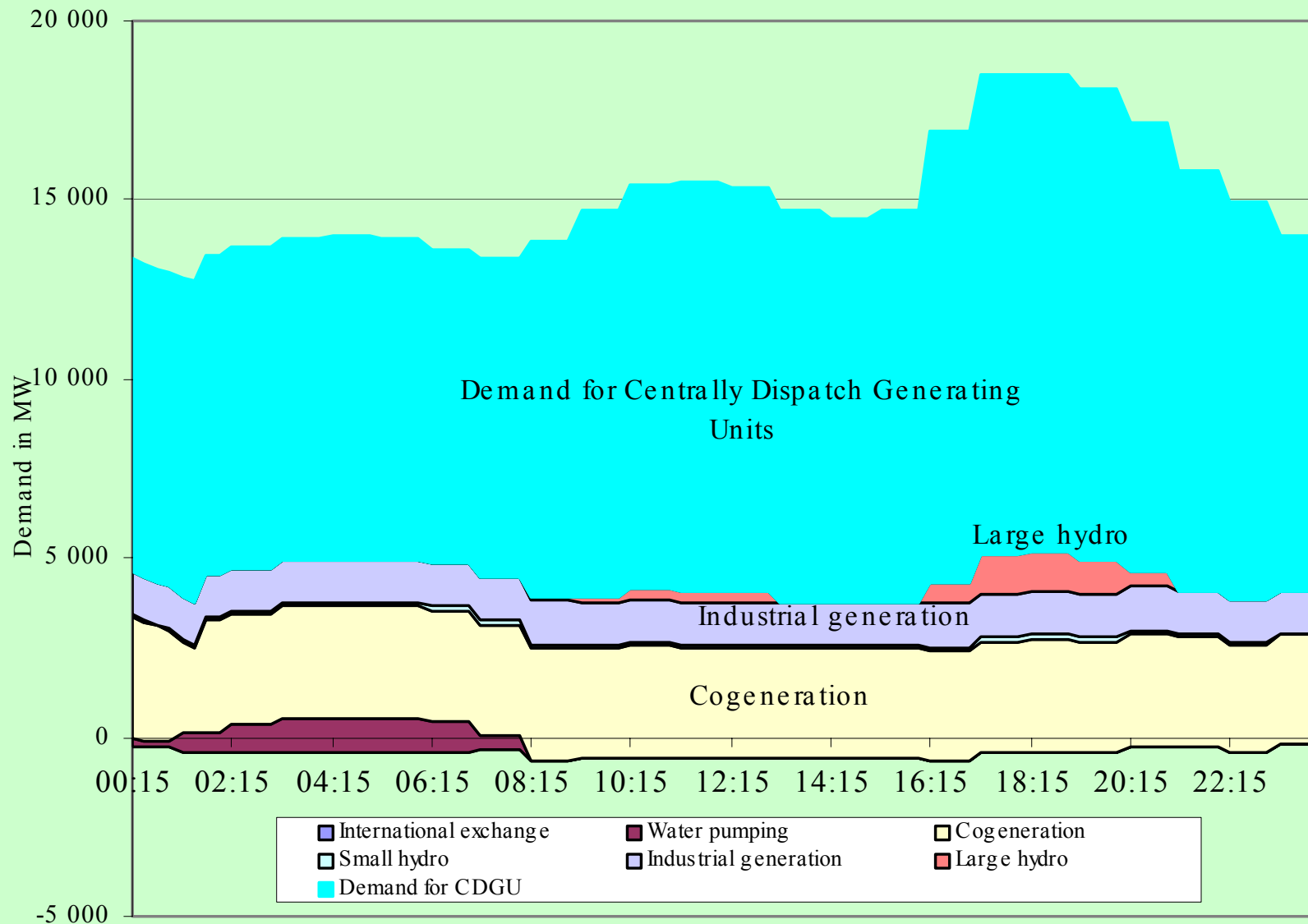
Zadania rynku bilansujący

Podstawowe zadania:

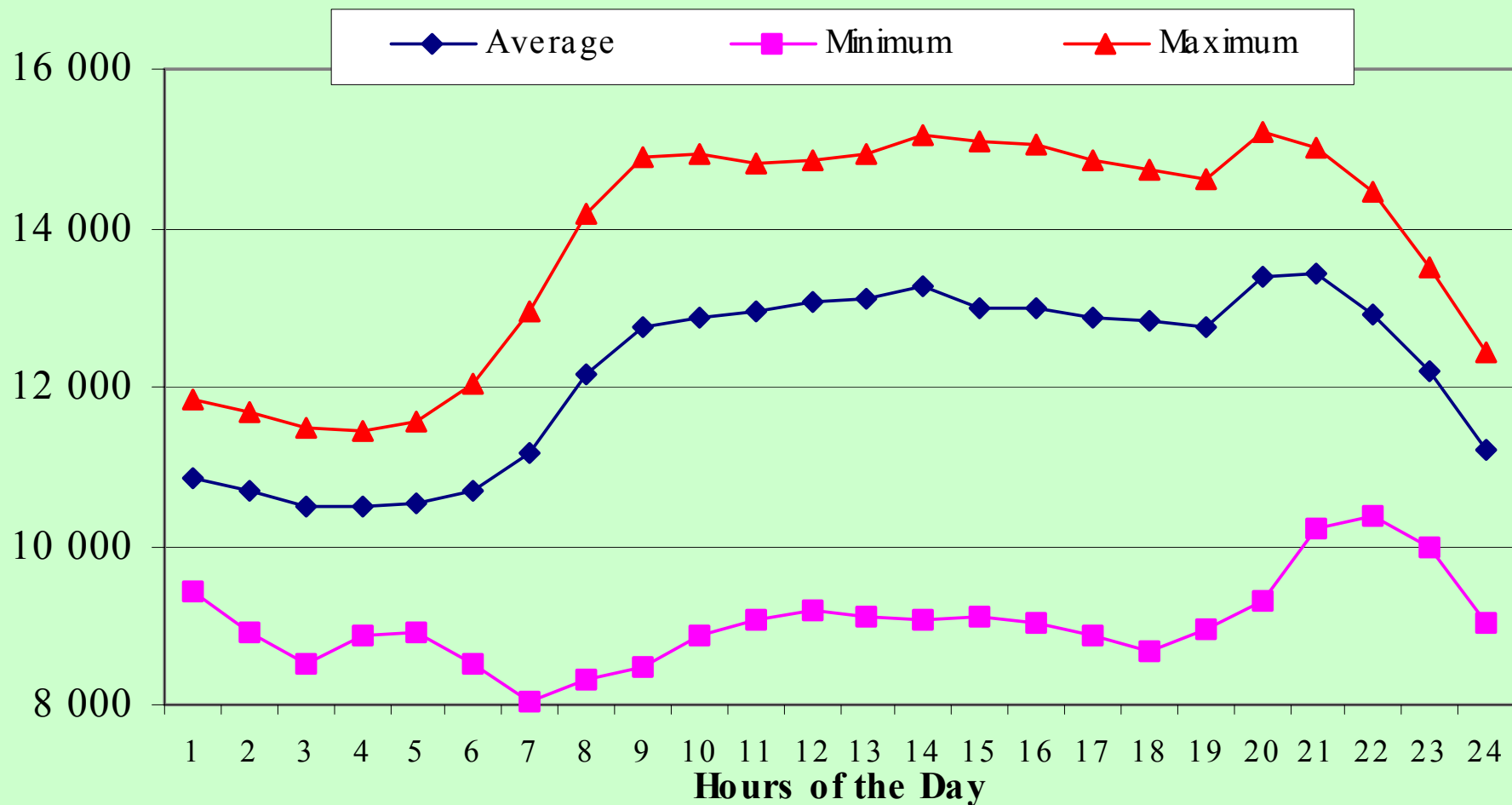
Zakup energii dla celów zbilansowanie, kiedy zapotrzebowanie jest większe od sumy kontraktów. OSP kupuje energię od wytwórców i sprzedaje odbiorcom.

Odsprzedaż nadwyżki energii kiedy zapotrzebowanie jest mniejsze od sumy kontraktów (przekontraktowanie). Wytwórcy odkupują nadwyżkę energii a OSP przekazuje uzyskaną sumę nabywcom.

