
Rezerwa operacyjna

Materiał szkoleniowy

Etap II reformy rynku bilansującego, nowe Warunki Dotyczące Bilansowania (WDB)

Sierpień 2024 roku

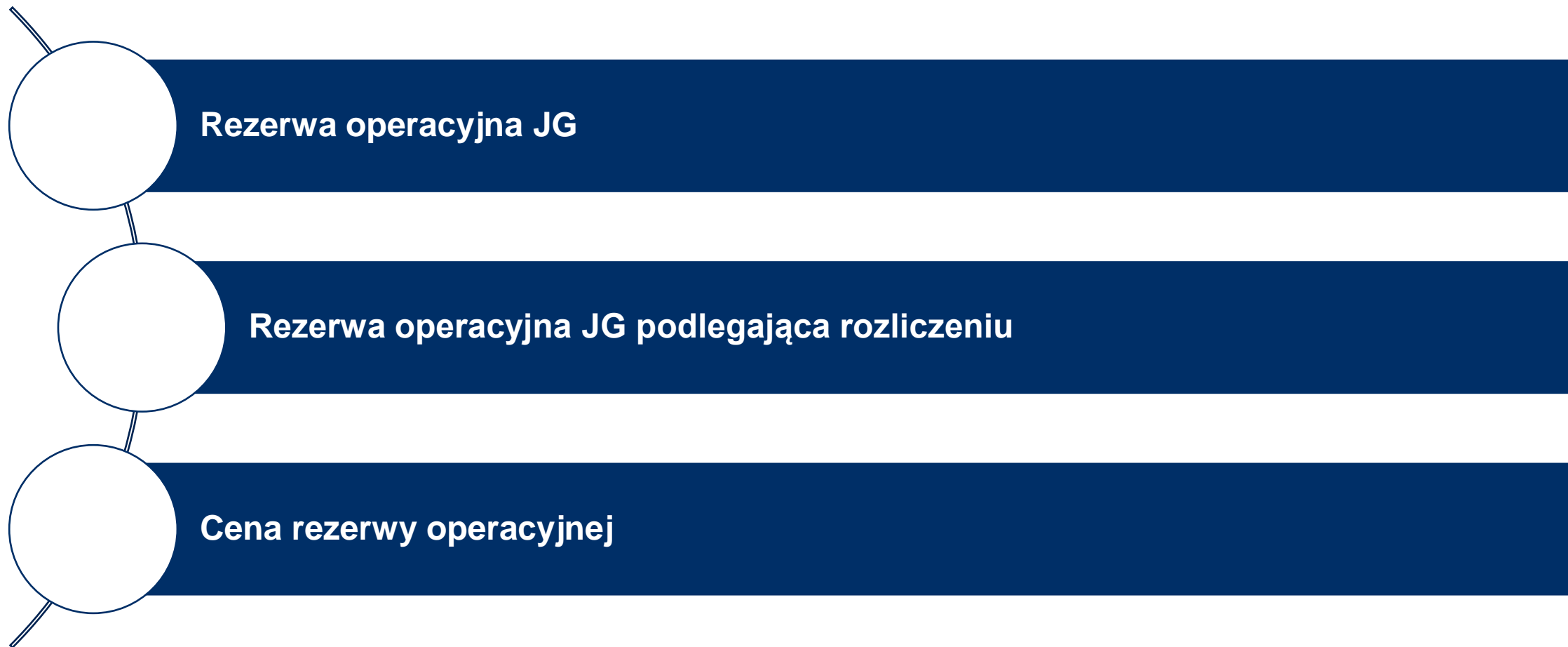
www.pse.pl

| Nota prawna

Materiał szkoleniowy został przygotowany przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. i dotyczy wybranych rozwiązań zawartych w Warunkach Dotyczących Bilansowania z dn. 14 września 2023 r. Jest formą skróconą i nie zawiera wszystkich informacji w nich zawartych. W przypadku rozbieżności pomiędzy niniejszym opracowaniem a Warunkami Dotyczącymi Bilansowania nadrzędne są zapisy Warunków Dotyczących Bilansowania.

Materiał szkoleniowy stanowi własność Polskich Sieci Elektroenergetycznych S.A. Kopiowanie i rozpowszechnianie niniejszego materiału w części lub w całości możliwe jest wyłącznie po uzyskaniu pisemnej zgody Spółki. Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. nie ponoszą odpowiedzialności za wykorzystanie informacji zawartych w niniejszym materiale oraz za możliwe konsekwencje jakichkolwiek działań podjętych w oparciu o dostarczone w nim informacje.

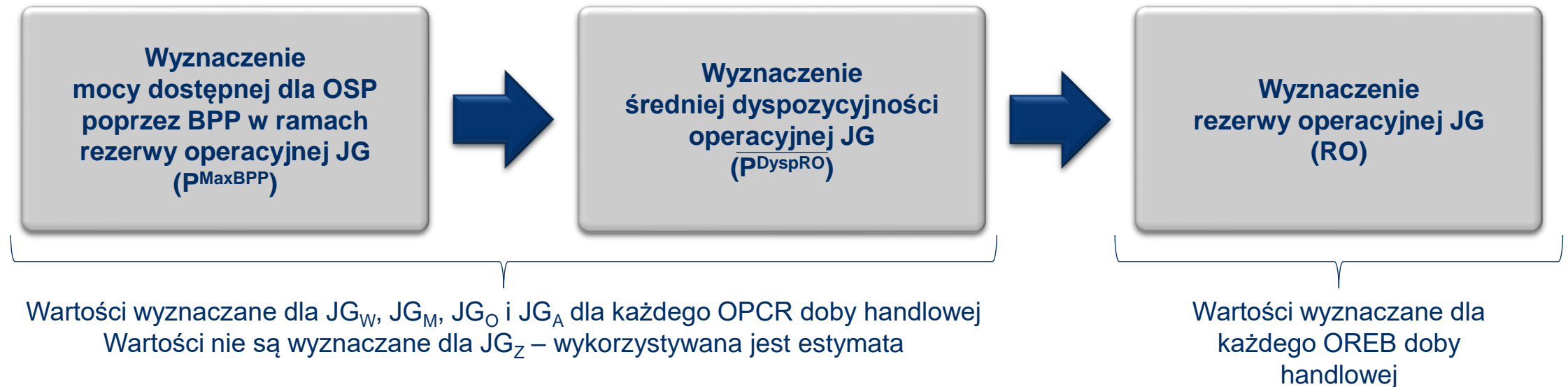
Zakres materiału szkoleniowego



Rezerwa operacyjna JG

- ⊕ **Rezerwa operacyjna** – rezerwa mocy możliwa do wykorzystania przez OSP jako dostawa energii elektrycznej do sieci lub zmniejszenie poboru energii z sieci przez aktywację oferty na energię bilansującą, dostępna z okresem przygotowawczym nie dłuższym niż 30 minut

Okres między wysłaniem polecenia przez OSP a rozpoczęciem rampowania



BPP – bieżący punkt pracy; **OPCR** – okres planowania czasu rzeczywistego (5 min); **OREB** – okres rozliczania energii bilansującej (15 min)

Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P^{MaxBPP})

Krok 1: Wskazanie OPCR spełniających następujące warunki

JG z ZAK = 1

ZWP = 1

JG_{W1} (TSZ > 30 min): stan JG równy R , U^G , U^C , U^Z lub U^D

JG_{W1} (TSZ ≤ 30 min): stan JG równy R oraz

- moc maksymalna dyspozycyjna równa 0 MW lub
- postój (R) jest wymuszony warunkami pracy sieci

JG_{M1}: stan JG równy R oraz

- moc maksymalna dyspozycyjna w kierunku generacji równa 0 MW lub
- dana JG_{M1} (w przypadku ESP dowolna JG_{M1} danej ESP) ma w danym OREB t lub OREB $t-2$, $t-1$ lub $t+1$ nominowany zakres mFRRd^D w kierunku poboru lub
- stan innej JG_{M1} danej ESP równy U^P lub P^P lub
- postój (R) jest wymuszony warunkami pracy sieci

JG z ZAK = 2 lub ZAK = 3

ZUB = N

Stany JG_{W1}: R – postój; $U^G/U^C/U^Z/U^D$ – uruchamianie ze stanu [gorącego/ciepłego/zimnego/według dodatkowej charakterystyki uruchamiania]; P – praca

Stany JG_{M1}: R – postój; U^G/U^P – uruchamianie do pracy w kierunku [generacji/poboru]; P^G/P^P – praca w kierunku [generacji/poboru]

BPP – bieżący punkt pracy; PPS – program pracy skorygowany;

ZAK – znacznik aktywności; ZWP – znacznik wymuszonej pracy; ZUB – znacznik usług bilansujących;

TSZ – czas od rozpoczęcia uruchamiania ze stanu zimnego do synchronizacji JG (parametr oferty technicznej)

Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P^{MaxBPP})

Krok 2: Wyznaczenie P^{MaxBPP} dla poszczególnych OPCR

Dla OPCR wskazanych w kroku 1: P^{MaxBPP} równe grafikowi obciążenia JG z PPS

Dla pozostałych OPCR: P^{MaxBPP} równe maksymalnej wartości BPP, która może być osiągnięta przez JG z uwzględnieniem

Grafiku obciążenia z PPS dla OPCR poprzedzającego dany okres i OPCR następującego po tym okresie

Nominowanych zakresów FCR^G , $aFRR^G$ i $mFRRd^G$ z PPS

Oferowanej mocy maksymalnej dyspozycyjnej JG (w kierunku generacji) albo oferowanej mocy minimalnej dyspozycyjnej JG (w kierunku poboru) uwzględnionej w PPS dla OPCR należących do danego okresu

Uwarunkowań technicznych danej JG

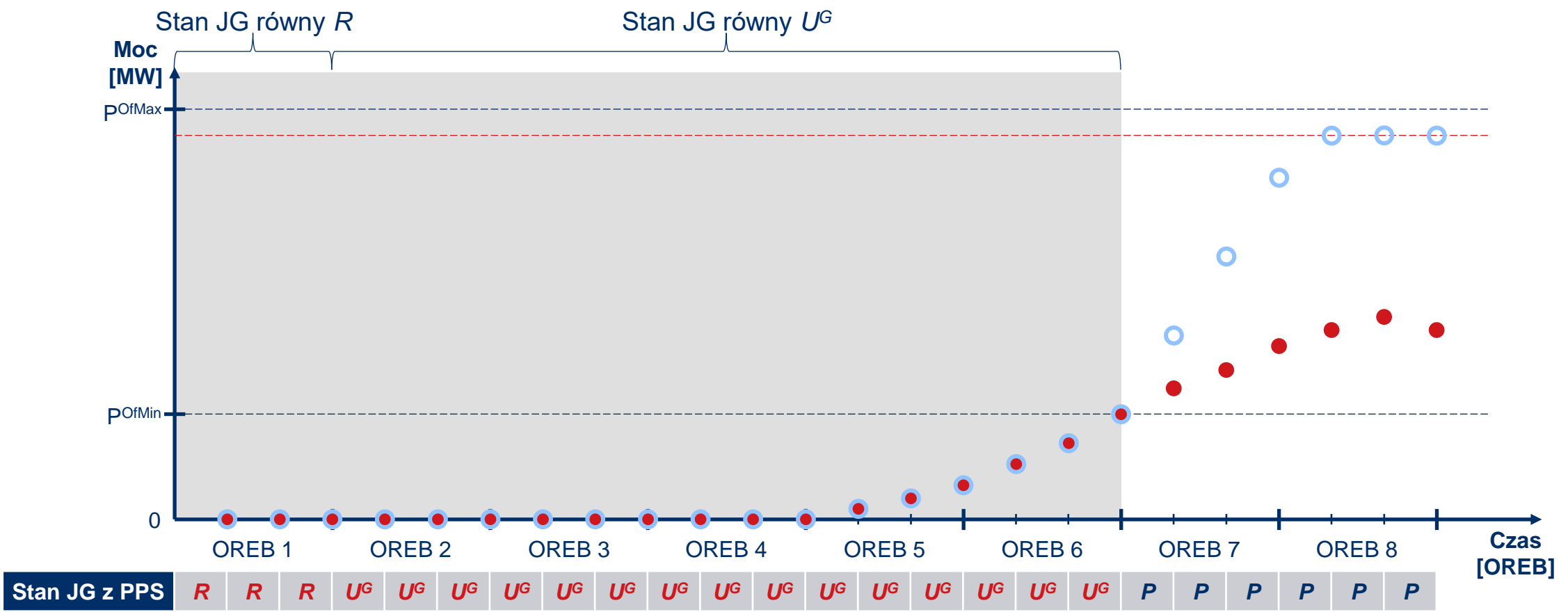
W przypadku JG_{M1} : Stanu magazynu OSP...

W przypadku JG_{M2} : Potencjału dostawy ...

Warunków pracy sieci

... dla OREB zawierających OPCR należące do danego okresu.
Potencjał dostawy niezależny dla każdego OREB.
Równy potencjałowi dostawy dla danego OREB w chwili jego rozpoczęcia.

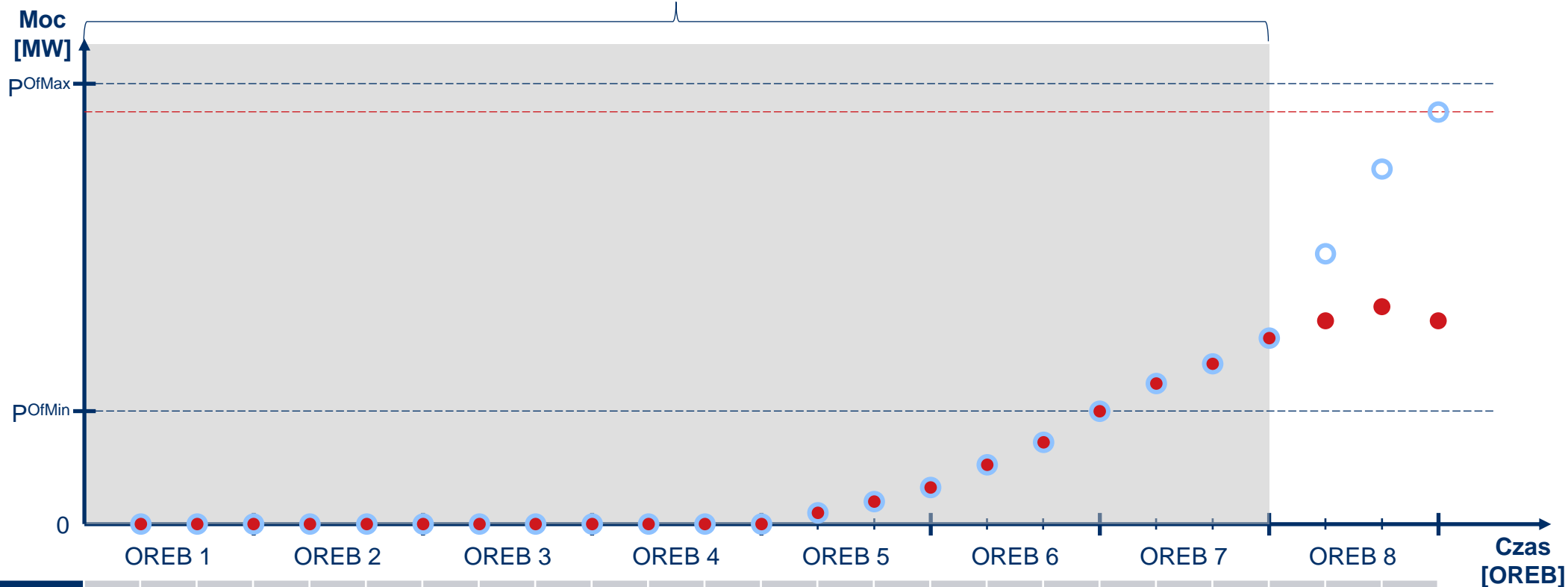
Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG



- Grafik obciążenia z PPS
- Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P^{MaxBPP})
- Maksymalna moc JG dostępna ze względu na jej dyspozycyjność i ograniczenia sieciowe
- █ OPCR wskazane w kroku 1

Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG

ZUB = N



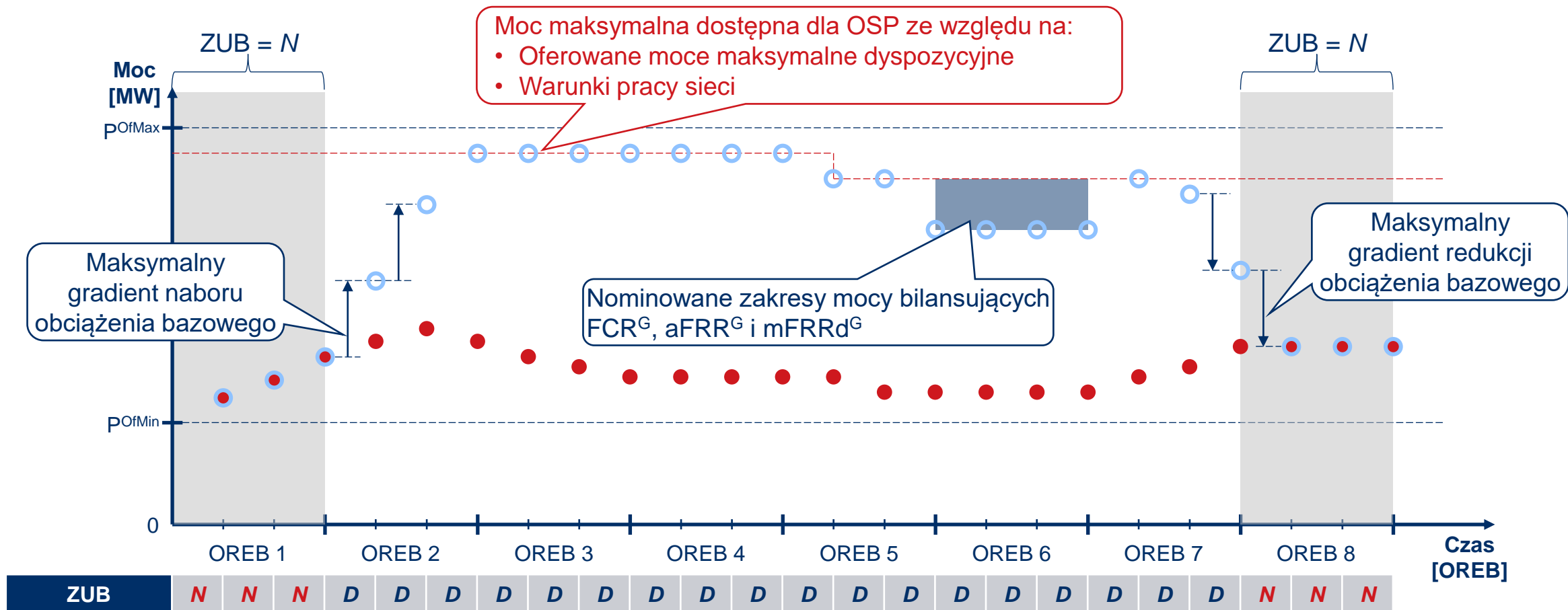
● Grafik obciążenia z PPS

----- Maksymalna moc JG dostępna ze względu na jej dyspozycyjność i ograniczenia sieciowe

○ Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P_{MaxBPP})