Zakres centralnego rynku bilansującego



Zapotrzebowanie na RB w marcu 2005



Zasady realizacji zadań na rynku bilansującym

Wyznaczone zadania OSP realizuje zapewniając:

- **Bezpieczeństwo działania systemu elektroenergetycznego**
- **Minimalizację kosztów bilansowania.**
- **Wybór jednostek wytwórczych do pracy w oparciu o system ofertowy.**

Cechy rynku bilansującego

- **Zrównoważenie produkcji z zapotrzebowaniem**
- **Zagwarantowanie jakości i niezawodności dostaw energii**
- **Istotny segment w handlu energią elektryczną dla wytwórców i SD**
- **Możliwości zakupu i sprzedaży energii**

Spójność informacji o USE

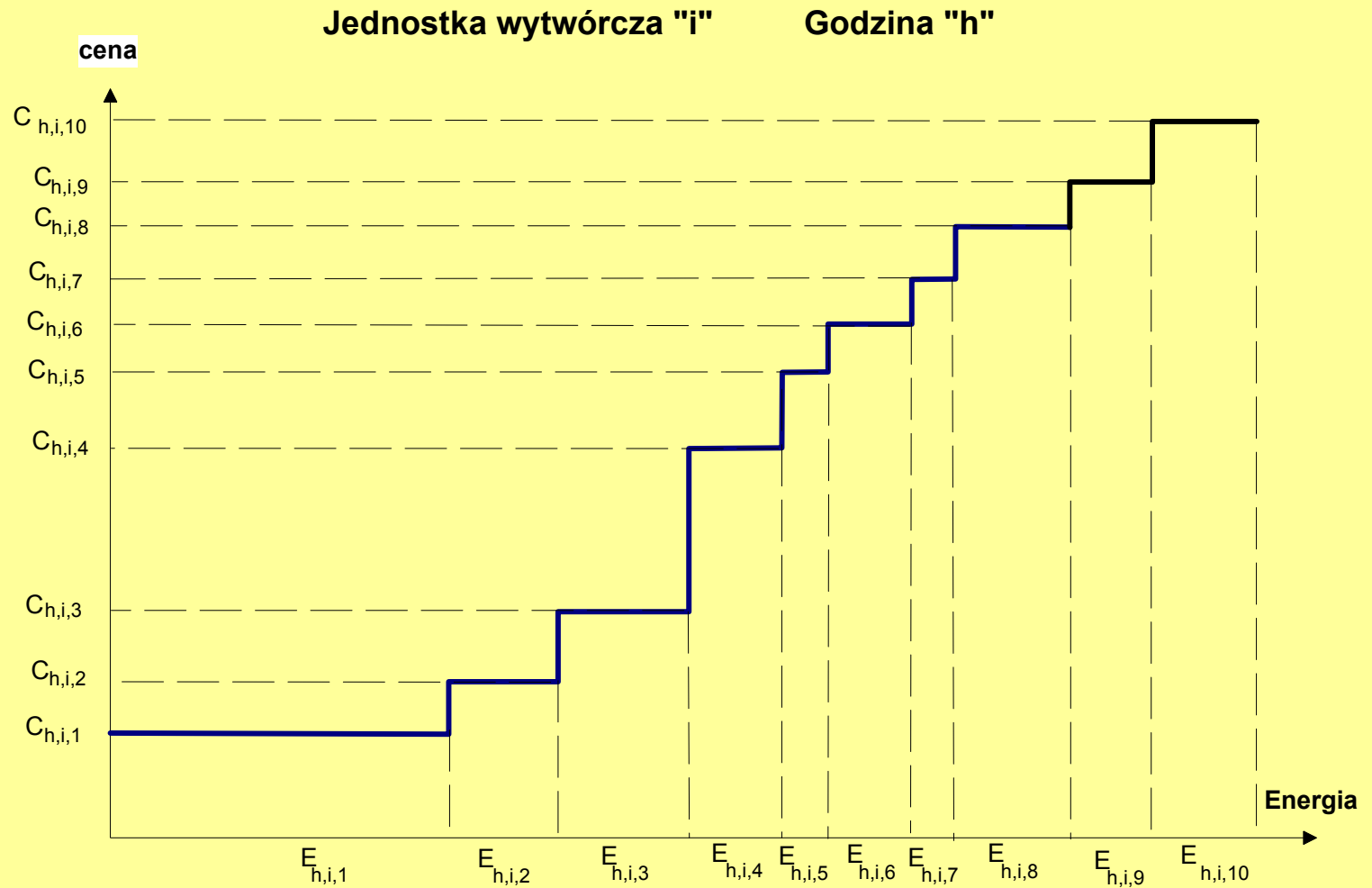
- Informacja o USE musi być złożona przez sprzedawcę i nabywcę i musi być zgodna co do wielkości wolumenu w każdej godzinie doby handlowej.
- Brak spójności jest najczęstszym błędem w handlu na RB.
- Nastąpi zmiana pozycji kontraktowej.

Przykład informacji o USE

JGw1 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)					
JGo1	JGo2	JGo4	JGpo	Giełda	Razem
100	100	50	10	40	300

JGo1 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)					
JGw1	JGw2	JGw3	JGw4	Giełda	Razem
100	90	90	95	60	435

Graficzna prezentacja oferty bilansującej



Przykłady zgłoszeń USE - Wytwórcy

Wytwórca 1 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)					
Odbiorca 1	Odbiorca 2	Odbiorca 4	Odbiorca 5	Giełda	Razem
100	100	50	10	40	300

Wytwórca 2 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)					
Odbiorca 1	Odbiorca 3	Odbiorca 4	Odbiorca 5	Giełda	Razem
90	80	45	25	35	275

Wytwórca 3 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)					
Odbiorca 1	Odbiorca 2	Odbiorca 4	Odbiorca 5	Giełda	Razem
90	80	100	50	70	390

Wytwórca 4 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)					
Odbiorca 1	Odbiorca 2	Odbiorca 4	Odbiorca 5	Giełda	Razem
95	60	80	55	15	305

Przykład zgłoszenia umów sprzedaży przez czterech wytwórców na daną godzinę

Przykłady zgłoszenia USE - Odbiorcy

Odbiorca 1 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)

Wytwórca 1	Wytwórca 2	Wytwórca 3	Wytwórca 4	Giełda	Razem
100	90	90	95	60	435

Odbiorca 2 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)

Wytwórca 1	Wytwórca 2	Wytwórca 3	Wytwórca 4	Giełda	Razem
100	0	80	60	20	260

Odbiorca 3 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)

Wytwórca 2	Giełda	Razem
80	10	90

Odbiorca4 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)

Wytwórca 1	Wytwórca 2	Wytwórca 3	Wytwórca 4	Giełda	Razem
50	45	100	80	30	305

Odbiorca 5 - zgłoszenie umów sprzedaży (MWh)

Wytwórca 1	Wytwórca 2	Wytwórca 3	Wytwórca 4	Giełda	Razem
10	25	50	55	40	180

Przykład zgłoszeń umów sprzedaży przez pięciu odbiorców na daną godzinę

Przykład informacji giełdowej

Informacja giełdowa o zawartych transakcjach z wytwórcami (MWh)

Wytwórca 1	Wytwórca 2	Wytwórca 3	Wytwórca 4	Razem
40	35	70	15	160

Informacja giełdowa o zawartych transakcjach z odbiorcami (MWh)