■ OPCR wskazane w kroku 1

Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG



● Grafik obciążenia z PPS

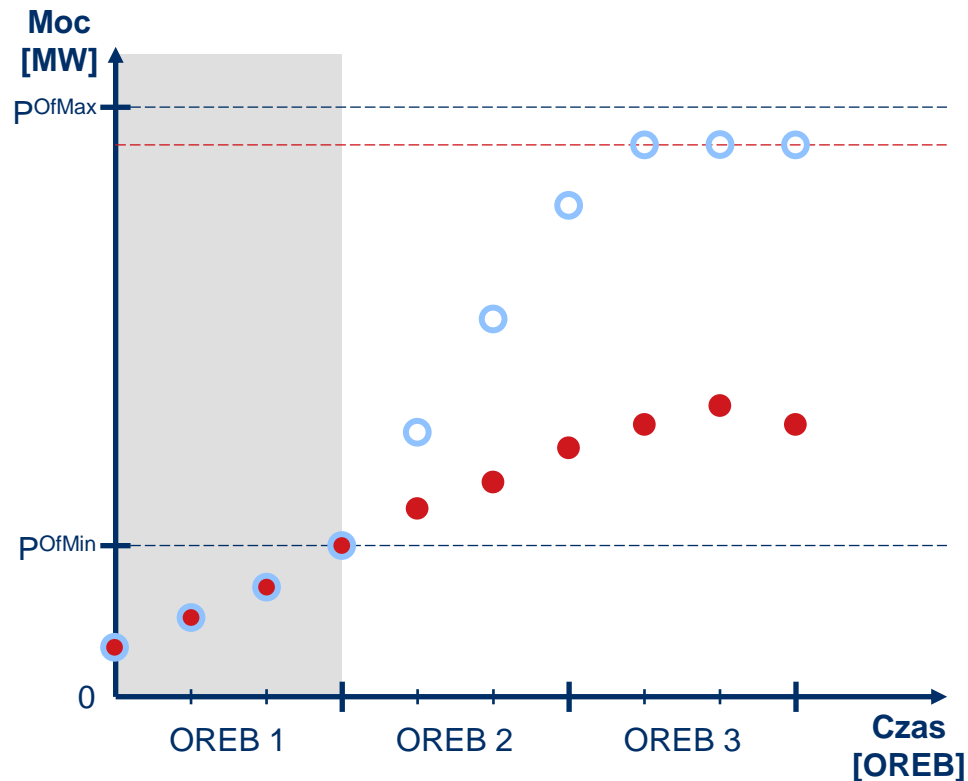
----- Maksymalna moc JG dostępna ze względu na jej dyspozycyjność i ograniczenia sieciowe

○ Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P_{MaxBPP})

█ OPCR wskazane w kroku 1

Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P^{MaxBPP})

W okresie roku od dnia wejścia w życie WDB wartości P^{MaxBPP} będą wyznaczone z rozdzielczością równą OREB
Wartości pośrednie w OPCR będą wyznaczone przy założeniu liniowej zmiany wartości pomiędzy OREB



● Grafik obciążenia z PPS

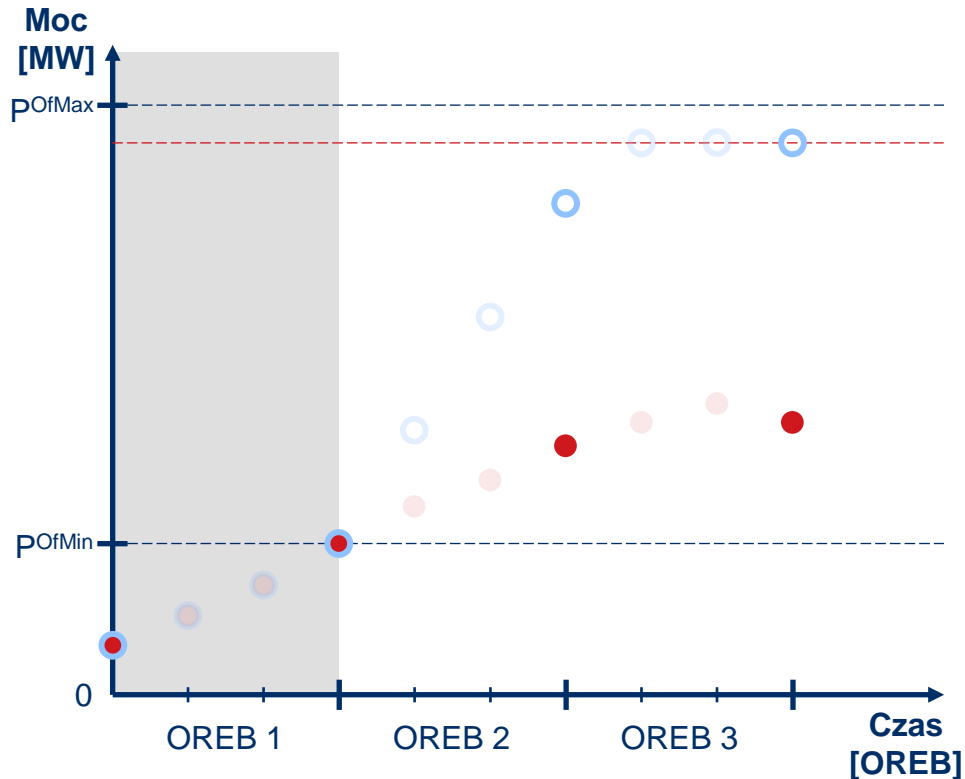
○ Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P^{MaxBPP})

----- Maksymalna moc JG dostępna ze względu na jej dyspozycyjność i ograniczenia sieciowe

■ OPCR wskazane w kroku 1

Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P^{MaxBPP})

W okresie roku od dnia wejścia w życie WDB wartości P^{MaxBPP} będą wyznaczone z rozdzielczością równą OREB
Wartości pośrednie w OPCR będą wyznaczone przy założeniu liniowej zmiany wartości pomiędzy OREB



● Grafik obciążenia z PPS

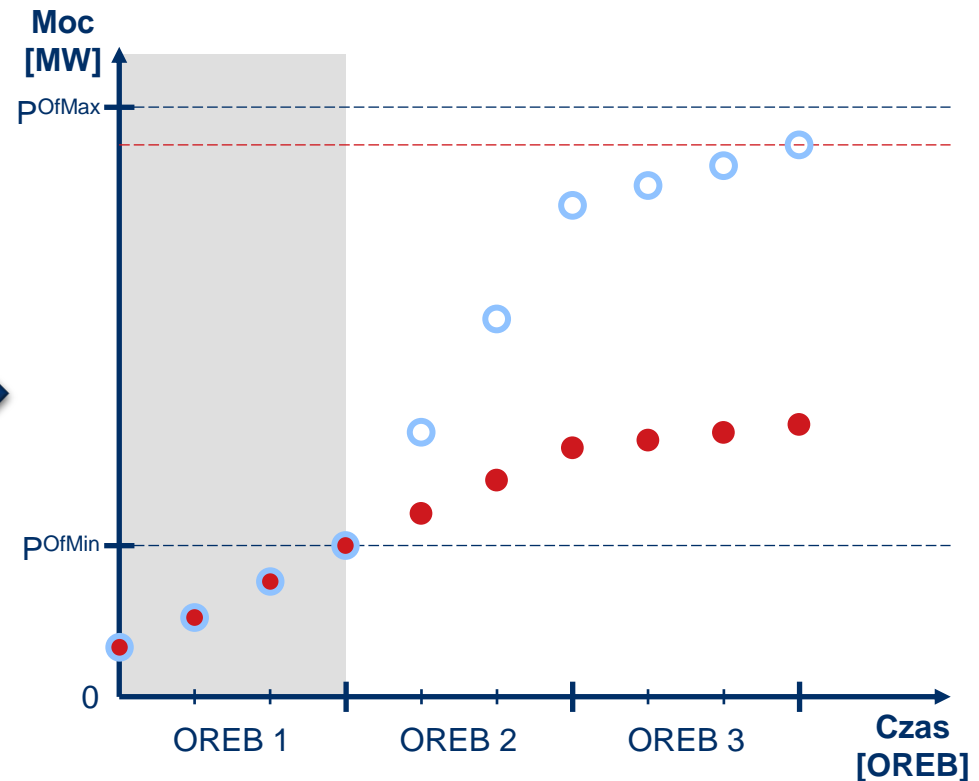
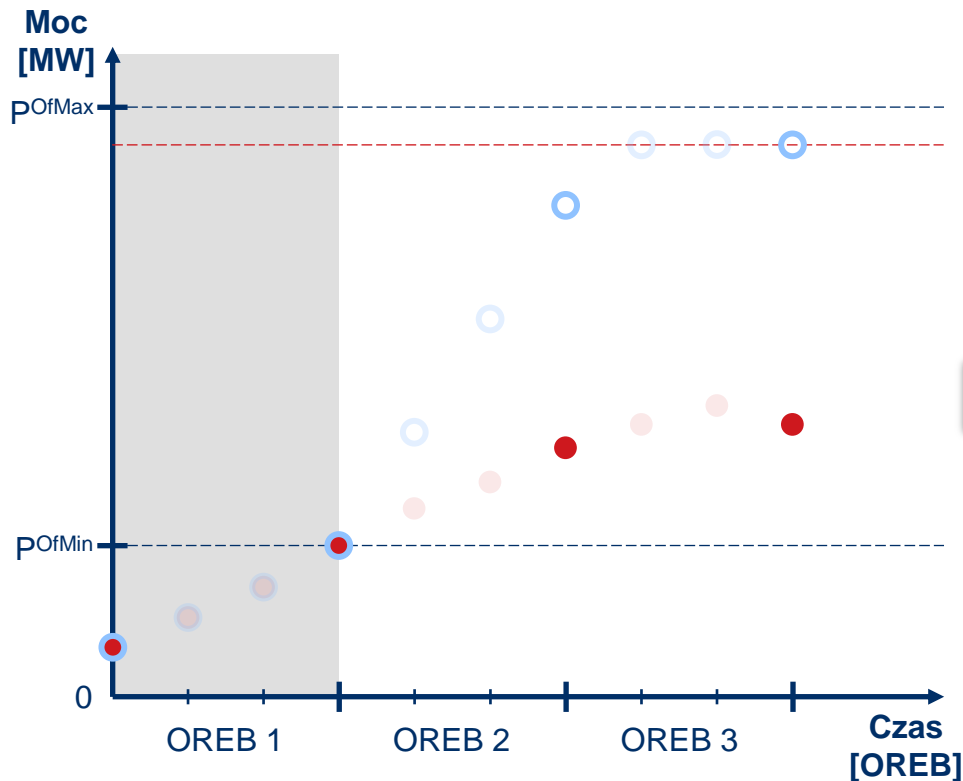
○ Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P^{MaxBPP})

----- Maksymalna moc JG dostępna ze względu na jej dyspozycyjność i ograniczenia sieciowe

■ OPCR wskazane w kroku 1

Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P^{MaxBPP})

W okresie roku od dnia wejścia w życie WDB wartości P^{MaxBPP} będą wyznaczone z rozdzielczością równą OREB
Wartości pośrednie w OPCR będą wyznaczone przy założeniu liniowej zmiany wartości pomiędzy OREB