Odbiorca 1	Odbiorca 2	Odbiorca 3	Odbiorca 4	Odbiorca 5	Razem
60	20	10	30	40	160

Przykłady ofert bilansujących

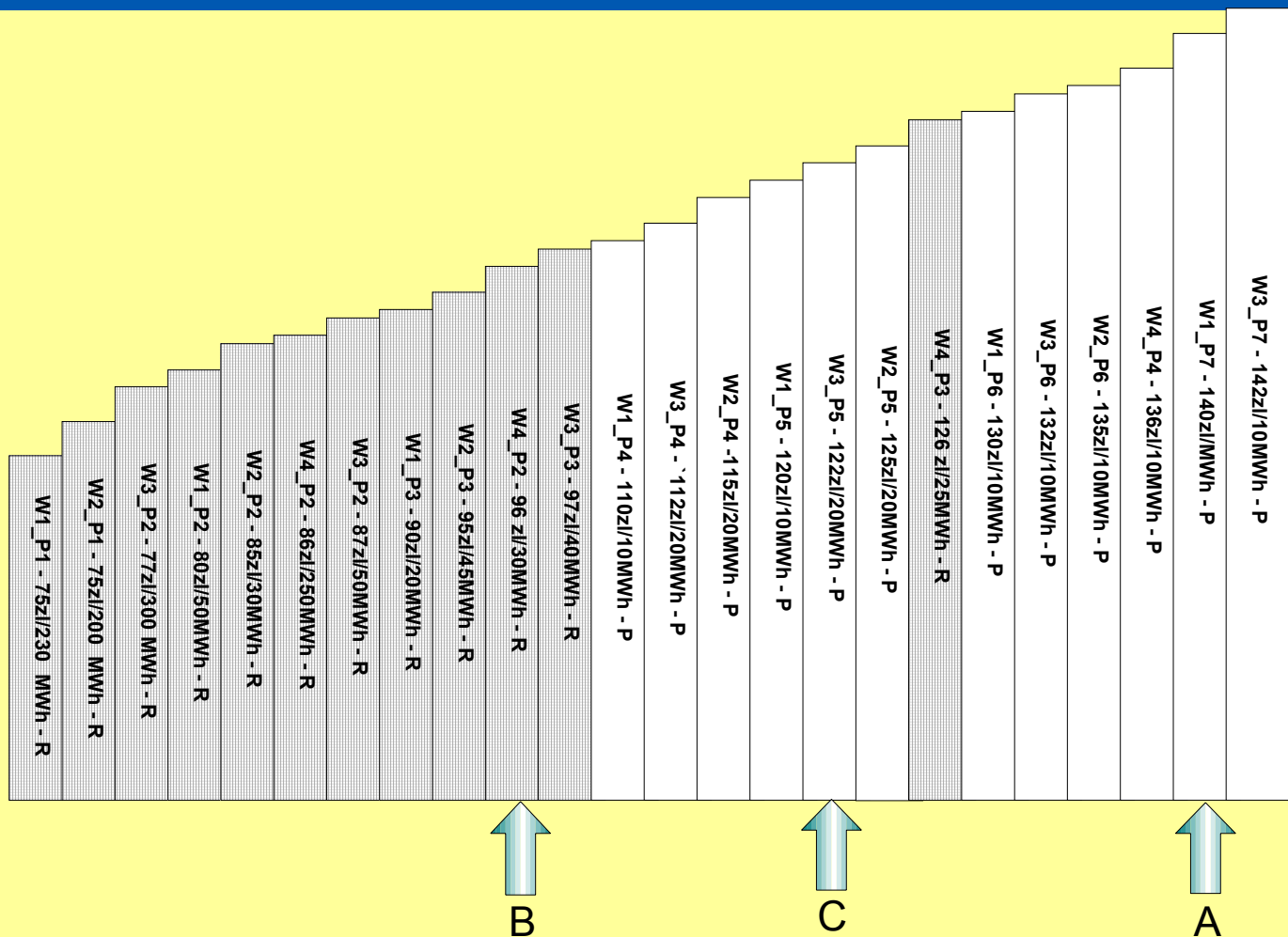
Wytwórca 1 - oferta bilansująca												
Pasmo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Cena (zł/MWh)	70	80	90	110	120	130	140	150	160	170	Razem	Kontrakt
Energia netto (MWh)	230	50	20	10	10	10	10	0	0	0	340	300
Energia brutto (MWh)	246	54	21	11	11	11	11	0	0	0	365	
Typ oferty	R	R	R	P	P	P	P	P	P	P		

[illegible]

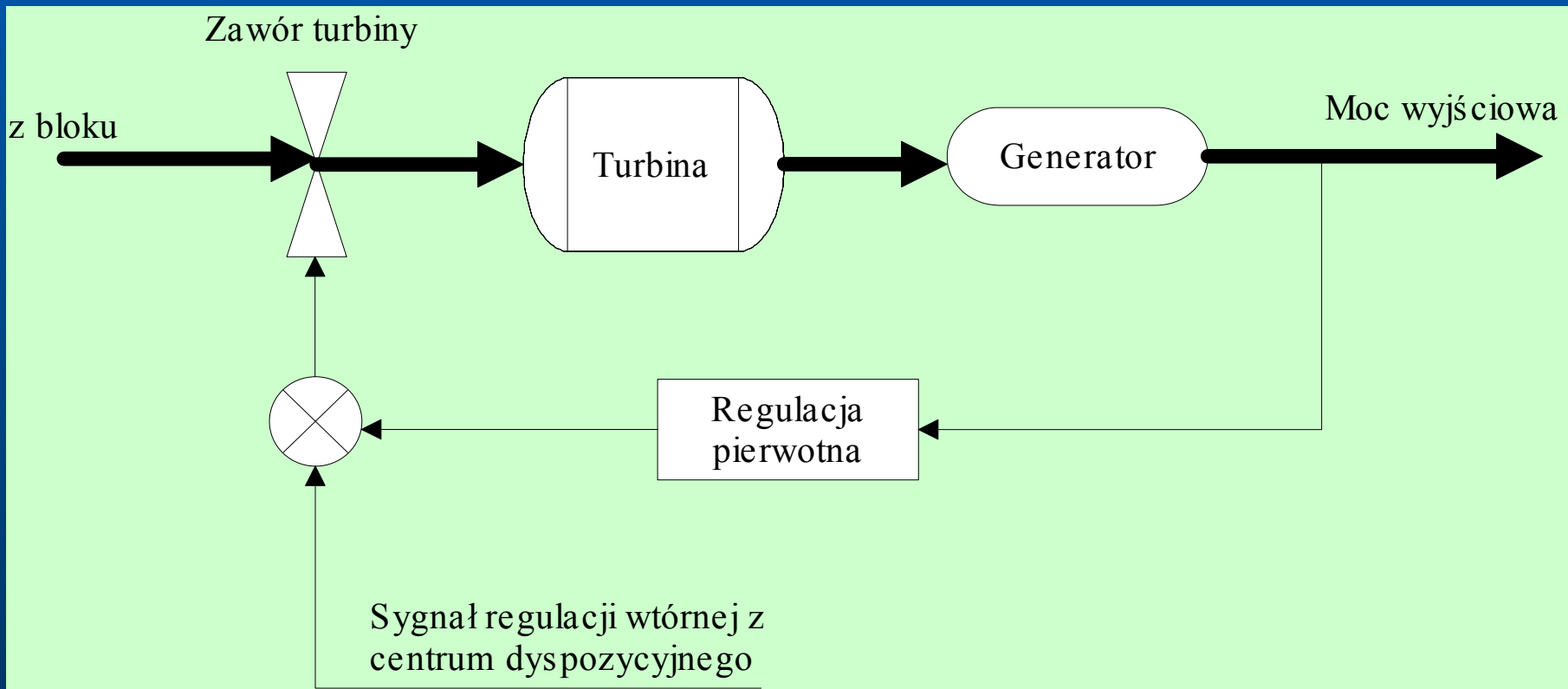
Wytwórca 3 - oferta bilansująca												
Pasmo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Cena (zł/MWh)	77	87	97	112	122	132	142	152	162	172	Razem	Kontrakt
Energia netto (MWh)	300	50	40	20	20	10	10	10	10	0	470	390
Energia brutto (MWh)	321	54	43	21	21	11	11	11	11	0	504	
Typ oferty	R	R	R	P	P	P	P	P	P	P		

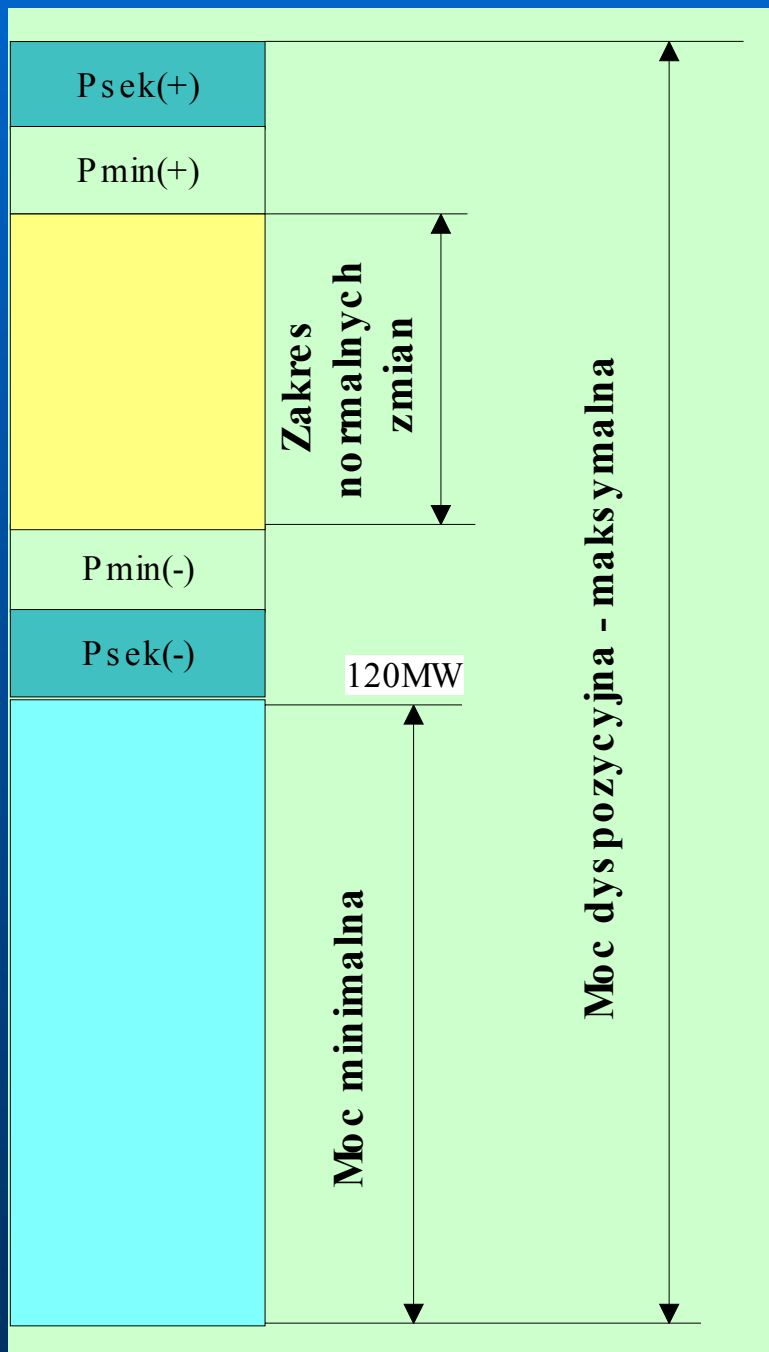
[illegible]

Graficzna reprezentacja pasm ofert bilansujących – merit order



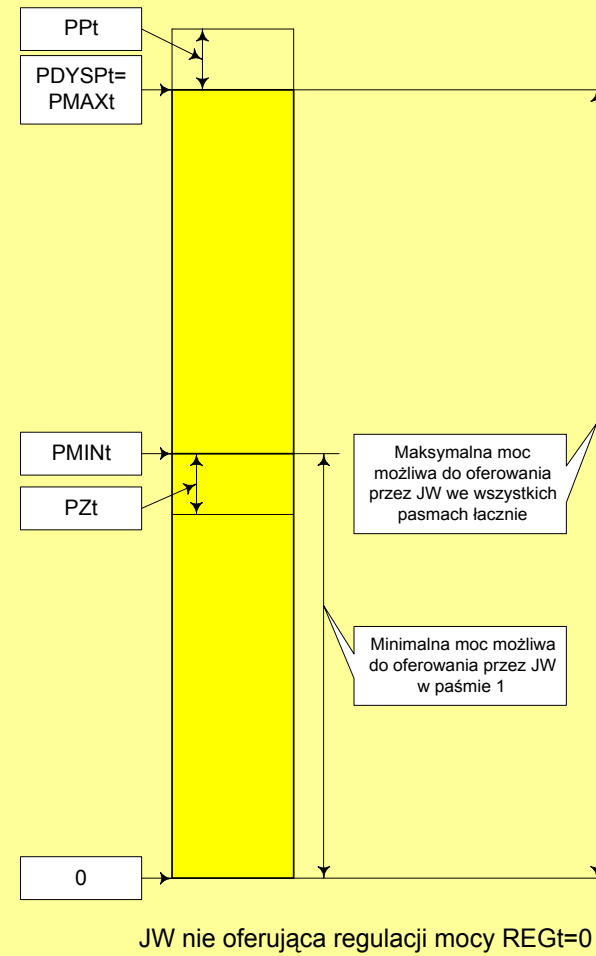
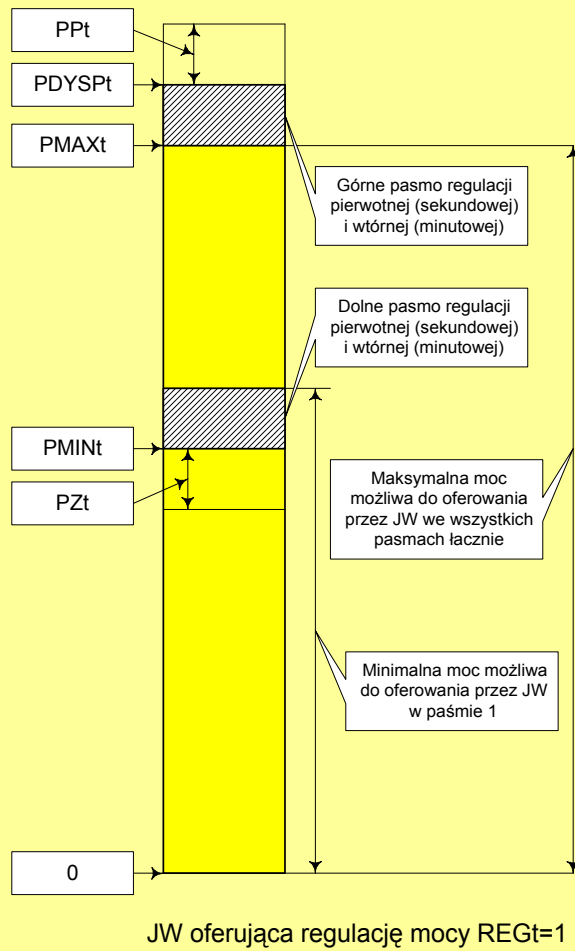
Regulacje pierwotna i wtórna





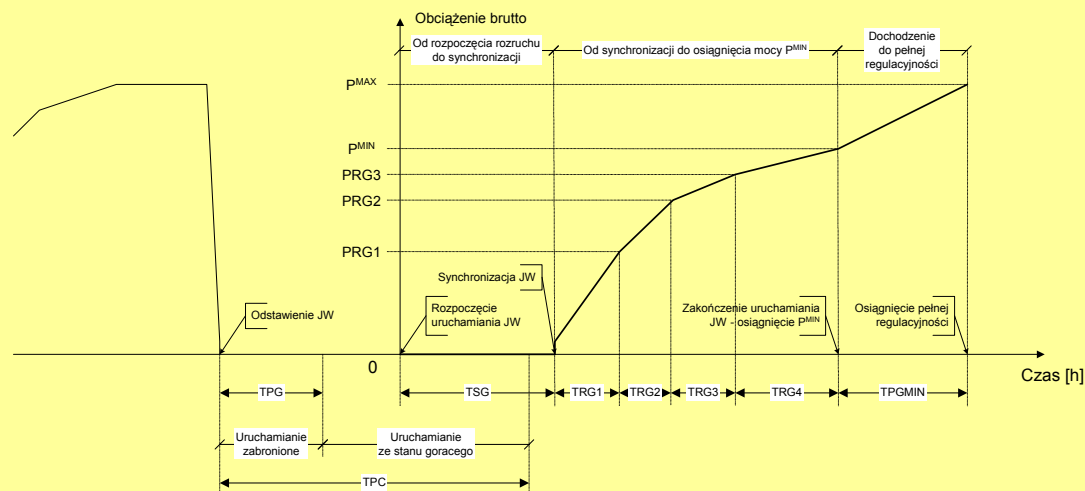
Zakresy pracy
jednostki
wytwórczej przy
regulacji wtórnej
i pierwotnej

Moce oferowane przez jednostki wytwórcze

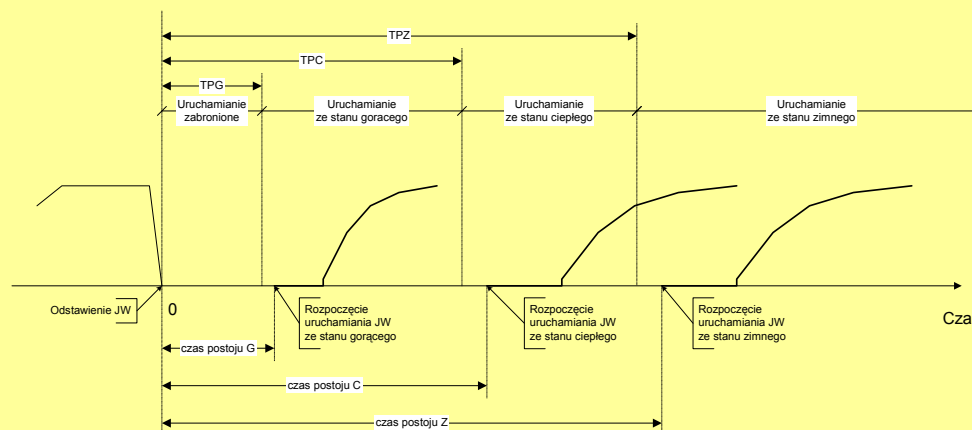


Zależności między poszczególnymi wielkościami mocy zgłaszanymi

Charakterystyki rozruchów



Przykład charakterystyki rozruchowej



Wybór charakterystyk rozruchowej JW w zależności od czasu postoju

Podział USE na pasma oferty

- Jednym z trudniejszych zadań jest podział USE na pasma oferty.
- Oferta ma 10 pasm: redukcyjnych i przyrostowych.
- Wszystkie USE muszą być przydzielone do pasm redukcyjnych.