● Grafik obciążenia z PPS

○ Moc dostępna dla OSP poprzez BPP w ramach rezerwy operacyjnej JG (P^{MaxBPP})

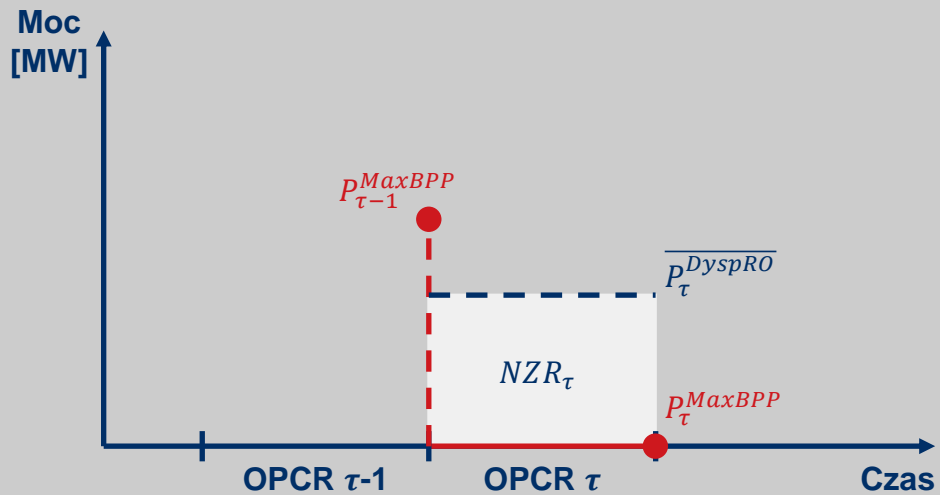
----- Maksymalna moc JG dostępna ze względu na jej dyspozycyjność i ograniczenia sieciowe

■ OPCR wskazane w kroku 1

Średnia dyspozycyjność operacyjna JG ($\overline{P^{DyspRO}}$)

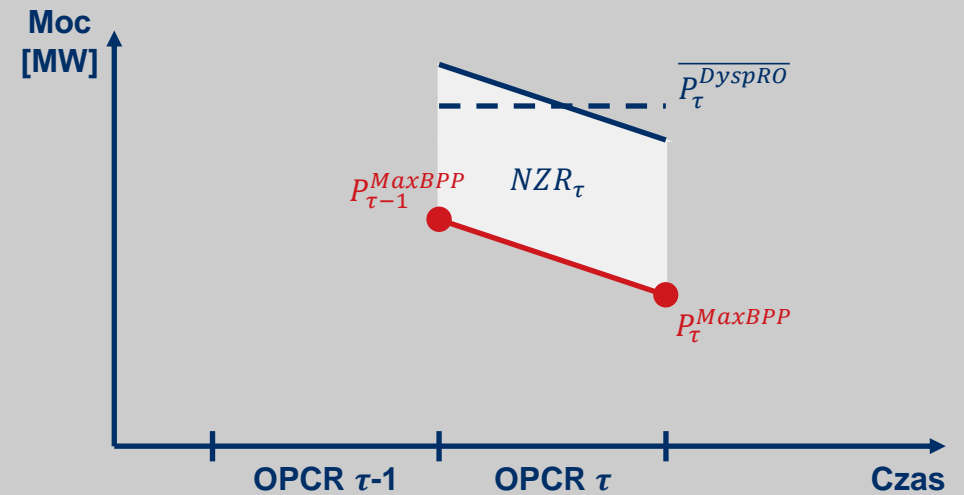
JG_{W1} i JG_{M1} , dla których $ZWP = 0$ oraz $P^{MaxBPP} = 0$

$\overline{P^{DyspRO}}$ jest równa zakresowi mocy JG wymaganemu do świadczenia nominowanych mocy bilansujących FCR^G , $aFRR^G$ i $mFRRd^G$ (NZR)



Pozostałe przypadki

$\overline{P^{DyspRO}}$ jest równa średniej wartości P^{MaxBPP} dla poprzedniego i danego OPCR powiększonej o zakres mocy JG wymagany do świadczenia nominowanych mocy bilansujących FCR^G , $aFRR^G$ i $mFRRd^G$ (NZR)



Rezerwa operacyjna JG

- ⊖ Rezerwa operacyjna JG określa jaka część **oferowanej mocy dyspozycyjnej JG** powyżej mocy odpowiadającej **rzeczywistemu poziomowi generacji lub poboru** była dostępna dla OSP (tj. jest objęta $\overline{P^{DyspRO}}$)
- ⊖ Rezerwa operacyjna JG wyznaczana jest dla poszczególnych OREB
- ⊖ Rezerwa operacyjna JG jest równa 0 MW w przypadku
 - ⊖ ZWP = 1 dla JG z ZAK = 1
 - ⊖ ZUB = N dla JG z ZAK = 2 lub ZAK = 3

Rezerwa operacyjna JG

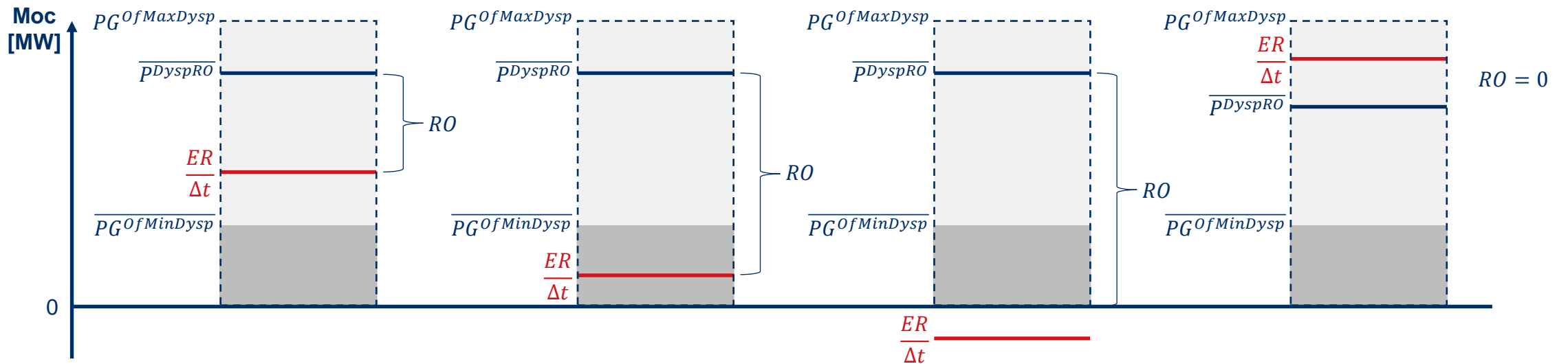
JG_{W1} : ZWP = 0 i TSZ \leq 30 min; JG_{M1} : ZWP = 0 i stan JG równy R, U^G albo P^G

Nieujemna wartość różnicy między:

- Średnią dyspozycyjnością operacyjną JG ($\overline{P^{DyspRO}}$), a
- Większą z wartości:
 - 0 MW
 - Średnią mocą odpowiadającą rzeczywistej generacji ($ER/\Delta t$)

$\overline{P^{DyspRO}}$ dla danego OREB jest równe średniej wartości $\overline{P^{DyspRO}}$ dla OPCR należących do tego OREB

Przykłady:



▭ Zakres mocy, który może zostać objęty rezerwą operacyjną ■ Zakres mocy poniżej oferowanej mocy minimalnej dyspozycyjnej w kierunku generacji ($\overline{P^{G\ Of\ Min\ Dysp}}$)

Rezerwa operacyjna JG

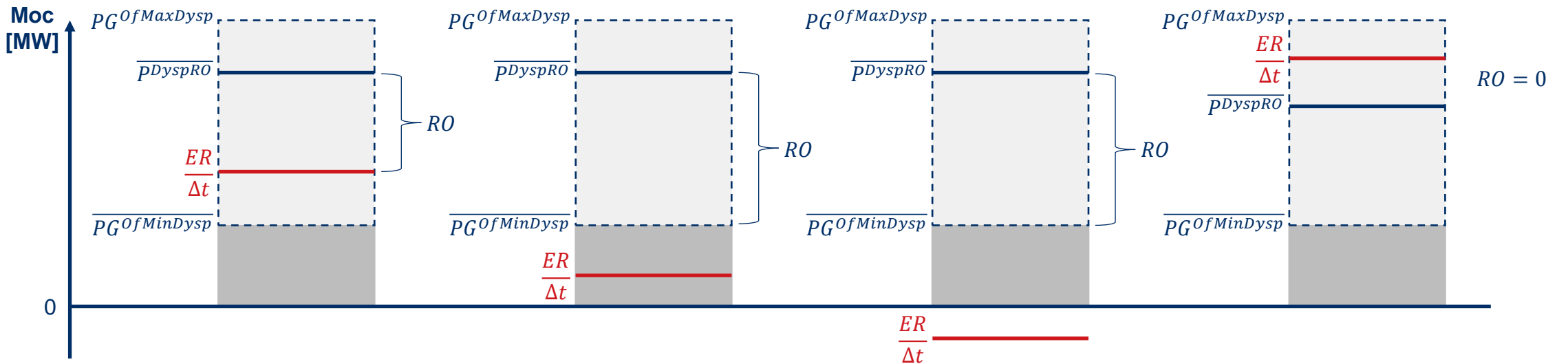
JG_{W1}: (i) ZWP = 2 albo (ii) ZWP = 0 i TSZ > 30 min; **JG_{M1}**: ZWP = 2 i stan JG równy P^G

Nieujemna wartość różnicy między:

- Średnią dyspozycyjnością operacyjną JG ($\overline{P^{DyspRO}}$), a
- Większą z wartości:
 - Średnią oferowaną mocą minimalną dyspozycyjną w kierunku generacji (JG_{W1}: $\overline{P^{OfMinDysp}}$; JG_{M1}: $\overline{P^G^{OfMinDysp}}$)
 - Średnią mocą odpowiadającą rzeczywistej generacji ($ER/\Delta t$)

Dla OPCR, dla których $\overline{P^{DyspRO}} = 0$,
przyjmuje się odpowiednio
 $\overline{P^{OfMinDysp}} = 0$ albo $\overline{P^G^{OfMinDysp}} = 0$

Przykłady:



▭ Zakres mocy, który może zostać objęty rezerwą operacyjną ■ Zakres mocy poniżej oferowanej mocy minimalnej dyspozycyjnej w kierunku generacji ($\overline{P^G^{OfMinDysp}}$)

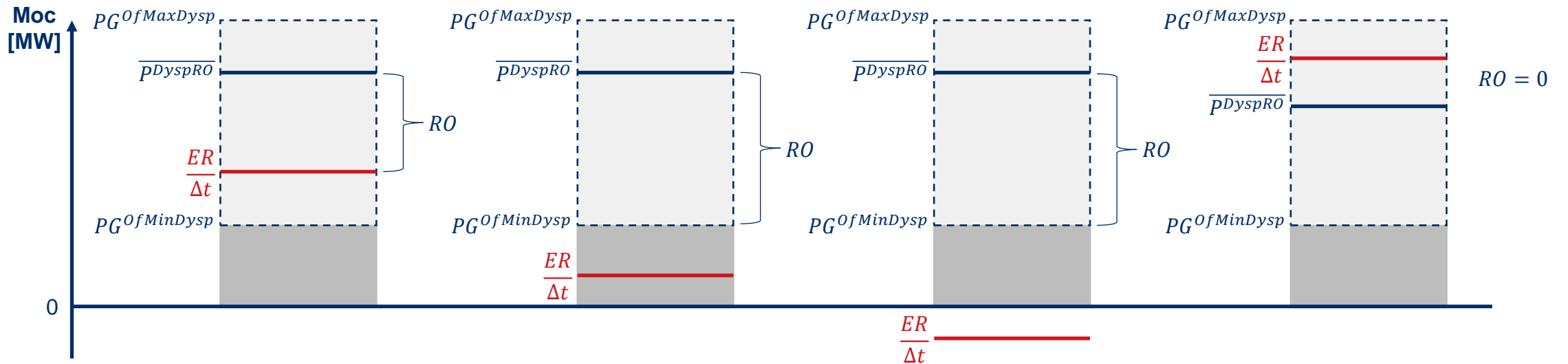
Rezerwa operacyjna JG

$JG_{W2}: ZUB = D; \quad JG_{M2}: ZUB = D^G$

Nieujemna wartość różnicy między:

- Średnią dyspozycyjnością operacyjną JG ($\overline{pDyspRO}$), a
- Większą z wartości:
 - Średnią oferowaną mocą minimalną dyspozycyjną w kierunku generacji ($JG_{W2}: P^{OfMinDysp}; JG_{M2}: PG^{OfMinDysp}$)
 - Średnią mocą odpowiadającą rzeczywistej generacji ($ER/\Delta t$)

Przykłady:



▭ Zakres mocy, który może zostać objęty rezerwą operacyjną ▭ Zakres mocy poniżej oferowanej mocy minimalnej dyspozycyjnej w kierunku generacji ($PG^{OfMinDysp}$)

Rezerwa operacyjna JG

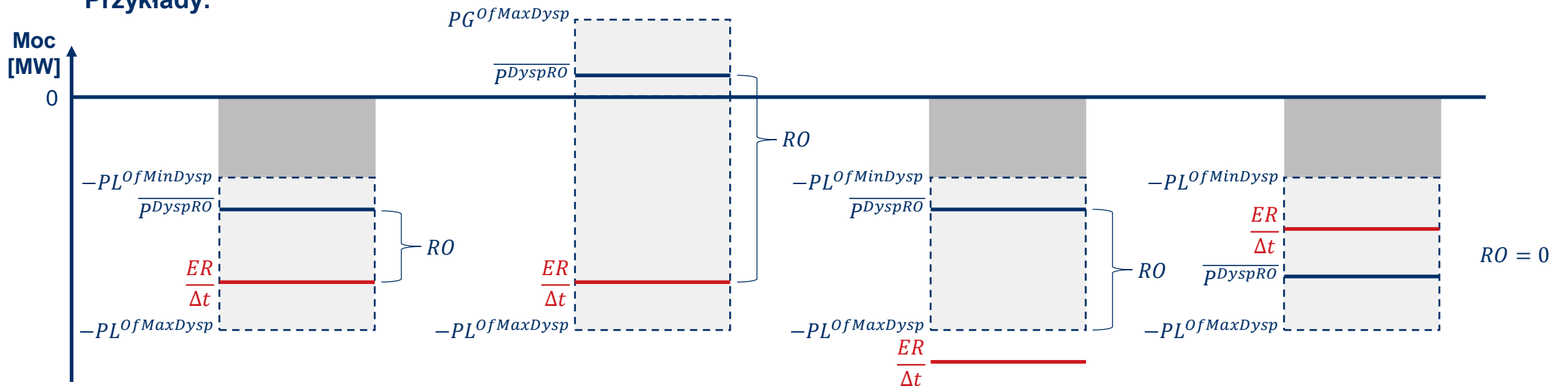
JG_{M1} : ZWP $\neq 1$ i stan JG równy U^P albo P^P ; JG_{M2} : ZUB = D^P ; JG_O : ZUB = D ; JG_A : ZUB = D

Dla JG_O : $-P^{OfMaxDysp}$

Nieujemna wartość różnicy między:

- Średnią dyspozycyjnością operacyjną JG ($\overline{p^{DyspRO}}$), a
- Większą z wartości:
 - Średnią oferowaną mocą maksymalną dyspozycyjną w kierunku poboru przyjętą z przeciwnym znakiem ($-PL^{OfMaxDysp}$)
 - Średnią mocą odpowiadającą rzeczywistej generacji ($ER/\Delta t$)

Przykłady:



[- - - -] Zakres mocy, który może zostać objęty rezerwą operacyjną [shaded] Zakres mocy powyżej oferowanej mocy minimalnej dyspozycyjnej w kierunku poboru ($-PL^{OfMinDysp}$)

Rezerwa operacyjna JG

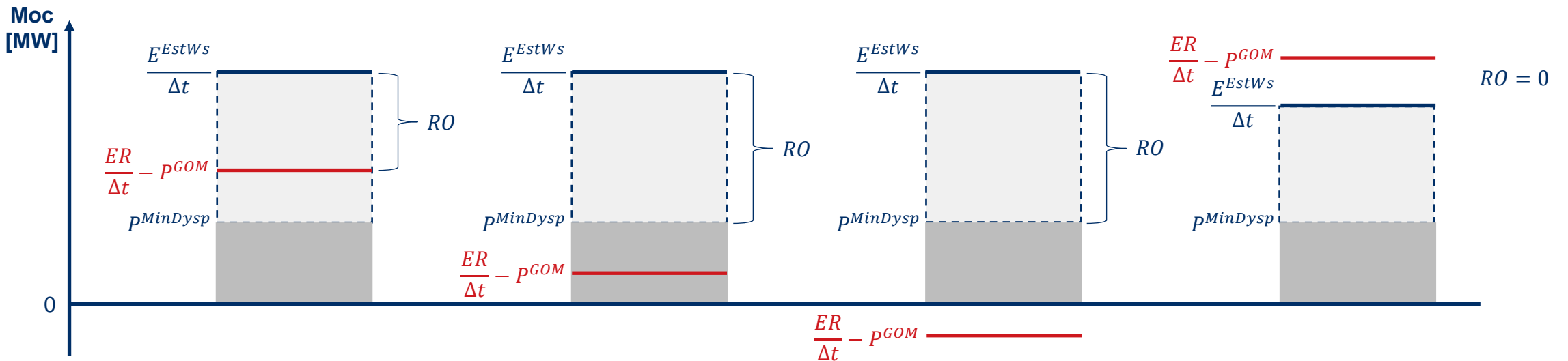
JG_{z1} : ZWP $\neq 0$

Nieujemna wartość różnicy między:

- Średnią mocą wynikającą z estymaty, uwzględniającą warunki pracy sieci ($E^{EstWs}/\Delta t$), a
- Większą z wartości:
 - Średnią mocą minimalną dyspozycyjną ($P^{MinDysp}$)
 - Średnią mocą odpowiadającą rzeczywistej generacji ($ER/\Delta t$) pomniejszoną o wartość grafiku obciążenia magazynu (P^{GOM})

W przypadku JG_z , w skład której wchodzi MEE

Przykłady:



▭ Zakres mocy, który może zostać objęty rezerwą operacyjną ■ Zakres mocy poniżej mocy minimalnej dyspozycyjnej ($P^{MinDysp}$)

Rezerwa operacyjna JG

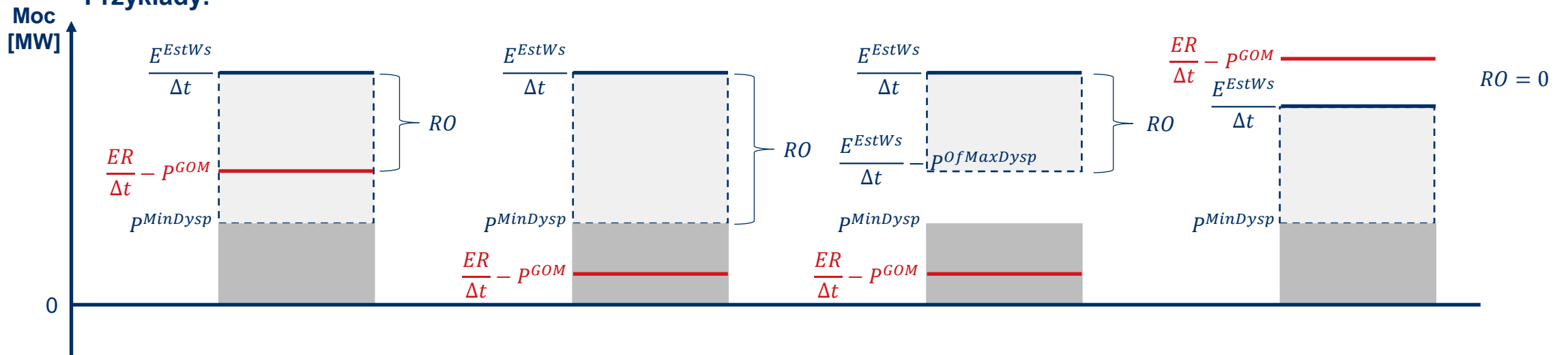
JG_{Z2} : ZUB = D; JG_{Z3} : ZUB = D

Nieujemna wartość różnicy między:

- Średnią mocą wynikającą z estymaty, uwzględniającą warunki pracy sieci ($E^{EstWs}/\Delta t$), a
- Większą z wartości:
 - Średnią mocą minimalną dyspozycyjną ($P^{MinDysp}$)
 - Średnią mocą odpowiadającą rzeczywistej generacji ($ER/\Delta t$) pomniejszoną o wartość grafiku obciążenia magazynu (P^{GOM})
 - $E^{EstWs}/\Delta t$ pomniejszoną o średnią oferowaną moc maksymalną dyspozycyjną ($P^{OfMaxDysp}$)

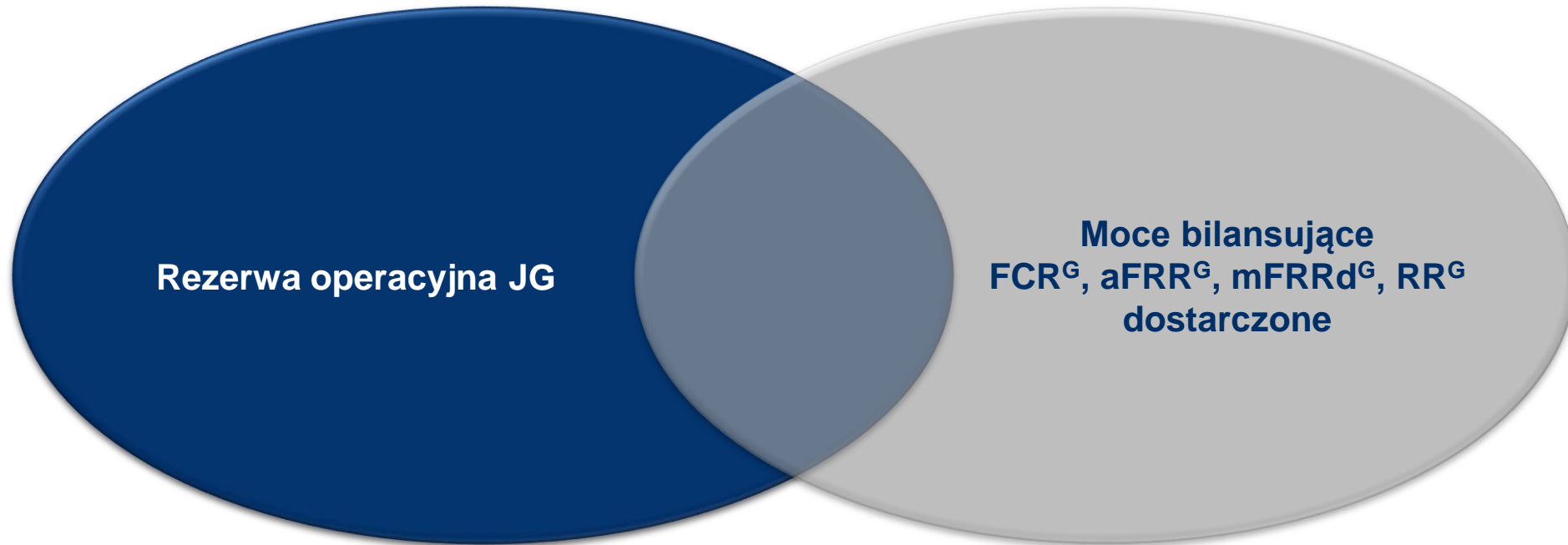
W przypadku JG_Z , w skład której wchodzi co najmniej jeden MEE

Przykłady:

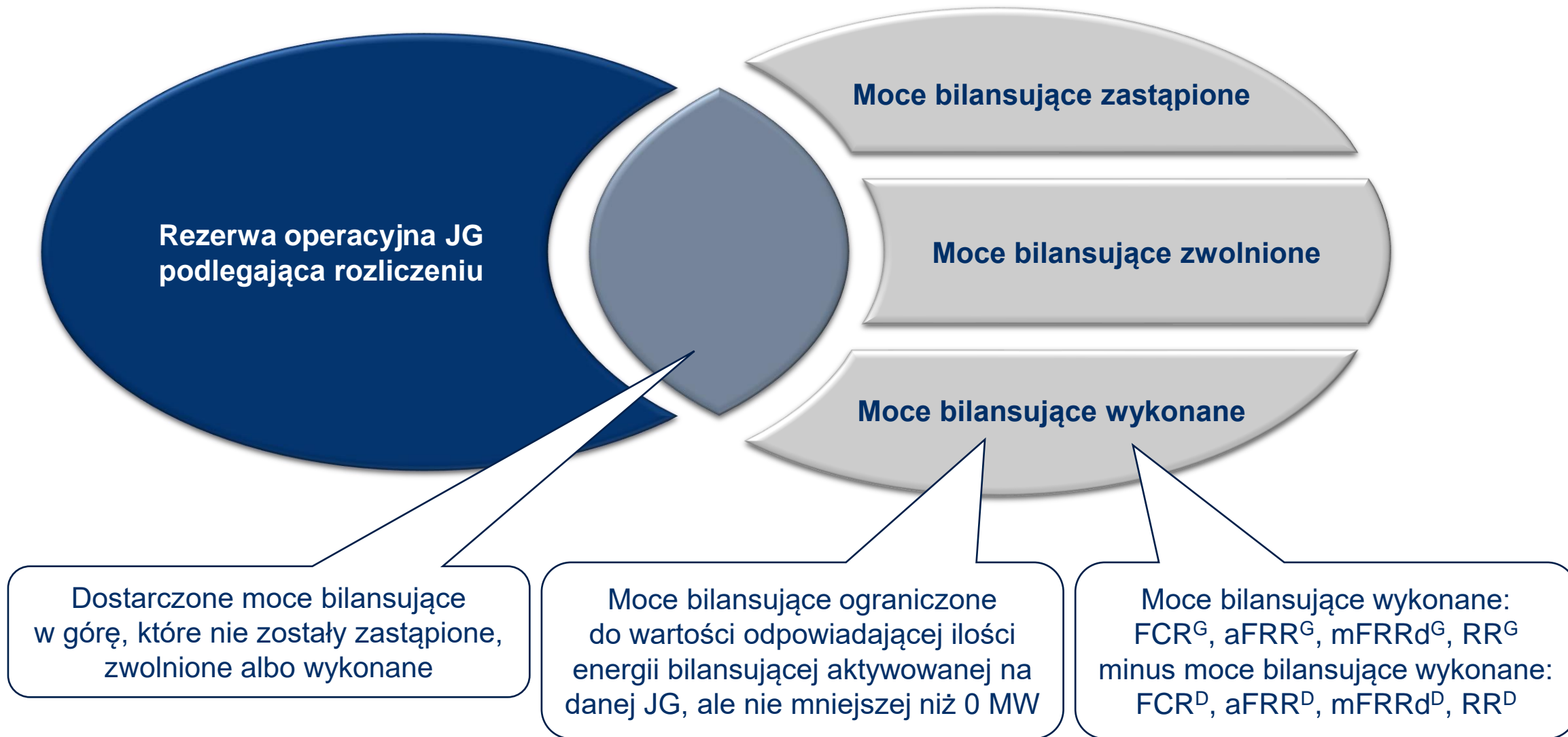


▭ Zakres mocy, który może zostać objęty rezerwą operacyjną ■ Zakres mocy poniżej mocy minimalnej dyspozycyjnej ($P^{MinDysp}$)

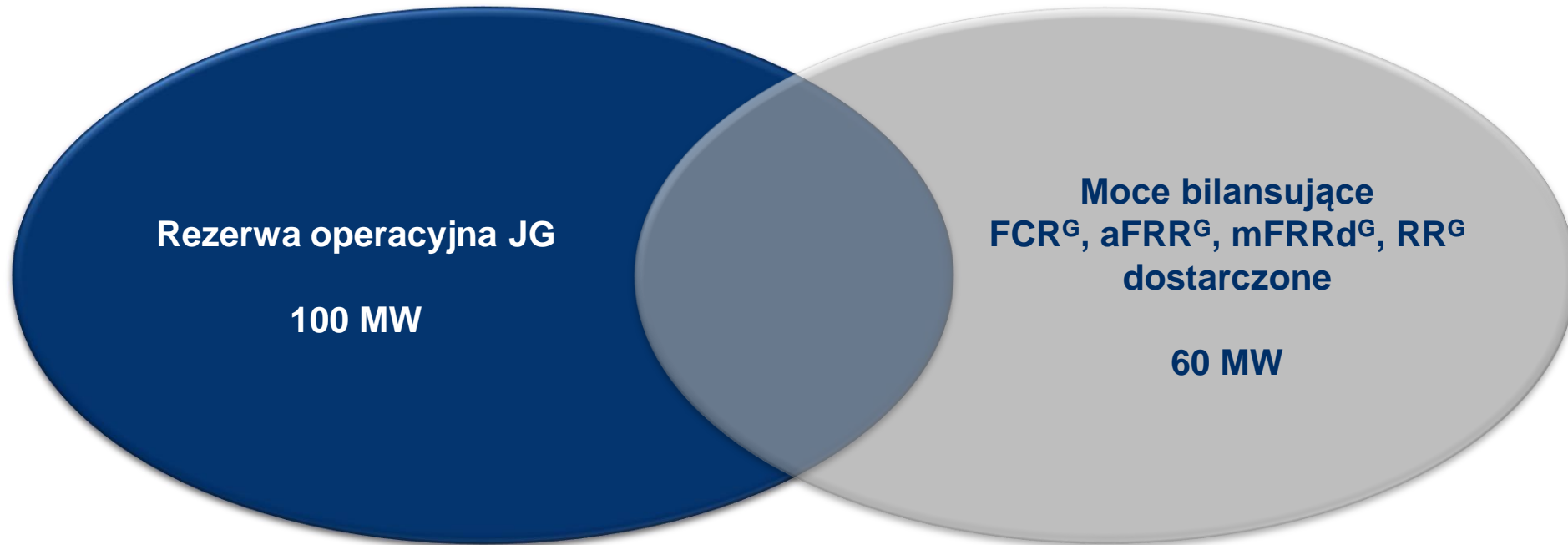
Rezerwa operacyjna podlegająca rozliczeniu (ROR)