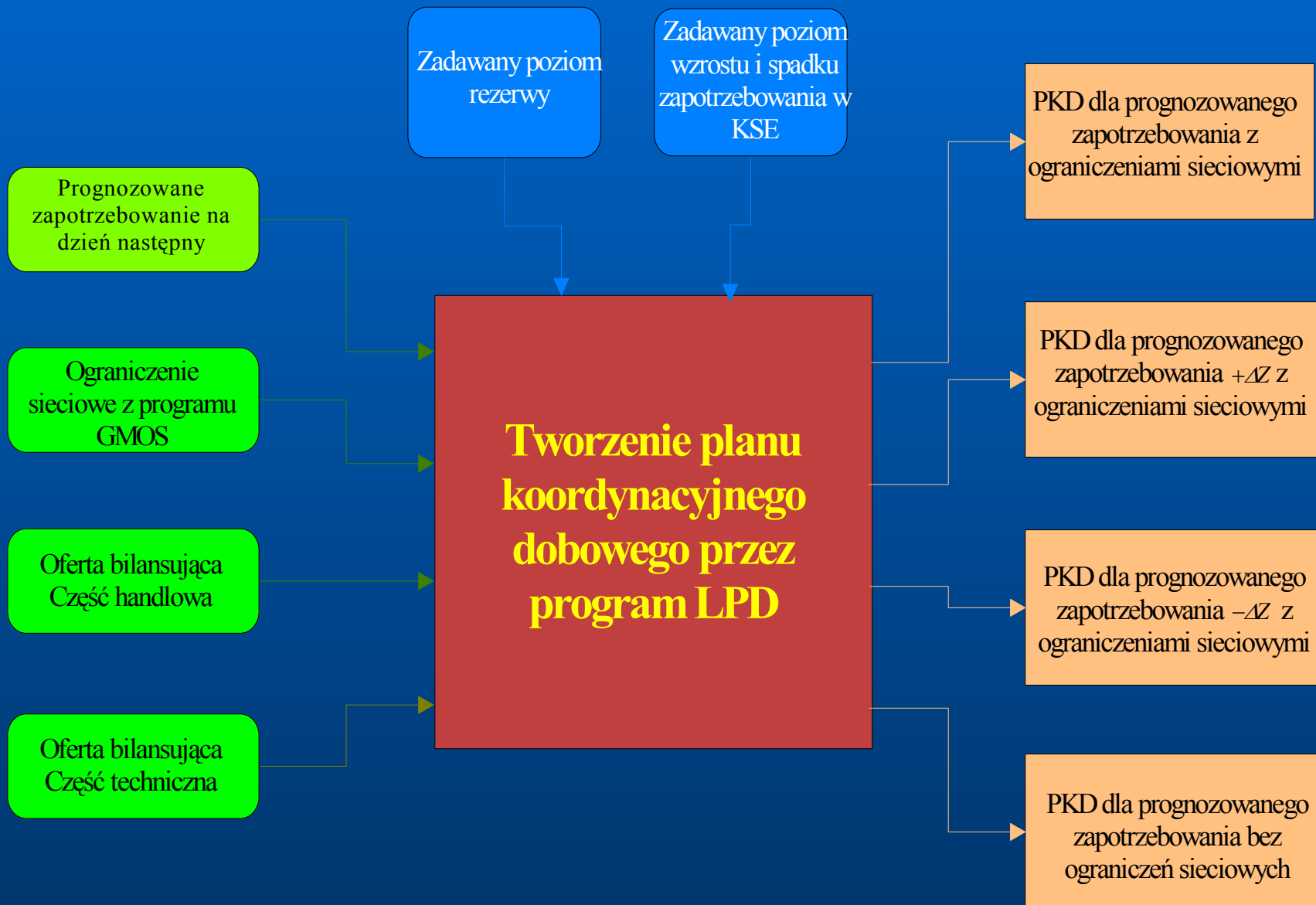
Stosowane strategie przydziału pasm

Najczęściej stosuje się strategie:

- **Agregacja do pasma pierwszego,**
- **Podział proporcjonalny jeżeli**
 $E_{use} - ep1 < 0.5(p_{dys} - p_{min}) * 1h,$
- **Podziały nieliniowe oparte na**
zdefiniowanych profilach cen i energii.

Umowy sprzedaży i oferta bilansująca

<div>Maksymalna moc obciążenia = 470 MW</div>	<div>Pozycja kontraktowa JG_{w3} = 390 MWh</div>	Pozostało - 80 MWh	P 9 - 10 / 162 zł / MWh		Pasma przyrostowe	
			P 8 - 10 / 152 zł / MWh			
			P 7 - 10 / 142 zł / MWh			
			P 6 - 10 / 132 zł / MWh			
			P 5 - 20 / 122 zł / MWh			
			P 4 - 40 / 112 zł / MWh			
		Giełda = 70 MWh		P 3 - R 40 MWh - 97 zł/MWh		Pasma redukcyjne - suma energii = 390 MWh
				P 2 - R 50 MWh - 87 zł/MWh		
				P 1 - R 300 MWh - 77 zł/MWh		
JG _{O5} = 50 MWh						
JG _{O4} = 100 MWh						
JG _{O2} = 80 MWh						
JG _{O1} = 90 MWh						
Umowy sprzedaży energii			Oferty bilansujące			



Funkcja celu

$$f_{celu} = \min \left\{ \sum_{h=1}^{Hk} \sum_{i=1}^{N_o} \left[\sum_{k=m+1}^{10} c_{h,i,k}^P * E_{h,i,k} - \sum_{j=1}^m (E_{h,i,j}^{OR} - E_{h,i,j}) * c_{h,i,j}^R + ER_{h,i}^Z * (C_{h,i}^{ONZ} + 3) + ER_{h,i}^C * (C_{h,i}^{ONZ} + 2) + ER_{h,i}^G * (C_{h,i}^{ONZ} + 1) \right] \right\} \quad (1)$$

gdzie: $E_{h,i,k}$ - zaakceptowana do produkcji energia w paśmie przyrostowym k oferty JG_W - JWCD i w godzinie h ; $E_{h,i,j}^{OR}$ - energia zgłoszona w paśmie redukcyjnym j JG_W - JWCD i w godzinie h ; $E_{h,i,j}$ - zaakceptowana do produkcji energia z pasma redukcyjnego j oferty JG_W - JWCD i w godzinie h ; $ER_{h,i}^Z$ - energia wprowadzana do systemu w czasie rozruchu ‘zimnego’ JWCD i w godzinie h ; $ER_{h,i}^C$ - energia wprowadzana do systemu w czasie rozruchu ‘ciepłego’ JWCD i w godzinie h ; $ER_{h,i}^G$ - energia wprowadzana do systemu w czasie rozruchu ‘gorącego’ JWCD i w godzinie h ; $C_{h,i}^{ONZ}$ - cena energii ostatniego deklarowanego pasma JWCD i w godzinie h ; $c_{h,i,k}^P$ - cena energii w paśmie przyrostowym k JG_W - JWCD i w godzinie h ; $c_{h,i,j}^R$ - cena energii w paśmie redukcyjnym j JG_W - JWCD i w godzinie h ; m - liczba zadeklarowanych pasm redukcyjnych JG_W - JWCD i ; N - liczba JG_W - JWCD składających oferty; Hk - horyzont optymalizacji (liczba godzin objętych optymalizacją).

Zadania dla LPD

- Dzięki odpowiedniej konstrukcji funkcji celu algorytm rozdziału obciążeń, tworzący Plan Koordynacyjny Dobowy dokonuje:
- dodatkowych zakupów energii elektrycznej, kiedy suma energii w zgłoszonych USE na dany podstawowy okres handlowy jest mniejsza od planowanego zapotrzebowania;
- realizacji tylko części zgłoszonych USE (redukcja), kiedy suma energii w zgłoszonych USE na dany podstawowy okres handlowy jest większa od planowanego zapotrzebowania (przekontraktowanie);
- optymalizacji produkcji energii elektrycznej, jeżeli niektóre ceny redukcyjne Ofert Bilansujących zawierają wyższe ceny proponowane przez JG_W za przejęcie zobowiązań kontraktowych przez OSP niż ceny przyrostowe innych JG_W .

Ograniczenie techniczne

Ograniczenie zapisywane są w siedmiu kategoriach:

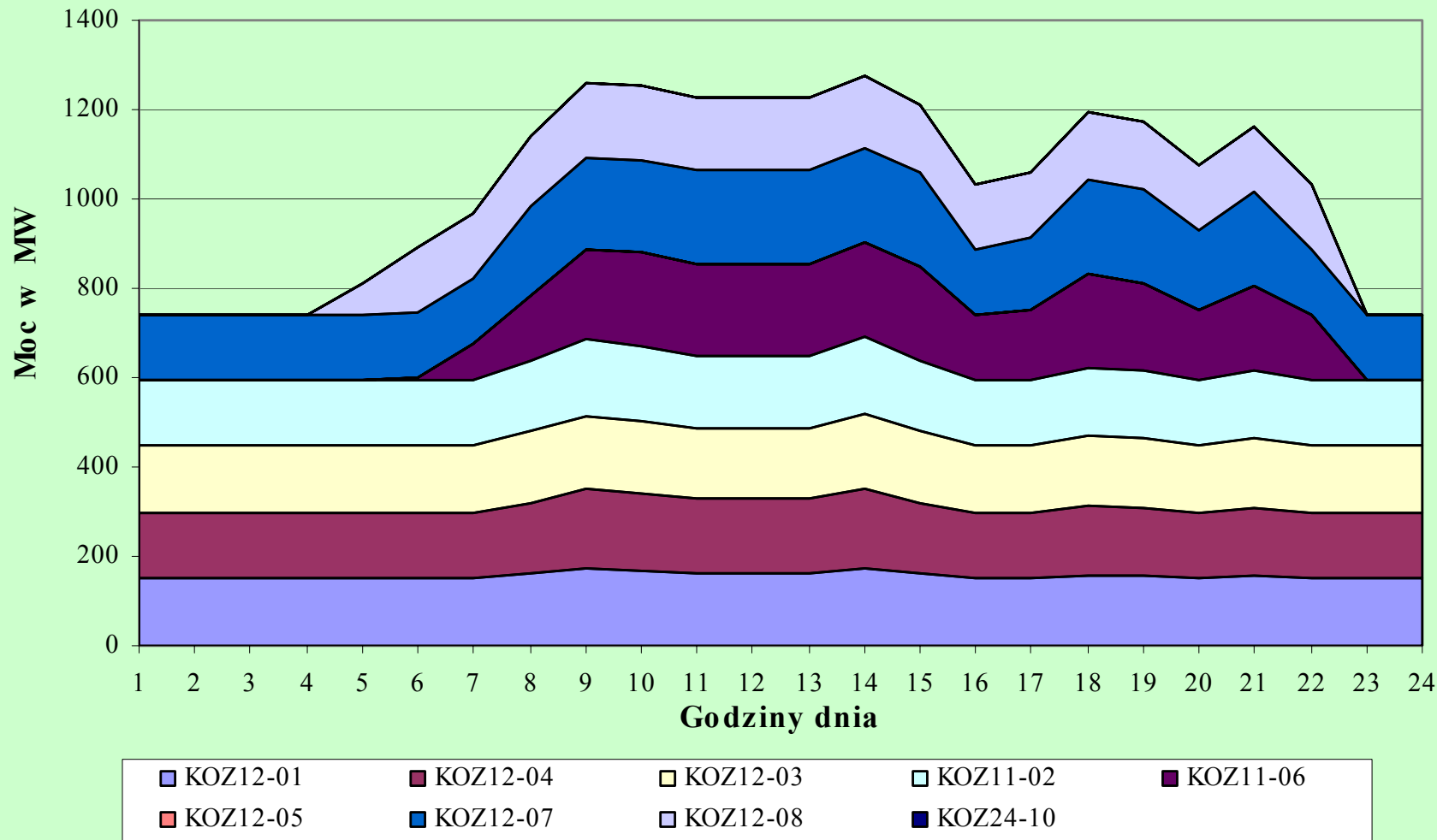
- ***MaxP*** – maksymalna moc wprowadzana lub odbierana z węzła
- ***MinP*** – minimalna moc wprowadzana lub odbierana z węzła
- ***MaxJ*** – maksymalna liczba JW. pracująca w węźle
- ***MinJ*** – *minimalna* liczba JW. pracująca w węźle
- ***MaxSt*** – maksymalna liczba JW. w rozruchu w danym węźle w tym samym czasie
- ***MaxUp*** – maksymalny przyrost mocy w węźle
- ***MaxDown*** – maksymalna wielkość zmniejszenia mocy w węźle

Przykład zapisu z GMOS

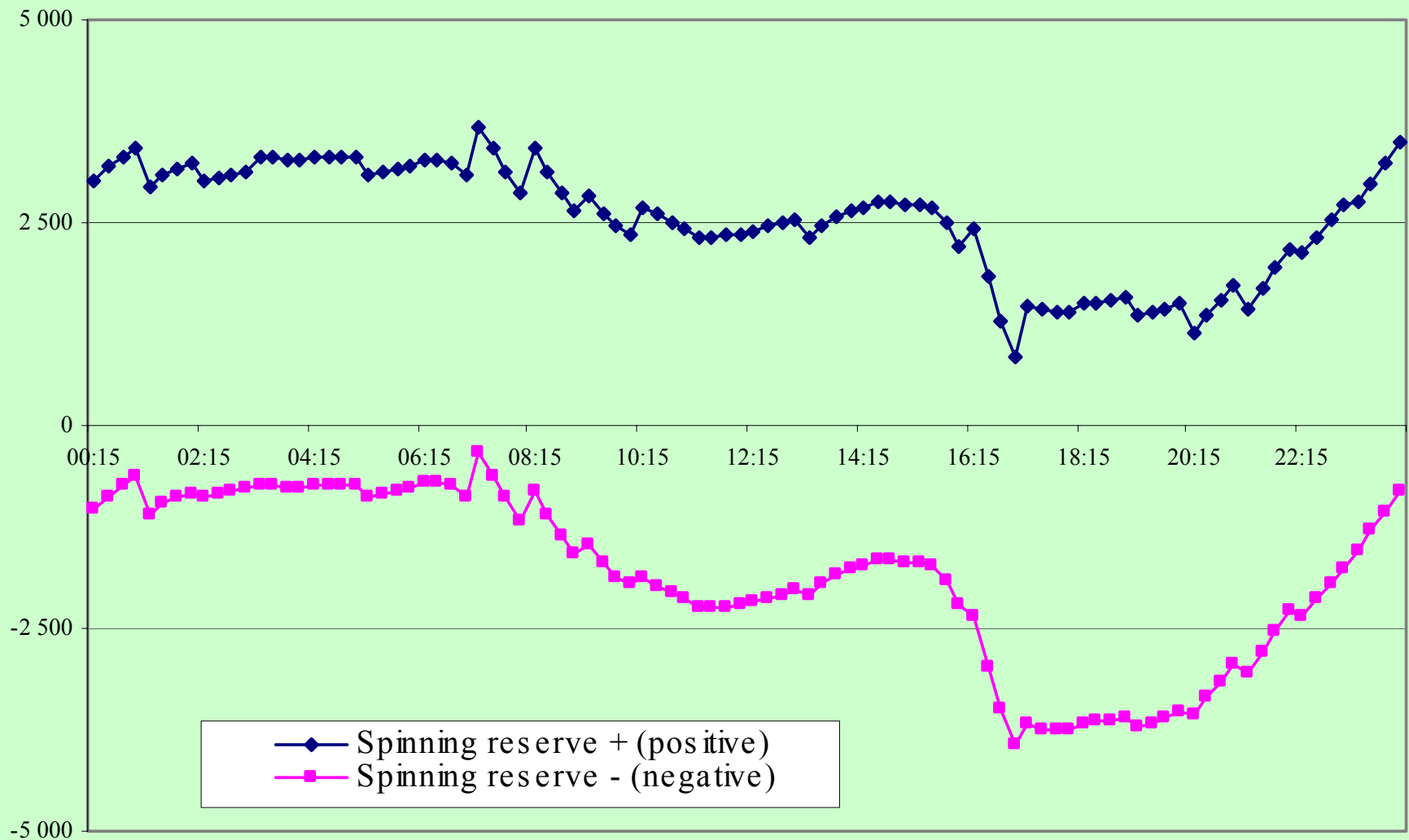
```
OGR SMAXJ:POL# 5
[POL 4-05] J 1
[POL 4-06] J 1
[POL 4-07] J 1
[POL 4-08] J 1
LE 3
START 1 END 24
OGR SMAXJ:TUR
[TUR 2-02] J 1
[TUR 2-03] J 1
[TUR 2-04] J 1
[TUR 2-05] J 1
[TUR 2-06] J 1
[TUR 2-07] J 1
[TUR 2-08] J 1
[TUR 2-09] J 1
LE 7
START 8 END 20
```