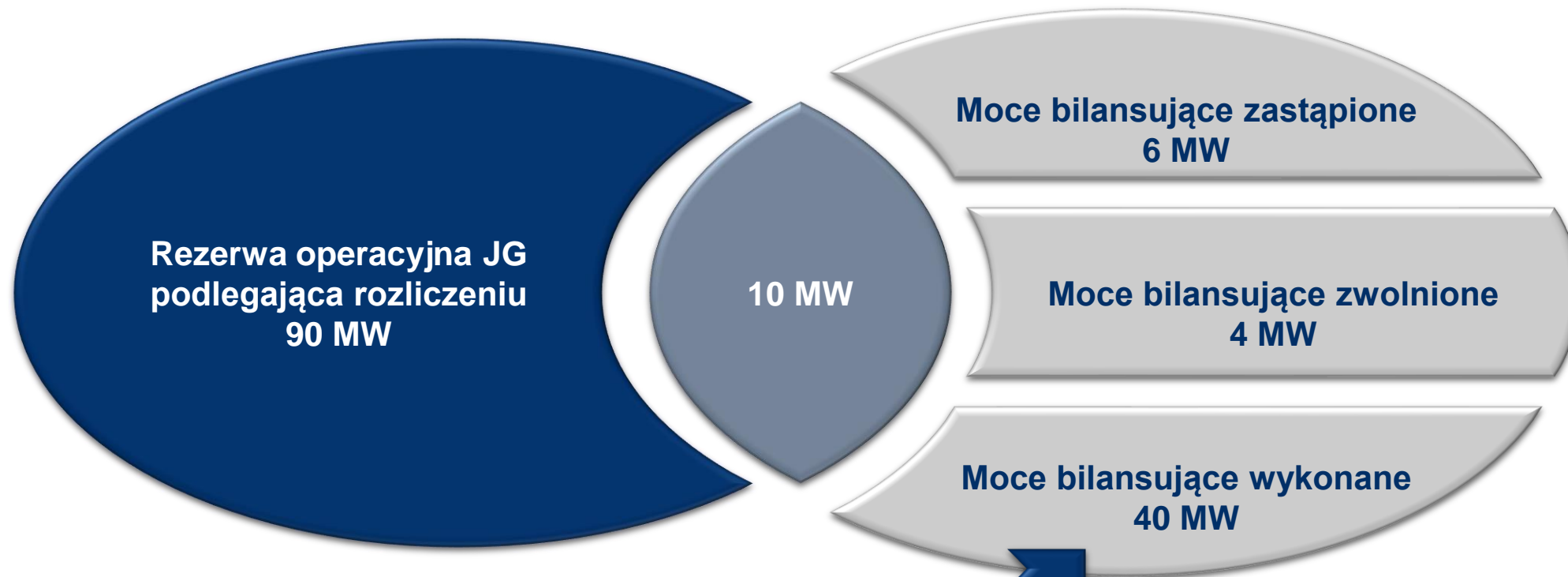
Rezerwa operacyjna podlegająca rozliczeniu (ROR)



Rezerwa operacyjna podlegająca rozliczeniu (ROR) – przykład



Rezerwa operacyjna podlegająca rozliczeniu (ROR) – przykład



$$EB = 16 \text{ MWh}$$

$$\max\left(0; \frac{EB}{\Delta t}\right) = 64 \text{ MW}$$



$$\min(64; 40) = 40 \text{ MW}$$



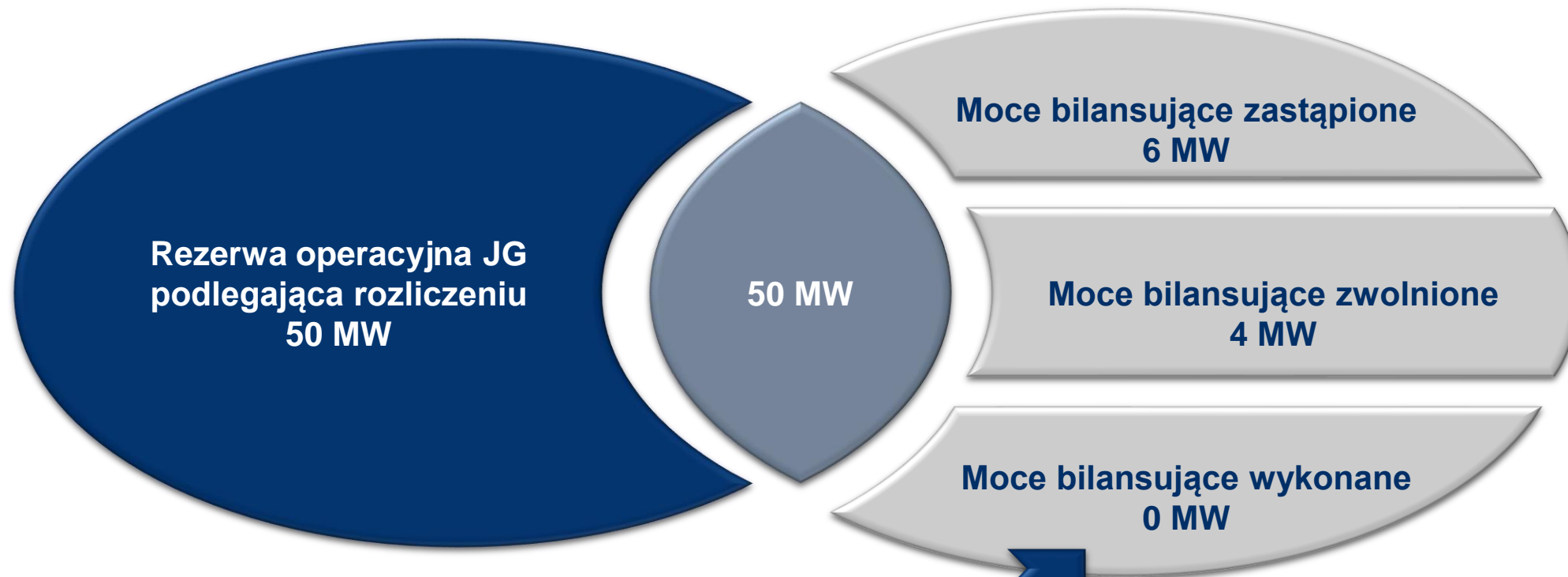
$$MBW^{FCR^G} = 5 \text{ MW}; \quad MBW^{FCR^D} = 2 \text{ MW};$$

$$MBW^{aFRR^G} = 10 \text{ MW}; \quad MBW^{aFRR^D} = 0 \text{ MW};$$

$$MBW^{RR^G} = 27 \text{ MW}; \quad MBW^{RR^D} = 0 \text{ MW};$$

Łącznie: $42 - 2 = 40 \text{ MW}$

Rezerwa operacyjna podlegająca rozliczeniu (ROR) – przykład



$$EB = -5 \text{ MWh}$$

$$\max\left(0; \frac{EB}{\Delta t}\right) = 0 \text{ MW}$$



$$\min(0; 3) = 0 \text{ MW}$$



$$MBW^{FCR^G} = 5 \text{ MW}; \quad MBW^{FCR^D} = 2 \text{ MW};$$

$$MBW^{aFRR^G} = 10 \text{ MW}; \quad MBW^{aFRR^D} = 0 \text{ MW};$$

$$MBW^{RR^G} = 0 \text{ MW}; \quad MBW^{RR^D} = 10 \text{ MW};$$

Łącznie: 15 – 12 = 3 MW

Proces wyznaczania ceny rezerwy operacyjnej dla OREB



| Zbiory OREB o jednolitej niepewności zbilansowania (OJNZ)

- ⊕ OREB z całego roku są pogrupowane w zbiory o zbliżonym rozkładzie prawdopodobieństwa wystąpień źródeł niepewności zbilansowania
 - ⊕ Błąd prognozy zapotrzebowania na moc KSE
 - ⊕ Błąd prognozy generacji mocy przez MWE farm wiatrowych
 - ⊕ Błąd prognozy generacji mocy przez MWE farm fotowoltaicznych
 - ⊕ Odchylenie pomiędzy planowaną oraz rzeczywistą sumaryczną generacją mocy MWE i MEE nieuczestniczących aktywnie w rynku bilansującym, innych niż MWE farm wiatrowych i fotowoltaicznych
 - ⊕ Zmiana dostępnej dla OSP mocy JG
 - ⊕ Odchylenie pomiędzy planowaną oraz rzeczywistą wielkością wymiany międzysystemowej

- ⊕ OSP co kwartał wyznacza funkcję określającą prawdopodobieństwo niepokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną odbiorców końcowych (LOLP) dla każdego OJNZ danego kwartału kalendarzowego

Zbiory OREB o jednolitej niepewności zbilansowania (OJNZ)

⊖ Klasyfikacja OJNZ

⊖ Sezon

⊖ Zimowy (Z)

⊖ Przejściowy (P)

⊖ Letni (L)