Przykład rozdziału obciążeń

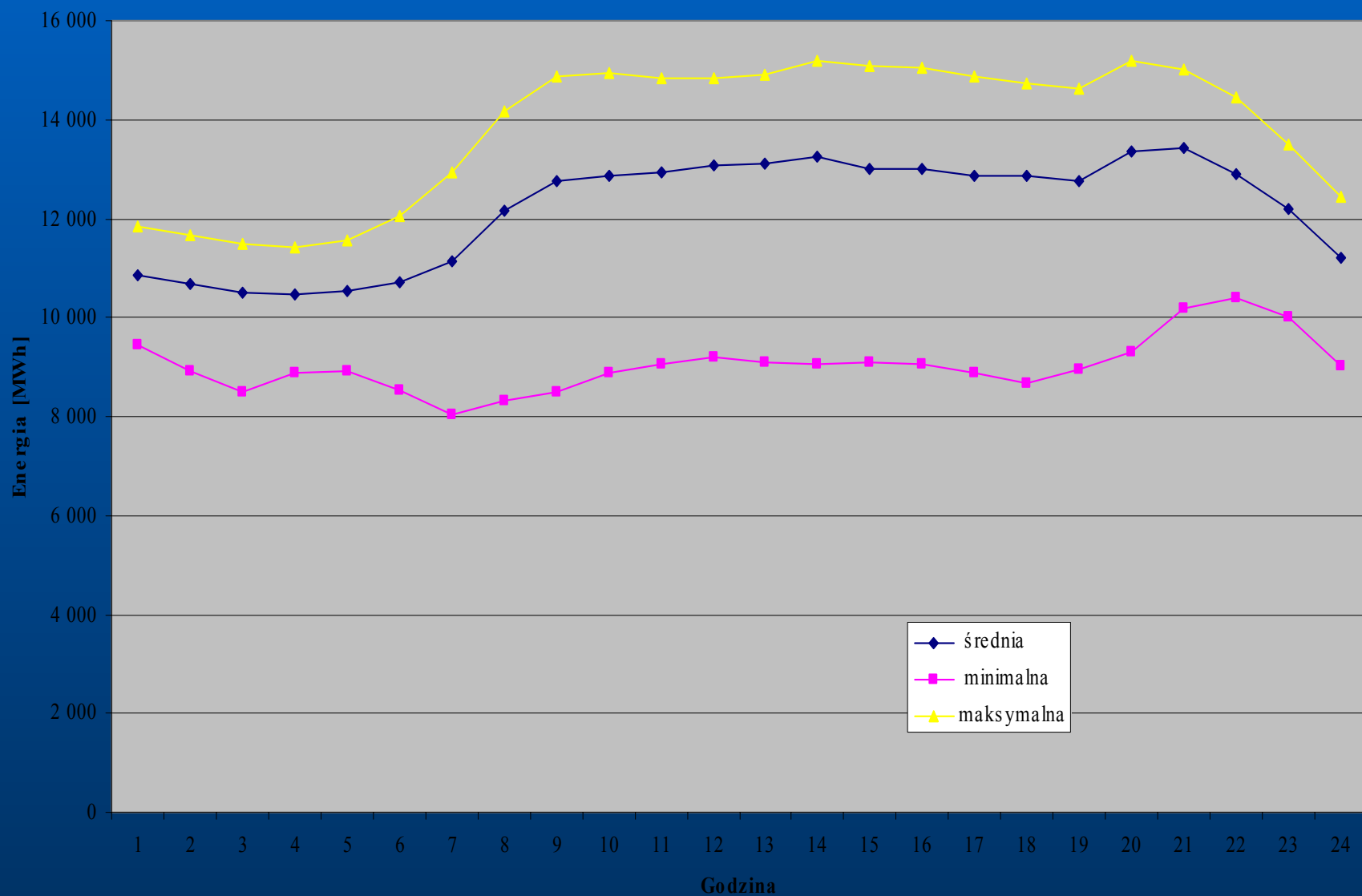
Przykład rozdziału obciążeń dla elektrowni Kozienice



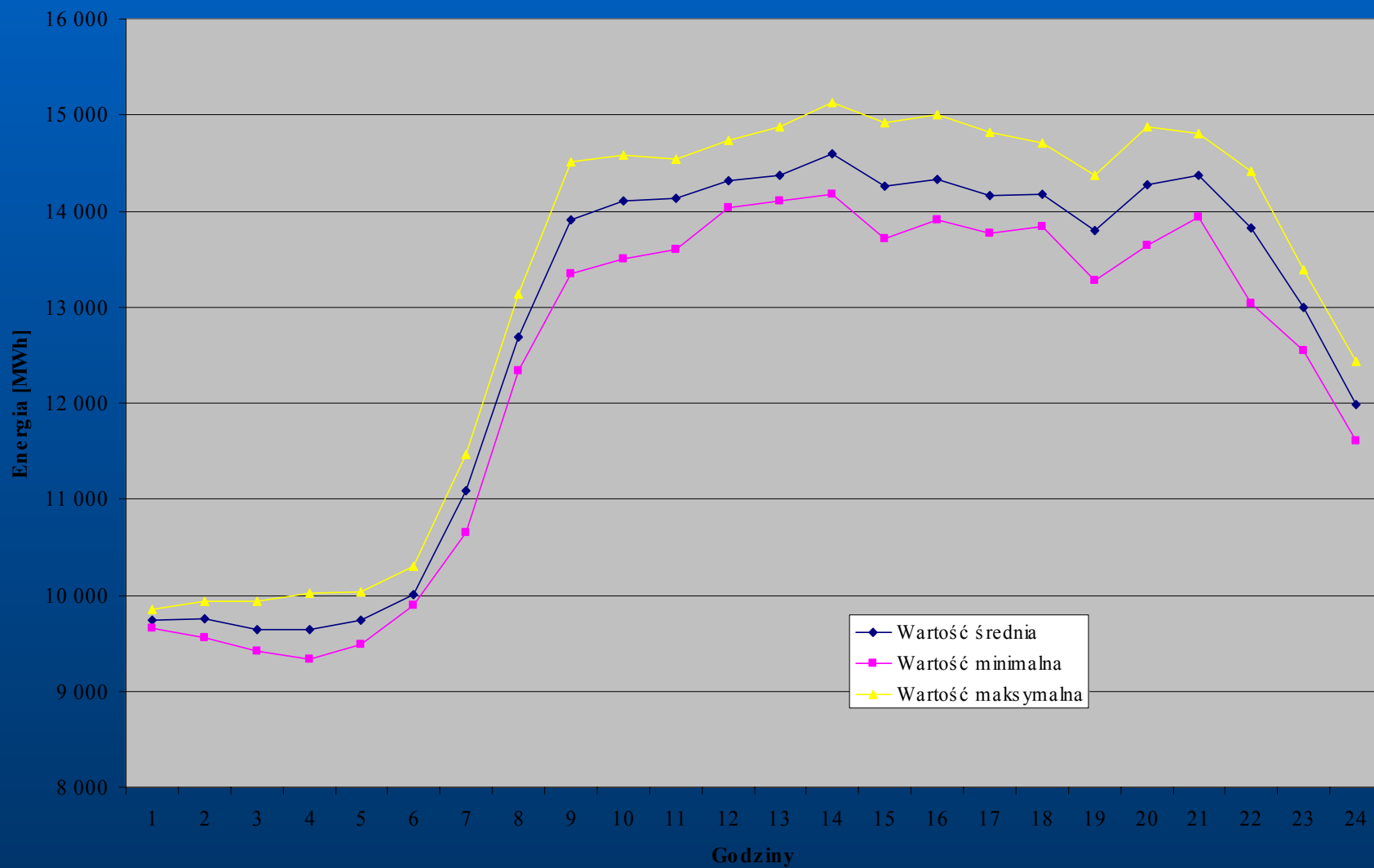
Wielkość rezerwy wirującej



Zapotrzebowanie dla JWCD w godzinach - wrzesień



Zapotrzebowanie dla JWCD -wartość średnia-wrzesień, poniedziałek



Plik zapotrzebowania

#	DATA	GODZ	ZJWCD	PRSD	PRSG			
#								
10-10-2001		1		10546		0.0		600.0
10-10-2001		2		10594		0.0		600.0
10-10-2001		3		10648		0.0		600.0
10-10-2001		4		10694		0.0		600.0
10-10-2001		5		10811		0.0		600.0
10-10-2001		6		11306		0.0		600.0
10-10-2001		7		12260		0.0		600.0
10-10-2001		8		13191		0.0		600.0
10-10-2001		9		13802		0.0		600.0
10-10-2001		10		13714		0.0		600.0
10-10-2001		11		13465		0.0		600.0
10-10-2001		12		13312		0.0		600.0
10-10-2001		13		13284		0.0		600.0
10-10-2001		14		13544		0.0		600.0
10-10-2001		15		13326		0.0		600.0
10-10-2001		16		13286		0.0		600.0
10-10-2001		17		12719		0.0		600.0
10-10-2001		18		12714		0.0		600.0
10-10-2001		19		13594		0.0		600.0
10-10-2001		20		14036		0.0		600.0
10-10-2001		21		13763		0.0		600.0
10-10-2001		22		13550		0.0		600.0
10-10-2001		23		11938		0.0		600.0
10-10-2001		24		11168		0.0		600.0

Przykład PKD

[illegible]

(Plik wygenerowany dnia XXXXXXXX o godzinie YYYYYYYYYY)

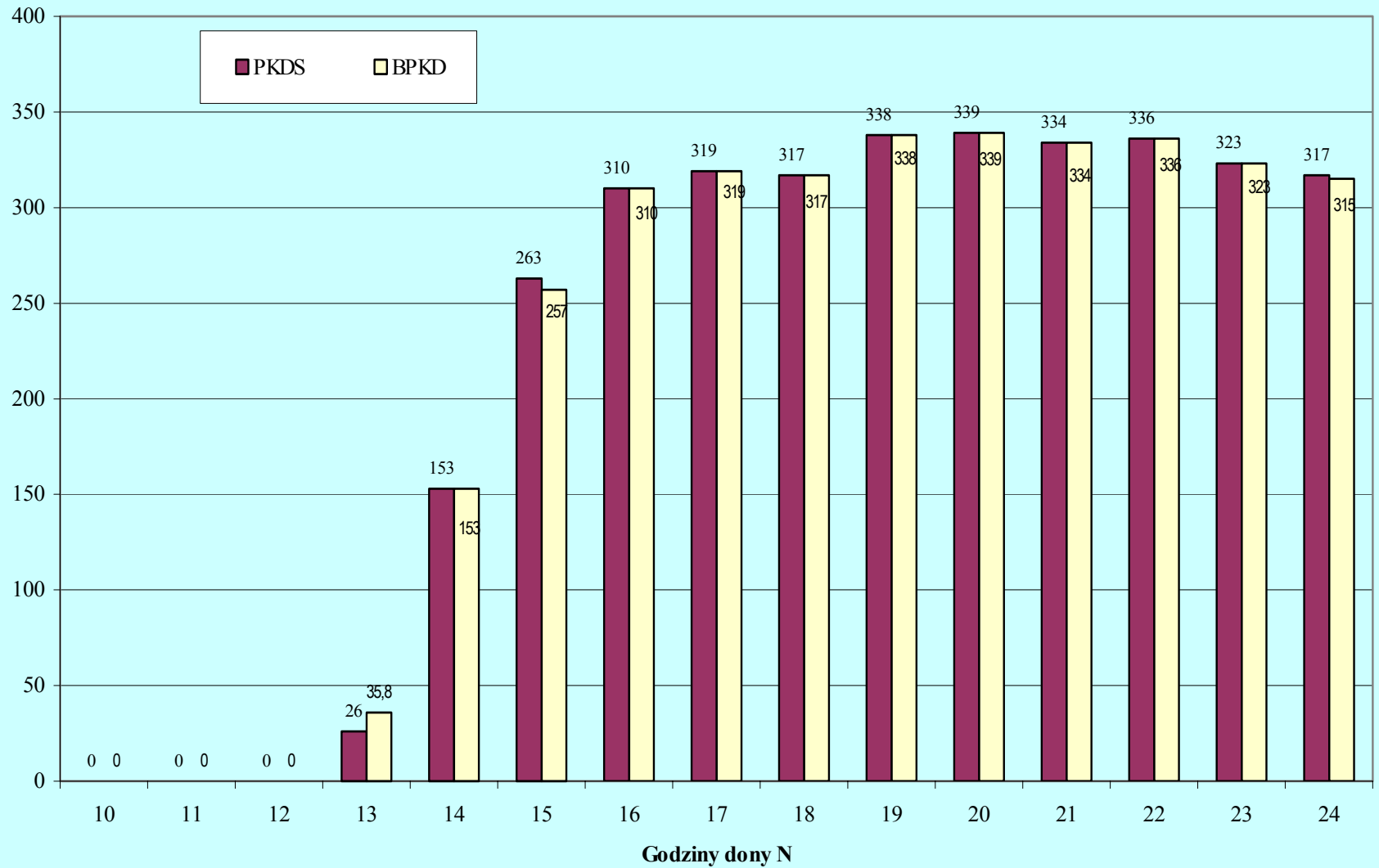
```
# OPCJE LPD:
# Minimalne czasy postoj u:          TAK
# Minimalne czasy pracy:              TAK
# Obciazanie i odciazanie jednostek: TAK
# Ograniczenia z GLOS'a:             TAK
# Rozruchy:                          TAK
# Rezerwa systemowa:                  TAK
```

[illegible][illegible][illegible][illegible]

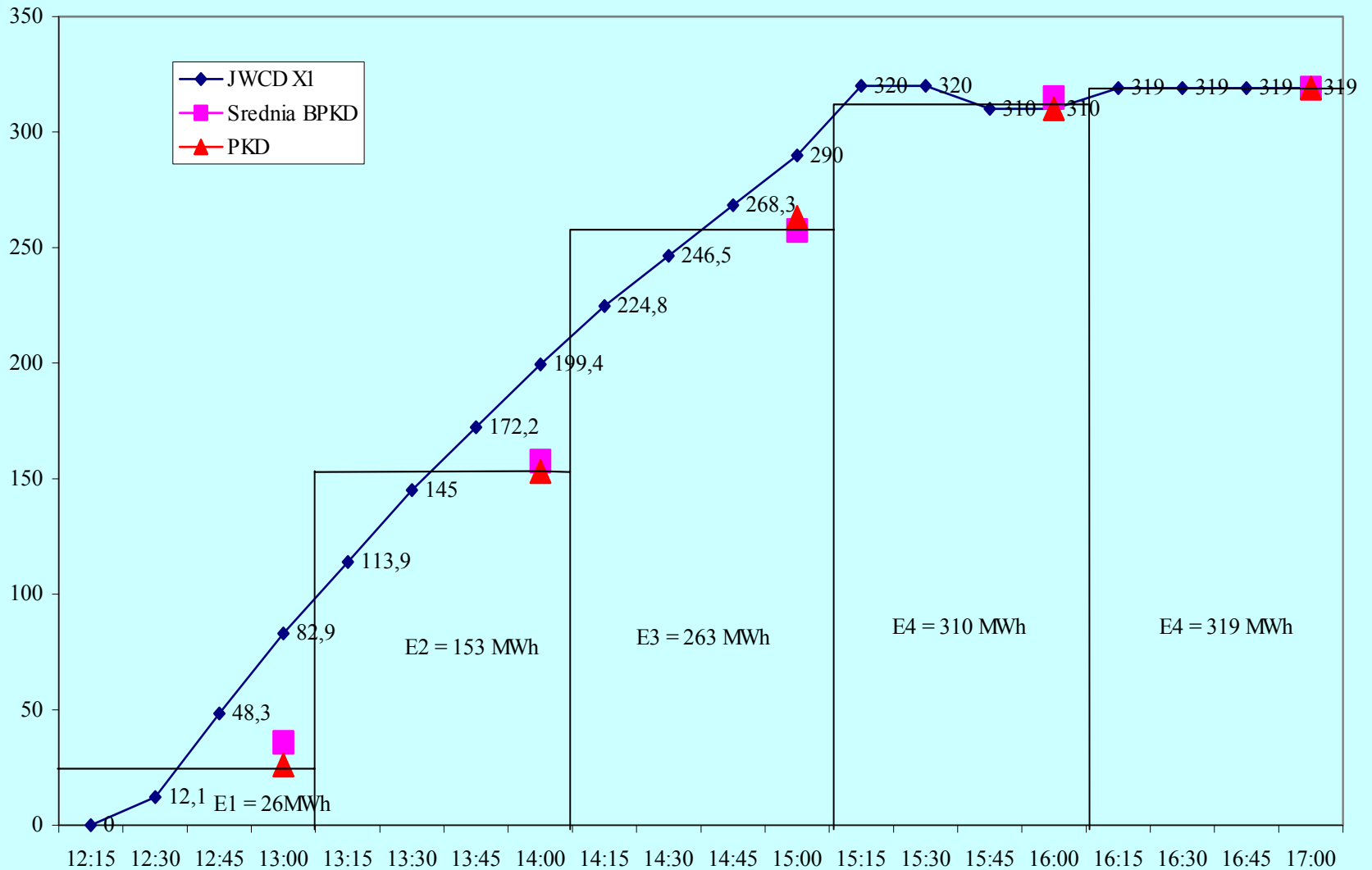
Zasady ogólne tworzenia BPKD

- Bieżący Plan Koordynacyjny Dobowy (BPKD) jest tworzony na podstawie Planu Koordynacyjnego Dobowego (PKD).
- BPKD jest tworzony dla potrzeb prowadzenia ruchu w okresach 15 minutowych.
- Różnice pomiędzy PKD i BPKD wynikają ze zmiany stanu systemu (zapotrzebowanie) i stanu pracy jednostek wytwórczych.
- Pierwsza wersja BPKD jest tworzona bezpośrednio na podstawie PKD poprzez rozłożenie godzinnych wartości na 15 minutowe.
- Następna wersja BPKD zawiera aktualizację i korektę ekspercką wynikającą np. z warunków sieciowych.
- Kolejne aktualizacje BPKD są dokonywane przez dyspozytorów KDM aby uwzględnić zmieniające się warunki.

Obciążenie JW w PKD i BPKD



Rozruch w BPKD i PKD



Podsumowanie PKD i BPKD

- Plan PKD jest tworzony w oparciu o oferty bilansujące i informacje o ograniczeniach technicznych.
- Tworzonych jest kilka planów PKD z których najważniejszy jest PKD z ograniczeniami - inne plany służą do wspomagania prowadzenia ruchu.
- Na podstawie PKD jest tworzone BPKD
- BPKD jest rozłożeniem energii godzinnych na energie 15 minutowe
- W BPKD dokonuje się aktualizacji ze względu na zdarzenia ruchowe.