⊖ Typ dnia

⊖ Dzień roboczy po dniu roboczym

⊖ Dzień roboczy po dniu wolnym

⊖ Dzień wolny

⊖ Pora dnia

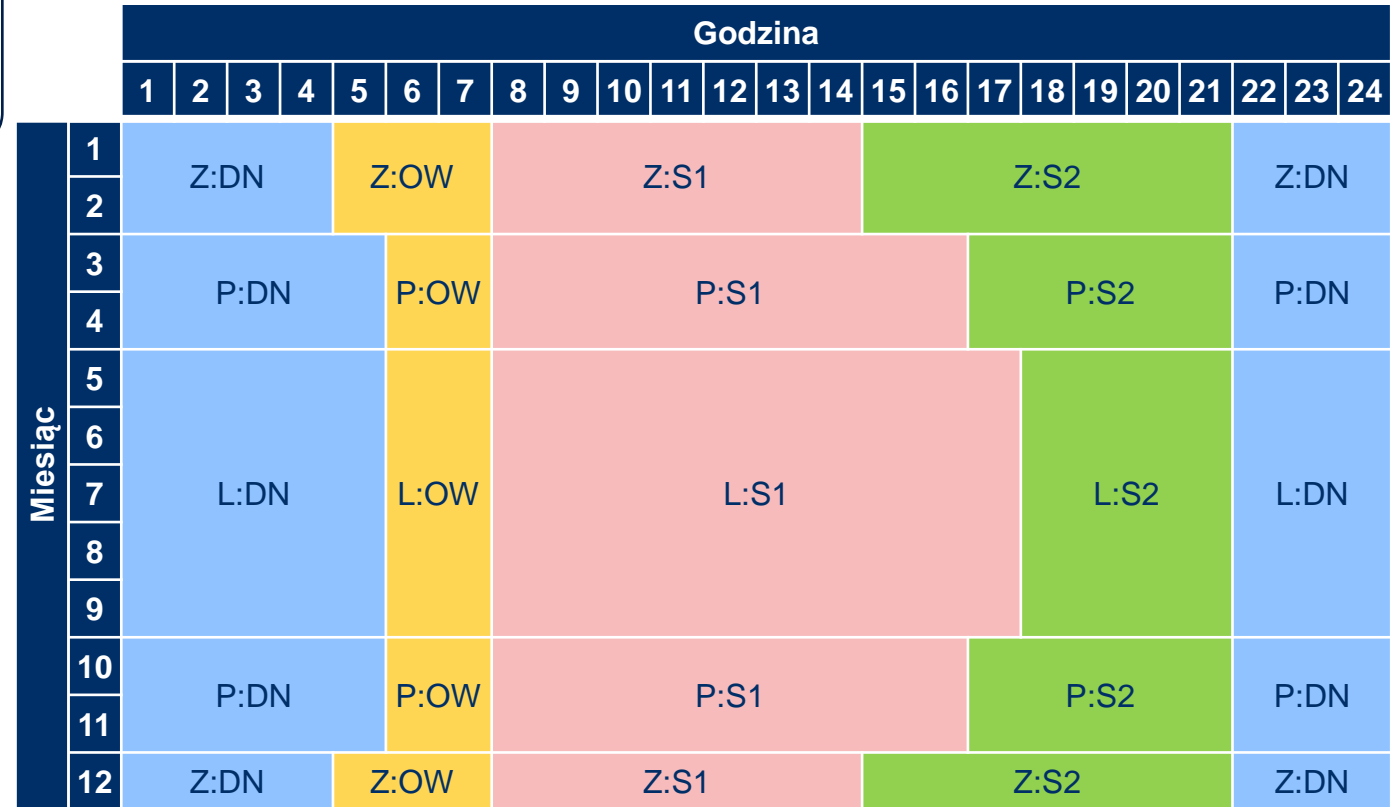
⊖ Okres wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną (OW)

⊖ Szczyt 1 zapotrzebowania na energię elektryczną (S1)

⊖ Szczyt 2 zapotrzebowania na energię elektryczną (S2)

⊖ Dolina nocna (DN)

W nawiasach oznaczenia wykorzystane na rysunku

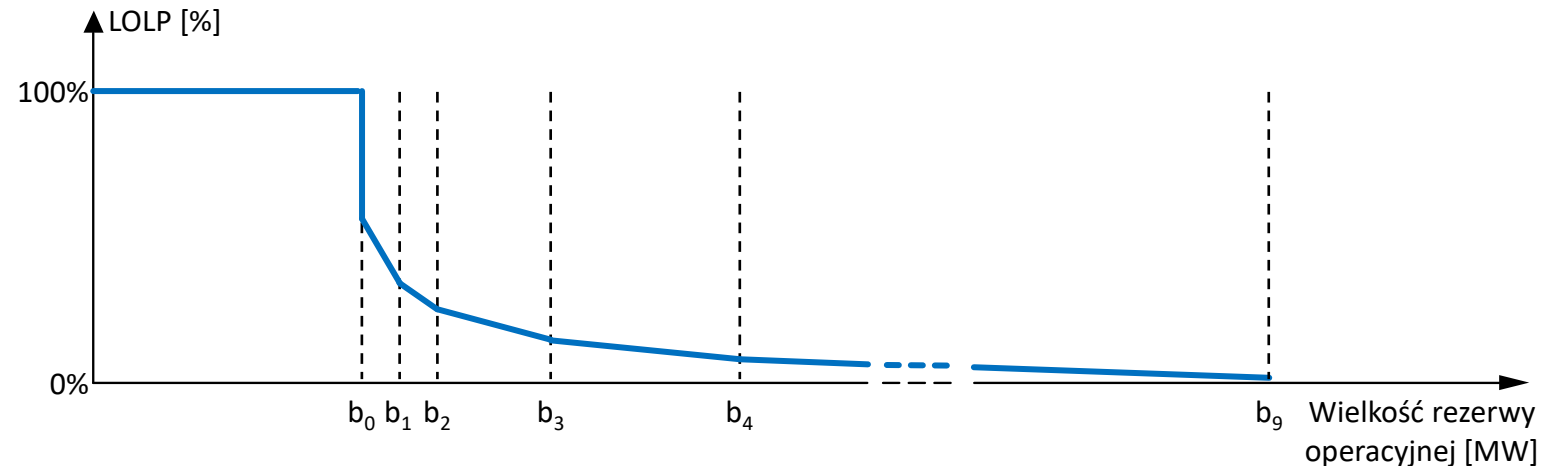


Podział OJNZ dla dni roboczych po dniu roboczym

Prawdopodobieństwo niepokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną odbiorców końcowych (LOLP)

- ⊕ OSP co kwartał wyznacza funkcję określającą prawdopodobieństwo niepokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną odbiorców końcowych (LOLP) dla każdego OJNZ danego kwartału kalendarzowego
- ⊕ LOLP jest funkcją, która określa prawdopodobieństwo spadku rezerwy operacyjnej poniżej wielkości minimalnej w wyniku wystąpień źródeł niepewności zbilansowania
- ⊕ Wartości funkcji są wyznaczane dla następujących wielkości rezerwy operacyjnej

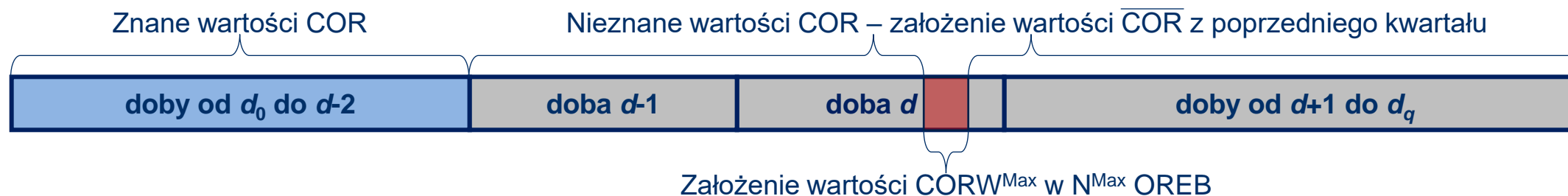
- ⊕ $b_0 = RO^{Min}$
- ⊕ $b_1 = RO^{Min} + 10 \text{ MW}$
- ⊕ $b_2 = RO^{Min} + 20 \text{ MW}$
- ⊕ $b_3 = RO^{Min} + 50 \text{ MW}$
- ⊕ $b_4 = RO^{Min} + 100 \text{ MW}$
- ⊕ $b_5 = RO^{Min} + 200 \text{ MW}$
- ⊕ $b_6 = RO^{Min} + 500 \text{ MW}$
- ⊕ $b_7 = RO^{Min} + 1000 \text{ MW}$
- ⊕ $b_8 = RO^{Min} + 2000 \text{ MW}$
- ⊕ $b_9 = RO^{Min} + 5000 \text{ MW}$



- ⊕ Dla pozostałych wielkości rezerwy operacyjnej wartość funkcji jest przybliżana liniowo na podstawie ww. wartości.

Górny limit dobowy ceny rezerwy operacyjnej (COR^{Max})

- ⊕ Górny limit dobowy ceny rezerwy operacyjnej (COR^{Max}) ogranicza wzrost przeciętnej kwartalnej ceny rezerwy operacyjnej (\overline{COR})
- ⊕ Dla każdej doby jest ustalana najwyższa możliwa wartość COR (COR^{Max}) przy założeniach
 - ⊕ Wystąpienia maksymalnie $N^{max} = 16$ OREB w dobie handlowej d , w których wartość rezerwy operacyjnej obniży się poniżej minimalnej wielkości rezerwy operacyjnej
 - ⊕ Ceny COR dla OREB doby handlowej $d-1$, pozostałych OREB doby handlowej d i OREB kolejnych dób handlowych w kwartale równej \overline{COR} z poprzedniego kwartału
 - ⊕ Wzrostu wartości \overline{COR} dla danego kwartału o nie więcej niż 10% w porównaniu do kwartału poprzedniego
- ⊕ Wartość COR^{Max} jest równa wartości COR^{Max} ograniczonej
 - ⊕ Od dołu wartością $COR^{Min} = 10$ zł/MW-h
 - ⊕ Od góry wartością $COR^{Max} = 5000$ zł/MW-h



d_0 – pierwsza doba handlowa kwartału kalendarzowego; d_q – ostatnia doba handlowa kwartału kalendarzowego

| Cena rezerwy operacyjnej (COR)

- ⊗ Cena rezerwy operacyjnej (COR) jest wyznaczana na podstawie wartości funkcji prawdopodobieństwa niepokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną odbiorców końcowych (LOLP) odpowiedniej dla danego OJNZ dla danej wielkości RO wszystkich JG

- ⊗ W przypadku $LOLP(RO) = 0$
 - ⊗ Cena rezerwy operacyjnej równa 0 zł/MW-h
- ⊗ W przypadku $LOLP(RO) > 0$
 - ⊗ Cena rezerwy operacyjnej wyznaczana na podstawie iloczynu $LOLP(RO)$ i wartości COR^{Max}
 - ⊗ Wartość ww. iloczynu ograniczona od dołu wartością $COR^{Min} = 10$ zł/MW-h
 - ⊗ Cena rezerwy operacyjnej nie może być wyższa niż różnica
 - ⊗ Górnego limitu ceny stosowanego dla cen energii bilansującej
 - ⊗ Ceny krańcowej oferty na energię bilansującą

- ⊗ Cena rezerwy operacyjnej jest wyznaczana z dokładnością do 0,01 zł/MW-h

Dziękuję

PSE Polskie Sieci
Elektroenergetyczne

pse@pse.pl